

сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

Б 24

P1-88-516 *e*

Л.С.Барабаш, С.А.Баранов, Н.В.Горбунов,
О.Ю.Денисов, И.М.Иванченко, М.Ю.Казаринов,
А.Г.Карев, Н.Н.Карпенко, Е.А.Лодыгин,
Л.Месарош, П.В.Мойсенз, В.П.Обудовский,
А.А.Попов, С.Н.Прахов, В.В.Чалышев

ХАРАКТЕРИСТИКИ ДРЕЙФОВЫХ КАМЕР
МЮОННОГО СПЕКТРОМЕТРА
УСТАНОВКИ "НЕЙТРИННЫЙ ДЕТЕКТОР"

1988

Мононный спектрометр установки "Нейтринный детектор" содержит пять дисков намагниченного железа диаметром 4 м, толщиной по пучку 220 мм и четыре сдвоенных диска диаметром 4 м, толщиной 2x220 мм. В зазорах между дисковыми магнитами расположены девять координатных плоскостей, измеряющих координату X и десять плоскостей — для измерения координаты Y . Размер чувствительной области каждой координатной плоскости 4x4 м², каждая плоскость содержит две больших дрейфовых камеры.

Камера имеет восемь дрейфовых ячеек (см. рис. 1). В центре каждой ячейки расположен сигнальный элемент, содержащий четыре чувствительные проволоки диаметром 0,05 мм и две охранные диаметром 0,2 мм, на которые подается положительный потенциал. Проволоки с положительным потенциалом окружены заземленными катодными проволоками диаметром 0,2 мм. Дрейфовые промежутки ограничены проволоками, на которые с помощью внешнего делителя подается распределенный отрицательный потенциал. Длина дрейфа электронов в ячейке составляет $\pm 122,5$ мм относительно центра сигнального элемента^{1/1}.

Сигнальные проволоки (S_1, S_2, S_3, S_4) соединены со входами усилителей-формирователей, расположенных на камере. Сигналы с выходов усилителей-формирователей по телефонному кабелю подаются на входы электроники регистрации информации^{2/2}.

Для наполнения камер в установке "Нейтринный детектор" используется газовая смесь аргона и углекислоты (94:6 соответственно), которая продувается через камеры. По продуву все камеры объединены в ветви, каждая ветвь содержит две камеры,

00700

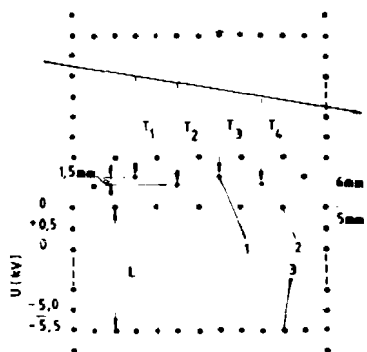


Рис. 1. Схема размещения проволочек в дрейфовой ячейке.

- 1 - сигнальные проволочки,
- 2 - катодные проволочки,
- 3 - проволочки распределенного потенциала.

выставляются на ~ 1 кВ ниже рабочего напряжения. За 1 с до импульса сброса пучка на мишень нейтринного канала напряжения повышаются до 2 кВ на сигнальных и - 6 кВ на потенциальных проволочках, что соответствует рабочему режиму. Далее, после окончания импульса сброса пучка напряжения U_s и U_p снижаются на 1 кВ до следующего цикла ускорителя. Такой режим работы камер опробован на четырехкомпонентной газовой смеси ($A \gamma + 7\%CO_2 + 3\%CH_4 + 0,5\%C_2H_5OH$) при мощностях дрейфовых камер^{3/5/}, и показал высокую эффективность. На рис. 3 мы приводим сравнительные характеристики двух камер (1 и 2) при постоянном и импульсном режиме работы. Эффективность регистрации треков (левая шкала, кривые 1 и 2) не зависит от режима питания. Существенное отличие наблюдается в зависимости шумовых характеристик камер (правая шкала) от сигнального напряжения (пунктир 1 и 2 - постоянное напряжение, сплошные кривые 1 и 2 - импульсное напряжение).

