

В-613

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна.



P13 - 4483

В.Г.Вовченко, Р.Я.Зулькарнеев, С.В.Медведь,
В.В.Моисеева, В.С.Надеждин, Б.М.Овчинников,
Е.Б.Озеров, О.Я.Федоров, Г.Ю.Цахер, Н.А.Чистов

УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
СПЕКТРОВ В РЕЖИМЕ "ON-LINE"

С ЭВМ МИНСК-22

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

1969

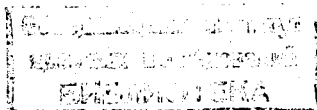
P13 - 4483

7894/4 ир.

В.Г.Вовченко, Р.Я.Зулькарнеев, С.В.Медведь,
В.В.Моисеева, В.С.Надеждин, Б.М.Овчинников,
Е.Б.Озеров, О.Я.Федоров, Г.Ю.Цахер, Н.А.Чистов

УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
СПЕКТРОВ В РЕЖИМЕ "ON-LINE"
С ЭВМ МИНСК-22

Направлено в ПТЭ.



1. В в е д е н и е

Искровые камеры (И.К.) в сочетании со сцинтилляционными методами регистрации частиц получили широкое распространение в современной технике физического эксперимента. Несомненными достоинствами такого способа регистрации являются управляемость, высокая точность локализации следа частицы, возможность измерения ее пробега, импульса и т.д. Все эти сведения о частице обычно извлекаются в результате длительной и сложной обработки फिल्मовой информации, получаемой методами оптической фотографии. Если количество снимков велико, процедура обработки нередко становится сложной проблемой, решение которой разумно проводить машинными методами. По этой причине в последние годы наметился переход к бесфильмовому съему с последующей передачей экспериментальной информации непосредственно в память ЭВМ. Такие системы получили название "on line" - систем. Известны различные способы реализации бесфильмового съема информации с И.К. Краткий обзор их дан, например, в работе ^{1/}. Разработаны также и способы введения такой информации в память ЭВМ.

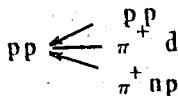
В настоящей работе описывается установка, состоящая из искровой камеры с акустическим съемом информации, управляемой сцинтилляционными счётчиками, и работающая в режиме "on line" с ЭВМ Минск-22. Установка создана для использования ее в опытах по исследованию реакций $pp \rightarrow \pi^+ d$, $\pi^+ np$ при энергии 660 Мэв и позволяет получать полную информацию об исследуемом процессе непосредственно в ходе проведения эксперимента.

2. Общая схема установки

Часть аппаратуры, расположенная в экспериментальном зале, состоит из искровой камеры, сцинтилляционных счётчиков и жидководородной мишени - H_2 . Схема расположения аппаратуры приводится на рис. 1.

В установке использовалась общелабораторная жидководородная мишень ЛЯП ОИЯИ, эскиз которой приведен на рис. 2. Мишень позволяла работать на пучке без перенаполнения в течение 90 часов. Выбранные нами размеры счётчиков и геометрия их расположения исключали возможность регистрации событий от стенок аппендикса и кожуха.

Нужные события отбирались счётчиками $C_{1,2}$, включенными на совпадения с парами $C_{3,4}$ и $C_{5,6}$. Счётчики $C_{1,2}$ с И.К. и счётчики $C_{3,4}$, $C_{5,6}$ установлены на отдельных штангах, которые могут поворачиваться на угол до 150° вокруг мишени в ту или другую сторону от пучка. Выбирая положения этих счётчиков в соответствии с требуемой кинематикой, можно в широкой области углов выделять любой процесс типа:



