

1 - 8741

П-318

ПЕШЕХОНОВ
Владимир Дмитриевич

ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКА
БЕСФИЛЬМОВЫХ КАМЕР
ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ НА УСКОРИТЕЛЯХ

Специальность 01.04.01 - экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

(Диссертация написана на русском языке)

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий
Объединенного института ядерных исследований.

Научные руководители:

кандидат технических наук
старший научный сотрудник Д.В.Заневский,

кандидат физико-математических наук
старший научный сотрудник Э.Н.Цыганов

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук
старший научный сотрудник А.Ф.Писарев,

кандидат физико-математических наук
старший научный сотрудник В.П.Канавец

Ведущее научно-исследовательское учреждение: Московский
инженерно-физический институт.

Автореферат разослан " " _____ 1975 г.

Защита диссертации состоится " " _____ 1975 г.

в " " часов на заседании Ученого совета Лаборатории
высоких энергий Объединенного института ядерных исследований,
г. Дубна, Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИВЭ.

Учёный секретарь Совета

кандидат физико-математических наук
старший научный сотрудник

М.Ф.Лихачев

М.Ф.ЛИХАЧЕВ

1 - 8741

ПЕШЕХОНОВ
Владимир Дмитриевич

ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКА
БЕСФИЛЬМОВЫХ КАМЕР
ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ НА УСКОРИТЕЛЯХ

Специальность 01.04.01 - экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

(Диссертация написана на русском языке)

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Быстрое развитие методики бесфильмовых камер наряду с широким использованием электронно-вычислительных машин создало в последнее десятилетие "революционную" ситуацию в экспериментальной физике высоких энергий. Появление на ускорителях целого ряда крупнейших автоматизированных установок, работающих на линии с ЭВМ, оказало безусловное влияние на темпы развития современных ускорительных комплексов. Стремление максимально использовать возможности ускорителей, появление ускорителей с энергией диапазона 100 ГэВ самым серьезным образом стимулирует дальнейшее развитие методики физического эксперимента, в особенности методики бесфильмовых камер. Основными координатными детекторами современной экспериментальной физики высоких энергий являются проволочные искровые, пропорциональные камеры. Интенсивное развитие в настоящее время получили дрейфовые камеры.

К числу основных видов съема информации с бесфильмовых искровых камер следует отнести:

- считывание с помощью ферритовых сердечников,
- видиконный метод,
- ёмкостное считывание,
- магнитострикционное считывание, наиболее широко используемое в современных установках для искровых камер, работающих в ряде случаев в магнитном поле D, Z .

Необходимость изучения редких процессов, требующих увеличения быстродействия системы, улучшения отбора процесса указала на несоответствие некоторых параметров искровых камер в ряде случаев поставленной задаче. Скорость набора статистики в установках с искровыми камерами ограничена мёртвым временем

последних, равным обычно нескольким мсек. Недостаточно хорошее временное разрешение камер (больше 1 мсек) затрудняет использование их в высокоинтенсивных пучках.

Результатом дальнейшего развития методики бесфильмовых камер является многопроволочная пропорциональная камера^{/2/}. Быстрый координатный детектор с практически таким же, как и в проволочной искровой камере, количеством вещества по пучку не нуждается во внешнем запуске. Некоторое ухудшение пространственного разрешения ($\pm 0,7$ мм), по сравнению с искровыми камерами ($\pm 0,35$ мм), компенсируется высоким временным разрешением (40+80 нсек), малым мертвым временем (1 мсек/канал), высокими нагрузочными (до 10^5 I/сек на проволоку) способностями и т.п. Высокая стоимость больших систем пропорциональных камер привела к комбинированной аппаратурной схеме современных спектрометров: бесфильмовые искровые камеры, некоторое количество многопроволочных пропорциональных, используемых часто для запуска системы искровых камер. Характерна общая тенденция замены фронтальных сцинтилляционных годоскопов спектрометров пропорциональными камерами. Широко используются быстрые арифметические процессоры для отбора событий с помощью пропорциональных камер.

Новая модификация бесфильмовых камер - дрейфовая камера^{/4/} основана на принципе измерения координаты траектории заряженной частицы по времени дрейфа первичных электронов к сигнальным проволочкам камеры. По своим возможностям дрейфовая камера полностью заменяет искровую.

