

С.154

6/111-72

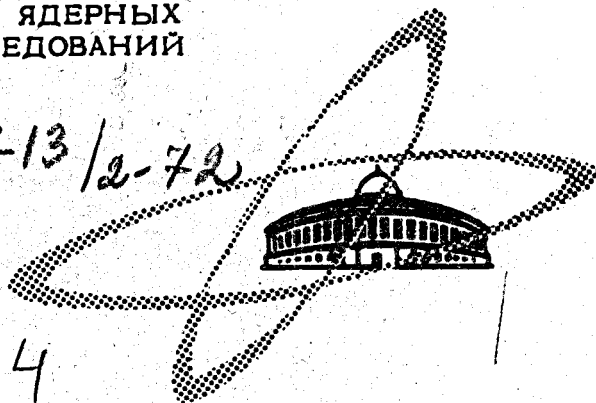
A-91

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна.

713/2-72

P13 - 6184



6184

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

Р.Г.Аствацатуров, А.М.Балдин, С.Г.Басиладзе,
В.Д.Володин, В.И.Иванов, В.А.Крамаренко,
И.Ф.Колпаков, А.Т.Матюшин, В.Т.Матюшин,
Г.Л.Мелкумов, В.А.Смирнов, М.Н.Хачатурян,
М.С.Хвастунов

УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
РАДИАЦИОННЫХ РАСПАДОВ РЕЗОНАНСОВ

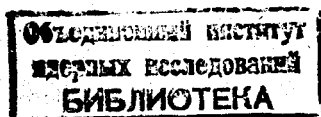
1971

P13 - 6184

Р.Г.Аствацатуров, А.М.Балдин, С.Г.Басиладзе,
В.Д.Володин, В.И.Иванов, В.А.Крамаренко,
И.Ф.Колпаков, А.Т.Матюшин, В.Т.Матюшин,
Г.Л.Мелкумов, В.А.Смирнов, М.Н.Хачатурян,
М.С.Хвастунов

УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
РАДИАЦИОННЫХ РАСПАДОВ РЕЗОНАНСОВ

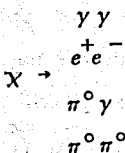
Направлено в ПТЭ



В в е д е н и е

Один из эффективных способов исследования резонансов основан на анализе эффективной массы групп частиц, образующихся при взаимодействии частиц высокой энергии.

Для исследования e^+e^- -распадов нейтральных векторных мезонов в 1964 г. в ЛВЭ ОИЯИ была предложена аппаратура, получившая название "черенковский масс-спектрометр" /1/, позволяющая прямо измерять эффективную массу частиц в распадах типа:



Черенковский масс-спектрометр состоит из оптических искровых камер для измерения угла между продуктами распада резонанса и черенковских γ -спектрометров полного поглощения для измерения энергий продуктов распада /2/.

В настоящей работе описывается усовершенствованный вариант указанной установки, работающей на линии с ЭВМ.

2. Описание установки

Схематический чертеж установки приведен на рис. 1. Сцинтилляционные счетчики S_1, S_2, S_3 размерами $7 \times 7 \times 0,5 \text{ см}^3$ служат для мониторинга пучка π^- -мезонов. Черенковский пороговый счетчик C_0 позволяет выделять электроны, присутствующие в виде примеси (около 2%) в пучке π^- -мезонов, и служит для калибровки черенковских γ -спектрометров. Для регистрации пучковой частицы используются многозачеренковские камеры SC_1, SC_2 с проволочными электродами и величиной промежутка 1 см, ортогональные проекции которых сведены на один кадр 35 мм пленки фоторегистратора типа РФК-5.

Жидководородная мишень имеет форму усеченного конуса с углом раствора 56° и длиной 25 см. Входное окно диаметром 10 см выполнено из майларовой пленки, выходное окно размером $14 \times 37 \text{ см}^2$ - из медной фольги. Суммарная толщина стенок мишени по пути частиц составляет $0,26 \text{ г/см}^2$ /3/.

Такая конструкция мишени позволяет свести до минимума конверсию γ -квантов на электрон-позитронные пары.

В двух идентичных каналах установки расположены искровые камеры SC_3 и SC_4 с фотографированием треков и реперных сеток в двух ортогональных проекциях (фоторегистраторы типа РФК-5).