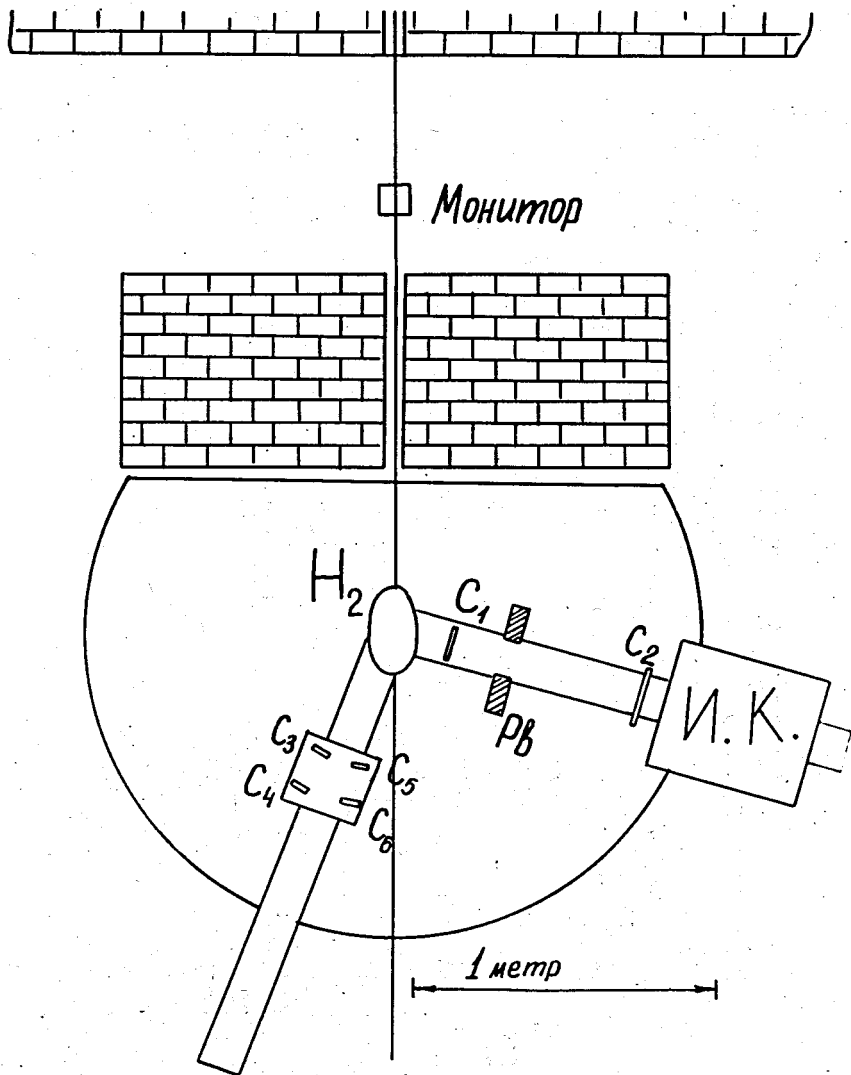


Рис. 1. Общая схема установки.

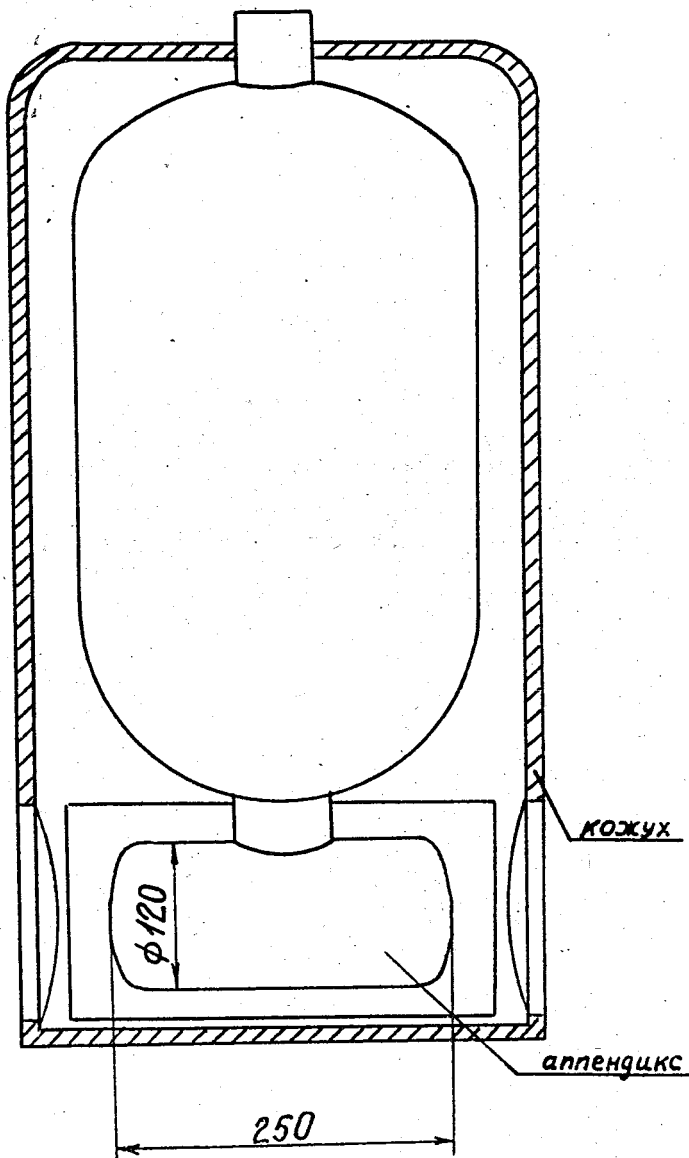


Рис. 2. Эскиз жидководородной мишени $-H_2$.

