

СЗ44.1ч1
3-276

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



24/11/74

P13 - 8283

4915/2-74

Ю.В.Заневский, А.Б.Иванов, И.М.Иванченко,
Ю.В.Куликов, М.Н.Михайлова, Г.П.Николаевский,
Е.А.Новиков, В.Д.Пешехонов, С.Н.Пляшкевич,
А.Е.Сеннер, Л.А.Сеннер, Е.А.Силаев,
Н.А.Филатова, М.Н.Хачатурян, С.П.Черненко

СИСТЕМА ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫХ КАМЕР
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ "ФОТОН"

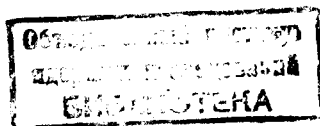
1974

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

Ю.В.Заневский, А.Б.Иванов, И.М.Иванченко,*
Ю.В.Куликов, М.Н.Михайлова, Г.П.Николаевский,
Е.А.Новиков, В.Д.Пешехонов, С.Н.Пляшкевич,
А.Е.Сеннер,* Л.А.Сеннер,* Е.А.Силаев,
Н.А.Филатова, М.Н.Хачатурян, С.П.Черненко

**СИСТЕМА ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫХ КАМЕР
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ "ФОТОН"**

* Лаборатория вычислительной техники и автоматизации .



I. ВВЕДЕНИЕ

В экспериментальной установке для исследования электромагнитных распадов резонансов используются шесть пропорциональных камер, с помощью которых определяются параметры траекторий π^- -мезонов, падающих на водородную мишень.

В данном сообщении мы представляем описание основных частей созданной системы:

- а) пропорциональных камер,
- б) электронной регистрирующей аппаратуры,
- в) программного обеспечения,

и приводим экспериментальные результаты, полученные на пучке π^- -мезонов синхрофазотрона ОИЯИ.

II. ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ

В системе используются 6 однокоординатных пропорциональных камер (Z_x и Z_y), схема расположения которых в установке приведена на рис. 1. Общий вид пропорциональных камер на канале показан на рис. 2.

2.1. Пропорциональные камеры

Конструкция пропорциональных камер аналогична конструкциям, описанным в работах [1, 2]. Рабочий размер камер $15 \times 15 \text{ см}^2$, зазор между анодной и катодной плоскостью 8 мм. Сигнальные нити $\varnothing 20$ микрон намотаны с шагом 3 мм. Катодные плоскости намотаны проволокой из бериллиевой бронзы $\varnothing 0,1$ мм с шагом 1 мм. Газовый объем камер изолирован с помощью майлара толщиной 50 микрон. Все камеры после изготовления испытывались на стенде с помощью β^- -источника ^{90}Sr , где измерялись эффективности $\epsilon = f(E_3)$ и число шумовых сигналов $n = f(E_3)$

На рис. 3 приведены типичные зависимости ϵ и n от величины зарядного напряжения. На стенде и на пучке камеры продувались газовой смесью $AZ + 20\% CO_2 + 3\% C_2H_5OH$.

2.2. Электронная аппаратура

Электронная аппаратура для пропорциональных камер установки "ФОТОН" выполнена на основе элементов "РЕПЕР" [3] и предназначена для регистрации информации с пропорциональных камер и последующей передачи полученных данных в ЭМ НР-2ИИ6В. В состав аппаратуры входят:

- а) усилители - формирователи типа 4УФП-2, размещенные непосредственно на пропорциональных камерах;
- б) блоки регистрации типа Р-120;
- в) размножители типа Р-ИИ4;
- г) блок синхронизации приема и передачи информации в ЭМ, Р-ИИ3;
- д) контроллер С-004.

