

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



СЗУУ.14

3-276

P13 - 8668

1909/2-75

26/2-75

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

СИСТЕМА МАГНИТОСТРИКЦИОННЫХ
ИСКРОВЫХ КАМЕР ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ
УСТАНОВКИ "ФОТОН"

1975

P13 - 8668

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

СИСТЕМА МАГНИТОСТРИКЦИОННЫХ
ИСКРОВЫХ КАМЕР ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ
УСТАНОВКИ "ФОТОН"

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Заневский Ю.В., Иванов А.Б. и др.

P13 - 8668

Система магнитострикционных искровых камер экспериментальной установки "ФОТОН"

В работе представлено описание основных элементов системы магнитострикционных искровых камер установки "Фотон" и приведены их рабочие характеристики.

Система работает на линии с ЭВМ и включает в себя:

- 32 двухкоординатных магнитострикционных искровых камеры;
- регистрирующую электронную аппаратуру;
- высоковольтное питание камер;
- газообеспечение камер;
- комплекс "он-лайн"-программ.

Установка создана и эксплуатируется в ЛВЭ ОИЯИ.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований
Дубна 1975

Zanevsky Yu.V., Ivanov A.B. et al.

P13- 8668

A System of Magnetostrictive Spark Chambers in the Experimental Installation "PHOTON"

The main elements of a system of magnetostrictive spark chambers in the installation "Photon" are described and their operating properties are presented.

The system operates on-line with a computer and consists of:

- 32 two-coordinate magnetostrictive spark chambers;
- readout electronics;
- HV power supply of the chambers;
- a gas system of the chambers;
- a complex of "on-line" programs.

The installation has been constructed at the Laboratory of High Energies of JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research
Dubna 1975

I. Введение

Исследование процессов генерации частиц электромагнитной природы имеет фундаментальное значение для физики высоких энергий. Среди проблем, которые представляют первостепенный интерес, можно отметить поиски и исследование свойств тяжелых векторных мезонов, псевдоскалярных мезонов, гипотетического промежуточного бозона, ответственного за слабые взаимодействия, выяснение механизма рождения и распада векторных частиц, К-мезонов и др.

Все перечисленные выше процессы характеризуются крайне низкими сечениями (порядка 10^{-33} см² и меньше). Это делает их исследование сложной экспериментальной задачей и требует разработки новых технических устройств. К таким установкам относится разработанный в ЛВЭ ОИЯИ девятиканальный черенковский масс-спектрометр "ФОТОН", предназначенный для исследования сильных, электромагнитных и слабых взаимодействий элементарных частиц.

Одной из важнейших частей масс-спектрометра является система искровых и пропорциональных камер, позволяющая с высокой точностью измерять направления как первичных частиц, генерирующих резонанс, так и вторичных частиц - продуктов распада резонанса.

В данной работе дается описание основных элементов системы магнитострикционных камер, входящих в состав масс-спектрометра, и приводятся их характеристики.

II. Система магнестрикционных искровых камер

I. Схема спектрометра

Схема двухплечевого масс-спектрометра "ФОТОН" изображена на рис. 1. Спектрометр работает на линии с ЭВМ НР-2И16В. В состав аппаратуры входят спинтилляционные счетчики, служащие для запуска искровых камер, 2 x 45 - черенковских счетчиков полного поглощения, 6 пропорциональных камер /I/, устанавливаемых перед мишенью и служащих для определения направления первичных частиц. Два блока по 16 двухкоординатных магнестрикционных искровых камер служат для определения направления частиц - продуктов распада резонансов.

Стремление к увеличению светосилы спектрометра выразилось в максимальной компактности системы искровых камер. Расстояние между одноименными плоскостями соседних камер равно 60 мм. Для определения координат x , y в каждом плече спектрометра используются 8 камер (четные порядковые номера), 8 камер с нечетными порядковыми номерами служат для определения U , V -координат и развернуты на угол 17° . Общий вид искровых камер показан на рис. 2.

2. Искровые камеры

Магнестрикционные искровые камеры размером $1 \times 1 \text{ м}^2$ выполнены с шагом намотки x - и y -электронов, равным 1 мм.

