

СЗН ИИ

Б-272

113/-71

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P1 - 5361



ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
И АВТОМАТИЗАЦИИ

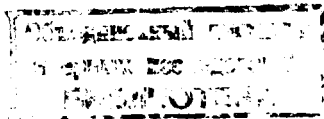
С.Г.Басиладзе, Т.В.Беспалова, В.К.Бирулев, З.В.Борисовская,
А.С.Вовенко, Д.Вестергомби, И.А.Голутвин, В.Я.Гвоздев, Н.Н.Говорун,
Т.С.Григалашвили, Б.Н.Гуськов, Ю.А.Заневский, А.Запасник,
И.М.Иванченко, И.Ф.Колпаков, Л.В.Комогорова, В.Д.Ковдрашов,
В.Г.Кривохижин, В.В.Кухтин, М.Ф.Ляхачев, П.К.Маньяков, А.А.Митин,
Н.А.Невская, В.П.Пугачевич, В.Д.Пешехонов, И.А.Савин, Е.А.Сидяев,
В.Е.Симонов, Д.А.Смолин, Г.Г.Тахтамышев, П.Т.Тодоров, А.С.Чыров,
М.Д.Шафранов

МАГНИТНЫЙ ИСКРОВОЙ СПЕКТРОМЕТР
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ $K_L^0 - K_S^0$ РЕГЕНЕРАЦИИ
ПРИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЯХ

1970

С.Г.Басиладзе, Т.В.Беспалова, В.К.Бирулев, З.В.Борисовская,
 А.С.Вовенко, Д.Вестергомби, И.А.Голутвин, В.Я.Гвоздев, Н.Н.Говорун,
 Т.С.Григалашвили, Б.Н.Гуськов, Ю.А.Заневский, А.Запасник,
 И.М.Иванченко, И.Ф.Колпаков, Л.В.Комогорова, В.Д.Кондрашов,
 В.Г.Кривохижин, В.В.Кухтин, М.Ф.Лихачев, П.К.Маньяков, А.А.Митин*,
 Н.А.Невская, В.П.Пугачевич, В.Д.Пешехонов, И.А.Савин, Е.А.Силаев,
 В.Е.Симонов, Д.А.Смолин, Г.Г.Тахтамышев, П.Т.Тодоров, А.С.Чвыров,
 М.Д.Шафранов

**МАГНИТНЫЙ ИСКРОВОЙ СПЕКТРОМЕТР
 ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ $K_L^0 - K_S^0$ РЕГЕНЕРАЦИИ
 ПРИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЯХ**



* Институт физики высоких энергий, г. Серпухов.

1. Введение

Данный спектрометр предназначен для изучения интерференции, возникающей в распадах на $\pi^+\pi^-$ -мезоны долгоживущих K_L^0 -и регенерированных в водороде короткоживущих K_S^0 -мезонов /1/. Эта интерференция возникает в пространстве за водородной мишенью, помещенной в пучок K_L^0 -мезонов, и наблюдается на протяжении нескольких распадных длин K_S^0 -мезонов. Поскольку при высоких энергиях распадная длина ℓ_s довольно велика ($\ell_s \approx 5,3 \text{ см} \times P_{K_S^0}$ (Гэв/с)), то установка должна иметь достаточно высокую и однородную эффективность на базе в несколько метров.

При высоких энергиях ($> 10 \div 20$ Гэв) трудно выбрать систему запуска искровых камер, которая имела бы значительно большую эффективность к $\pi^+\pi^-$ -распадам, чем к лептонным распадам. Поэтому для выделения трансмиссионной регенерации необходимо иметь установку с хорошим угловым разрешением и хорошим разрешением по эффективной массе. Для тех же целей желательно иметь детекторы лептонов - электронов и мюонов, информация с которых позволит существенно уменьшить фон от K_{e3} -и $K_{\mu 3}$ -распадов.

Стремление исследовать регенерацию на водороде при максимальной энергии требует создания пучка, ориентированного на внутреннюю мишень под малым ($\approx 1^\circ$) углом, где число K_L^0 -мезонов с энергией ≈ 40 Гэв еще достаточно для получения разумной статистики. Под малыми углами сильно возрастает интенсивность нейтронов,

взаимодействия которых в регенераторе загружают искровые камеры за время их памяти фоновыми треками. Для облегчения восстановления геометрии события, вызвавшего запуск установки, полезно использовать годоскопические счетчики. Наконец, для того, чтобы регистрировать как можно большее число событий за цикл работы ускорителя, необходимо использовать искровые камеры с автоматическим съемом информации.

