

С 344.1

Б-24

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

13 - 4713

Л.С.Барабаш

МАГНИТНЫЙ СПЕКТРОМЕТР  
С БЕСФИЛЬМОВЫМИ ИСКРОВЫМИ КАМЕРАМИ,  
РАБОТАЮЩИЙ НА ЛИНИИ С ЭВМ

Специальность 260 - приборы экспериментальной физики

Автореферат диссертации на соискание учёной  
степени кандидата технических наук

Дубна 1969

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований

Научные руководители:

кандидат физико-математических наук И.А.Голутвин

кандидат физико-математических наук Э.О.Оконов

Официальные оппоненты:

доктор технических наук Г.И.Забякин

кандидат физико-математических наук А.А.Кузнецов

Ведущее научно-исследовательское учреждение: Институт физики высоких энергий.

Автореферат разослан " " 1969 г.

Защита диссертации состоится " " 1969 г. на заседании Ученого совета Лаборатории высоких энергий.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЛВЭ.

Ученый секретарь Совета

С.В.Мухин

13 - 4713

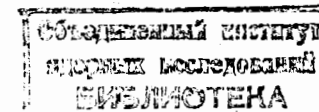
Л.С.Барабаш

МАГНИТНЫЙ СПЕКТРОМЕТР  
С БЕСФИЛЬМОВЫМИ ИСКРОВЫМИ КАМЕРАМИ,  
РАБОТАЮЩИЙ НА ЛИНИИ С ЭВМ

Специальность 260 - приборы экспериментальной физики

Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук

6389 вр.



Методика бесфильмовых искровых камер, работающих на линии с ЭВМ, имеет большие преимущества по сравнению с другими методиками, которые до последнего времени использовались в экспериментах по исследованию  $K^0$ -мезонов. Возможность получения с камер информации о координатах искр в виде электрических сигналов, использование непосредственно в экспериментах электронных вычислительных машин позволяют быстро перерабатывать полученную информацию, а также осуществлять оперативный контроль за условиями опыта в процессе эксперимента.

Поскольку бесфильмовые искровые камеры имеют малое время восстановления, возможна регистрация нескольких десятков событий за цикл ускорителя. Малое время чувствительности позволяет использовать искровые камеры в пучках с большой плотностью частиц.

В 1966 г. в ЛВЭ была создана установка с проволочными искровыми камерами и ферритовой памятью, работавшая на линии с ЭВМ. Рабочие характеристики установки оказались вполне удовлетворительными. Проверка ее работы в нейтральном пучке показала перспективность использования установок такого типа в экспериментах по исследованию свойств  $K^0$ -мезонов.

Дальнейшим развитием явилось создание магнитного спектрометра, собранного по той же логической схеме, исследованию характеристик которого посвящена настоящая работа.

Диссертация состоит из введения и шести глав:

Во введении дан краткий обзор основных методов бесфильмового съема информации, приведена классификация методов по способу вывода ее и по типу памяти, используемой для запоминания информации о координатах искр.

Наиболее широкое применение в физических экспериментах нашли методы бесфильмового съема информации с проволочных искровых камер с использованием в качестве запоминающих элементов магнитострикционных линий и ферритовых сердечников с прямоугольной петлей гистерезиса <sup>/1-3/</sup>.

При проектировании магнитного спектрометра для исследования распада  $K^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$  был выбран вариант с проволочными искровыми камерами и ферритовой памятью. Основная причина, определившая такой выбор, — ожидаемые большие загрузки камер фоновыми частицами, что подтвердилось на практике. При интенсивности пучка ускоренных протонов  $3 \cdot 10^{10}$  протон/цикл в камерах, расположенных вблизи регенератора, приходится в среднем 4-5 частиц на одно срабатывание.

Возможности использования ферритовых колец в качестве запоминающих элементов проволочных искровых камер, общие принципы связи с ЭВМ были опробованы на установке из 8 проволочных искровых камер с ферритовой памятью (рабочий объем камер  $250 \times 250 \times 8$  мм<sup>3</sup>), изготовленной в Лаборатории высоких энергий в 1966 г. Работа установки была проверена в пучке нейтральных частиц. Установка имела двустороннюю связь с ЭВМ. Информация из ЭВМ выводилась на медленную цифрочасть. При испытаниях в нейтральном пучке была получена эффективность проволочных искровых камер, которая в среднем составляла 95%. Точность регистрации координат искр была равна 0,8 мм <sup>/4-5/</sup>.