Все блоки регистрирующей аппаратуры, за исключением усилителей, выполнены в стандарте КАМАК и размещены в двух кейтах, показанных на рис. 4. Блок-схема регистрирующей электроники приведена на рис.5. Сигналы с 6 пропорциональных камер (48 каналов в каждой камере) усиливаются с помощью четырехканальных усилителей 4УФП-2 и далее по кабелям длиной ~ 120 м передаются на блоки регистрации типа Р-120. Как показано на рис.6, блоки регистрации Р-120 содержат формирователи сигналов с усилителями 4УФП-2, схемы совпадений для стробирования сформированного сигнала, два 16-битных регистра для записи полученной информации и схему, позволяющую выполнять соответствующие команды КАМАК.

Конструктивно блок Р-120 представляет собой модуль КАМАК двукратной ширины.

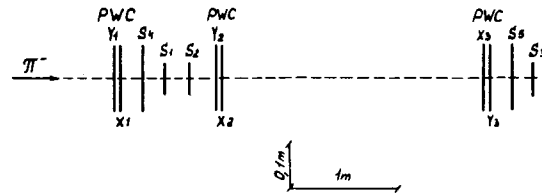


Рис. 1. Схема расположения пропорциональных камер в экспериментальной установке.

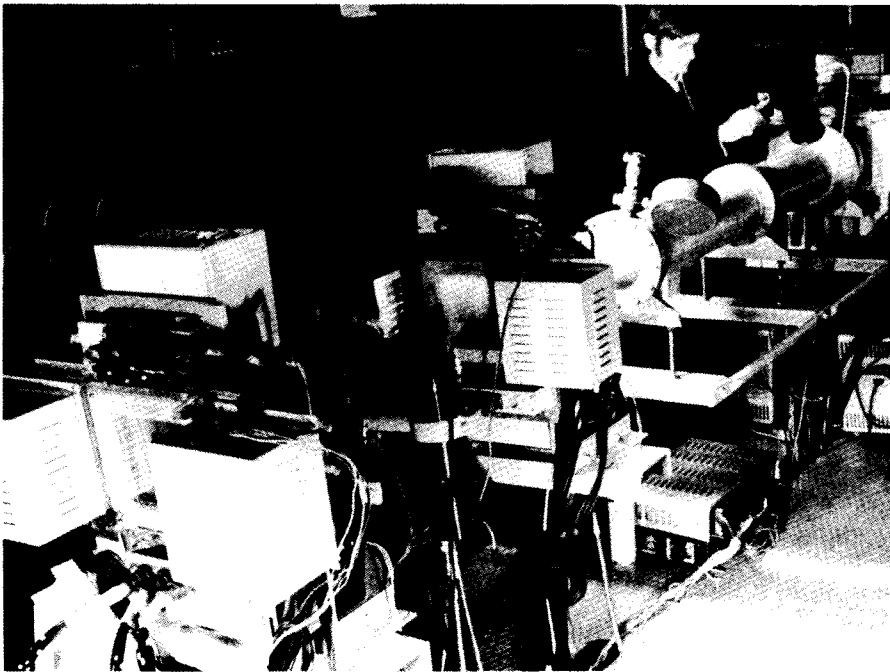


Рис. 2. Общий вид пропорциональных камер на канале.

Рис. 3. Эффективность камеры (кривая 1) и количество шумовых сигналов (кривая 2) как функции напряжения на катоде E .