Три первых (по пучку) искровых промежутков являются антисовпадательными (при регистрации γ -квантов). Последующие промежутки разделены латунными конверторами и служат для конверсии γ -квантов и их идентификации.

Для увеличения числа эффективных запусков установки между искровыми камерами и черенковскими γ -спектрометрами помещаются сцинтилляционные счетчики S_4 и S_5 размером $50 \times 50 \times 2 \text{ см}^3$. В двух черенковских γ -спектрометрах используются радиаторы из свинцового стекла марки ТФ-1. Размеры радиатора: $50 \times 50 \times 30 \text{ см}^3$. Черенковский свет

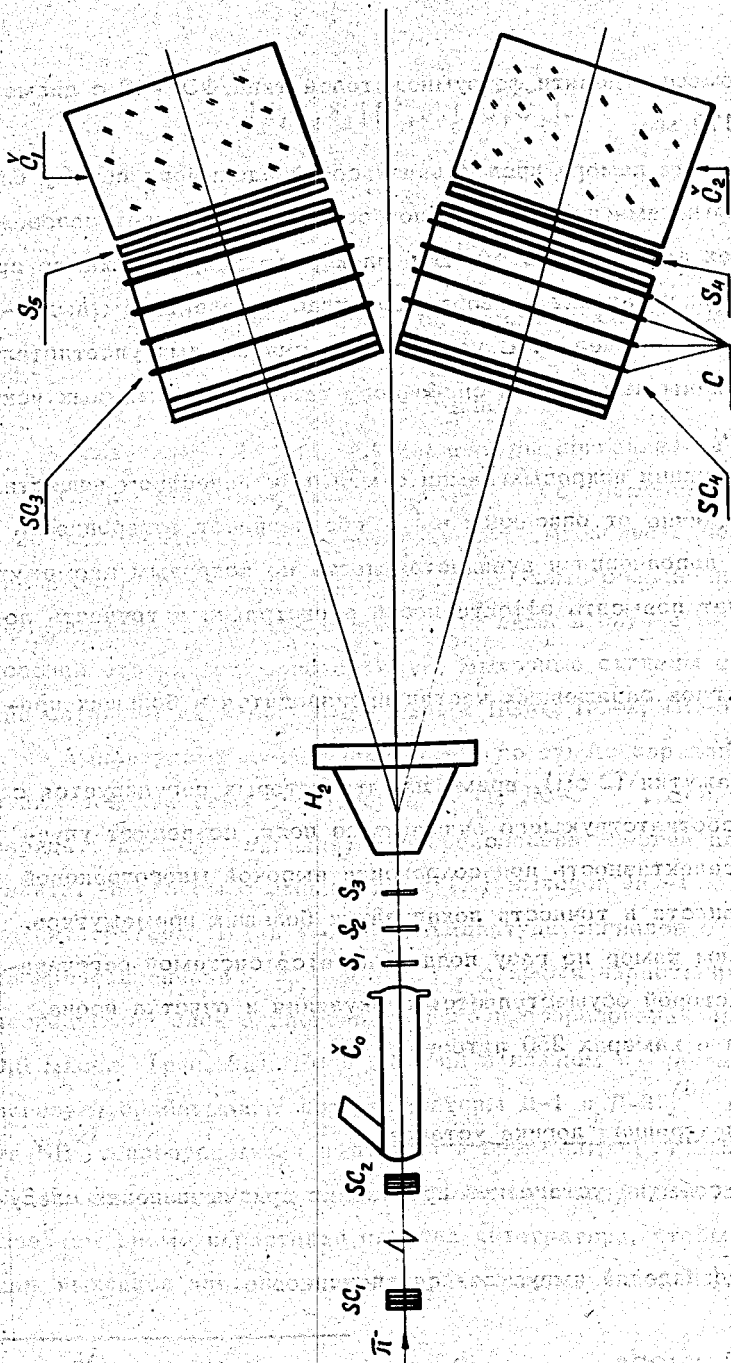


Рис. 1. Блок-схема экспериментальной установки.

собирается с помощью девяти фотоумножителей типа ФЭУ-49 с диаметром фотокатода 170 мм.

