

Т-86

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ**

1 - 6885

ТУРАЛА Михал

**МАГНИТНЫЙ ИСКРОВОЙ СПЕКТРОМЕТР
НА ЛИНИИ С ЭВМ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ ПО
 π -е РАССЕЯНИЮ ПРИ 50 ГЭВ/С**

**Специальность 260 -
приборы экспериментальной физики**

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

(Диссертация написана на русском языке)

Дубна 1973

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий
Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель:
кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник -

Э.Н.ЦЫГАНОВ

Официальные оппоненты:
доктор физико-математических наук
кандидат физико-математических наук

А.А.ТЯКИЦ,
В.П.КАНАВЕЦ

Ведущее научно-исследовательское учреждение:
Институт физики высоких энергий (г.Серпухов).

Автореферат разослан " " 1973 г.

Защита диссертации состоится " " 1973 г.
на заседании Ученого совета Лаборатории высоких энергий.
Адрес: г.Дубна, Московской области, конференц-зал ЛВЭ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЛВЭ.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ СОВЕТА

С.В.МУХИН

1 - 6885

ТУРАЛА Михал

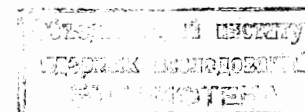
МАГНИТНЫЙ ИСКРОВОЙ СПЕКТРОМЕТР
НА ЛИНИИ С ЭВМ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ ПО
П-е РАССЕЯНИЮ ПРИ 50 ГЭВ/С

Специальность 260 -
приборы экспериментальной физики

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

(Диссертация написана на русском языке)

T-86



Исследования в области высоких энергий требуют мощных ускорителей с большими интенсивностями, быстрой регистрирующей аппаратуры с хорошей временной и пространственной разрешающей способностью.

Эти требования привели к развитию различных электронных детекторов: сцинтилляционных и черенковских счётчиков, бесфилмовых искровых и пропорциональных камер. В свою очередь, создание больших и сложных установок с этими детекторами стало возможно благодаря развитию электроники и вычислительной техники. В настоящее время электронная методика находится на этапе интенсивного развития и широкого применения^{/1-3/}.

В данной диссертации описан магнитный искровой спектрометр, работающий на линии с ЭВМ, и представлены его основные параметры. Установка применялась для проведения эксперимента по упругому Π -е рассеянию на ускорителе ИФВЭ^{/4,5/}. Основные узлы аппаратуры и результаты исследований описаны и опубликованы в работах, посвященных бесфилмовым искровым камерам^{/6/}, пропорциональным камерам^{/7/}, магнитным измерениям^{/8/}, электронике регистрации данных и связи с ЭВМ^{/9/}, экспериментальной установке^{/10/}.

Диссертация состоит из введения, трех глав и приложений.

Первая глава является обзорной и посвящена общим вопросам электронной методики: бесфилмовым детекторам, регистрирующей электронике, ЭВМ.

В таблице I проведено сравнение основных параметров сцинтилляционных счетчиков (годоскопов), искровых и пропорциональных камер.

Таблица I

Тип детектора Параметр	Сцинтилляционные счетчики	Искровые камеры	Пропорцион. камеры
Конструкция	сложная	простая	простая
Размеры	несколько м ²	20 м ²	несколько м ²
Временное разрешение	10 ⁻⁸ сек	10 ⁻⁶ сек	5·10 ⁻⁸ сек
Пространственное разрешение	2-3 мм	0,2+0,3 мм	1 мм
Мертвое время	10 ⁻⁸ сек	10 ⁻³ сек	3·10 ⁻⁷ сек
Стоимость на канал, в долларах США	(1+2)·10 ²	1	(1+2)·10

Из указанных данных видно, что на настоящем этапе симбиоз искровых и пропорциональных камер является самым оптимальным решением для установок с большим количеством проволок и позволяет сочетать их лучшие свойства при сравнительно небольшой стоимости.

В состав экспериментальной аппаратуры входит регистрирующая электроника, которая в зависимости от типа эксперимента содержит схемы для регистрации координат с искровых камер, схемы запоминания сигналов со сцинтилляционных счетчиков и пропорциональных камер, пересчетные схемы, блоки набора признаков и другие. Параметры детекторов ставят соответствующие требования регистрирующей электроники. Схемы для регистрации данных являются обычно также промежуточной памятью, с которой информация передается в ЭВМ в определенном порядке. Существенным шагом в развитии комплексных систем и их унификации явилось внедрение интегральных модулей. В последнее время принимаются меры для стандартизации схем ядерной электроники /11/.