Первая глава посвящена общему описанию магнитного спектрометра. В начале главы рассмотрены особенности геометрии двухчастичного распада  $K^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$ , которые используются при построении электронной схемы отбора  $V^0$  — событий

и позволяют повысить относительный вклад в количество срабатываний системы запуска от двухчастичных распадов  $K^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$ . Особенности геометрии двухчастичного распада заключаются в том, что при определенной напряженности поля анализирующего магнита траектории обоих распадных пионов за анализирующим магнитом в большинстве случаев примерно параллельны пучку <sup>/6/</sup>. Это обстоятельство учитывалось при проектировании магнитного спектрометра и определило геометрию расположения проволочных искровых камер и сцинтилляционных счётчиков системы запуска на установке.

Пучок нейтральных частиц от внутренней мишени ускорителя выводится под углом  $\approx 4^\circ$  к пучку протонов и далее формируется системой коллиматоров. Очистка пучка от заряженных частиц осуществляется полем магнита ускорителя, а также специальным магнитом СП-57. В начале канала помещается свинцовый конвертор ( $100$  г/см<sup>2</sup>) для очистки пучка от  $\gamma$ -квантов.

Продукты распадов  $K^0$  — мезонов регистрируются и анализируются спектрометром, основу которого составляет годоскоп из сцинтилляционных счётчиков и проволочные искровые камеры, расположенные по обе стороны анализирующего магнита СП-57 (рис. 1,2).

В системе СКИФ имеется семнадцать проволочных искровых камер с памятью на ферритах, одиннадцать из которых размещены перед полем анализирующего магнита, шесть — за магнитом по пучку. С помощью первой группы камер определяется геометрия  $V^0$  — события до магнита, вторая группа служит для определения импульсов распадных пионов. Импульс запуска высоковольтного питания проволочных искровых камер вырабатывается годоскопом сцинтилляционных счётчиков <sup>/7/</sup>.

Проволочные искровые камеры изготовлены из эпоксиды с кварцевым наполнением методом литья под вакуумом. Этот метод позволяет получить высокую точность в изготовлении отдельных элементов камеры, и, что особенно важно при изготовлении большого количества камер, хорошую идентичность их харак-



6

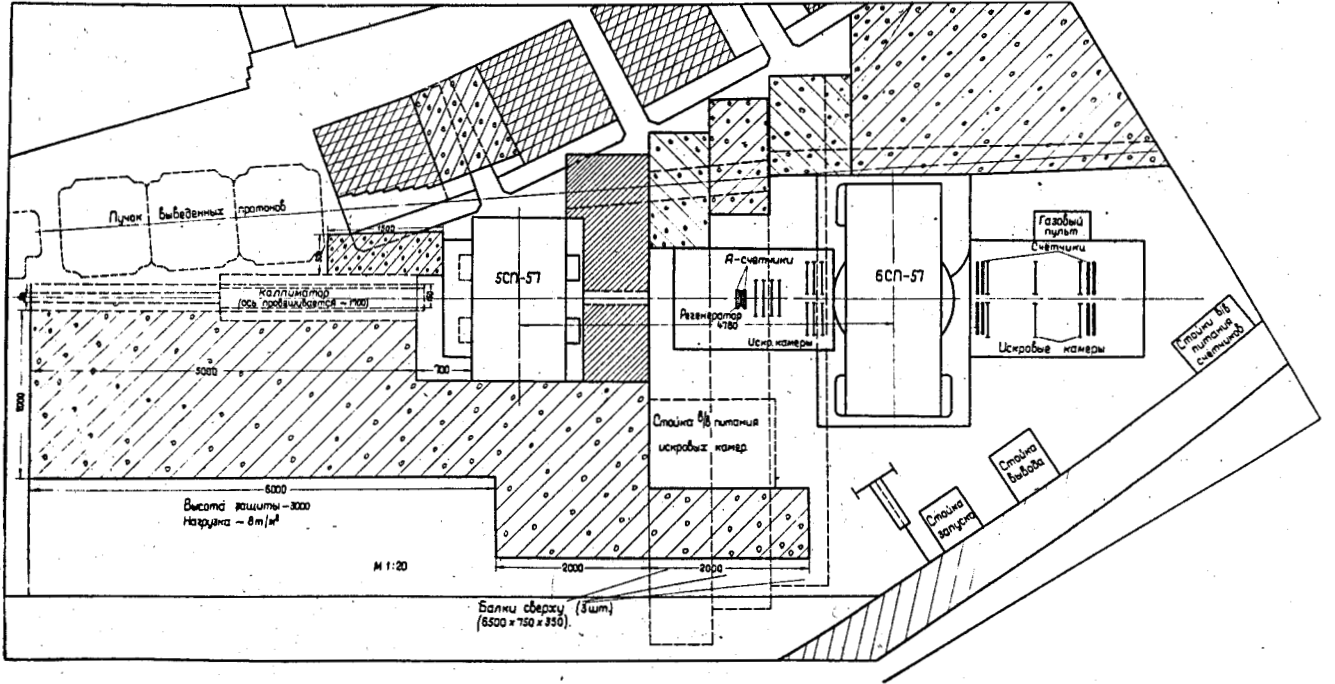


Рис. 1. Схема установки.