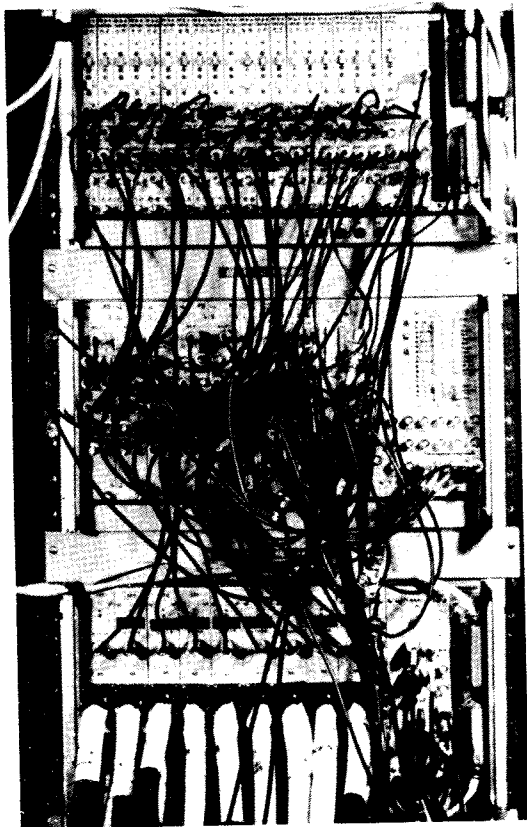
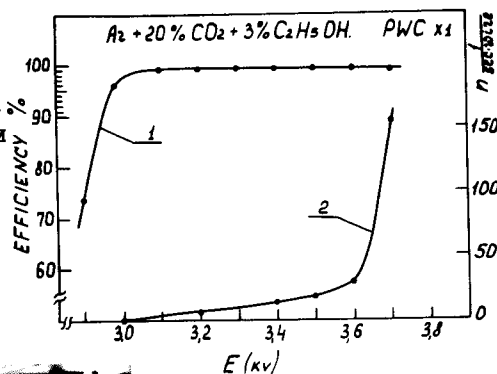


Рис. 4. Общий вид регистрирующей электронной аппаратуры для пропорциональных камер (первый и второй крейты снизу)

Информация из крейта КАМАК в ЭВМ передается при помощи контроллера С-004, логика работы которого полностью соответствует контроллеру HFCC066 [4] и позволяет осуществлять совместную работу с ЭВМ в следующих режимах:

- а) по программному каналу;
- б) по каналу прямого доступа при адресации к одному модулю крейта;
- в) по каналу прямого доступа при последовательной адресации по всем модулям крейта.

Контроллер связан с ЭВМ с помощью драйвера [5], к которому подключены также остальные контроллеры крейтов регистрирующей электронной аппаратуры установки "ФОТОН".

Массив информации, передаваемой с регистрирующей электронной аппаратуры (6 камер по 48 сигнальных нитей), содержит 20 шестнадцатитрибитных слов. Первые 18 слов представляют информацию с пропорциональных камер, последние 2 слова – контрольные.

"Срабатыванию" нити камеры соответствует "1" в соответствующем бите информационного слова.

III. ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ С ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫХ КАМЕР

Для контроля качества работы камер создан комплекс программ обработки информации, поступающей с пропорциональных камер, и вывода результатов обработки.

Для характеристики работы пропорциональной камеры введем понятие кластера. Назовем кластером группу подряд "сработавших" нитей, ограниченную с обеих сторон либо краем камеры, либо "несработавшей" нитью. Число нитей в кластере назовем его размером.

Для контроля работы камер и выявления неисправностей под-

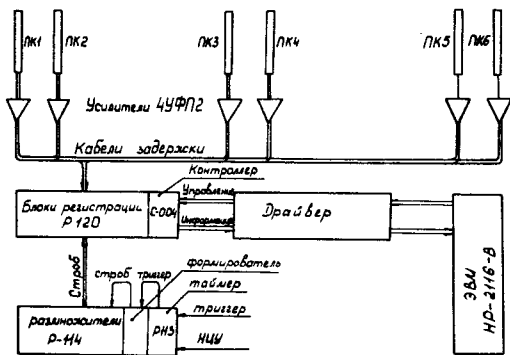


Рис. 5. Блок-схема регистрирующей электронной аппаратуры.

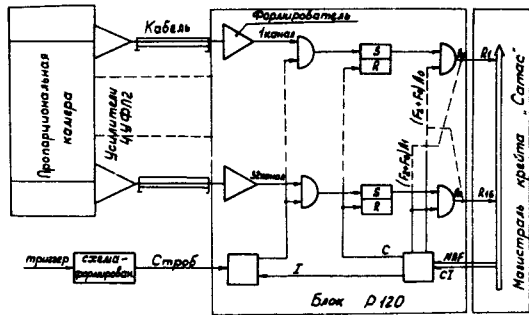


Рис. 6. Функциональная схема блока Р-120.