При этом счётчики $C_{3,4}$ и $C_{5,6}$ позволяют фиксировать углы проходящих через них частиц, а И.К. — находить поляризацию, измерять пробег (энергию) и угол влета в И.К. второй частицы, прошедшей счётчики $C_{1,2}$.

Используемая И.К. описывалась ранее в работе ^{/2/}. Ее рабочий объем $\delta 200 \times 450 \text{ мм}^3$ состоял из 10 идентичных искровых промежутков с поглотителями между ними. Наибольшее количество вещества, которое можно было поместить в камеру, равнялось 73 г/см^2 . Первые два искровых промежутка с 6 микрофонами, установленными в них, использовались для определения угла входа частицы в камеру. Используемая для этой цели база $\approx 90 \text{ мм}$ при точности локализации искры $\approx 0,2 \text{ мм}$ приводила к точности восстановления углов $\approx 0,6^\circ$.

Предельная частота запусков И.К., равная 10 гц , определялась в наших условиях постоянной зарядки $\tau_{\text{зар}}$ высоковольтных емкостей, питающих И.К. Можно полагать, что дальнейшее повышение частоты срабатывания (примерно до 100 гц) может быть достигнуто уменьшением $\tau_{\text{зар}}$.

3. Схема запуска И.К. и съем информации

Блок-схема запуска И.К. и системы съема информации дана на рис. 3. Импульсы со счётчиков C_{1-6} поступали на первичные схемы совпадений CC , CC_p с $2\tau = 4 \text{ нсек}$, а затем — на схемы $CC_{L,p}$ с $2\tau = 8 \text{ нсек}$. В зависимости от выполненных коммутаций могли включаться на совпадения различные комбинации счётчиков. Сиг-

^{x/} Известно, что верхний предел частоты срабатывания ограничен мертвым временем И.К. В нашем случае, видимо, это время меньше 10^{-2} сек , т.к. мощность разряда в одном искровом промежутке была 10^{-2} дж , а очищающее поле $\approx 50 \text{ в}$.