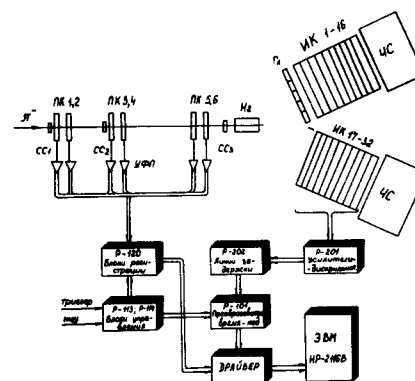


Рис. 1 Схема расположения аппаратуры масс-спектрометра "Фотон".

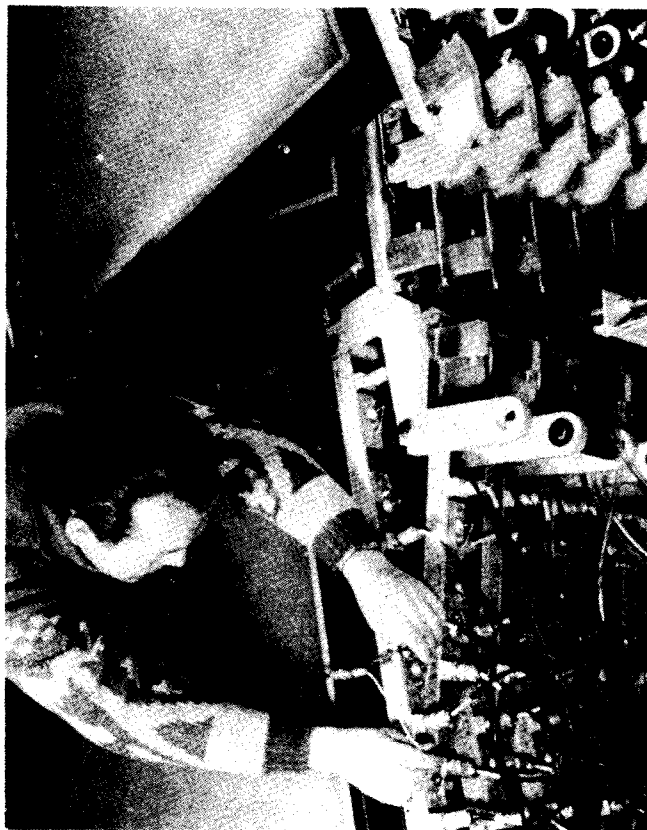


Рис. 2 Общий вид искровых камер.

Межалектродное расстояние - 9,6 мм. Объем камеры изолирован от внешней среды пленкой полиэтилен-лавансан толщиной 60 микрон^{2/}. На камере расположены реперные датчики, через которые пропускается часть тока высоковольтного импульса. Расстояние между реперными датчиками $954 \pm 0,1$ мм. Разъемы, установленные на камере, служат для подключения кабелей от блока высоковольтного импульса, подаваемого в 5 равноудаленных точек высоковольтного электрода, и блока очищающего поля.

Мертвое время искровых камер в рабочих условиях - 10 мсек.

Время памяти - 2,5 мксек (задержка высоковольтного импульса относительно момента пролета частицы 0,9 мксек).

3. Считывание информации

Информация о пространственной координате траектории ионизирующей частицы снимается с обоих электродов каждой камеры идентичными съемами магнитострикционными узлами (датчик). На рис. 3 показан общий вид магнитострикционного узла.

В качестве магнитострикционной линии считывания используется лента типа Vasoflux сечением $0,5 \times 0,05$ мм². Лента устанавливается на узле с помощью торцевой пружины, обеспечивающей необходимое натяжение. Магнитострикционная лента демпфируется на концах, сигналы с 50-витковой приемной катушки поступают на предусилитель типа 20I^{3/}, установленный на узле считывания. Возле приемной катушки помещается поляризующий магнит. Схема магнитострикционного узла считывания информации показана на рис. 4.

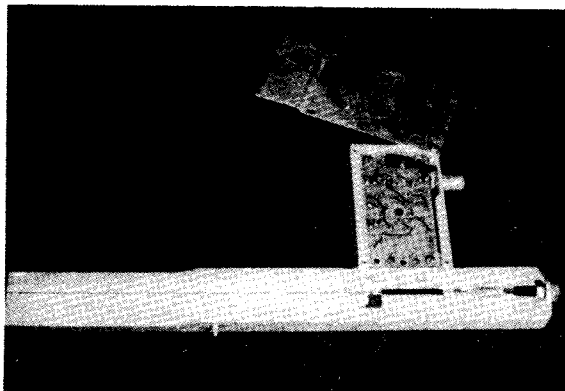


Рис. 3 Общий вид части магнитострикционного узла.