Основные характеристики дрейфовых камер следующие:

- пространственное разрешение - 0,1 мм,
- время памяти, определяемое максимальной дрейфовой длиной и скоростью дрейфа электронов, - порядка долей мсек.
- возможность работы в магнитном поле.

Определенные успехи в развитии методики бесфильмовых проволочных камер достигнуты в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Созданы бесфильмовые искровые спектрометры^{/6-8/} и получены важные физические результаты по исследованию $K_L^0 - K_S^0$ -регенерации в области энергий каонов 14-42 Гэв^{/28/}, получена величина среднеквадратичного электромагнитного радиуса Π -мезона^{/29/}.

Проведено измерение упругого рассеяния Π -мезонов на протонах на малые углы при импульсах 40 и 50 Гэв/с, получены величины отношений реальной части амплитуды сильного взаимодействия к мнимой^{/32/}.

Работы по созданию, исследованиям и применению в спектрометрах магнитострикционных искровых, пропорциональных, дрейфовых камер положены в основу настоящей диссертации.

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения.

В первой главе рассматривается принцип действия проволочной искровой камеры, обсуждаются возможности магнитострикционного считывания информации^{/9,10,14/}.

Высокая эффективность регистрации трека исследуемой частицы при среднем количестве фоновых искр 5-10 позволяет успешно применять двухкоординатные магнитострикционные камеры как для исследования многотрековых событий, так и в установках с большими фоновыми нагрузками^{/12,13/}.

Опыт работы на ускорителях с установками, содержащими большое количество бесфильмовых искровых камер, показал, что ввод в эксплуатацию системы искровых камер является, как правило, началом выполнения физической программы. Описывается разработанная методика стендовой проверки, позволяющая в лабораторных условиях получить основные характеристики и выбрать рабочий режим искровых камер. Обсуждается комплекс программ, необходимых для контроля и оптимизации работы системы магнитострикционных камер,

работающих на линии с ЭВМ. В процессе работы в реальном масштабе времени экспериментатор получает графическое изображение треков событий по системе камер, представляемое на дисплее. В результате статистической обработки информации выдаются данные о распределении координат и среднем количестве событий, регистрируемых каждым магнитострикционным датчиком, а также величины точности и эффективности.

При проведении некоторых экспериментов требуются координатные детекторы большой площади. Разработаны двухкоординатные искровые магнитострикционные камеры размером $1 \times 1 \text{ м}^2$ и $2 \times 1 \text{ м}^2$ и исследованы их рабочие характеристики /15,16/. Камеры имеют достаточно однородные рабочие характеристики по площади, высокую эффективность регистрации "рабочей" частицы при большом количестве фоновых треков.

Во второй главе рассматриваются вопросы, связанные с методикой многопроволочных пропорциональных камер.

Исследованы зависимости основных характеристик камер - эффективности, временного разрешения, пространственного разрешения - от величины катодного напряжения, состава газового наполнения, геометрических параметров камеры, диаметра анодных проволок /17-21/.

Время разрешения пропорциональных камер определяется максимальным разбросом временных интервалов между моментом прохождения частицы через камеру и поступлением сигнала на регистрирующую электронику. При временном разрешении 50 нсек. эффективность регистрации составляет 99%. Уменьшение временного разрешения приводит к неэффективности регистрации.

Добавка многоатомных газов влияет на коэффициент газового усиления A , сдвигая зависимость $A = f(E)$ в сторону больших катодных напряжений E и изменяя её крутизну.

Наибольшая величина "плато" эффективности камер в зависимости от величины катодного напряжения наблюдается для газовой смеси аргона с изобутаном. При концентрации изобутана (40+50)% величина "плато" эффективности камер по напряжению составляет около 1000 вольт. В случае добавки метана, по-видимому, из-за большой скорости роста сечения ионизации в зависимости от энергии электронов /30/, наиболее остро проявляются различные неоднородности камеры.

Добавка в состав газовой смеси электроотрицательной примеси (0,10 - 0,4% фреона 13Б1), ограничивая чувствительную область вокруг анодных проволок, позволяет увеличить загрузочную способность камеры.

Возможность предварительного приготовления смеси аргона с углекислым газом (20-30)%, достаточно хорошие характеристики и отсутствие радиационных эффектов в камерах при работе на этой смеси делают её наиболее удобной при длительной эксплуатации.