Попытки удовлетворить перечисленным требованиям привели к созданию спектрометра, схема которого изображена на рис. 1 /2/. Спектрометр работает на линии с ЭВМ БЭСМ-3М. Он состоит из магнита, искровых камер с магнитострикционным съемом информации /9/ и системы счетчиков для запуска установки и идентификации частиц распада.

2. Магнит

Основная особенность установки - использование так называемой "перекрестной геометрии" /5/, в которой кинематические свойства двухчастичных распадов (слабое изменение поперечного импульса P_{\perp} распадных частиц в области углов, близких к 90° в с.с.м.) позволяют осуществить фокусировку частиц с помощью магнита. Если отклоняющая сила магнита такова, что она дает изменение поперечного импульса P_H , то частицы, возникшие из распада на расстоянии Z_d до магнита, после магнита сфокусируются на расстоянии Z_f , равном

$$Z_f = Z_d \cdot \frac{P_{\perp}}{P_H - P_{\perp}}.$$

В нашем случае $P_H \approx 3 P_{\perp}$, так что $Z_f \approx \frac{1}{2} Z_d$.

При высоких энергиях распадающихся $K_{L,S}^0$ -мезонов перекрестная геометрия обеспечивает хорошее разрешение по импульсу и, следовательно, по эффективной массе без существенной потери в однородности эффективности установки вдоль распадной зоны, какую имеет "параллельная геометрия" /6/.

Для получения достаточно высокой эффективности установки к распадам K_L^0 и K_S^0 при высоких энергиях не требуется слишком большого объема магнитного поля, т.к. конус распадных частиц достаточно узок. В нашем случае эффективность $\approx 10\%$ достигается с помощью магнита, имеющего эффективную длину 200 см, ширину 100 см и высоту зазора 25 см.

Кривая намагничивания магнита была измерена в центре магнита с помощью датчиков Холла и методом магнитного ядерного резонанса. Измерения магнитного поля во всем объеме, по которым затем вычислялись интегралы поля, также осуществлялись с помощью датчиков Холла /7/. Для достижения большей однородности интеграла поля по ширине магнита проводилось шиммирование магнита. Благодаря шиммированию, ширину магнита, на которой интеграл поля постоянен в пределах $\pm 1,5\%$, удалось сделать равной 80 см. Поправки, связанные с изменением поля в этих пределах, в данной работе не рассматривались.

3. Искровые камеры

Искровые камеры спектрометра предназначены для определения направления движения и импульсов частиц от распадов K^0 -мезонов. Используются двухкоординатные камеры стандартного размера с чувствительной областью 800×420 мм² и зазором 8,0 мм. Камеры расположены на пучке группами по три. Их координаты были выбраны в соответствии с профилем пучка распадных частиц, полученного с помощью моделирования событий методом Монте-Карло.

Каждая камера имеет по четыре реперных датчика, положение которых относительно оси пучка было определено оптическими средствами. Определение общей системы координат камер производилось по прямым трекам при выключенном и размагниченном магните. Запуск камер при этом осуществлялся с помощью фронтальных счетчиков и годоскопических счётчиков за магнитом так, чтобы треки локализовались в камерах в узких пределах справа от оси (правый триггер), слева от оси (левый триггер) и с обеих сторон от оси (V-образный триггер) пучка. Информация, полученная в этих условиях, позволяет определить относительные координаты камер в пространстве с точностью порядка $\pm 0,1$ мм.

Режим работы искровых камер по составу газовой смеси, величине высокого напряжения, импульсного и постоянного очищающих полей был определен в лабораторных условиях /8/. Во время работы использовалась газовая смесь чистого неона с $1,5 \pm 2\%$ спирта и $8 \cdot 10^{-3}\%$ фреона-20, продувавшаяся через каждую камеру в отдельности со скоростью $30 \pm 80 \text{ см}^3/\text{мин}$. Напряжение высоковольтного питания было $\approx 5 \text{ кв}$, импульсное очищающее поле $\approx 1 \text{ кв}$, постоянное очищающее поле 40 в . При этом камеры имели время памяти $\approx 1,6 \text{ мксек}$ /9/.