Каждая искровая камера представляет собой единый по объему блок с майларовыми крышками по торцам. Блок состоит из четырех зазоров по 6 см и четырех зазоров по 2 см. Все электроды искровых камер проволочные. В местах установки конверторных пластин электроды выполнены в виде кассеты со щелью. В конверторах, снабженных уплотнительной крышкой, сделаны вырезы для свободного газообмена смежных искровых промежутков.

Такая конструкция искровых камер с малым количеством вещества в электродах в отличие от описанной в /4/ обеспечивает однородность состава газового наполнения и эквидистантность по искровым промежуткам. Это позволяет повысить эффективность регистрации и точность локализации искр.

Измерение углов заряженных частиц производится в больших промежутках (6 см).

Малые промежутки (2 см), время памяти которых регулируется с помощью подачи соответствующего очищающего поля, позволяют улучшить временную селективность при сохранении высокой многотрековой ливневой эффективности и точности локализации больших промежутков.

Рабочий режим камер по газу поддерживается системой регенерации, с помощью которой осуществляется циркуляция и очистка неона. Общий объем газа в камерах 250 литров.

3. Электронная логика установки

Регистрация событий установкой происходит при выполнении следующих условий:

1. Наличие совпадений импульсов со счетчиков

$$[S_1 S_2 S_3][S_4 S_5][\check{C}_1 \check{C}_2]$$

2. Энерговыведение в каждом спектрометре превышает заданный порог

$$E_{\gamma_1} > E_{\text{пор.}} \quad E_{\gamma_2} > E_{\text{пор.}}$$

3. Сумма энергий в обоих спектрометрах превышает заданный порог.

$$E_{\gamma_1} + E_{\gamma_2} > E_{\Sigma \text{ пор.}}$$

Блок-схема электронной аппаратуры приведена на рис. 2.

Схемы совпадений СС-1 и СС-2 ^{/5/} с временем разрешения 6 нсек и 20 нсек соответственно обеспечивают выделение одновременных событий в счетчиках $[S_1 S_2 S_3][S_4 S_5]$. Схема совпадений СС-3 с временем разрешения 50 нсек срабатывает лишь в случае выполнения всех условий отбора искомого события. Выходные сигналы со схем совпадений заведены на пересчетные схемы ПС-1, ПС-2, ПС-3 ^{/6/}.

Амплитудный анализ проводится по сумме зарядов девяти ФЭУ-49 с выходов линейных сумматоров ЛС-1, ЛС-2 ^{/7/}. Величина суммарного заряда ("площадь" сигнала) пропорциональна энергии поглощенного γ -кванта. Импульсы с амплитудных (А) выходов ЛС-1 и ЛС-2 подаются на интеграторы И-1 и И-2 ^{/7/}. Амплитуда сигналов с выхода интегратора пропорциональна E_{γ_1} и E_{γ_2} , а время нарастания для работы на последующий блок аналого-цифрового преобразования выбрано равным 0,5 мксек (рис. 3а). Если энергия в каждом из каналов превышает пороговую, срабатывают дискриминаторы Д-1 и Д-2 ^{/8/} и открывают ворота ЧВ ^{х/}, пропускающие импульсы с временных (Т) выходов ЛС-1 и ЛС-2. Эти импульсы временной привязки задерживаются на время, большее чем время нарастания сигнала интегратора, чтобы попасть в интервал выходной длительности дискриминаторов (рис. 3а).

^{х/} Ворота ЧВ выполнены на базе схемы 2СС100 ^{/5/} с чувствительностью, увеличенной до 100 мв.