Как видно из рисунка, импульсный режим дает заметный выигрыш в ширине пикета по эффективности регистрации треков частиц. Для камер, характеристики которых приведены на рис. 3, ширина

включенные последовательно. Для приготовления газовой смеси используется автоматизированная система газообеспечения^{3/}, скорость продува составляет 40 л/ч на ветвь (объем одной камеры 560 л).

Характеристики камер исследовались при двух режимах работы системы высоковольтного питания: обычно применяемый режим, когда на электроды камеры подаются постоянные сигнальное и потенциальное напряжения, и квазиимпульсный режим, предложенный в работе^{4/}. На рис. 2 показаны временные диаграммы напряжений на электродах камер в импульсном режиме. Между циклами ускорителя напряжения на сигнальных проволочках ($+U_s$) и потенциальных проволочках ($-U_p$)

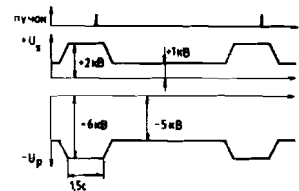


Рис. 2. Временные диаграммы работы системы высоковольтного питания дрейфовых камер.

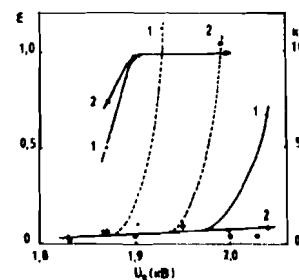


Рис. 3. Характеристики двух камер при постоянном и импульсном питании: 1,2 (левая шкала) - эффективность регистрации треков в зависимости от напряжения на сигнальных проволочках; 1,2 (пунктир, правая шкала) - частота шумов, постоянное питание; 1,2 (сплошные линии) - частота шумов, импульсное питание.

пикета увеличивается примерно на 100 В. Кроме того, применение импульсного режима значительно повышает надежность работы камер во время сеансов. В дальнейшем мы приводим характеристики камер, полученные при импульсном режиме и пороге срабатывания электроники регистрации, равном 1 мсЛ.

Каждый сигнальный элемент отдельной дрейфовой ячейки содержит четыре сигнальных проволочки (S_1, S_2, S_3, S_4), что позволяет измерять четыре точки на треке частицы, прошедшей через камеру. Эффективность регистрации треков в этом случае оценивается по формуле:

$$\epsilon = \epsilon_1 \epsilon_2 \epsilon_3 \epsilon_4 + \epsilon_1 \epsilon_2 \epsilon_3 (1 - \epsilon_4) + \epsilon_1 \epsilon_2 \epsilon_4 (1 - \epsilon_3) + \epsilon_1 \epsilon_3 \epsilon_4 (1 - \epsilon_2) + \epsilon_2 \epsilon_3 \epsilon_4 (1 - \epsilon_1),$$

где $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3, \epsilon_4$ - эффективности регистрации координат трека отдельными проволочками сигнального элемента.

На рис. 4 (семейство кривых 1, левая шкала) показана зависимость эффективности регистрации треков камерами мюонного спектрометра при изменении напряжения U_s на сигнальных проволочках. Видно

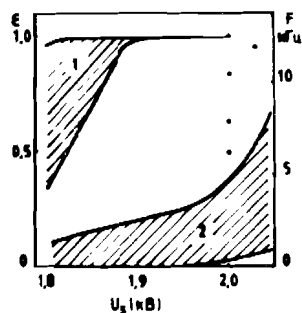


Рис. 4. Зависимости эффективности регистрации треков (1) и частоты шумов (2) в камерах мюонного спектрометра.

разброс в характеристиках камер, начало суммарного плато по эффективности регистрации треков соответствует напряжению на сигнальных проволоках, равному 1,9 кВ.

Семейство 2 (правая шкала) показывает зависимость частоты шумовых импульсов для разных камер при изменении сигнального напряжения. Повышение шумов наблюдается при напряжении $U_s > 2$ кВ. Точками показаны значения частоты шумов для пяти камер, превышающие огибающую. Суммарная ширина плато по эффективности регистрации треков по камерам мюонного спектрометра составляет $\Delta U \sim 100$ В.