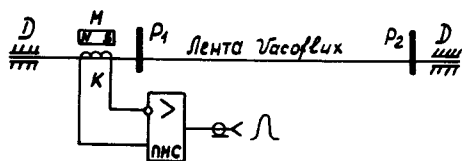


Рис. 4 Схема магнитострикционного узла считывания информации.

4. Стендовая проверка искровых камер

Все магнитострикционные искровые камеры (40 шт.), изготовленные для установки "ФОТОН", были проверены в лабораторных условиях с помощью β^- -источников. Проверялась общая работоспособность камеры, эффективность по площади в зависимости от величины рабочего напряжения, многоискровая эффективность в разных точках рабочей площади. Процедура получения данных описана в работах /2,4/. По всей площади камеры протяженность "плато" по напряжению составляет 1 кВ. Проверка 40 искровых камер показала их хорошую идентичность. На рис. 5 показана типичная многоискровая эффективность для одной из камер.

5. Организация высоковольтного питания камер

Функциональная схема системы питания камер показана на рис. 6. В четырех стойках типа "Вишня" помещены 16 двухканальных блоков высоковольтных импульсов (БВИ), выполненных на тиратронах ТТИ-1-500/16. Схема запусков тиратронов выполнена на металло-керамических триодах ПИ-7Б, управляющий импульс на сетку которых подается с усилителя-формиро-

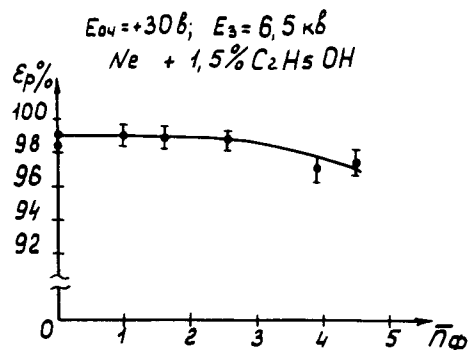


Рис. 5 Эффективность искровой камеры в зависимости от числа "Фоновых" искр / $n\phi$ /.

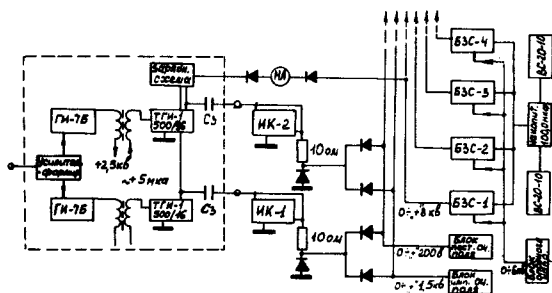


Рис. 6 Функциональная схема системы высоковольтного питания искровых камер.

вателя, разработанного на лавинных транзисторах.

Стойка с четырьмя зарядно-стабилизирующими блоками (БЗС) служит для автономной подачи рабочего напряжения на зарядные емкости C_3 высоковольтных блоков. Каждый блок БЗС используется для одной стойки БВИ.

Блоки импульсного очищающего поля, выполненные на тиристорах, и блоки постоянного очищающего поля расположены вместе с БЗС.

Напряжение на зарядно-стабилизирующие блоки подается с накопительных конденсаторов, заряжаемых двумя источниками ВС-20-10. Величина рабочего напряжения, получаемая с БЗС, определяется опорным напряжением, подаваемым на схему.

Блоки высоковольтных импульсов имеют следующие параметры:

- максимальное рабочее напряжение 8 кВ;
- длительность сигнала на полувывсоте ~ 190 нсек;
- время задержки ~ 100 нсек;
- длительность переднего фронта при нагрузочном импедансе 10 ом / 2000 пФ ~ 45 нсек;
- запускается отрицательным импульсом с амплитудой 0,5 + 0,8 в.