7

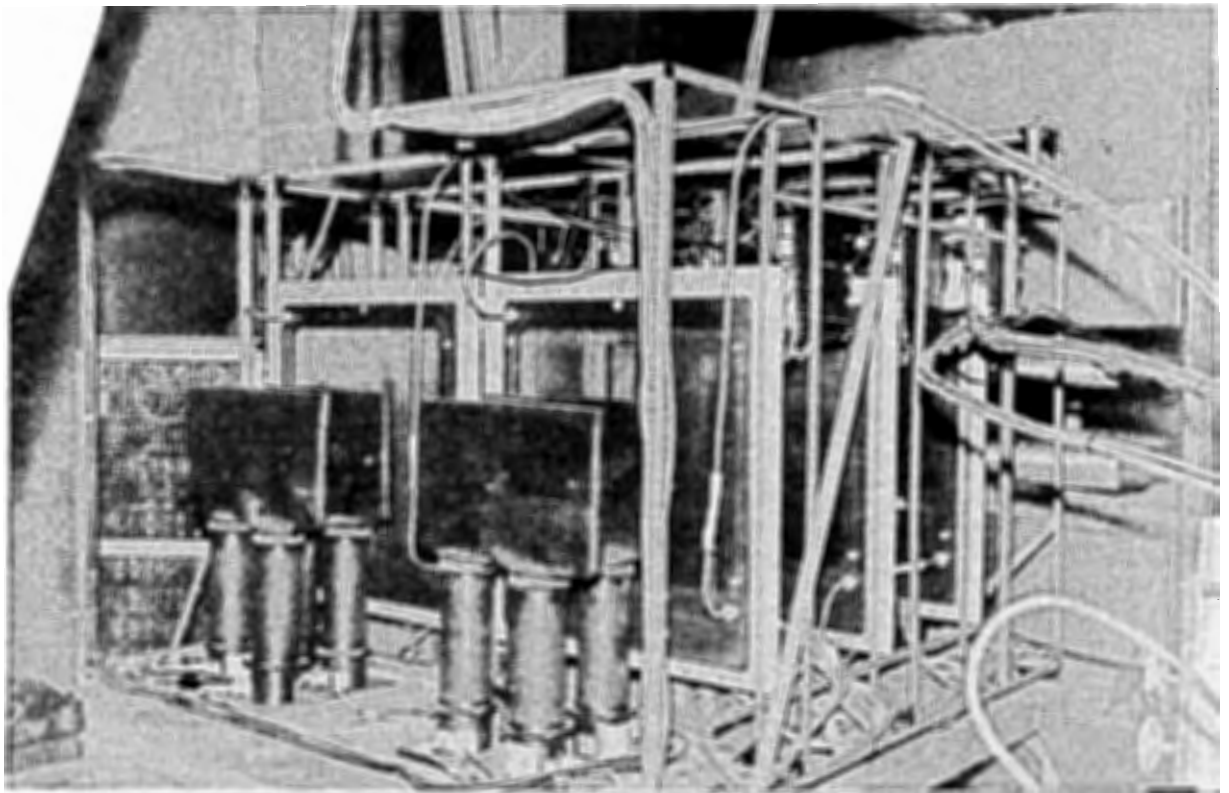


Рис. 2. Фотография группы камер, расположенных за анализирующим магнитом.

теристик. Размеры камер  $460 \times 460 \times 8 \text{ мм}^3$ , собственная емкость  $C_k = (400 \pm 10) \text{ пф}$ . В качестве запоминающих элементов используются ферритовые сердечники марки ВТ-2 диаметром 2 мм. Ферриты каждой камеры объединены в матрицу  $32 \times 14$  колец. Проволоки высоковольтного электрода запаиваются на общую шину, которая соединяется с выходом импульсного высоковольтного генератора. Проволоки электрода камеры с развязками соединены с высоковольтной шиной через развязывающие сопротивления. Кроме того, они соединены через сопротивления друг с другом. Такая система получается автоматически при использовании распределенных сопротивлений. Высоковольтная шина выполнена в виде длинной линии с волновым сопротивлением  $\rho = 25 \text{ ом}$ .