На пучке перед началом работы производилась проверка камер от источника /8/ и грубая проверка полной эффективности и точности камер с помощью правого, левого и V-образного триггеров и обработки записанной информации по специальной программе ПРЕФ вне линии связи с ЭВМ. В разное время и в разных условиях работы эта программа показывала, что камеры имеют высокую эффективность $\approx 80 \pm 100\%$ при среднем числе искр 4 ± 6 и среднем отклонении координат искр от восстановленной прямой $\approx 0,4 \text{ мм}$. Для визуального контроля использовалось представление событий, полученных в рабочих условиях, с помощью АЦПУ. Точные величины, характеризующие пространственное разрешение камер и их эффективность, вычислены позднее с помощью программ, написанных на ФОРТРАНе.

Пространственная точность каждой камеры σ_1 вычислялась по формуле $\sigma_1 = \sigma_d / f(z)$, где σ_d - дисперсия распределения отклонений d координат искр от прямой, проведенной через две опорные камеры, а $f(z)$ определяется расположением камер. На рис. 2 приведена гистограмма распределения величин d для одной из камер. Здесь $f(z) = 1,37$ и $\sigma_1 = 0,21 \text{ мм}$.

Эффективность камер определялась через отношение числа срабатываний камеры к числу треков, восстановленных программой. На рис. 3 приведена эффективность нескольких камер в зависимости от числа зарегистрированных ею фоновых искр.

4. Система счетчиков

Счетчики, используемые для запуска искровых камер, расположены в 4 плоскостях: две фронтальные плоскости (горизонтальный ряд и вертикальный ряд) и две плоскости за магнитом (горизонтальные ряды). Каждая из плоскостей делится на две полуплоскости справа и слева от оси канала. Каждая полуплоскость имеет по 4 сцинтилляционных счетчика. Сцинтилляторы в горизонтальном фронтальном ряду и в первом ряду за магнитом перекрыты приблизительно наполовину.

Полезное событие - распад K^0 -мезона на две заряженных частицы - должно обязательно иметь две частицы до магнита справа и слева от оси пучка, которые за магнитом перекрещиваются в районе вето-счетчиков. Для запуска камер требуется срабатывание по крайней мере одного из счетчиков в каждой полуплоскости вдоль левой и правой траекторий и отсутствие сигналов от антисчетчика и вето-счетчиков. Номера счетчиков, сработавших при данном запуске, вводятся в ЭВМ и записываются на магнитную ленту.

Если одна из частиц, вызвавших запуск, была мюоном, то она, пройдя слой железа толщиной 200 мм, вызовет срабатывание одного из счетчиков мюонного детектора. Электроны от K_{e3} -распада вызовут срабатывание детектора электронов. Срабатывание детекторов лептонов регистрируется на магнитной ленте.

Для обработки сигналов с фотоумножителей и организации логики запуска используются блоки быстрой электроники, аналогичные описанным в работе /10/.

5. Функциональная схема работы спектрометра

Упрощенная блок-схема работы установки изображена на рис. 4 /3/. Ускоритель работает с циклом ≈ 8 сек и имеет длительность сброса на одну внутреннюю мишень ≈ 450 мсек. На установку от ускорителя поступает синхронизирующий импульс, которым запускается электроника логики запуска, приводится в исходное состояние логика считывания и вводится в прерывание ЭВМ.

Спустя некоторое время после появления в канале интенсивности логика запуска с помощью сигналов, поступающих от счетчиков, отбирает первое полезное событие и вырабатывает триггерный импульс. Триггерный импульс осуществляет несколько операций: запускает искровые камеры, детекторы лептонов, электронику логики считывания и блокировку входов источников информации на то время, пока будет работать логика считывания и передачи данных в ЭВМ.

Логика считывания организует прием информации от разных источников, формирование машинных слов на промежуточном регистре и передачу их в ЭВМ. По окончании передачи информации о данном событии установка возвращается в исходное состояние ожидания следующего триггера. Электроника логики считывания выполнена на интегральных схемах. Она осуществляет прием и передачу следующей информации: X - и Y - координаты < 12 искр в каждой из 18 камер, 40 номеров годоскопических счетчиков, 4 значения амплитуды импульсов детекторов электронов, 1 значение магнитного поля, отсчеты 30 пересчетных схем, 40-разрядный регистр со служебной информацией x^1 .