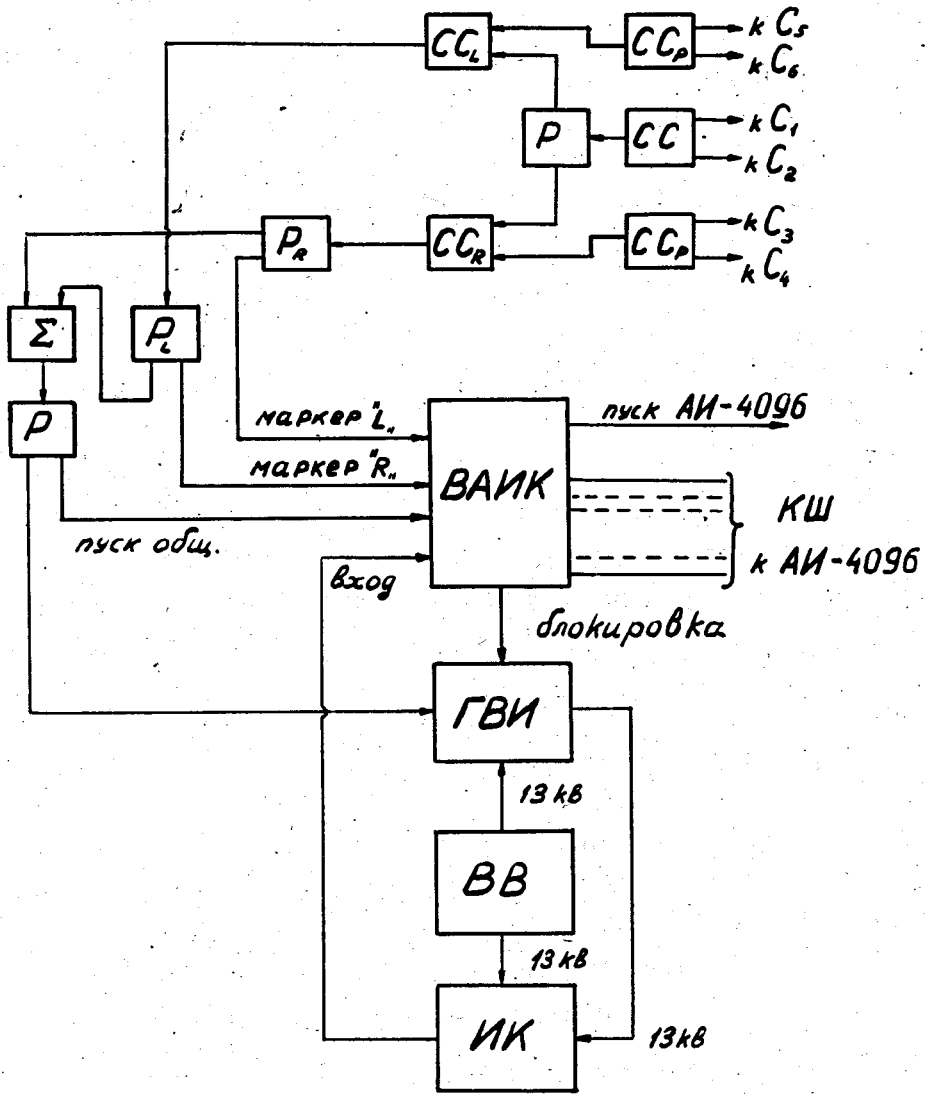


Рис. 3. Блок-схема запуска И.К. и системы съема информации. Обозначения - в тексте.

налы с выходов $CC_{L,R}$ проходили через разветвители $P_{L,R}$, объединялись сумматором Σ , а затем поступали на вход генератора высоковольтных импульсов ^{/3/} - ГВИ, поджигавшего разрядник И.К. Таким образом, любое событие, зарегистрированное одной из схем CC_L или CC_R , обеспечивало подачу высоковольтного импульса на И.К.

Одновременно с этим импульсы с разветвителей запускали (по двум каналам) временной анализатор - ВАИК, производивший съем информации с искровых промежутков ^{/4/}. Всякий раз, когда появлялся импульс в одном из двух запускающих каналов, 20 входных каналов ВАИК открывались для приема сигналов с микрофонных усилителей. Специальное маркерное устройство вырабатывало в двоичном коде признаки событий, соответствующие запуску ВАИК по тому или иному каналу. По этим признакам можно различать, к какой конфигурации опыта принадлежат регистрируемые события. В ВАИК имелось три таких маркирующих канала. При необходимости это число легко можно было увеличить.

ВАИК имеет ОЗУ, выполненное на туннельных диодах, с объемом 20 двенадцатиразрядных слов. Информация с И.К. поступает на вход анализатора в виде 20-ти временных интервалов (времена пролета звука от искр до микрофонов). После заполнения ОЗУ (через 1 мсек после запуска) начинается передача информации в МОЗУ анализатора АИ-4096. Время записи одного события в АИ-4096 могло быть сделано равным 2-6 мсек. Однако, поскольку наибольшее число срабатываний установки равнялось 10 сек^{-1} , то из соображений удобства построения логической схемы работы всей установки время записи в АИ-4096 выбиралось равным 100 мсек.

4. Связь с ЭВМ Минск-22

Связь искровой камеры с ЭВМ осуществляется через многоканальный анализатор АИ-4096 измерительного центра ЛЯЦ^{15/}. Использование МОЗУ анализатора (емкостью 4096 18-разрядных чисел) как буферной памяти позволяет вести передачу информации на ЭВМ массивами. В промежутках между передачами машина успевает обрабатывать ранее переданный массив или ведет счёт параллельной задачи. Как известно, входные блоки анализаторов типа АИ-4096 приспособлены, в основном, для спектрометрических измерений в области низких энергий. Для удовлетворения специфических требований экспериментов на пучках частиц высоких энергий был разработан универсальный входной блок, позволяющий принимать на арифметический регистр анализатора параллельным кодом 18-разрядное число. С помощью такого блока (блок БПВ на рис. 4) к анализатору могут быть подсоединены бесфильмовые искровые камеры разных типов, временные кодировщики наносекундного диапазона, годоскопы и некоторые другие приборы.

В устройстве управления (БУУ) анализатора выделена новая команда - прием числа на регистр Р1 и введена специальная программа записи в МОЗУ числа, поступившего на входы БПВ. Пуск программы "Запись" происходит по команде от искровой камеры или другого внешнего датчика. Время работы программы около 30 мксек.

В блоке БПВ предусмотрена блокировка повторных запусков программы, если последняя не окончила записи ранее принятого числа. Новый блок оформлен в виде отдельной конструкции, вставляемой в анализатор.