Схема считывания содержит семнадцать токовых ключей, расположенных непосредственно на камерах, четырнадцать генераторов тока считывания и выходные усилители, и представляет собой схему с последовательным опросом матриц и строк в каждой матрице<sup>/8/</sup>. Информация о координатах искр поступает в схему вывода, которая осуществляет операции представления принятой информации в двоичном коде и передачи ее по параллельной линии связи на ЭВМ. Время передачи одного события на ЭВМ равно  $1 + 1,5 \text{ мсек}$ .

В этой же главе описаны система продува камер рабочим газом и пульт управления и контроля.

Вторая глава посвящена описанию системы запуска импульсного высоковольтного питания проволочных искровых камер, которая включает в себя годоскоп из сцинтилляционных счётчиков и электронную схему отбора  $V^0$ -событий, собранную на схемах наносекундной техники.

Сцинтилляционные счётчики размещены за анализирующим магнитом и образуют четыре колонки по три счётчика в каждой. Счётчики каждой колонки включены на совпадение. Два счётчика установлены перед анализирующим магнитом и включены на совпадение с парами колонок счётчиков, расположенными слева и справа

от оси пучка. "Импульс события" вырабатывается при одновременном срабатывании любых двух колонок счётчиков, расположенных по обе стороны от оси пучка. Счётчик, установленный сразу за регенератором, включен на антисовпадение и блокирует срабатывания системы запуска от  $V^0$ -событий, вершина которых находится в регенераторе.

Среднее количество срабатываний системы запуска составляет  $1 + 2$  запуска за цикл ускорителя при интенсивности пучка ускоренных протонов, сбрасываемых на мишень,  $3 \cdot 10^{10}$  протон/цикл.

Геометрическая эффективность системы запуска по отношению к распадам  $K^0$ -мезонов вычислялась методом Монте-Карло и составляет  $\approx 0,02$  (в интервале импульсов  $2 + 4 \text{ Гэв/с}$ ).

Время срабатывания системы запуска  $\approx 200 \text{ нсек}$ .

В третьей главе рассмотрены общие требования, предъявляемые к системам импульсного высоковольтного питания, описаны схемы высоковольтного питания и управления установкой.

В начале главы приведена классификация систем импульсного высоковольтного питания проволочных искровых камер и рассмотрены факторы, определяющие выбор той или иной схемы. Далее описаны схемы блока запуска, блока очищающих полей, импульсного высоковольтного генератора.

Для питания проволочных искровых камер установки СКИФ использована схема с отдельными генераторами высоковольтных импульсов для каждой камеры. Импульсные высоковольтные генераторы собраны по схеме с формирующей длинной линией, разомкнутой на конце. В качестве коммутаторов использованы водородные тиратроны типа ТГИ1-130/10. Формирующие линии выполнены из отрезков коаксиального кабеля с волновым сопротивлением  $\rho = 50 \text{ ом}$ . Генератор работает на несогласованную нагрузку. Амплитуда импульса на выходе генератора  $U_H$  равна:

$$U_H = U_3 \frac{R_{ш}}{R_{ш} + \rho} \left[ 1 - e^{-\frac{t(R_{ш} + \rho)}{C_k \rho R_{ш}}} \right],$$

где  $U_3$  - амплитуда напряжения источника питания,  $R_{ш}$  - шунтирующее камеру сопротивление,  $\rho$  - волновое сопротивление формирующей линии. Поскольку  $R_{ш} \gg \rho$ , в установившемся режиме напряжение на камере  $U_H$  практически равно напряжению источника питания  $U_3$ .  $U_H = U_3 (1 - e^{-\frac{t}{C_k R_u}})$ . В момент пробоя напряжение на камере падает до значения

$$U_H = U_3 \frac{R_u}{\rho} e^{-\frac{t}{C_k R_u}} \quad (1)$$

(поскольку сопротивление искры  $R_u < \rho$ ).

С момента пробоя камеры до окончания высоковольтного импульса через ферриты протекает записывающий ток, амплитуда которого определяется формулой (1). Очевидно, что волновое сопротивление формирующей линии не должно быть большим, так как величина его определяет амплитуду записывающего тока. Кроме того, увеличение волнового сопротивления линии приводит к возрастанию длительности переднего фронта высоковольтного импульса, что отрицательно сказывается на эффективности камеры.

Для питания камеры с развязанным высоковольтным электродом применяется генератор с формирующей длинной линией, волновое сопротивление которой  $\rho = 25$  ом, работающий на согласованную нагрузку. В качестве формирующей длинной линии использованы два отрезка коаксиального кабеля с волновым сопротивлением  $\rho = 50$  ом, включенных параллельно.