Блок импульсного очищающего поля вырабатывает положительный импульс амплитудой до 1,5 кВ, длительностью 5 + 10 мсек. Спад напряжения в пачке длительностью до 1 сек не превышает 10% (при нагрузочном сопротивлении 1 ком).

Блок постоянного очищающего поля обеспечивает постоянное напряжение 0 + 200 в на нагрузке 1 ком со стабильностью не хуже 0,5%.

6. Газообеспечение камер

Искровые камеры продуваются газовой смесью $Ne + 1,5\% C_2H_5OH$. На рис. 7 приведена функциональная схема системы газообеспечения 32 искровых камер спектрометра "ФОН", состоящая из систем продува (газового пульта) и регенерации.

Газ из искровых камер (ИК) поступает в газгольдер Г и компрессором (К) перегоняется в балластную ёмкость (БЕ). Давление в БЕ поддерживается автоматически в пределах 3 + 4 атмосфер. Из БЕ газ проходит через левый (ЛБО) или правый (ПБО) блоки очистки, регулируемый стабилизатор давления (СД), устройство контроля чистоты газа (КЧ) и газовый пульт (ГП). В1 + В6 - вентили, Ne - баллон с чистым неоном.

Независимая регулировка продува каждой камеры осуществляется на газовом пульте с помощью ротаметров. Неизбежные потери газа автоматически восполняются из баллона с чистым неоном.

Система газообеспечения позволяет осуществить суммарный продув до 800 литров/час.

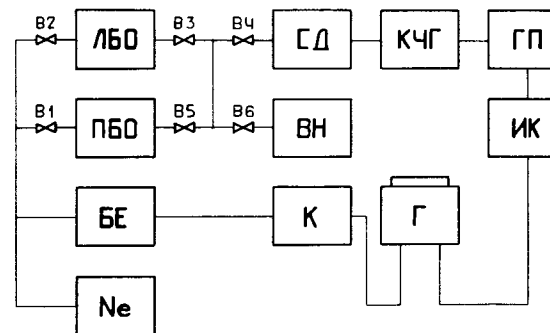


Рис. 7 Функциональная схема системы газообеспечения камер.

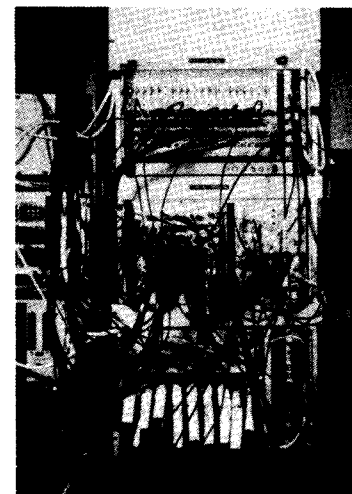


Рис. 8 Общий вид регистрирующей электронной аппаратуры, выполненной в стандарте КАМАК.

7. Регистрирующая электронная аппаратура

Регистрирующая электроника для искровых камер установки "Фотон" представляет собой последовательно-параллельную систему с запоминанием информации на динамических магнитострикционных линиях задержки, работающую на линии с ЭВМ НР-2ИИ6В. Система позволяет регистрировать до 640 координат искр с 32 искровых камер на один "триггер" (10 искр на датчик). Вся информация с регистрирующей электроники для искровых камер, содержащая 642 16-разрядных слова передается в ЭВМ за время около 7,2 мсек.

В процессе работы по числу переданных в ЭВМ слов осуществляется контроль. Полный контроль блоков регистрирующей электроники, выполняющих функции запоминания, кодирования и передачи информации в ЭВМ, осуществляется в режиме работы "Тест".

Блоки кодирования и считывания информации, а также блоки управления и контроля выполнены в стандарте "Камак" (рис. 8). Блоки формирования сигнала, поступающего с магнитострикционных датчиков, и блоки задержек выполнены в стандарте "Вишня" размером $40 \times 240 \text{ мм}^2$ (рис. 9).