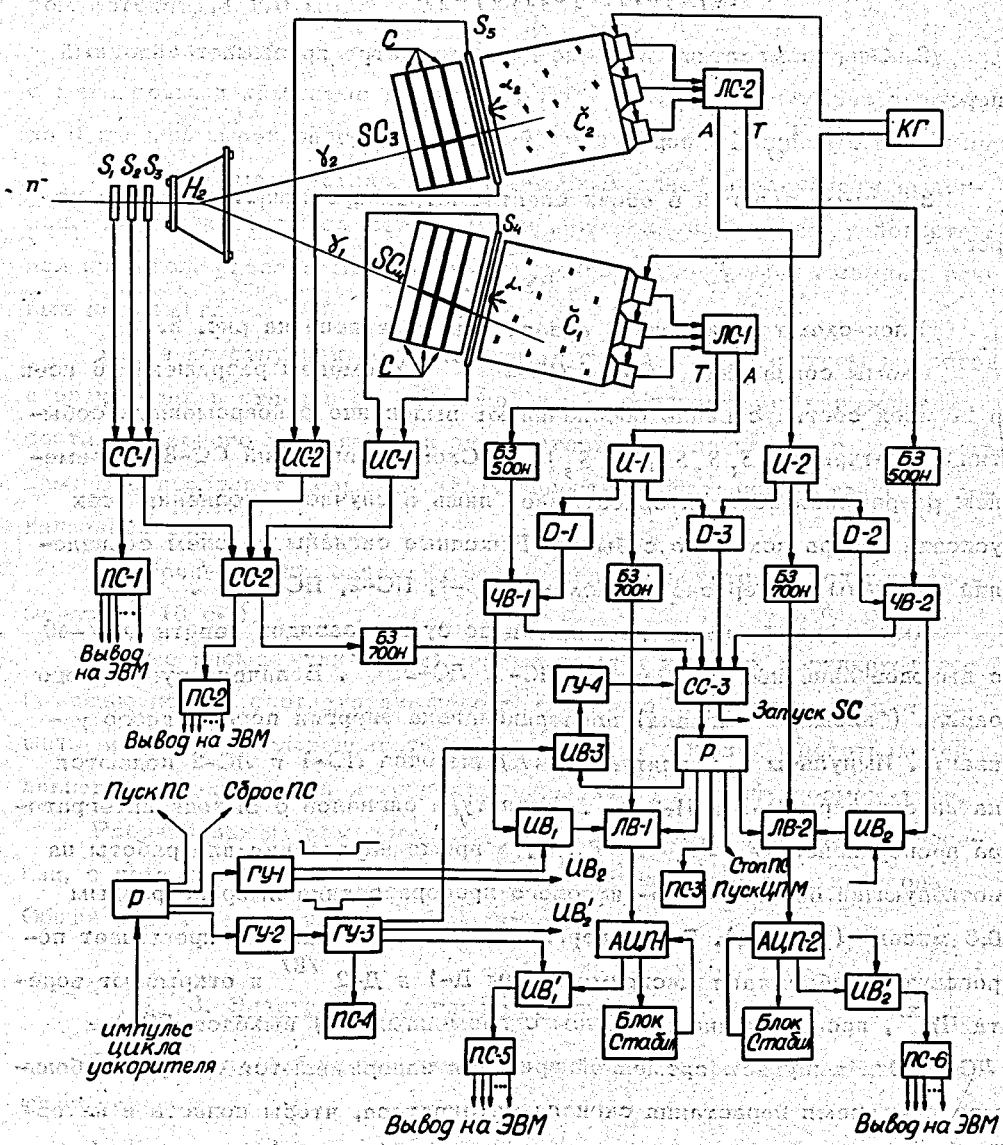


Рис. 2. Блок-схема электронной аппаратуры.

Суммирование сигналов с И-1 и И-2 с равным энергетическим весом и анализ результирующей амплитуды производится дискриминатором Д-3. Если импульсы с трех дискриминаторов совпадают по времени с импульсом пучкового π^- -мезона, то схема совпадения СС-3 открывает линейные ворота ЛВ-1, ЛВ-2 /8/ и запускает систему питания управления и контроля искровых камер SC_1, \dots, SC_4 . Сигналы, пропорциональные E_{y_1} и E_{y_2} , подаются в этом случае на аналого-цифровые преобразователи АЦП-1 и АЦП-2 /9/, кодирующие амплитуду числами на пересчетных схемах ПС-5 и ПС-6 (рис. 3).

В установке предусмотрено устройство, стабилизирующее коэффициент передачи амплитудного канала с помощью импульсов реперного α -источника $A_{т 243}$ с кристаллом $CSJ(Tl)$. Использована система стабилизации цифро-аналогового типа /10/, управляющая коэффициентом преобразования АЦП.