Для разрешения лево-правой неоднозначности проволоки каждого сигнального элемента попеременно смещены относительно центра дрейфовых ячеек камер на величину $\delta = \pm 0,75$ мм. При этом эффективность разделения левых и правых треков можно оценить по распределению величины K_I , равной^{6/}:

$$K_I = \frac{1}{2} (T_1 - 3T_2 + 3T_3 - T_4) = \pm 4\Delta T,$$

где T_1, T_2, T_3, T_4 — времена, зарегистрированные отдельными проволоками сигнальных элементов; ΔT — временной сдвиг сигналов, определяемый сдвигом сигнальных проволок относительно центра симметрии дрейфовой ячейки.

На рис. 5. показано распределение величины K_I для сигнальных элементов дрейфовых камер мюонного спектрометра, проинтегрированное по дрейфовому промежутку.

Рис. 6. показывает изменение среднего значения коэффициента K_I в зависимости от координаты трека в дрейфовой ячейке. Изучение зависимости $K_I f(X)$ показывает, что погрешность ошибки в определении левых и правых треков составляет несколько процентов.

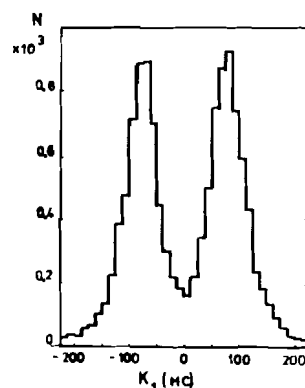


Рис. 5. Распределение коэффициента K_I .

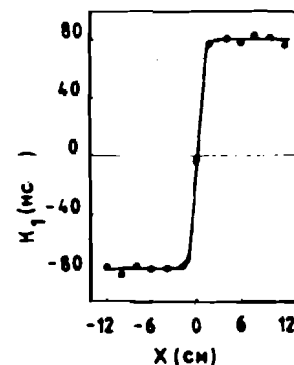


Рис. 6. Зависимость среднего значения коэффициента K_I от координаты трека в дрейфовом промежутке.

Смещение сигнальных проволок относительно центра симметрии дрейфовых ячеек позволяет эффективно разрешить лево-правую неоднозначность, но в то же время приводит к различию амплитуд сигналов с проволок при регистрации левых и правых треков.

На рис. 7 показаны средние значения распределений зарядов, регистрируемых проволоками при прохождении трека справа от сигнального элемента (сплошные линии) и слева от него (пунктирные линии).

Эти зависимости сняты при регистрации треков электронов от радиоактивного источника ^{106}Ru , пучок от которого проходил на расстоянии ± 60 мм от сигнального элемента дрейфовой ячейки. Результаты этих измерений хорошо согласуются с результатами моделирования поля в дрейфовой ячейке, показанными на рис. 8а.

Различие в амплитуде сигналов с проволок объясняется разной шириной зон сбора электронов (рис. 8а, пунктирные линии, ах.1). Цифрами 1, 2, 3, 4 показаны зоны сбора электронов на проволоки S_1, S_2, S_3, S_4 . Улучшения однородности зон удается добиться подточкой положительного потенциала $(0,4$ кВ на проволоку и распределенного потенциала S_C , близкого к методным. Результаты моделирования ширины зон для этого случая показаны на рис. 8а (сплошные линии, ах.2). Полное выравнивание ширины зон

Рис. 7. Средние значения заряда, регистрируемого сигнальными проволоками при левом и правом расположении трека.

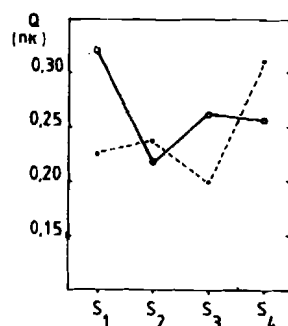
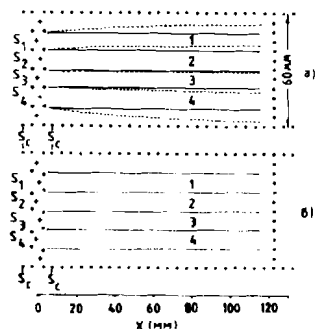


Рис. 8. Результаты моделирования полей в дрейфовом промежутке.