Сравнение коэффициентов газового усиления в случае анодных проволок разного диаметра показало, что изменение диаметра на 1% вызывает изменение A на 10-15%.

Показана возможность работы камер с шагом намотки сигнального электрода 3 мм проволокой 50 мкм, что позволяет упростить изготовление камер большого размера.

Трудности, имеющие место при изготовлении пропорциональных камер, существенно возрастают с увеличением размеров камер.

Рассматриваются конструктивные и технологические особенности, приводятся рабочие характеристики камер размером до $900 \times 300 \text{ мм}^2$ /23/.

В третьей главе анализируется опыт работы магнестрикционных искровых и пропорциональных камер в экспериментальных установках на ускорителях.

Приведены результаты исследований созданной впервые в СССР системы из двух пропорциональных камер размером $150 \times 150 \text{ мм}^2$, работающих на линии с ЭВМ /17/.

Камеры работали в дальнейшем в составе аппаратуры магнитного искрового спектрометра, используемого для эксперимента по Π -е-рассеянию при энергии 50 Гэв на ускорителе ИФВЭ /7,22/. Траектория взаимодействующих частиц определялась искровыми магнестрикционными камерами, пропорциональные камеры служили для контроля за пучком и для выделения "рабочего" трека. Временное разрешение искровых камер составляло 1,0 мксек, временное разрешение пропорциональных - 120 нсек. Пространственное разрешение пропорциональных камер (расстояние между анодными проволоками 3 мм) составляло $\pm 1 \text{ мм}$. Точность измерения углов рассеяния в спектрометре составляла $\pm 0,15$ миллирадиана, точность измерения импульсов вторичных частиц $\pm 0,4\%$ /29/.

Разработанные, изготовленные в кратчайший срок пропорциональные камеры позволили на аппаратуре указанного выше спектрометра провести эксперимент по интерференционному измерению фазы амплитуды упругого Π -р рассеяния на малые углы при энергиях 40 и 50 Гэв /8/. Выбранный рабочий режим камер обеспечил в ходе эксперимента высокую эффективность (99,5%) и малое количество шумовых сигналов камер. Пропорциональные камеры использовались

для выборочного запуска искровых камер спектрометра по углу рассеяния, отвечающего величине переданного импульса в области $2,5 \cdot 10^{-3} (\text{Гэв}/c)^2 < t < 10^{-2} (\text{Гэв}/c)^2$.

Показана возможность практически полной компенсации геометрии сцинтилляционных счётчиков с помощью пропорциональных камер в методике измерений по времени пролёта /24/.

Созданный для исследований регенерации каонов в диапазоне энергий 10-50 Гэв магнитный искровой спектрометр (БИС) содержит 18 искровых магнестрикционных камер /12/, четыре годоскопические плоскости сцинтилляционных счётчиков, используемые для запуска камер. Спектрометр обладает высоким разрешением по углу - $\pm (0,23 + 0,14)$ мрад и по инвариантной массе - $\pm (2,5 + 4,3) \text{ Мэв}/c^2$ /11/. Приводятся характеристики опытного варианта аппаратуры на основе пропорциональной камеры /20/, созданной для замены фронтальных годоскопических счётчиков. Уменьшение количества фоновых событий, вызываемых взаимодействиями нейтронов выведенного пучка с веществом годоскопа, приводит к уменьшению загрузки искровых камер и к увеличению полезных запусков установки.

В ЛВЭ ОИЯИ закончено создание и проведена комплексная наладка черенковского масс-спектрометра "Фотон", предназначенного для исследований редких процессов электромагнитной природы. Одним из важнейших элементов установки являются пропорциональные и двухкоординатные магнестрикционные искровые камеры, позволяющие с высокой точностью измерять направления как первичных частиц, генерирующих резонанс, так и вторичных частиц - продуктов распада резонанса.

Установка содержит шесть пропорциональных и 32 искровые камеры, работающие на линии с ЭВМ Хьюлетт-Паккард 2116В.