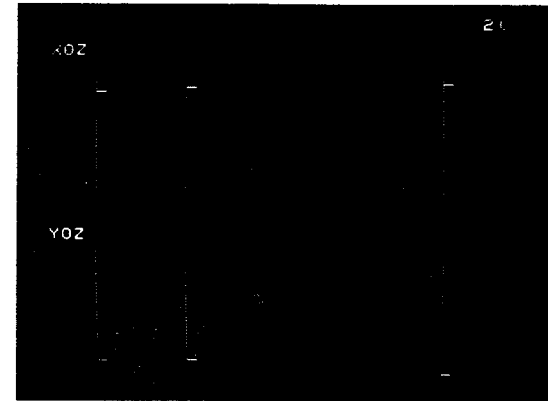


Рис. 7. Графическое изображение события в X0Z - и Y0Z -проекциях, представленное на дисплее.

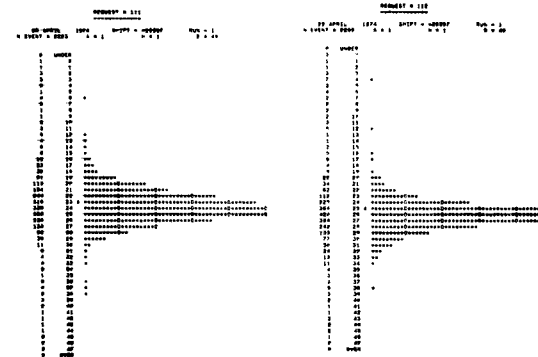


Рис. 8. Профили пучка, полученные с помощью пропорциональных камер:

Request III - в X - плоскости,
Request II2 - в Y - плоскости.

считывается количество отказов камеры, среднее количество и средние размеры кластеров.

Общими характеристиками камер являются оценки точности и эффективности, которые вычисляются с использованием алгоритмов автоматического распознавания треков.

Результаты обработки выводятся на дисплей или АЦПУ.

Графическое изображение XOZ -и YOZ -проекций событий, регистрируемых камерами, выводится на дисплей (рис. 7).

IV. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Испытания системы пропорциональных камер проводились на пучке Π -мезонов синхрофазотрона ОИЯИ. Одновременно данная система использовалась для подстройки параметров пучка.

Типичные профили пучка в X -и Y -плоскостях показаны на рис.8.

Эффективность камеры как функция напряжения на катоде приведена на рис. 9 (кривая 1). На этом же рисунке (кривые 2 и 3) показаны зависимости от напряжения доли двойных и тройных кластеров K , т.е. случаев, когда "срабатывают" 2 и 3 нити.

На рис. 10 изображена эффективность камеры в зависимости от задержки "строб" импульса, поступающего на блоки P-120. Такие зависимости снимались одновременно для всех камер с помощью ЭВМ.

На рис. 11 приведены распределения, характеризующие количество и размер кластеров для камеры Y_I .

На наш взгляд, способ определения представленных характеристик пропорциональных камер не требует дополнительных комментариев. Нам представляется полезным подробнее рассмотреть методику определения эффективности и точностных характеристик камер.