собирации электронов слева и справа от сигнальных проволок возможно при смещении катодных проволок на $\pm 0,75$ мм, как показано на рис. 8б (сх.3). В таблице приводятся значения ширины зон (мм) собирания электронов для $X=115$ мм для трех случаев, описанных выше.

Таблица

	Сх.1	Сх.2	Сх.3
S_1	13,0	8,4	10,1
S_2	15,2	11,3	9,8
S_3	11,7	8,35	10,1
S_4	16,1	10,9	10,1

В приведенных выше результатах моделирования не учитывалось влияние диэлектрика стенок пачкой дрейфовых камер.

Учитывая результаты моделирования полей, мы являлись на зонх камерных мощного спектрометра и мишенной частоты ОВЧ на проволоках S_2 потенциал $\pm 0,4$ кВ.

Неоднородности в распределении полей в дрейфовых ячейках можно оценить по поведению коэффициента K_2 , равному:

$$K_2 = (T_1 - T_2) - (T_3 - T_4) \quad (T_1 + T_4) - (T_2 + T_3)$$

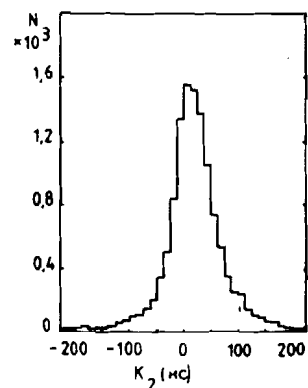


Рис. 9. Распределение величины K_2 .

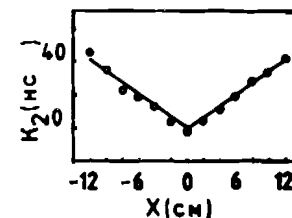


Рис. 10. Зависимость среднего значения коэффициента K_2 от координаты трека в дрейфовом промежутке.

На рис. 9 показано распределение величины K_2 , проинтегрированное по дрейфовому промежутку. Среднее значение K_2 , взятое из рис. 9, составляет 16,9 нс, среднеквадратичное отклонение распределения $\sigma = 56,7$ нс. Неравенство среднего значения K_2 нулю указывает на различие в скоростях дрейфа электронов для разных проволок сигнального элемента. Эта зависимость хорошо видна на рис. 10, на котором показано изменение среднего значения K_2 от координаты трека по дрейфовому промежутку. Разумно предположить, что отличаются скорости дрейфа по проволокам $S_{1,4}$ и $S_{2,3}$. Различие по сумме $(T_1 + T_4)$ и $(T_2 + T_3)$ составляет 40 нс, что в конце дрейфового промежутка приводит к ошибке в координате, равной 0,8 мм. При возмущении трека в камере это явление может привести к снижению эффективности регистрации по проволокам $S_{1,4}$. На рис. 11 показаны распределения по эффективности регистрации треков в камерах мощного спектрометра для проволок $S_{1,4}$ и $S_{2,3}$ при напряжении на сигнальных проволоках $U_s = 1,95$ кВ и пороге срабатывания электроники, равном 1 мкА. Видно, что эффективность регистрации по проволокам $S_{1,4}$ несколько хуже, нежели по проволокам $S_{2,3}$.

По распределению величины K_2 можно оценить среднюю точность регистрации координат треков в дрейфовых камерах на основе $\Delta z \approx 6\% \text{ CO}_2$, которая равна $\sigma_z \approx 1$ мм, что является приемлемым для мощного спектрометра устпюности.

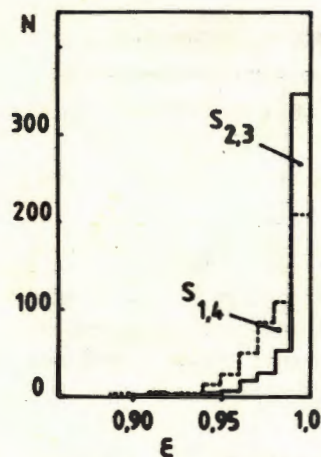


Рис. 11. Распределение по эффективности регистрации треков для проволок $S_{1,4}$ и $S_{2,3}$.