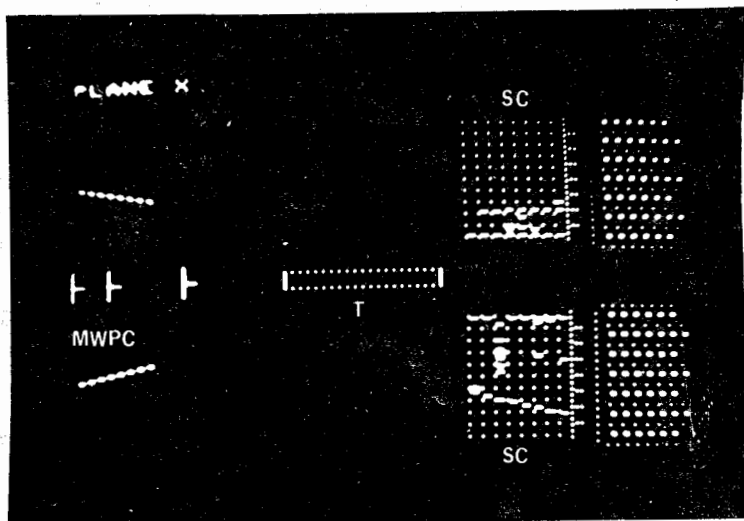


Рис.3 Проекция события /XOZ/, зарегистрированного системой бесфилмовых камер масс-спектрометра "Фотон". MWPC - пропорциональные камеры, SC - искровые камеры.
Снимок с дисплея.

Проверена возможность устранения лево-правой неопределённости дрейфовой камеры с помощью двух сигнальных проволок, помещаемых в дрейфовый промежуток. Между сигнальными проволоками, удалёнными друг от друга на 2 мм, помещена катодная проволока.

На рис. 4 показана зависимость времени дрейфа от пути для камеры подобной конструкции.

Показана возможность работы камеры с дрейфовым промежутком до 50 мм при добавках к аргону метана, углекислого газа, изобутана. Получены зависимости величин скорости дрейфа различных смесей от величины катодного напряжения камер.

Основные результаты диссертации заключаются в следующем.

1. Проведены методические исследования по созданию больших проволочных искровых камер с двухкоординатным магнитострикционным считыванием, обладающих высокой эффективностью регистрации до 5-10 заряженных частиц. Разработаны и исследованы камеры с рабочей площадью до $2 \times 1 \text{ м}^2$.

2. Исследованы зависимости основных характеристик пропорциональных камер от состава рабочей газовой смеси, межэлектродного расстояния, шага намотки анодных проволок, диаметра проволок и т.д. Разработаны, созданы и используются в экспериментах камеры размером до $900 \times 300 \text{ мм}^2$.

3. Показана возможность практически полной компенсации геометрии сцинтилляционных счётчиков с помощью пропорциональных камер для измерений по времени пролёта.

4. Впервые в СССР создана система из двух пропорциональных камер, работающих на линии с ЭВМ. Эти камеры после исследований на синхрофазотроне ОИЯИ использовались в эксперименте по P^{e} -рассеянию при энергии 50 Гэв, проводимом на ускорителе ИФВЭ.

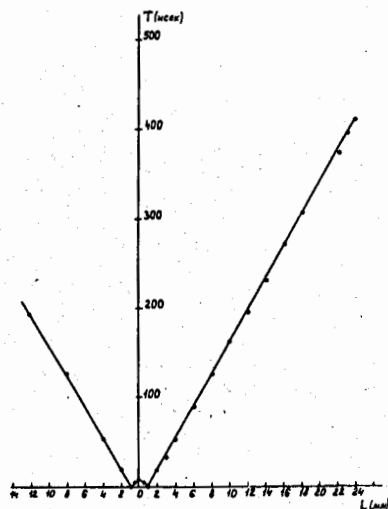


Рис.4 Зависимость времени дрейфа электронов от пути.
 Величина дрейфового промежутка камеры - 24 мм.

5. Создана и исследована на ускорителе система из 6 пропорциональных камер, использовавшаяся для выборочного запуска искрового спектрометра при проведении эксперимента по упругому P^+ -рассеянию на малые углы при энергиях 40 и 50 ГэВ. Эксперимент проводился на ускорителе ИФВЭ.

6. Проведены исследования работы пропорциональных камер в условиях нейтрального пучка ускорителя ИФВЭ, показавшие возможность улучшения параметров установки БИС введением пропорциональных камер в состав аппаратуры спектрометра.