III. Обработка информации с искровых камер

В процессе настройки системы искровых камер информация с них передавалась на ЭВМ НР-2ИИ6В. При помощи созданного комплекса программ обработка данных осуществлялась в режиме

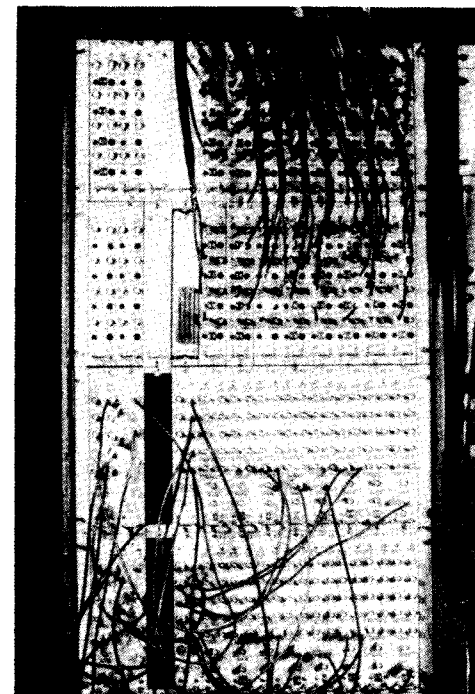


Рис. 9 Общий вид электронной аппаратуры для приема информации с 64 датчиков искровых камер.

"он-лайн", с целью получения основных характеристик камер для оптимизации режима работ.

По характеру результатов обработки, представляемых экспериментатору, совокупность программ подразделяется на два класса. К первому классу относятся программы, позволяющие получать результаты обработки отдельного события - цифровое, графическое изображение событий и т.п. На уровне языка управления оператор может затребовать 18 различных изображений события. Множество изображений включает различные проекции или фрагменты события. На рис. 10 показано схематичное расположение аппаратуры на экспериментальном канале с изображением события по пропорциональным и искровым камерам. Снимок сделан с экрана дисплея.

Ко второму классу относятся программы статистической обработки, подразделяемые на программы обработки координатного уровня и траекторного уровня. На первом уровне осуществляется обработка реперов - координат реперного сигнала. Репером считается координата, наименее уклоняющаяся от R - оценки репера и принадлежащая отрезку $/ R - \Delta , R + \Delta /$. R в начале работы задается оператором, $\Delta = 6$ отсчетов ($\max / R_1 - R_j / = 50$ отсчетов; $1, j = 1, 2, \dots, 64$). В процессе набора информации R вычисляется, как среднее, по результатам набора определенного количества событий (~ 300). В качестве результатов обработки реперов на печать выдаются средние значения и стандартные отклонения реперов, а также уровень ложных реперов - доля случаев, когда в области $/ R - \Delta , R + \Delta /$ отсутствует координата.

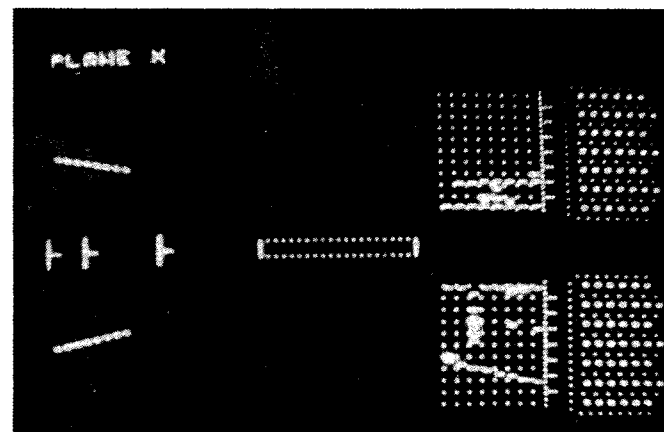


Рис. 10 Проекция события, зарегистрированного системой искровых и пропорциональных камер.

/снимок с дисплея/

Слева - пропорциональные камеры.

Справа - 2 блока по 8 искровых камер.

Блоки на изображении не развернуты.

После статистической обработки координатного уровня получают также распределения координат искр. Результаты представляются в графической форме, для каждой гистограммы печатаются пределы, шаг и интегральные характеристики - среднее и стандартное отклонение, вычисляемые по данным в пределах гистограммы.