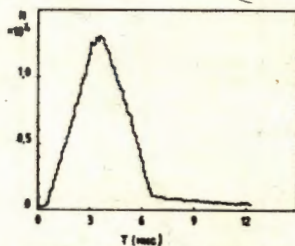


Рис. 12. Временное распределение сигналов с проволок дрейфовых камер мюонного спектрометра и мишенной части ОИЯИ при работе в нейтринном пучке.

В заключение на рис. 12 мы приводим временное распределение сигналов с проволок дрейфовых камер мюонного спектрометра и мишенной части ОИЯИ (~ 3000 каналов) при работе в нейтринном пучке. Начало распределения характеризует суммарный уровень шумов по камерам, экспоненциальный хвост определяется фоном медленных нейтронов.

Литература

1. Л.С.Барабаш, И.А.Голутвин, Ю.Л.Злобин и др. Материалы У Рабочего совещания по нейтринному детектору ИФВЭ-ОИЯИ, Д1,2, 13-84,332, Дубна, 1984, с. 108.
2. И.А.Голутвин, Н.И.Замятин, А.В.Карпухин, В.С.Хабаров. Препринт ОИЯИ, 13-83-828, Дубна, 1983.
3. В.Н.Виноградов, А.Н.Алеев, Н.А.Баландина и др. Сообщение ОИЯИ, 13-86-530, Дубна, 1986.
4. Л.С.Барабаш, В.В.Чалышев. Авторское свидетельство №181405, 1985, ОИ № 29, 1987, с. 263.
5. Л.С.Барабаш, А.Г.Карев, Б.А.Морозов и др. Материалы У Рабочего совещания по нейтринному детектору ИФВЭ-ОИЯИ, Д1,2,13-84-332, Дубна, 1984, с. 112.
6. Н.Н.Божко и др. Препринт ИФВЭ, 78-22, Серпухов, 1978.

Рукопись поступила в издательский отдел
12 июля 1988 года.

Барабаш Л.С. и др.

P1-88-516

Характеристики дрейфовых камер мюонного спектрометра установки "Нейтринный детектор"

Приводятся результаты исследований характеристик больших дрейфовых камер установки "Нейтринный детектор", работающей в нейтринном пучке ускорителя У-76 /Серпухов/. Описан импульсный режим питания камер, приводятся сравнительные характеристики камер при питании электродов камер постоянными и импульсными высокими напряжениями. Ширина плато по эффективности регистрации треков в камерах при пороге срабатывания электроники $1 \mu\text{A}$ составляет $\sim 100 \text{ В}$, точность регистрации треков $\sigma = 1 \text{ мм}$. Вероятность ошибки в определении левых и правых треков составляет несколько процентов. Приведены результаты моделирования электрических полей в дрейфовой ячейке, рассмотрены условия, позволяющие улучшить однородность зон собирания электронов на сигнальные проволоки.

Работа выполнена в Общественном научно-методическом отделении ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1988

Перевод Л.Н.Барабаш

Barabash L.S. et al.

P1-88-516

The Characteristics of the Drift Chambers for Muon Spectrometer of the "Neutrino Detector" SetUp

Results of studies of the characteristics of large drift chambers for the setup "Neutrino detector" operating in a neutrino beam at the Serpukhov accelerator are presented. Pulsed high-voltage supply for the drift chambers is described. Comparative characteristics of the drift chambers are given for constant and pulsed high voltages. The width of the plateau for the detection efficiency of tracks in the chambers is $\sim 100 \text{ V}$ at an electronics threshold of $1 \mu\text{A}$ and the accuracy of detecting the tracks $\sigma = 1 \text{ mm}$. The left-right ambiguity is a few per cent. Results of calculating the electric fields in a drift cell are presented. The conditions which allow one to improve the uniformity of the zones of electron collection on the sensitive wires are considered.

The investigation has been performed at the Scientific-Methodical Division, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1988