В процессе развития электронной методики оказалось, что очень существенным для использования всех аппаратурных возможностей является применение малой ЭВМ, работающей в реальном времени эксперимента на линии с экспериментальной аппаратурой. В настоящее время почти каждый электронный эксперимент использует ЭВМ как составную часть установки. ЭВМ обычно выполняет (или может выполнять) следующие функции:

- а) накапливает зарегистрированные данные;
- б) определяет параметры установки при наладке;
- в) контролирует работу аппаратуры;
- г) обрабатывает предварительно накопленную информацию;
- д) автоматически управляет экспериментальной аппаратурой;
- е) проводит предварительный отбор событий.

Вторая глава содержит описание основных узлов спектрометра и описание методов и результатов измерений их параметров.

Требования к спектрометру следовали из предлагаемого эксперимента, имеющего целью измерения среднеквадратичного электромагнитного радиуса π^- - мезона /1,2/, и были получены путем моделирования на ЭВМ процесса упругого πe^- -рассеяния при 50 Гэв/с. На рис.1 показано размещение аппаратуры на канале № 12 ИФВЭ. Установка состояла из водородной мишени, анализирующего магнита и трех блоков бесфильмовых искровых камер, запускаемых системой сцинтилляционных счетчиков и черенковских счетчиков полного поглощения. Аппаратура работала на линии с ЭВМ ИР 2И16В, предназначенной для установок "on-line" и обеспеченной системой программ реального времени /12/.

В эксперименте для анализа импульсов вторичных частиц применялся стандартный магнит СП-12 с длиной дорожки 3м и апертурой высотой 0,2м и шириной 0,5м.

Для получения высокого разрешения спектрометра нужно было провести измерения поля этого магнита с точностью 0,1%. Они были проведены методом датчика Холла в объеме длиной 4,25 м, шириной 50 см и высотой 16 см^{8/}. Калибровка датчика выполнялась методом ядерного магнитного резонанса.

Измерительная аппаратура работала на линии с ЭВМ HP 2116B, которая записывала данные на магнитную ленту и проводила их проверку по ходу измерений (в случае сбоя в очередности измерений или больших помех цикл работы аппаратуры повторялся). В процессе измерений регистрировалось положение датчика по вертикали, горизонтали и вдоль оси магнита, напряжение шунта, напряжение подвижного и фиксированного датчиков Холла, ток через эти датчики. Магнитное поле было измерено в трех проекциях, причем в каждой измерено около 150000 точек с систематической ошибкой не больше 0,1%.

Для определения траектории взаимодействующих частиц в эксперименте использовались искровые камеры с магнитоотрижонным съемом информации^{6/}. Применялось 12 камер размерами 250x250 мм² и 6 камер 420 x 600 мм², разделенных на три блока (рис.1). Позиции камер на канале были измерены геодезическим способом, причем точность измерений составляла ± 1 мм вдоль оси Z и лучше, чем $\pm 0,5$ мм в плоскости XY. Рабочим газом для камер являлся чистый неон с гасящими добавками - спиртом и фреоном^{13/}. Импульсное питание камер обеспечивала ламповая схема, выдающая ток до 120 ампер, которая заряжала камеру за 25+40 нсек^{14/}. Импульсное очищающее поле амплитудой до 1,2 кВ и длительностью до 5 мсек подавалось на камеру с задержкой 0,5 мсек относительно запуска.

В эксперименте применялись две пропорциональные камеры, расположенные между искровыми камерами первого блока^{7/}. Эти камеры были предназначены, в основном, для настройки и слежения за пучком. Данные, полученные с их помощью, использовались также при обработке событий для выделения рабочего трека из нескольких треков, зарегистрированных искровыми камерами. Размер камер 150x150 мм², шаг намотки 3 мм, расстояние между электродами 8 мм, проволока медная 0,05 мм. Рабочим газом являлась смесь аргона, 20% CO₂ и 1,5% спирта.

Для управления работой установки, регистрации данных и передачи их на ЭВМ была построена регистрирующая электронная аппаратура на интегральных схемах^{9/}. Регистрировалась информация со следующих источников:

- 18 искровых камер (последовательно-параллельная система на 300 координат);
- 2 пропорциональных камер (80 - разрядная память);
- около 20 сцинтилляционных и черенковских счетчиков (пересчетные схемы, быстрая память);
- около 30 источников питания (сканирующая система с цифровым вольтметром).

Информация об одном физическом событии занимала 336 слов ЭВМ HP 2116B. Весь процесс регистрации и передачи данных на ЭВМ занимал около 2,4 мсек. Максимальное количество событий, регистрируемых за один цикл ускорителя, составляло 120, и было ограничено возможностями ЭВМ.

Третья глава содержит данные о работе установки в эксперименте и представляет некоторые результаты, полученные в процессе обработки накопленного материала^{6,7,10/}.