Собственная задержка импульсных высоковольтных генераторов определяется длительностью процесса развития разряда в тиратроне и составляет  $80 + 100$  нсек, общая задержка системы импульсного высоковольтного питания равна  $\approx 0,15$  мксек.

Потенциалы, управляющие работой спектрометра, формируются в схеме управления.

В конце главы приведена методика расчёта высоковольтных цепей камеры с развязанным высоковольтным электродом, рассмотрены факторы, определяющие величины развязывающих сопротивлений, сформулированы требования, определяющие внутреннее сопротивление импульсного высоковольтного генератора.

В четвертой главе описаны программы, используемые при работе "on line".

Для приема информации с проволочных искровых камер, контроля за работой спектрометра и обчёта зарегистрированных событий в ЭВМ используется три типа программ.

1. Программа приема и записи информации на магнитную ленту.
2. Программы контроля.
3. Программы обработки  $V^0$  - событий.

При работе "on line" программы используются в следующей последовательности. Перед сбросом ускоренных протонов на мишень в ЭВМ подается сигнал прерывания, по которому она переходит на программу приема. В течение цикла ускорителя (время сброса на мишень  $(350 + 500)$  мсек) программой приема осуществляется прием и запись информации из искровых камер. По окончании сброса на мишень ЭВМ переходит на программы контроля и обработки событий. Если обработка заканчивается раньше, чем приходит следующий сигнал прерывания, то ЭВМ останавливается до его прихода. Если сигнал прерывания приходит раньше, ЭВМ прерывает обработку информации, принятой в предыдущем цикле, и переходит снова на программу приема.

Программой приема осуществляется прием информации с искровых камер и пересчётной стойки во время сброса на мишень с последующей записью ее на магнитную ленту после окончания сброса.

К программам контроля относятся:

- а) программа контроля множественности;
- б) программа контроля точности;
- в) программа контроля за эффективностью.

Программы контроля множественности и точности позволяют следить в процессе экспозиции за режимом работы проволочных искровых камер, получать информацию о загрузках и пространственном разрешении камер.

Основной из программ контроля является программа определения эффективности искровых камер. Для определения эффективности используется семь камер. Трек отыскивается в шести мониторинговых камерах, после чего определяется, был ли трек в седьмой камере. Эффективность  $i$  - той камеры определяется по формуле  $\epsilon_i = \frac{N_7}{N_6}$ , где  $N_6$  - количество случаев, когда трек зарегистрирован в мониторинговых камерах  $N_7$  - количество случаев, когда трек зарегистрирован в исследуемой камере.

Для определения многотрековой эффективности строится распределение по числу искр в исследуемой камере и для каждого случая определяется  $\epsilon_i$ .

В промежутках между циклами ускорителя производится обсчет принятой информации. В качестве параметров, описывающих  $V^0$  - событие, выбраны следующие: тангенсы углов наклона треков в проекции  $XOZ$  (ось  $X$  перпендикулярна пучку, ось  $Z$  параллельна пучку), координаты вершины  $V^0$  - события, тангенсы половины углов поворота треков в магнитном поле. Отыскиваются наилучшие значения этих параметров и вычисляются радиусы кривизны, импульсы частиц, направляющие косинусы и составляющие суммарного импульса. В предположении, что обе частицы являются  $\pi$  - мезонами, определяются суммарная энергия и масса распавшейся частицы. Эффективная масса двух частиц используется в качестве основного параметра для выделения распадов  $K^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$  на фоне трехчастичных распадов.

В качестве критериев отбора при построении спектра эффективных масс  $V^0$  - событий используются следующие:

- вершина  $V^0$  - события находится в распадном объеме;
- проекция угла рассеяния в регенераторе распавшейся частицы - не более 20 мрад;

в) значение критерия  $\chi^2$  для определения  $V^0$  - события - не более 20;

г) импульс распавшейся частицы в пределах  $1,5 + 7$  Гэв/с.

Особенности работы магнитного спектрометра в пучке нейтральных частиц рассмотрены в пятой главе диссертации. Эти особенности связаны в основном с большими фоновыми загрузками системы запуска и проволочных искровых камер.

Одним из основных источников фона, приводящим к ложным срабатываниям системы запуска и появлению дополнительных искр в камерах, являются нейтроны пучка. Можно отметить пять основных причин, приводящих к ложным срабатываниям системы запуска:

- взаимодействия с веществом регенератора, не блокированные антисовпадательным счётчиком;
- нейтронные взаимодействия в задней стенке антисовпадательного счётчика;
- нейтронные звезды в газе распадного объема;
- взаимодействие нейтронов с веществом первого совпадательного счётчика;
- взаимодействие нейтронов с рамками группы камер, расположенных в пучке перед анализирующим магнитом.