7. Разработана и исследована на ускорителе система бесфильмовых камер многоцелевого масс-спектрометра "ФОТОН". Система состоит из 6 пропорциональных и 32 магнитострикционных искровых камер с двухкоординатным считыванием. Система работает на линии с ЭВМ.

8. Разработаны и исследованы различные модификации дрейфовых камер с рабочей площадью до $1,5 \times 1 \text{ м}^2$. Исследовано влияние различных газовых смесей на работу камер.

9. Создана методика исследования бесфильмовых камер в лабораторных условиях. Стендовые измерения рабочих характеристик позволяют существенно сократить время, необходимое для наладки больших систем бесфильмовых камер на ускорителе.

10. На основе опыта, накопленного при создании и использовании пропорциональных камер в экспериментальных установках, создаются подобные системы в Лаборатории высоких энергий и других отечественных лабораториях.

Основные результаты диссертации опубликованы в зарубежных журналах и препринтах ОИЯИ / 8,15-20,23-27 / и доложены на Рабочем совещании по методике пропорциональных камер в Дубне (1973 г.)

ЛИТЕРАТУРА

1. E.D. Platner et al. Intern. Conf. on Instrum. for High Energy Physics, Frascati, 672, 1973.
2. G. Charpak et al. Nucl. and Meth. 62, 262, 1968.
3. A. Mickelini. Intern. Conf. on Instr. for High Energy Physics. Frascati, 633, 1973.
4. G. Charpak et al. Nucl. Instr. and Meth, 108, 413, 1973.
5. J. J. Aubert et al. Physical. Rev. Lett. 33, 1409, 1974.
6. С. Г. Басиладзе и др. ОИЯИ, Р1-5361, Дубна, 1970.
7. G. T. Adylov et al. JINR, E 13-6658, Dubna, 1972.
8. G. T. Adylov et al. JINR, E1-7934, Dubna, 1974.
9. I. A. Golutvin et al. Nucl. Instr. and Meth. 67, 257, 1960.
10. T. V. Vespalova et al, Versailles Conf. Paper 39, Vol 111, (1968)
11. В. К. Бирулев и др. ОИЯИ, Р1-6878, Дубна, 1975.
12. Т. С. Григалашвили и др. ОИЯИ, Р3-5324, Дубна, 1970.
13. Т. С. Григалашвили и др. ОИЯИ, I3-5273, Дубна, 1970.
14. Ю. В. Заневский и др. ОИЯИ, I3-5323, Дубна, 1970.
15. Ю. В. Заневский и др. ОИЯИ, I3-7265, Дубна, 1973.
16. А. Двуразны и др. ОИЯИ, I3-7266, Дубна, 1973.
17. Yu. V. Zanevsky et al. Nucl. Instr. and Meth. 94, 233, 1971.
18. V. D. Peshkhopov et al. Nucl. Instr. and Meth. 100, 505, 1972.
19. Ю. В. Заневский и др. ОИЯИ, I3-7154, 37-47, Дубна, 1973.
20. В. К. Бирулев и др. ОИЯИ, I3-7154, 58-69, Дубна, 1973.
21. Ю. В. Заневский и др. ОИЯИ, I3-7154, 150-162, Дубна, 1973.
22. Yu. V. Zanevsky et al. Nucl. Instr. and Meth, 100, 481, 1972.
23. Р. А. Астабатян и др. ОИЯИ, Р13-8188, Дубна, 1974.
24. Yu. V. Zanevsky et al. Nucl. Instr. and Meth, 93, 493, 1971.
25. Ю. В. Заневский и др. ОИЯИ, Р I3-8283, Дубна, 1974.
26. Ю. В. Заневский и др. ОИЯИ, I3-7678, Дубна, 1974.

27. Р. А. Астабатян и др. ОИЯИ, Р13-8383, Дубна, 1974.
28. В. К. Бирулев и др. ОИЯИ, Р1-6164, Дубна, 1971.
29. G. T. Adylov et al. JINR, E1-8047, Dubna, 1974.
30. Ш. Шарпак. УФН. 108, 358, 1972.
31. Ю. В. Заневский и др. ОИЯИ, Р13-8668, Дубна, 1975.
32. В. Д. Апокин и др. ИФВЭ, СЭВ 74-113, Серпухов, 1974.

Рукопись поступила в издательский отдел
28 марта 1975 г.