Около 700 часов работы ускорителя ИФВЭ было использовано для опыта по $\bar{\nu}_e$ -рассеянию. В среднем один запуск происходил на 10^4 первичных $\bar{\nu}_e$ -мезонов, что при интенсивности около 3×10^5 давало 20-30 запусков за цикл. Всего было зарегистрировано около $3 \cdot 10^6$ событий, среди которых около 3% составляют события упругого $\bar{\nu}_e$ -рассеяния. Во время набора статистики отказы системы искровых и пропорциональных камер на линии с ЭВМ являлись редкими.

Для контроля за работой установки, а также для предварительной оценки получаемых результатов был создан ряд программ на ЭВМ HP 2116B, по которым обрабатывались зарегистрированные события. По ходу эксперимента, за время между циклами, обрабатывалось 50-70% накопленного материала. Определялось пространственное распределение искр в искровых камерах, их эффективность, зависимость этой эффективности от числа фоновых треков, точность каждой камеры, распределение по числу искр в каждой плоскости. Для пропорциональных камер вычислялась их эффективность, точность, строились гистограммы, определялось число сработавших одновременно проволок и др. Результаты представлялись в виде гистограмм или численных таблиц, причем оператор мог вызвать любую из них на дисплей, напечатать ее или стереть. На рис. 2 показано для примера событие, являющееся кандидатом на $\bar{\nu}_e$ -рассеяние, зарегистрированное с помощью установки и изображенное с помощью дисплея.

Искровые камеры работали в эксперименте со средней эффективностью около 95%, причем для камер размерами $420 \times 600 \text{ мм}^2$ она была высокой даже при 5-6 искрах, для малых камер ($250 \times 250 \text{ мм}^2$) она падала до 90% при 2-3 дополнительных искрах.

Время памяти камер - примерно 1 мксек. В этих условиях камеры первого, второго и третьего блоков регистрировали в среднем соответственно 1,5; 1,8; 2,7 искр. Точность искровых камер являлась хорошей и составляла в среднем 0,4 мм в плоскости X и 0,3 мм в плоскости Y.

Эффективность пропорциональных камер была равна около 99% при небольших нагрузках, падала до 92-95% в реальных условиях эксперимента. Временное разрешение пропорциональных камер составляло около 100 нсек и было на порядок меньше времени чувствительности искровых камер, что сильно уменьшило число регистрируемых фоновых частиц ($\bar{n}_{\text{фк}} = 1,07$) и позволило из нескольких первичных треков отобрать тот, который дал взаимодействие и запустил установку.

Полученные в процессе обработки точности сшивания треков в мишени и центре магнита были равны $\pm 0,6 - 0,8 \text{ мм}$ и $\pm 1,0 \pm 1,3 \text{ мм}$, соответственно, что согласуется с оценками, которые ожидалось на основании точности отдельных камер.

Магнитный спектрометр позволял измерять углы с точностью $\pm 0,15$ миллирадиана и импульсы с точностью около $\pm 0,4\%$, что позволяло с высокой точностью использовать кинематические критерии для выделения событий $\bar{\nu}_e$ -рассеяния.

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

I. Разработана и изготовлена регистрирующая электроника на интегральных схемах для управления работой экспериментальной установки, регистрации информации с искровых и пропорциональных камер, сцинтилляционных и черенковских счетчиков, источников питания и передачи данных на ЭВМ HP 2116B.

Система отличалась малым временем регистрации, хорошей точностью, небольшой стоимостью и высокой надежностью.

2. Создан комплекс аппаратуры для проведения измерений магнитного поля магнита СП-12 с высокой точностью (0,1%). Измерения проводились в режиме "on-line" с ЭВМ HP 2116B, что позволило значительно повысить их качество.

3. Создана система искровых камер с магнитострикционным съемом информации, работающая на линии с ЭВМ HP 2116B и проведен ряд исследований её параметров, что позволило выбрать оптимальный режим работы в эксперименте. Система проработала на пучке около 700 часов, обладала высокой надежностью и хорошей точностью.

4. Создана система пропорциональных камер на линии с ЭВМ и проведены подробные исследования их параметров. Применение пропорциональных камер в эксперименте по πe - рассеянию позволило лучше выделять рабочие треки.

5. Разработанный комплекс аппаратуры был успешно использован в эксперименте по упругому πe - рассеянию при энергии 50 Гэв на ускорителе ИФВЭ. С его помощью зарегистрировано около $3 \cdot 10^6$ событий, среди которых около 10^5 составляют события πe - рассеяния.