Между циклами ускорения синхрофазотрона установка работает в режиме стабилизации спектротметрических каналов. В это время импульсные ворота ИВ₁ и ИВ₂ /11/ на входе управления линейных ворот открыты. Импульс по временному каналу реперного α -источника, пройдя ворота ЧВ, открывает соответствующие линейные ворота. При этом импульс, несущий амплитудную информацию с выхода (А) ЛС, преобразуется в цифру блоком АЦП и подается в блок стабилизации. В этом блоке вырабатывается аналоговый сигнал коррекции коэффициента преобразования АЦП, пропорциональный величине отклонения центра тяжести α -спектра от заданного номера канала. Импульсные ворота ИВ₁ и ИВ₂ между циклами ускорения закрыты и не пропускают стабилизирующие сигналы на пересчетные схемы ПС-5 и ПС-6.

Поступающий от ускорителя импульс цикла ускорения производит переключение установки в режим измерения. При этом:

1. Сбрасываются предыдущие показания пересчетных схем ПС-5, ПС-6, ПС-2.

2. Осуществляется пуск всех пересчетных устройств в стойке "Печать" ПС-1 + ПС-6.

3. Прерывается на 1 сек стабилизация спектрометрических каналов с помощью генератора управления ГУ-1 /11/, закрывающего импульсные ворота ИВ₁ и ИВ₂. В этот промежуток времени величина стабилизирующего потенциала на входах управления АЦП сохраняется неизменной.

4. Открываются импульсные ворота ИВ₁ и ИВ₂ только на время сброса пучка π^- -мезонов на мишень (0,3-0,4 сек) для того, чтобы исключить возможное попадание части серии с АЦП от импульса на ПС-5 и ПС-6. Для этого с выхода размножителя Р запускается ГУ-2, дающий импульс задержки запуска ГУ-3 (рис. 3б).

Блокировка СС-3 производится блоком ГУ-4 (рис. 3б) только в интервал работы ГУ-3 (когда ИВ-3 открыты). Такое включение блокировки дает дополнительную возможность проверять от периодических сигналов контрольного генератора точной амплитуды (КГ) положение порогов дискриминаторов и контролировать линейность спектрометрических каналов установки.

Информация об исследуемом событии со всех пересчетных схем вводится в ЭВМ HP2116B по сигналу "Запуск", который осуществляет прерывание работы текущей программы и переход к программе, обслуживающей ввод данных. С помощью ЭВМ производится накопление и обработка спектров исследуемых событий, а также контроль за работой установки, проверка стабильности положения энергетических порогов.

4. Контроль и калибровка аппаратуры

Система контроля охватывает все элементы установки. Общий контроль детекторов осуществляется с помощью световых диодов, вмонтированных во все счетчики.