Под эффективностью камеры понимается вероятность ре-

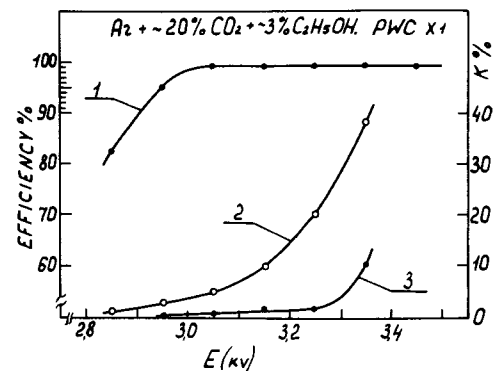


Рис. 9. Эффективность камеры, полученная на пучке как функция напряжения на катоде (кривая 1). Кривые 2 и 3 - доля случаев, когда "срабатывают" 2 и 3 нити соответственно (K) в зависимости от напряжения на катоде (E).

```

REQUEST # 14X
N EVENT # 925  A = 7  M = 10  B = 298

# UNDER
0 1
1 2
2 1
3 2
4 3
19 4 *****
57 5 *****
67 6 *****
94 7 *****
98 8 *****
94 9 *****
127 10 *****
89 11 *****
120 12 *****
77 13 *****
43 14 *****
15 15 *****
17 16 *****
14 17 *****
12 18 *****
9 19 *****
7 20 *****
6 21 *****
2 22 *****
2 23 *****
2 24 *****
# OVER
    
```

Рис. 10. Эффективность камеры X_I как функция задержки "строб" импульса. Вторая слева колонка цифр - $\frac{\tau_{\text{зад.}}}{10}$ н сек. Первая слева - эффективность камеры в процентах.

гистрации координаты точки траектории частицы, прошедшей через рабочую область камеры в определенный момент времени.

На практике применяются различные оценки эффективности. Мы использовали оценку эффективности, определяемую по формуле

$$\varepsilon = 1 - \frac{N_0}{N},$$

где N - общее количество запусков,

N_0 - количество запусков, при которых в камере не зарегистрировано ни одного кластера.

На рис.12 (вверху) представлено количество отказов (N_0) для каждой камеры.

Эта оценка эффективности оказывается заниженной при ложном срабатывании системы запуска и завышенной при одновременном появлении ложных кластеров и подавлении рабочих.

Второй применяемый нами способ определения оценки эффективности заключается в следующем. Используя массив данных, соответствующих запуску n камер одной ориентации, отыскиваем в определенной последовательности все непересекающиеся наборы точек, удовлетворяющие критерию направлений и содержащие не менее n_{min} точек, лежащих внутри базисной полосы шириной τ .

Каждому набору ставится в соответствие множество $a = \{a_k\}$, $k = 1, 2, \dots, n$. Если k камера представлена в наборе, то $a_k = 1$, иначе $a_k = 0$. Множеству a ставится в соответствие два множества $\delta \{\delta_k\}$ и $\Delta \{\Delta_k\}$ по следующему правилу: если $\sum_{k=1}^n a_k > n_{min}$, то $\delta_k = \Delta_k = a_k$, иначе $\delta_k = 0$, $\Delta_k = (a_k + 1) \bmod 2$.

Оценки эффективности для каждой из камер определяются по формуле

$$\rho_k = \frac{\sum_{i=1}^M \delta_{ki}}{\sum_{i=1}^M \Delta_{ki}},$$

где M - общее количество найденных наборов.

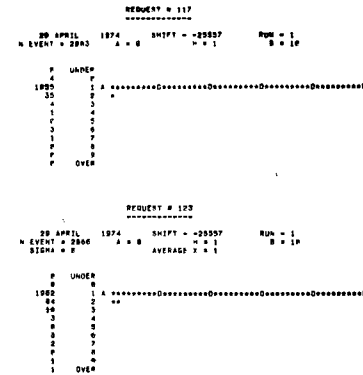


Рис.11. Request II7 - статистическое распределение количества кластеров для камеры U_1 .

Request I23 - распределение размера кластеров для этой же камеры.

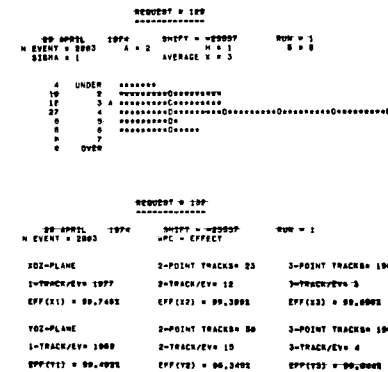


Рис.12. Request I29 - количество отказов (N_0) для каждой камеры.

Request I32 - эффективности всех камер, определенные вторым способом.

Константа γ , пороговые константы для критерия направлений и параметры перехода от систем координат камер в общую систему координат определяются на основании выборки событий с доминирующим количеством таких событий, в которых регистрируется единственная траектория частицы.