Наиболее опасным из указанных источников фона является взаимодействие нейтронов с веществом регенератора. Счёт с антисовпадательного счётчика, размеры которого  $150 \times 200 \times 5$  мм<sup>3</sup> при интенсивности  $(4 + 5) \cdot 10^{10}$  протон/цикл и времени сброса ускоренных протонов на мишень  $\approx 400$  мсек, составляет  $3 \cdot 10^5$  имп.

Кроме того, процесс сброса ускоренных протонов на мишень не является равномерным во времени. Огибающая сброса промодулирована низкочастотными составляющими. Особенно ярко выражена составляющая 600 гц. Помимо низкочастотных составляющих, необходимо учитывать высокочастотную структуру пучка. Вторичный пучок имеет характерную банчевую структуру, период следования банчей  $\approx 700$  нсек, ширина банча по основанию  $\approx 150$  нсек.



Все эти причины приводят к тому, что мгновенные загрузки, особенно на антисовпадательный счётчик и камеры, расположенные вблизи регенератора, могут быть довольно значительными. Большие загрузки камер фоновыми частицами приводят к тому, что в камерах появляется значительное количество искр, не относящихся к регистрируемому событию. Это понижает эффективность регистрации нужных искр, усложняет обработку событий.

Шестая глава посвящена методике исследования характеристик магнитного спектрометра в нейтральном пучке.

В условиях больших загрузок фоновыми частицами особое внимание следует уделять таким характеристикам проволочных искровых камер как эффективность и время памяти.

Эффективность проволочных искровых камер определяется теми же факторами, что и у обычных искровых камер. Она существенно зависит от чистоты газов, используемых для наполнения камер, амплитуды высоковольтного импульса, подаваемого на камеру, амплитуды постоянного очищающего поля.

Были исследованы зависимости эффективности от амплитуды высоковольтного импульса, питающего камеру при различных длительностях импульса. Исследования проводились в условиях малых загрузок. Кривая зависимости эффективности для камер, питающихся импульсом длительностью 200 нсек, несколько раньше выходит на плато, чем для камер, питающихся высоковольтным импульсом с длительностью 150 нсек.

Процесс формирования искрового канала существенно зависит от амплитуды высоковольтного импульса. При малых амплитудах импульса время формирования искры достаточно велико, а поскольку импульс имеет фиксированную длительность, импульс тока, проходящий через ферритовое кольцо при пробое камеры, имеет малую длительность, и записи в кольцо может не произойти. Это объясняет отличие характеристик для разных длительностей высоковольтного импульса.

При использовании систем с проволочными искровыми камерами в условиях больших фоновых загрузок важное значение имеет эффективность к рабочему треку при наличии значительного количества фоновых искр в камере.

Жесткие требования предъявляются к форме высоковольтного импульса, особенно к его переднему фронту, который зависит от величины собственной емкости камеры и внутреннего сопротивления генератора. Собственная емкость камеры, зависящая от размеров электродов и конструкции рамок, должна быть минимальной. Выполнение второго условия обуславливает применение в качестве коммутаторов водородных тиратронов с большим током эмиссии катода. На рис. 3 показана зависимость эффективности регистрации рабочего трека от количества фоновых искр для камеры, питающейся высоковольтным импульсом длительностью 200 нсек. Кривая получена при интенсивности пучка ускоренных протонов, сбрасываемых на мишень,  $3 \cdot 10$  протон/цикл.

Не менее важной характеристикой в условиях нейтрального пучка является время памяти проволочных искровых камер. Для надежного выделения искр, относящихся к регистрируемому событию, время памяти камер должно быть минимальным. Учитывая высокочастотную структуру пучка, желательно иметь время памяти меньше 0,7 мксек. С другой стороны, время памяти нельзя сделать меньше, чем аппаратные задержки импульса высоковольтного питания камер относительно времени пролета частицы.

Время памяти камер зависит от амплитуды постоянного очищающего поля. Эти зависимости были исследованы для различных газов ( $Ne$ ,  $Ne + He$ ,  $Ne + 1\% C_2H_5OH$ ), используемых при наполнении камер. Кривые имеют резкий спадающий участок и для одинаковых значений очищающего поля совпадают в пределах ошибок.