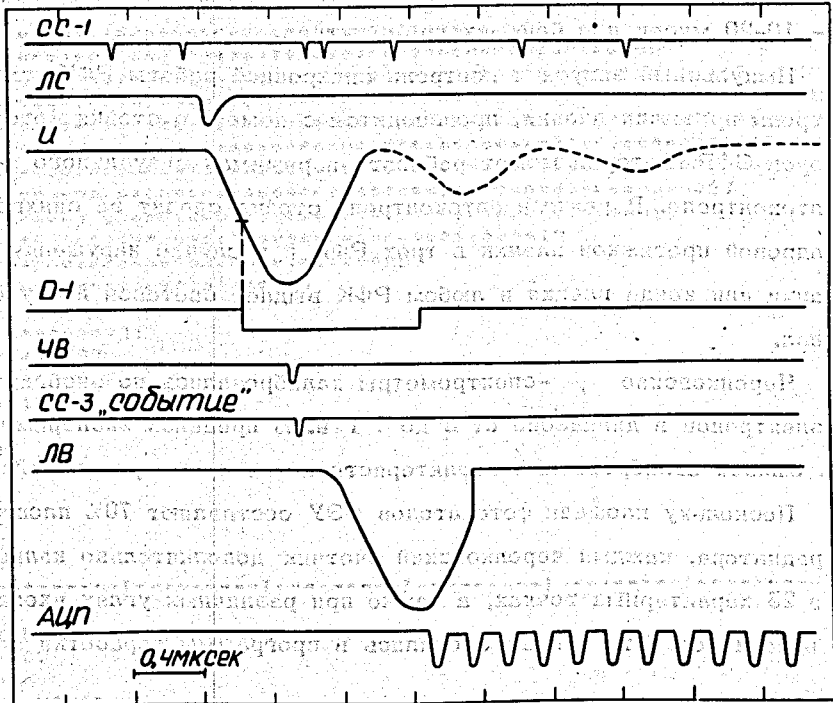
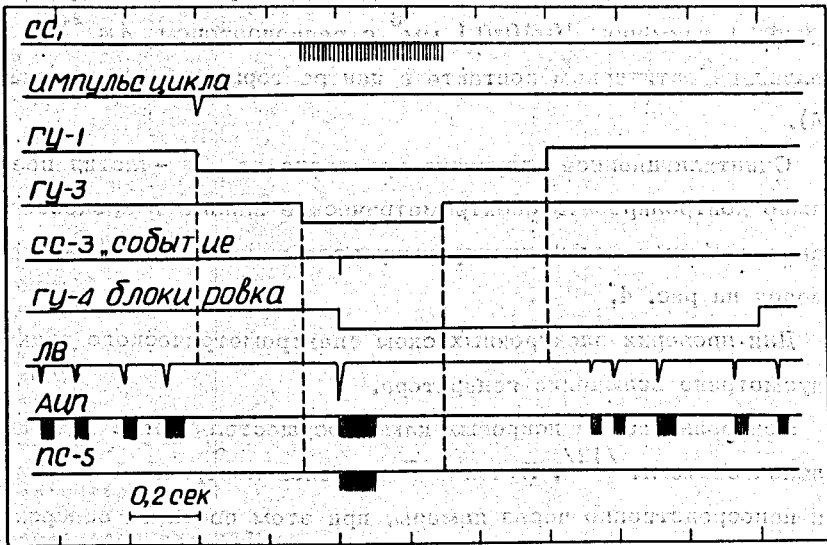


Рис. 3. Временная диаграмма импульсов в установке.

На каждом черенковском γ -спектрометре имеется кристалл $CsI(Tl)$ размером $10 \times 10 \times 0,1$ мм³ с радионуклидом Am^{243} . Кристалл укреплен на оптическом контакте в центре торца радиатора (напротив ФЭУ).

Сцинтилляционное излучение кристалла от α -частиц позволяет надежно контролировать спектрометрические каналы в процессе работы установки. Амплитудный спектр импульсов реперного α -источника приведен на рис. 4.

Для проверки электронных схем спектрометрического тракта было предусмотрено включение генератора.

Контроль работы искровых камер осуществляется с помощью специальной системы /12/. Пучок π^- -мезонов поворачивается и пропускается непосредственно через камеры, при этом вводится задержка и контролируется их время памяти. В рабочем режиме оно составляет величину ~ 10 - 20 мксек для больших промежутков.

Импульсный запуск и контроль синхронной работы РФК, включая контроль протяжки пленки, производится с помощью стойки фоторегистраторов СФР, которая может работать в режимах визуального контроля и автоконтроля. В режиме автоконтроля стойка следит за синхронной покадровой протяжкой пленки в трех РФК и в случае нарушения синхронизации или конца пленки в любом РФК выдает световой и звуковой сигнал.

Черенковские γ -спектрометры калибровались по энергии на пучке электронов в диапазоне от 3 до 7 ГэВ. В пределах экспериментальных ошибок калибровочные характеристики спектрометров линейны.

Поскольку площади фотокатодов ФЭУ составляют 70% площади торца радиатора, каждый черенковский счетчик дополнительно калибровался в 25 характерных точках, а также при различных углах входа частицы в радиатор. Эти данные вводились в программы обработки для уточ-