При работе искровой акустической камеры использовались только 12 младших разрядов числа. После каждого срабатывания камеры в МОЗУ анализатора передавалось 22 числа. Время заполнения МОЗУ

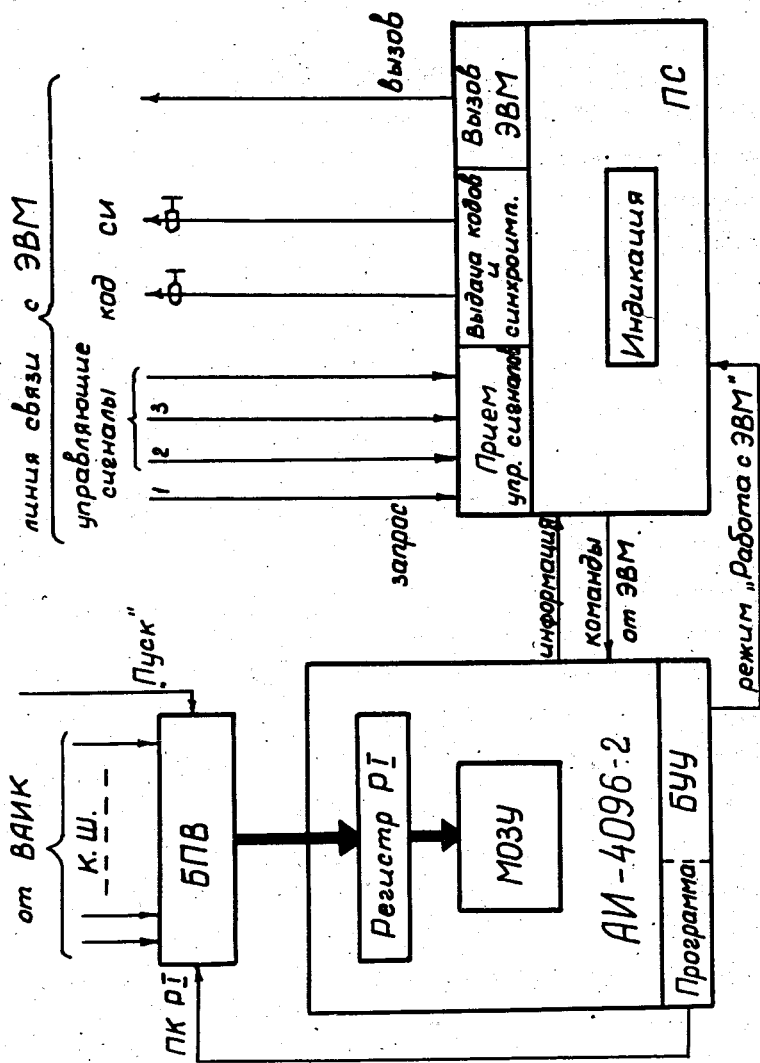


Рис. 4. Блок-схема связи И.К. с АИ-4096 и ЭВМ Минск-22. Обозначения - в тексте.

(186 событий) зависело от условий облучения камеры и менялось от 20 сек до 20 мин. С помощью имеющегося в анализаторе осциллографа можно быстро оценить качество треков и эффективность промежутков камеры.

Анализатор, в котором накапливалась информация от акустической камеры, имеет связь с ЭВМ типа "Минск-22", расположенной в другом здании на расстоянии около 1,5 км. "Минск-22" оборудован дополнительными блоками приема числа, охраны памяти и организации приоритета. Эти узлы рассчитаны на подключение 8 внешних объектов и подробно описаны в /6/.

К анализатору подсоединен пульт связи (ПС), в котором помещены блоки приема управляющих сигналов от ЭВМ, формирователи кодовых и синхронизирующих импульсов, а также устройство индикации, с помощью которого можно следить за ходом передачи информации. В устройство управления анализатора внесена программа выдачи содержимого ячейки МОЗУ. Все команды, необходимые для обмена информацией, организуются программным путем на ЭВМ. Это позволяет легко перестраивать процесс передачи, внося изменения в программу связи. По запросу от ЭВМ каждое число передается последовательным кодом в прямом и обратном виде. По результатам сравнения кодов ЭВМ переходит к приему следующего числа, либо вторично вызывает ту же самую ячейку анализатора. Принятый массив чисел записывается на магнитную ленту. Весь цикл передачи, контроля и записи 4096 чисел занимает 9 сек. По окончании передачи ЭВМ выдает команду "конец связи" и сигнал, который включает то или иное табло на пульте связи в зависимости от качества передачи. В опытах с акустической камерой была опробована только "прямая" связь, то-есть передача информации в одну сторону, на ЭВМ.

Служебная информация о том, куда записан принятый массив, печаталась на ЭВМ, но обратно в измерительный центр не пересылалась. Во время одного из сеансов была включена модифицированная программа связи. Она позволяет производить прием очередного массива информации от искровой камеры одновременно с математической обработкой предыдущего массива.