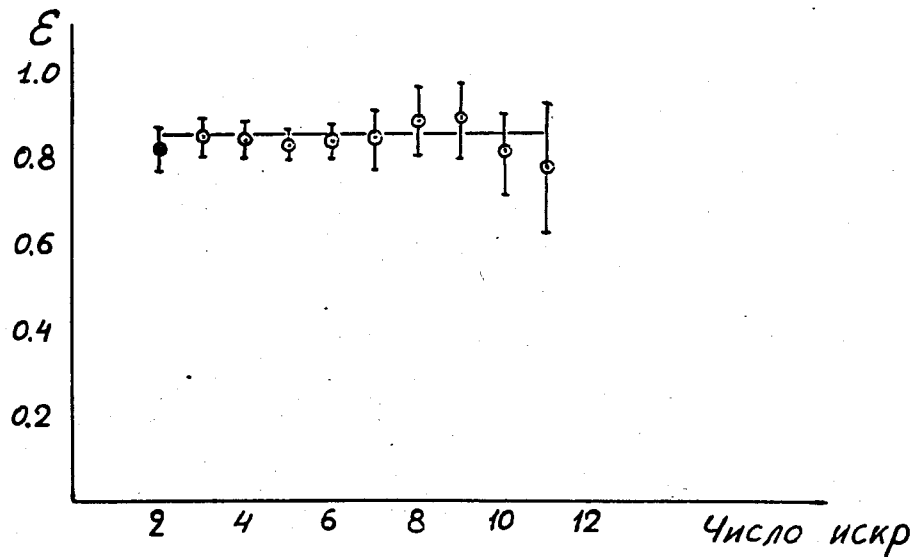


Рис. 3. Зависимость эффективности регистрации рабочего трека от количества фоновых искр.

Высокочастотная структура пучка может быть использована для получения малого времени памяти камер без потерь в эффективности. Период следования банчей составляет 0,7 мксек, аппаратные задержки системы запуска  $\approx 0,2$  мксек, и время от момента появления "импульса события" до прихода следующего банча можно использовать для "очистки" камеры от предыдущего при помощи импульсов, синхронизированных с уско-ряющей частотой синхрофазотрона.

Эффективность установки определяется эффективностью проволочных искровых камер и системы запуска. Для выделения треков распадных пионов до анализирующего магнита используется пять камер на каждую ветвь и по три камеры за анализирующим магнитом. Аппаратурная эффективность регистрации  $V^0$  - события камерами, выраженная через эффективность одной камеры, выглядит следующим образом:

$$\epsilon_0 = [\epsilon^5 + 5\epsilon^4(1-\epsilon) + 9\epsilon^3(1-\epsilon)^2]^2 [\epsilon^3 + 3\epsilon^2(1-\epsilon)]^2$$

и при средней эффективности одной камеры 85% составляет  $\approx 82\%$ .

Точность регистрации треков в проволочных искровых камерах определяется в основном шагом намотки проволочных электродов и равна  $\pm 0,35$  мм.

На рис. 4 показан спектр эффективных масс, полученный в экспозиции продолжительностью 60 часов при интенсивности пучка ускоренных протонов  $3 \cdot 10^{10}$  протон/цикл. В качестве регенератора использовался блок  $^{238}\text{U}$  толщиной 10 см. Как видно из рисунка, абсолютная ошибка в определении массы  $K_s^0$  - мезона составляет  $\pm 8$  Мэв, относительная - 1,5%.

Угол вылета  $K_s^0$  - мезонов из регенератора определяется с точностью  $\pm 4$  мрад.

Основные результаты диссертации состоят в следующем:

1. Создана и испытана в пучке нейтральных частиц установка с проволочными искровыми камерами ( $250 \times 250$  мм<sup>2</sup>)