*31-080185

HEWLETT PACKARD

DATE

THE NUMBER

COUNTS

		10	20	30	40	50	60
81	17	17					
82	15	15					
83	11	11					
84	22	22					
85	29	29					
86	41	41					
87	94	*40					
88	138	**30					
89	176	***14					
90	188	***26					
91	225	****9					
92	243	****27					
93	301	*****31					
94	353	*****29					
95	413	*****35					
96	488	*****2					
97	617	*****23					
98	718	*****16					
99	1021	*****49					
100	1289	*****47					
101	1713	*****39					
102	2077	*****25					
103	2540	*****2					
104	2869	*****7					
105	3174	*****42					
106	3436	*****60					
107	3431	*****60					
108	3244	*****4					
109	2791	*****37					
110	2557	*****19					
111	2118	*****12					
112	1537	*****25					
113	1181	*****47					
114	756	*****					
115	517	*****31					
116	351	*****27					
117	218	****2					
118	126	**18					
119	43	43					
120	35	35					
121	27	27					
122	13	13					
123	10	10					
124	3	3					
125	5	5					

CHANNEL

41171 TOTAL NUMBER OF EVENTS

OVERFLOW

54 PER *

46899562 MONITOR

1143247 VILKI

Рис. 4. Амплитудный спектр импульсов реперного α -источника.

нения значений энергий E_1 и E_2 . Кроме того, в процессе эксперимента оба черенковских γ -спектрометра периодически калибровались электронами. С помощью поворотного магнита пучок направлялся в центр спектрометра. Амплитудный спектр импульсов черенковского γ -спектрометра при калибровке его электронами с импульсом 4 Гэв/с приводится на рис. 5.

5. Основные характеристики установки

1. Интегральная линейность спектрометрических каналов $\approx 1\%$.
2. Стабильность коэффициента передачи амплитудных трактов - менее 1% (за две недели работы).
3. Энергетическое разрешение черенковских γ -спектрометров: $\pm 5\%$ для электронов с энергией 4 Гэв.
4. Угловое разрешение для конверсионных электронов (в случае регистрации γ -квантов) $\approx \pm 0,6^\circ$. Оно обусловлено в основном куловским рассеянием электронов в конверторах искровых камер. Угловое разрешение электронов составляет $\pm 0,1^\circ$.
5. Разрешение по эффективной массе, например, $\gamma\gamma$ -системы равно $\pm 8\%$ (для η -мезона).
6. Разрешение по t -квадрату переданного 4-импульса $\pm (0,015 + 0,03)$ (Гэв/с) 2 при $|t| \lesssim 0,1$ (Гэв/с) 2 (для реакции $\pi^- + p \rightarrow n + \eta \rightarrow \gamma\gamma$).

В заключение следует отметить, что использование вычислительной машины в установке позволяет рассчитывать на внедрение видиконного съема информации с искровых камер.

Считаем приятным долгом поблагодарить за помощь при монтаже установки В.И.Архипова, В.И.Прохорова, А.Рюмина.