ЛИТЕРАТУРА

1. Труды Международной конференции по аппаратуре в физике высоких энергий.
Дубна, 1970, ОИИИ Д-5805
2. Proceedings of the International Symposium on Nuclear Electronics, Versailles, 1968.
3. Proceedings of the 1966 International Conference on Instrumentation for High Energy Physics, Stanford 1966.
4. Yu. D. Bardin, M. Turala et al.
Investigation of the Electromagnetic Structure of π^- - meson Using the IHEP (Institute of High Energy Physics) Accelerator.
Raport JINR, E1 - 4786, Dubna 1969
5. C. Buchanan, M. Turala et al.
Proposal for a Collaborative Pion-Electron Scattering Experiment at the 76 GeV Serpukhov Accelerator.
April 1970
6. G. T. Adylov, M. Turala et al.
A Magnetostrictive Spark Chamber System Used in a Pion-Electron Scattering Experiment at 50 GeV/c.
Raport JINR, E13 - 6658, Dubna 1972
7. Yu. V. Zanevsky, M. Turala et al.
Multiwire Proportional Chambers in $\pi^- e$ Experiment at 50 GeV/c
Nucl. Instr. Meth. 100, 481 (1972)
8. W. Gajewski, M. Turala et al.
Magnetic Measurements for the $\pi^- e$ Experiment at 50 GeV/c.
Raport JINR, E13 - 6659, Dubna 1972

9. Z. Guzik, M. Turala et al.
Readout Electronics for the $\bar{\pi} - e$ Experiment at 50 GeV/c.
Raport JINR, E1 - 5818, Dubna 1971
10. G.T. Adylov, M. Turala et al.
Experimental Setup for the $\bar{\pi} - e$ Experiment at 50 GeV/c.
Raport JINR, B13 - 6749, Dubna 1972
11. CAMAC
Document № 1, EUR 4100e, 1969
12. A Pocket Guide to Hewlett Packard Computers
13. Т.С.Григалашвили
Характеристики магнитострикционных искровых камер для экспериментов в условиях больших фоновых загрузок.
Препринт ОИИИ, I3-5273, Дубна, 1970.
14. И.И.Филиппов.
Импульсное питание бесфильмовых искровых камер.
Сообщение ОИИИ, I3-3958, Дубна, 1968.

Рукопись поступила в издательский отдел
II января 1973 года.

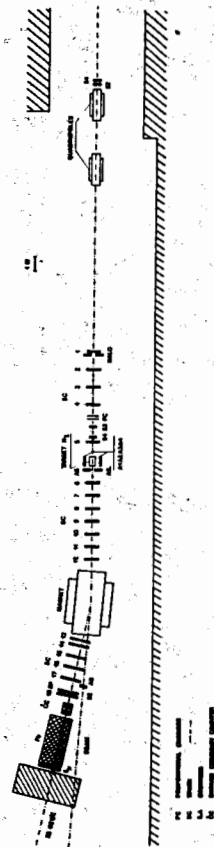


Рис. 1. Размещение аппаратуры на канале № I2 ИФВЭ

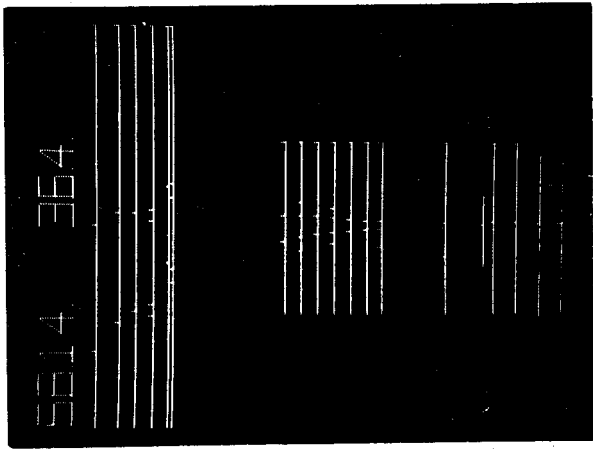
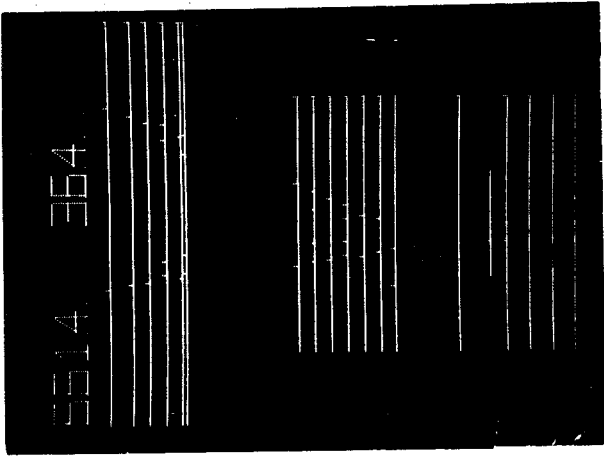


Рис.2. Событие, являющееся кандидатом на $\bar{\nu}$ -е расщепление, изображено с помощью дисплея в проекции а) X, б) Y.