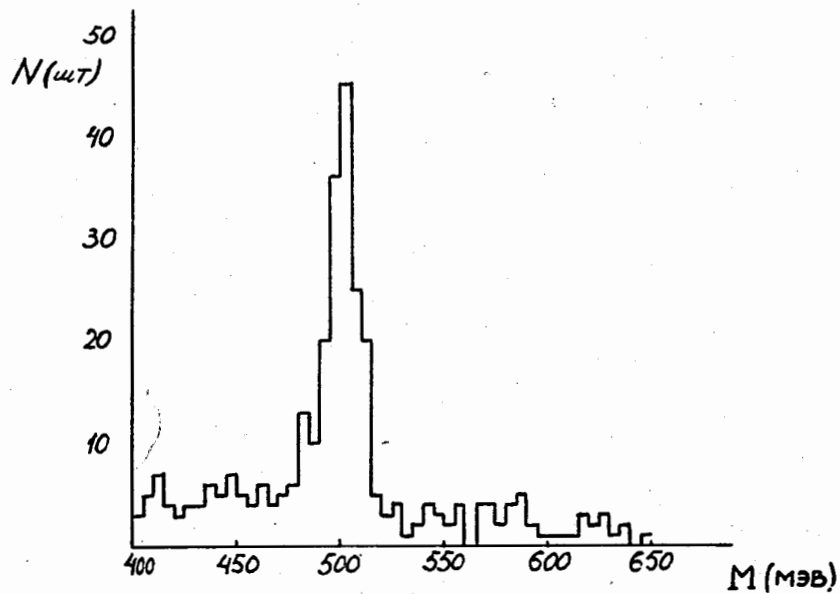


Рис. 4. Спектр эффективных масс. Время экспозиции - 60 часов, интенсивность пучка ускоренных протонов, сбрасываемых на мишень,  $3 \cdot 10^{10}$  протон/цикл. Регенератор -  $^{238}\text{U}$ ,  $V^0$  - события, обработанные "on line".

и ферритовой памятью, работающая на линии с ЭВМ. Эффективность камер установки - 95%, точность регистрации координат искр  $\Delta X = \pm 0,8$  мм. Предложена и испытана схема высоковольтного питания камер, при котором запись происходит в один феррит при изменении питающих напряжений в пределах  $\approx 2$  кв. В результате этих методических исследований была показана перспективность использования установок такого типа в экспериментах с  $K^0$  - мезонами.

2. Создана установка, состоящая из семнадцати проволочных искровых камер ( $460 \times 460$  мм<sup>2</sup>) с ферритовой памятью, аппаратуры считывания и системы запуска, используемая в эксперименте по изучению свойств  $K^0$  - мезонов.

Бесфильмовый спектрометр такого типа создается в СССР впервые.

В процессе создания магнитного спектрометра были решены следующие задачи:

а) разработана система импульсного высоковольтного питания проволочных искровых камер с использованием генераторов с формирующей длиной линии. В результате исследования схем питания выбрана схема, обеспечивающая достаточно хорошие многотрековые характеристики проволочных искровых камер;

б) разработана и испытана камера с развязанным высоковольтным электродом;

в) предложена методика расчёта высоковольтных цепей такой камеры. Оценены факторы, определяющие параметры высоковольтных цепей камеры с развязками;

г) исследованы различные варианты схемы отбора  $V^0$  - событий и запуска импульсных высоковольтных цепей питания проволочных искровых камер. Оценены геометрические эффективности этих вариантов;

д) исследована высокочастотная структура пучка и на основе этих исследований предложен метод получения малого времени чувствительности искровых камер с помощью импульс-



ного очищающего поля; синхронизированного с ускоряющей частотой синхрофазотрона;

е) проведены экспериментальные исследования характеристик проволочных искровых камер в условиях различных фоновых загрузок. Исследованы зависимости эффективности камер от различных вариантов питания, получены многотрековые характеристики камер. Эффективность регистрации трека равна  $\sim 80\%$  при наличии 11 + 13 фоновых искр в камере.

Исследовано время памяти камер при различных рабочих газах и в зависимости от амплитуды постоянного очищающего поля;

ж) определена точность регистрации координат искр в камерах, которая составляет  $\pm 0,35$  мм;

з) разработана схема блокировки на время восстановления искровых камер, длительность сигналов которой не зависит от частоты запусков. Потенциал блокировки от запуска к запуску изменяется на 0,5%.

3. Проведены первые экспозиции в рабочих условиях и определены основные характеристики магнитного спектрометра СКИФ. Ошибка в определении массы  $K_s^0$ -мезонов составляет  $\pm 8$  Мэв, ошибка в определении угла вылета из регенератора  $\pm 4$  мрад.

Основные результаты, приведенные в диссертации, опубликованы в работах /4,5,7,8/.

#### Л и т е р а т у р а

1. G.Gianelli. Proc. of the Informal Meeting of Filmless Spark Chamber tech., CERN, 325 (1964).
2. M.A.Meyer et al. NIM 23, 287 (1963).
3. F.Krienen. NIM 20, 168 (1963).
4. М.Х.Аникина, Л.С.Барабаш, А.Г.Грачев и др. Препринт ОИЯИ 1-3050, Дубна, 1966.
5. Л.С.Барабаш, А.Г.Грачев. Препринт ОИЯИ, 2660, Дубна, 1966.

6. G.Charpak, M.Gourdin. Preprint CERN 67-18, July 1967.

7. М.Х.Аникина, Л.С.Барабаш, И.А.Голутвин и др. Препринт ОИЯИ 13-4123, Дубна, 1968.

8. Л.С.Барабаш, А.Г.Грачев, Л.В.Комогорова и др. Препринт ОИЯИ 10-3880, Дубна, 1968.

Рукопись поступила в издательский отдел

23 сентября 1969 года.