В отличие от статистической обработки первичных данных, имеющей универсальный характер, группа программ обработки траекторного уровня сильно зависит от типа регистрируемых событий. Основными характеристиками программ этого уровня являются эффективности, точности искровых камер. Для получения этих характеристик необходимо распознавание траекторий частиц, прошедших через систему камер. На стадии опознавания траекторий используется программа^{/5/}, созданная на базе программ LINTR^{/6/}. Опознавание производится независимо в плоскостях UOZ, VOZ, XOZ, YOZ для каждого плеча. Треком считается набор точек, расстояние которых от базисной прямой, проведенной через две крайние точки набора, не превышает 3 мм для плоскостей UOZ, XOZ (высоковольтные электроды камер) и 2 мм - для плоскостей VOZ, YOZ (заземленные электроды). Набор должен содержать не менее 6 точек из 8 возможных. Многопроходный поиск осуществляется с удалением точек, принадлежащих уже найденным трекам. Для определения эффективности применяются алгоритмы, предложенные в работах^{/1,7/}.

Оценка в погрешности вычислялась из соотношения $\sigma^2 = D/f(z)$, где D - дисперсия отклонений измеренных координат от базисной прямой, а $f(z)$ - функция, учитывающая расположение камер.

Частота отказов датчиков, множественность (среднее число координат регистрируемых каждым датчиком) и эффективность являются наиболее важными характеристиками искровых камер и выводятся на печать в виде сводной статистической таблицы.

Выше мы рассмотрели состав и возможности системы программ, используемых при работе в режиме "он-лайн". Информация, записанная на магнитную ленту, обрабатывалась затем на СДС - 6200 с целью более тщательного исследования характеристик камер и проверки алгоритмов, используемых в программах реального времени. При помощи этих программ, в отличие от программ реального времени, осуществляется опознавание треков не только в плоскости, но и в пространстве. Программы, составленные на ЭВМ 6200, обладают большими возможностями, так как они позволяют получить карту эффективности датчиков камер по площади камеры, зависимость эффективности датчиков от количества искр и треков. Оценки эффективности и точности искровых камер, полученные при помощи "оф-лайн"- и "он-лайн"-программ совпадают.

IV. Экспериментальные результаты

В процессе наладочных сеансов на синхрофазотроне ЛВЭ ОИЯИ проводилось исследование характеристик системы искровых камер. Изучение рабочих характеристик искровых камер спектрометра проводилось на отклоненном пучке заряженных частиц, соответственно, на левое либо правое плечо спектрометра.

Таблица эффективности искровых камер, получаемая с помощью "он-лайн"-программ, дает информацию о количестве отказов каж-

дого датчика относительно суммы триггерных запусков, среднем числе искр регистрируемых датчиком, трековой эффективности датчиков. На рис. I1 приведены соответствующие зависимости. Видно, что средняя эффективность датчиков всех камер $\sim 96\%$ при средней загрузке I + 2.

Полученные "оф-лайн"-обработкой результаты по многоискровой эффективности датчиков показаны на рис. I2. Видно, что эффективность всех датчиков выше 90% при количестве искр, равном 8.

На рис. I3 приведены типичные гистограммы отклонений координат искр от прямой для X и Y координат, соответственно.

Среднее значение точности всех камер $\sigma_x = 0,45$ мм для высоковольтных плоскостей (x - координата) и $\sigma_y = 0,3$ - для заземленных плоскостей (y - координата).

Профили пучка, наблюдаемые с помощью искровых камер, показаны на рис. I4.

Фрагмент топографии события (по I6 камерам), наблюдаемый на дисплее, показан на рис. I5.

В заключение авторы считают своим приятным долгом поблагодарить:

А.М.Балдина, А.А.Кузнецова, Н.Н.Говоруна, И.Н.Семенюшкина,

Л.Г.Макарова, Ю.М.Попова - за постоянное внимание и помощь в работе;

С.А.Аверичева, В.С.Григорашенко, И.Ф.Колпакова, Б.К.Курятникова,

Е.А.Матшевского а также сотрудников ОЭФА, ОГЭ, ОННР, ПТО, оказавших большую помощь в процессе создания спектрометра;

Б.А.Кулакова - за постоянную помощь и полезные обсуждения в течении всего периода работы.