5. Математическая программа обработки событий

Информация в виде закодированных временных интервалов и реперных меток, маркирующих события, накапливалась на НМЛ ЭВМ "Минск-22" и могла быть обработана непосредственно в ходе проведения эксперимента:

Программа осуществляла (см. рис. 5):

- а) считывание с НМЛ, сортировку и запись времен T в ячейки МОЗУ массивами из 1024 элементов;
- б) поиск начала каждого события;
- в) вычисление углов входа частицы в камеру, θ , и точки выхода частицы из мишени X_M ;
- г) контроль качества события (наличие только одной искры в базовых промежутках; факт вылета частицы из мишени; проверка условия $|\theta| \leq \theta_{max}$);
- д) поиск места остановки частицы;
- е) контроль приближения трека к краю электродов;
- ж) накопление информации в виде распределений событий по месту выхода из мишени $N(x_M)$, по углу входа в И.К. и по энергии частицы $N(\theta, E)$;
- з) вывод массивов $N(x_M)$ и $N(\theta, E)$ на печать.

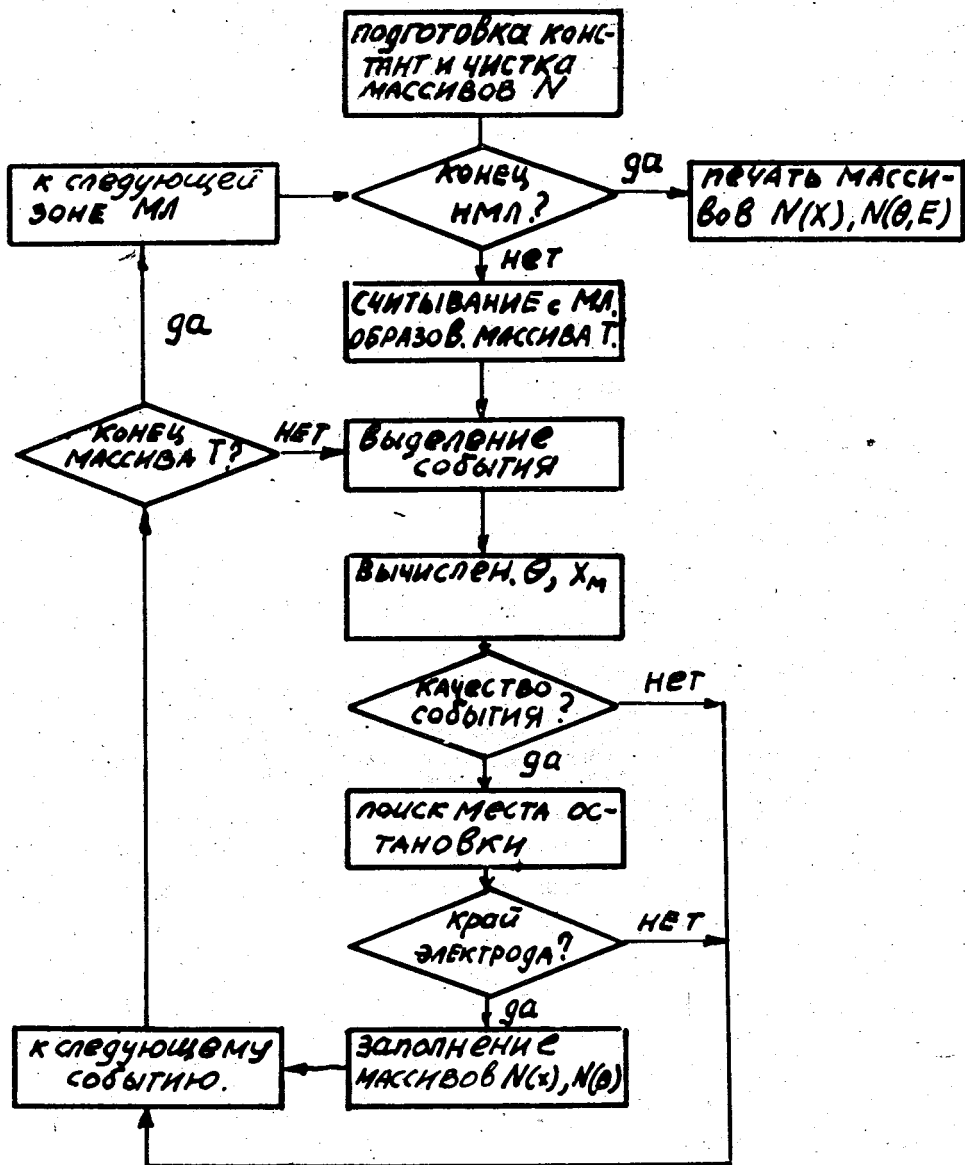


Рис. 5. Блок-схема программы обработки событий.

Определение числа пройденных промежутков выполнялось сравнением первых разностей времен $T_i - T_{i-1}$ (i - номер промежутка) с некоторыми заданными величинами δ_1 , δ_2 , которые выбирались из расчёта допустимых углов рассеяния частиц в поглотителях камеры.