*14-065110

HEWLETT PACKARD

DATE

THE NUMBER

COUNTS

10

20

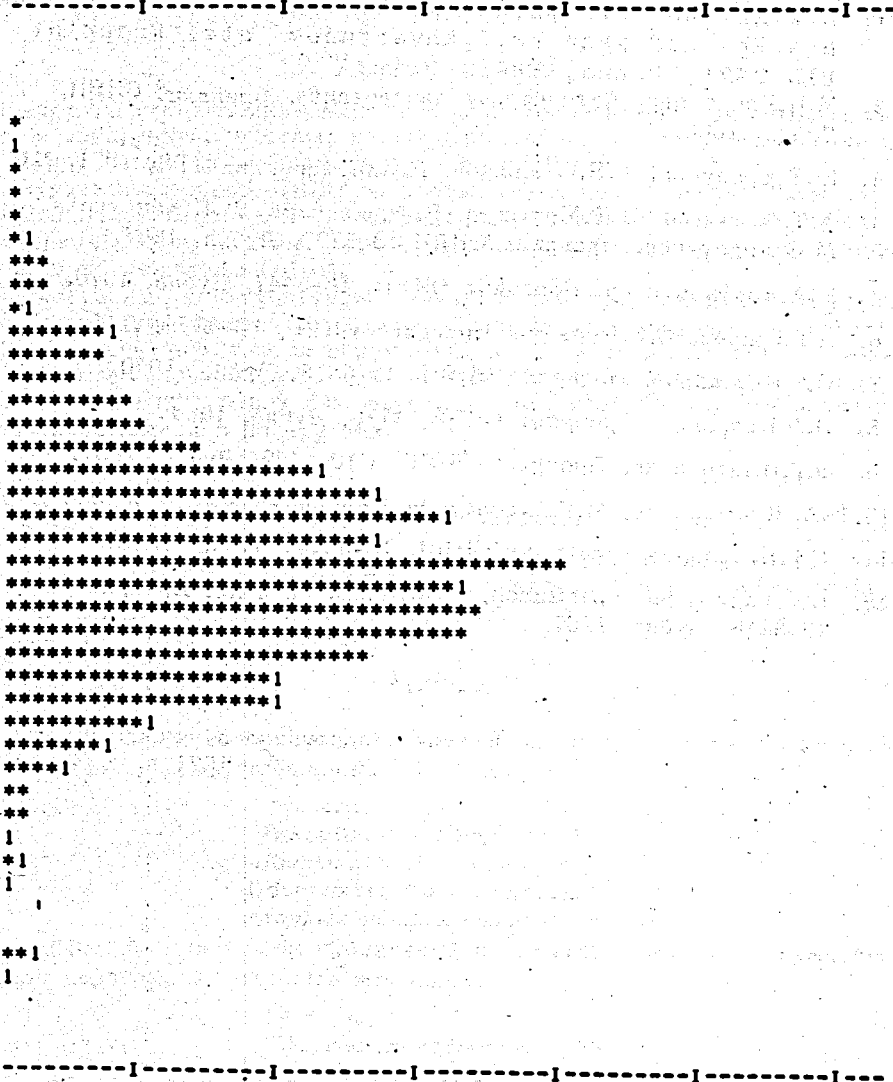
30

40

50

60

66
67
68
69
70 2 *
71 1 1
72 2 *
73 2 *
74 2 *
75 3 *1
76 6 ***
77 6 ***
78 3 *1
79 15 *****1
80 14 *****
81 10 *****
82 18 *****
83 20 *****
84 28 *****
85 45 *****1
86 53 *****1
87 63 *****1
88 53 *****1
89 80 *****
90 65 *****1
91 68 *****
92 66 *****
93 52 *****
94 39 *****1
95 39 *****1
96 21 *****1
97 15 *****1
98 9 *****1
99 4 **
100 4 **
101 1 1
102 3 *1
103 1 1
104
105
106 5 **1
107 1 1
108
109
110



CHANNEL

819 TOTAL NUMBER OF EVENTS

OVERFLOW

2 PER *

1129680MONITOR

1836 VILKI

Рис. 5. Калибровочный спектр электронов с импульсом 4 Гэв/с.

Л и т е р а т у р а

1. М.А.Азимов, А.С.Белусов, I.V.Chuvilo, R.Firkowski, М.Н.Кхачатурян, М.С.Кхвастунов etc. Preprint E13-2971, Dubna, 1966.
2. М.Н.Хачатурян. Автореферат диссертации. Препринт ОИЯИ, Дубна, 1969.
3. Ю.Т.Борзунов, Л.Б.Голованов, В.Л.Мазарский. ПТЭ, 1971, №5, 48.
4. А.Т.Матюшин, В.Т.Матюшин, Р.Фирковский, М.Н.Хачатурян, М.С.Хвастунов. Препринт ОИЯИ 13-3220, Дубна, 1967.
5. В.А.Арефьев и др. Препринт ОИЯИ, 13-5447, Дубна, 1970.
6. А.Г.Грачев, С.С.Кирилов. Препринт ОИЯИ, 10-4174, Дубна, 1968.
7. С.Г.Басиладзе. Препринт ОИЯИ, 13-5413, Дубна, 1970.
8. И.Ф.Колпаков. Препринт ОИЯИ, 2778, Дубна, 1966.
9. Э.Г.Имаев и др. Препринт ОИЯИ, P10-3332, Дубна, 1967.
10. В.А. Крамаренко, М.Н. Хачатурян. Препринт ОИЯИ, 13-6088, Дубна, 1971.
11. С.Г.Басиладзе. Препринт ОИЯИ, 13-5414, Дубна, 1970.
12. Н.С.Глаголева, Г.Даминов, Ю.А.Каржавин и др. Препринт ОИЯИ, 13-3219, Дубна, 1967.

Рукопись поступила в издательский отдел
23 декабря 1971 г.