Второй способ определения оценки эффективности камер (рис. 12, *request 32*) позволяет, вообще говоря, уменьшить влияние рассмотренных выше факторов, приводящих к смещению оценки эффективности.

Основным недостатком этого способа является то, что при уменьшении эффективности камер возрастает требуемое количество запусков для определения статистически обеспеченных оценок.

При втором способе определения эффективности статистические ошибки второго рода (принятие набора, не соответствующего траектории частицы, прошедшей через рабочие области камер) приводят к смещению оценки эффективности в сторону меньших значений. Для уменьшения этих смещений и оценки их влияния целесообразно перед поиском наборов производить отбор событий по критериям, способствующим отсеву тех событий, в которых частица не прошла через рабочие области всех камер. В частности, для уменьшения влияния ложных срабатываний системы запуска можно отбрасывать события, где в пропорциональных камерах другой ориентации не идентифицирована траектория частицы или в исследуемых камерах зарегистрировано более одного кластера.

Оценка δ погрешности камер вычислялась из соотношения $\delta^2 = D/f(\bar{x})$, где D - дисперсия отклонений d измеренных координат в средней камере от прямой, проведенной через точки в двух крайних камерах. На рис. 13 приведены гистограммы распределения величин d . Здесь $2 \left[\left(\frac{\bar{x}_2 - \bar{x}_1}{\bar{x}_3 - \bar{x}_1} \right)^2 - \left(\frac{\bar{x}_2 - \bar{x}_1}{\bar{x}_3 - \bar{x}_1} \right) + 1 \right]$



Рис. 13. Request 133 и 134 - распределения величины d для камер X_2 и Y_2 соответственно. Шаг гистограмм - 0,5 мм.

В наших условиях погрешность определяется в основном шагом намотки сигнальных проволок. Рассмотренная методика определения погрешности камер дает усредненную погрешность. Меняя камеры местами в случае неравноотстоящих камер, можно определить индивидуальные погрешности каждой из них.

У. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы представили описание системы из шести пропорциональных камер, показали экспериментальные результаты, полученные на пучке Π^- мезонов синхрофазотрона ОИЯИ, изложили методику определения эффективности камер.

В заключение авторы выражают благодарность профессору А.М.Балдину за содействие работе, профессору Н.Н.Говоруну за постоянный интерес к ней.

Авторы благодарят С.А.Аверичева, Р.М.Базлову, В.А.Белякова, Б.К.Курятникова, А.Е.Московского, Н.Н.Тиханчева за помощь при создании установки; коллектив ЦЭМ ОИЯИ за изготовление блоков электронной регистрирующей аппаратуры; А.С.Чырова за полезные обсуждения; П.В.Мойсенза и Е.Н.Гудзенчука за помощь при создании математического обеспечения, В.А.Смирнова за помощь при стыковке комплекса электроники с ЭВМ. Авторы также благодарят Р.А.Астабатьяна, Р.Г.Аствацатурова, В.Н.Афанасьева, В.И.Иванова, В.А.Крамаренко, Б.А.Кулакова, Г.Л.Мелкумова, А.И.Малахова, Е.Черных, Б.В.Бакаева, М.И.Буланова, В.Т.Паршутова за помощь в измерениях.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Yu.V.Zanevsky et al.
Nuclear Instruments and Methods, 94, 233-235, 1971.
2. V.D.Peshekhonov et al.
Nuclear Instruments and Methods, 99, 505-508, 1972.
3. Ю.В.Заневский и др.
Препринт ОИЯИ, I3-7218, Дубна, 1973.
4. F.Iselin et al.
CERN-IP CERN Note 27-00 (1971).
5. И.Ф.Колпаков и др.
Труды УИ Международного симпозиума по ядерной электронике, Будапешт (1973), I63-I65, ОИЯИ, ДI3-76I6, Дубна, 1974.

Рукопись поступила в издательский отдел
20 сентября 1974 г.