REQUEST # 140

14 DECEMBER 1974 SHIFT - 31744 ZUN - 4
EVENT # 1327 SPARK CHAMBER CELLS

CELL	Z-POS	AVERAGE		
01	22	2.18	99.1691	063
02	22	1.949	99.49	068
03	22	1.981	99.2671	055
04	22	2.710	99.8271	071
05	12	2.024	99.2531	064
06	12	3.53	76.7091	052
07	22	2.77	97.8711	053
08	22	1.483	97.9421	072
09	22	1.277	96.7501	065
10	22	1.410	96.4841	090
11	22	1.522	96.4431	056
12	22	1.424	96.4271	057
13	22	1.424	96.4271	064
14	22	1.489	96.4231	086
15	22	1.489	96.4271	057
16	22	1.359	96.3711	073
17	22	1.759	96.1311	063
18	22	1.509	97.3711	066
19	22	1.734	96.4921	055
20	22	1.721	96.9721	073
21	22	1.424	96.4331	065
22	22	1.362	96.2811	089
23	22	1.736	97.4631	055
24	22	1.764	97.5091	072
25	22	2.414	97.3231	064
26	22	1.274	96.5031	090
27	22	1.509	96.5031	056
28	22	1.415	96.5751	073
29	12	2.449	96.4021	064
30	12	2.539	96.76	068
31	12	2.19	95.7091	055
32	12	1.92	95.6731	072

REQUEST # 140

12 DECEMBER 1974 SHIFT - 31744 ZUN - 2
EVENT # 1216 SPARK CHAMBER CELLS

CELL	Z-POS	AVERAGE		
033	22	1.955	96.92	121
034	22	1.534	96.4731	120
035	22	1.985	96.9891	121
036	22	1.230	96.9911	121
037	22	1.285	96.5481	121
038	22	1.484	96.8841	120
039	22	2.1	96.9391	121
040	22	1.954	96.12	121
041	22	1.069	97.8901	121
042	22	1.784	97.7591	126
043	22	3.863	96.5091	121
044	22	2.958	96.12	121
045	22	1.69	96.9821	121
046	22	1.844	76.72	121
047	22	1.981	96.4781	121
048	22	1.769	96.6281	121
049	22	1.459	71.5131	121
050	22	1.875	66.1891	121
051	22	2.489	97.5391	121
052	22	1.649	97.2831	121
053	22	2.645	96.4221	121
054	22	3.384	17.1821	121
055	22	1.985	97.2831	121
056	22	4.416	96.7651	121
057	22	2.27	96.6221	121
058	22	1.259	97.2591	120
059	22	1.353	96.6731	121
060	22	1.417	97.2831	121
061	22	1.289	96.5771	121
062	22	1.451	96.5821	119
063	22	2.189	96.2731	121
064	22	2.235	96.1891	121

Рис. II Статистическая таблица, характеризующая частоту отказов, множественность и эффективность датчиков. На выделенных датчиках проводилась подстройка блока высоковольтного питания

- a) I + I6 искровые камеры
- b) I7 + 32 искровые камеры

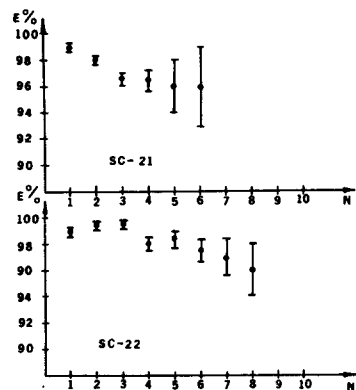


Рис. 12 Эффективность искровых камер в зависимости от среднего количества искр (N) в камере.

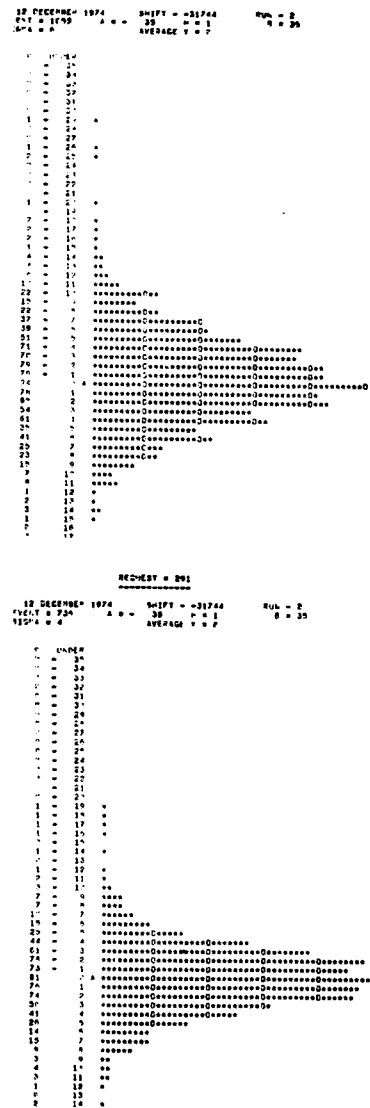


Рис. 13 Гистограммы отклонений координат искр от прямой, характеризующие точность одной из камер

а) x - координата

б) y - координата

Шаг гистограммы - 0,1 мм.