Устойчивость результатов к величине выбранных параметров проверялась на опыте сравнением результатов, полученных при разных значениях параметров.

Некоторые сведения о программе: число занятых ячеек МОЗУ (вместе с СП) = 1000; время обсчёта 1000 событий = 2 мин; вывод - цифровой. Блок-схема программы приведена на рис. 6.

6. Испытания на протонном пучке

Весь комплекс аппаратуры проходил испытания в условиях работы на пучке протонов, выведенных из синхроциклотрона Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. Испытания имели цель проконтролировать правильность работы математических программ, а также получить непосредственно в условиях эксперимента значения основных параметров установки: разрешение по энергиям, максимальную частоту запусков и чувствительность к фоновым загрузкам.

В одном из опытов управляющие счётчики располагались в соответствии с кинематикой упругого $p-p$ -рассеяния при 660 Мэв, а камера регистрировала энергетический спектр протонов, испытавших рассеяние на 54° твердой CH_2 - мишенью. Результаты измерения спектра даны на рис. 7. Отчётливо виден пик при энергии 180 Мэв, соответствующий упругому рассеянию двух протонов. Ширина этого пика, обусловленная разрешением по углу $\pm 1,5^\circ$, укладывается в одном фильтре, что хорошо соответствует ожидаемому разрешению ± 15 Мэв. По

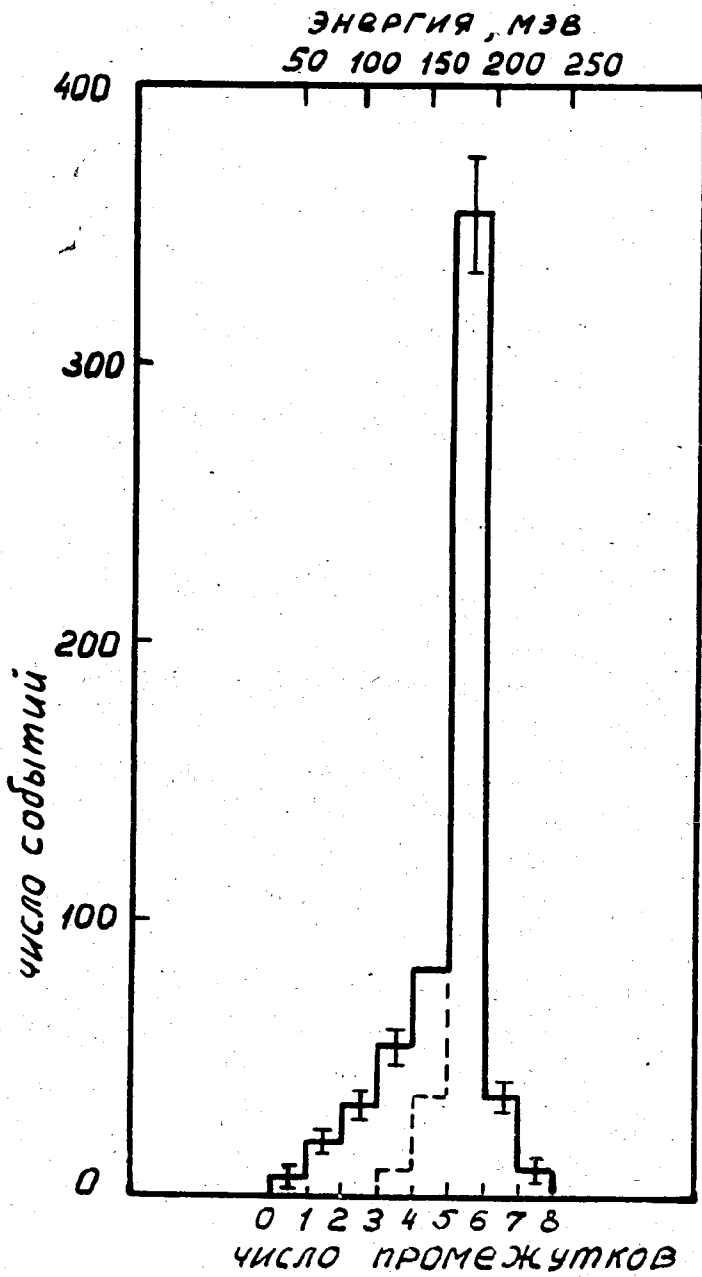


Рис. 6. Спектр протонов под углом 54° л.с.

обе стороны от пика видна энергетически размытая часть спектра, простирающаяся от 37 до 220 Мэв, подавляющий вклад в которую вносят частицы, квазиупруго рассеянные ядром ^{12}C . На наш взгляд, рис. 6. наглядно демонстрирует возможности установки, например, при измерениях спектра протонов в квазиупругих соударениях с ядрами.

На рис. 7, отражающем результаты другого опыта, представлена типичная форма энергетического спектра π^+ - мезонов, испущенных под углами $124^\circ + 125^\circ$ л.с. и образовавшихся в жидководородной мишени H_2 по схемам (1). Характерной особенностью этого спектра является дейтронный пик в высокоэнергетической части. Полуширина на полувывоте пика около 3 Мэв. Уменьшением толщины поглотителей разрешение могло быть сделано еще лучше.

Оба результата, показанные на рис. 6,7, получены на ЭВМ в процессе проведения измерений на протонном пучке спустя 4 мин. после окончания набора статистического материала.

При проведении испытаний с интенсивностью протонного пучка $\approx 10^7 \text{ сек}^{-1}$ наряду с полезными событиями в рабочем объеме И.К. можно было наблюдать заметный фон в виде двойных пробоев по двум или большему числу искровых промежутков. Это обстоятельство особенно затрудняет проведение исследований редких процессов неупругого рассеяния и вынуждает ограничиваться потоками протонов, падающих на мишень H_2 , до 10^7 сек^{-1} .

Весь измерительный комплекс надежно работал в течение нескольких 50-часовых сеансов на ускорителе.

Авторы глубоко благодарны члену-корреспонденту АН СССР В.П.Джелепову и академику АН УССР А.П.Комару за обсуждение проблем, затронутых в работе.

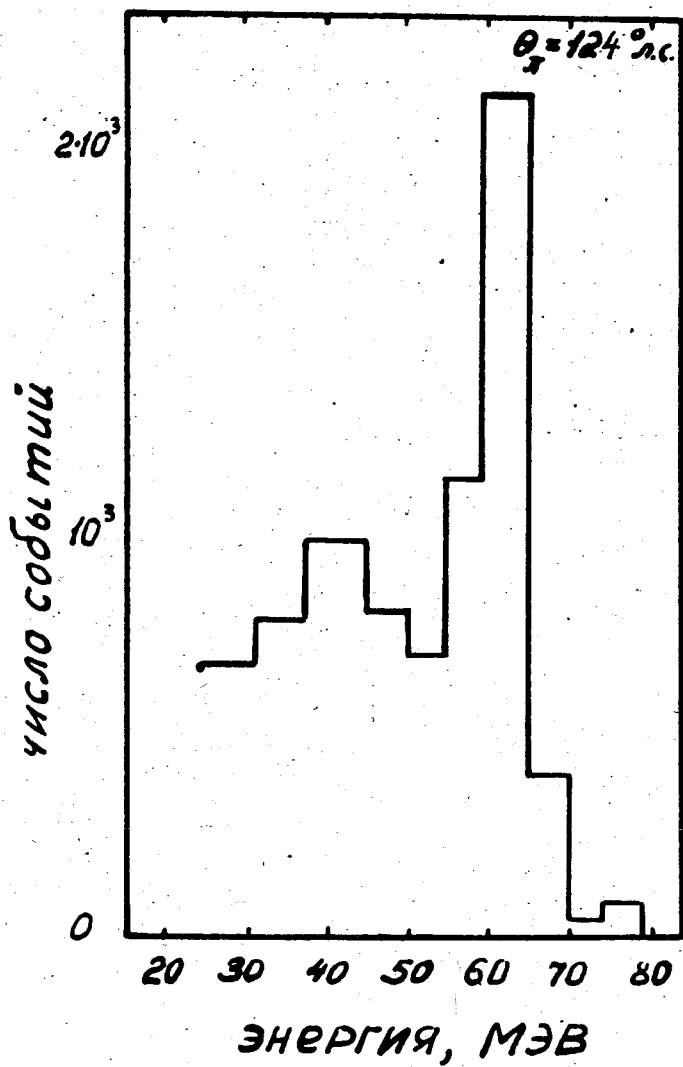


Рис. 7. Спектр π -мезонов под углом 124° л.с.

Л и т е р а т у р а

1. А.Ф.Писарев. Препринт ОИЯИ, Р-2745, 1966.
2. В.Г.Вовченко, Б.М.Овчинников, О.Я.Федоров. Препринт ФТИ - 081, 1968.
3. Ю.Томашук, И.Радкевич. ПТЭ №4, 123, 1966.
4. Ф.Г.Лепехин, Б.М.Овчинников, ПТЭ, №4, 41, 1966.
5. С.В.Медведь, В.В.Мойсеева, А.Н.Синаев и др. Препринт ОИЯИ 10-3836, 1968.
6. С.В.Кадыкова, А.И.Ефимова. Препринт ОИЯИ, 10-4096, 1968.

Рукопись поступила в издательский отдел

14 мая 1969 года.