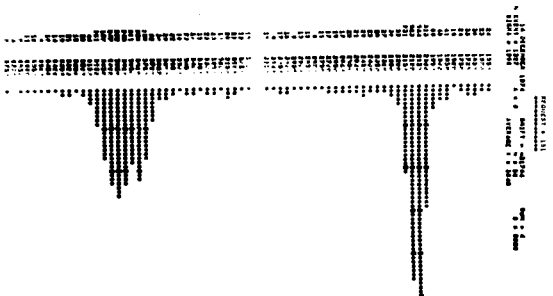


Рис. 14 Типичный профиль пучка, наблюдаемый с одной из искровых камер по y и x координатам. Шаг тистограммы - 5 мм.

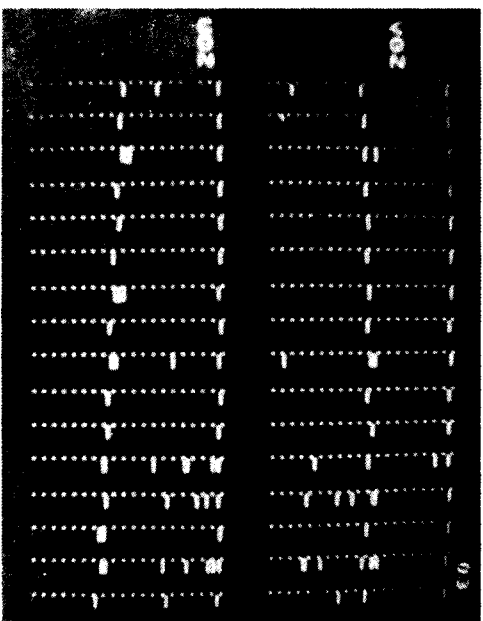


Рис. 15 Проекция события по 16 искровым камерам. /Снимок с дисплея/.

Р.М.Базлову, В.А.Белякова, А.Е.Московского, Н.Н.Тиханчева,
В.П.Пугачевича, Е.А.Новикова, Д.В.Уральского, Б.С.Широкова -
- за помощь при создании установки;
Р.А.Астабатьяна, В.Н.Афанасьева, В.М.Головатика, Р.Г.Астваца-
турова, В.И.Иванова, В.А.Крамаренко, Е. Кнапика, Г.Л.Мелкумова,
Б.М.Старченко, А.Ф.Елишева, Г.Марина, Д.Штефанаке, В.И.Прохо-
рова, В.В.Архипова, В.В.Бакаева, М.И.Буланова, В.Т.Паршутова -
- за помощь при проведении испытаний системы на ускорителе;
В.А.Смирнова и Е.Черных - за помощь при стыковке комплекса
электронной аппаратуры с ЭВМ;
Л.А.Сеннер и Ф.Элера - за большую работу по созданию математичес-
кого обеспечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю.В.Заневский, А.Б.Иванов и др.
ОИЯИ, Р13-8283, Дубна, 1974.
2. Ю.В.Заневский, В.Д.Пешехонов и др.
ОИЯИ, 13-7265, Дубна, 1973.
3. Т.В.Беспалова и др.
ОИЯИ, 13-6304, Дубна, 1972.
4. Т.С.Григалашвили, Ю.В.Заневский и др.
ОИЯИ, 13-5273, Дубна, 1970.
5. Л.А.Сеннер.
ОИЯИ, 10-8428, Дубна, 1974.
6. Н.Н.Говорун и др.
ОИЯИ, 10-7303, Дубна, 1973.
7. В.В.Вишняков и др.
ОИЯИ, 10-7966, Дубна, 1974.

Рукопись поступила в издательский отдел
6 марта 1975 г.