Время приема и передачи указанной информации - около 10 мсек.

Установка работала при интенсивности частиц, сбрасываемых на внутреннюю мишень ускорителя ($1 \div 2,5$) $\cdot 10^{11}$ протонов/цикл. При этом скорость срабатывания триггера была $25 \div 80$, максимальное число регистрируемых событий около 30 и максимальный объем информации 3000 машинных слов за цикл.

Возможности используемой ЭВМ характеризуется следующей таблицей:

емкость оперативной памяти	- 8К,
длина слова	- 45 разрядов,
система команд	- трехадресная,
емкость магнитных барабанов	- 56К,

^{x)} Более подробное описание логики считывания будет дано позднее.

количество магнитофонов	- 4,
быстродействие	- $20 \cdot 10^3$ команд/сек,
скорость обмена с барабаном	- $12,5 \cdot 10^3$ слов/сек,
скорость записи на магнитную ленту	- 700 слов/сек,
емкость одной магнитной ленты	- $500 \cdot 10^3$ слов.

6. Программы накопления и контроля данных

Спектрометр работает на линии с модифицированным вариантом БЭСМ-3М, оснащенной программно-управляемым каналом связи /11/. Работа ЭВМ организована с помощью программ, разбитых системой приоритетов на три группы.

Высший (нулевой) приоритет имеют программы приема и контроля приема данных. Во время приема ведется проверка временного режима согласования работы ЭВМ и установки с использованием имеющегося в канале связи счетчика реального времени.

Первый приоритет имеют программы, осуществляющие фильтрацию экспериментальных данных, накопление данных в промежуточной памяти, запись данных на магнитную ленту и контроль передающей и принимающей аппаратуры.

Фильтрация информации осуществляется путем проверки формата по служебным признакам, проверки максимально возможного числа искр в каждой камере, номера датчика и последовательности возрастания координат.

Правильность работы передающей аппаратуры и канала связи проверяется постоянно с помощью передаваемых с каждым событием известных полноразрядных слов.

Время работы этих программ не превышает периода между циклами работы ускорителя.

Программы второго приоритета работают с разрешением прерывания и используют время, оставшееся после завершения работ нулевого и первого приоритетов. Функции этих программ - контроль аппаратуры и выдача результатов. Сюда входит проверка расстояний между репер-

ными сигналами с каждого датчика, относительная частота отказов каждого датчика и каждой камеры (всех датчиков камеры), среднее число координат, зарегистрированное каждым датчиком и каждой камерой. Программы второго приоритета осуществляют также периодический контроль передающей аппаратуры и канала связи с помощью специальной тестовой информации, имитирующей событие и имеющей объем, соответствующий максимально возможному количеству координат, зарегистрированных в искровых камерах. Контрольная информация может быть получена за любой отрезок времени работы установки и выдана на печать по требованию экспериментатора.

Помимо рассмотренных программ, имеется ряд программ, работающих в режиме блокировки приема информации. Сюда относится упоминавшаяся программа ПРЕФ, программа контроля постоянства магнитного поля, статистического контроля работы счетчиков годоскопов, статистического контроля получаемой физической информации и работы электроники триггера по отсчетам пересчетных схем.

Для увеличения скорости работы все программы, кроме программы ПРЕФ, написаны на машинно-ориентированном языке символического кодирования (автокоде) /12/.

7. Программа обработки данных вне линии связи

Обработка вне линии связи с ЭВМ проводилась в Дубне на ЭВМ CDC-1604A с помощью программы геометрической реконструкции VILLA-333, при создании которой был учтен опыт, накопленный в ЦЕРНе в группах К. Винтера и К. Руббиа, а также особенности спектрометра и фоновых условий:

- 1) большое число искровых камер на один трек (максимально возможное число - 15),
- 2) расположение камер группами по три,
- 3) высокая эффективность камер,
- 4) большое число фоновых искр на один зазор (от 3 до 9 в зависимости от положения камер и интенсивности),

5) относительно высокая вероятность того, что фоновый и полезный треки пересекаются под малым углом (несколько миллирадиан) в XZ - или YZ -плоскости.

После распаковки первичной информации программа осуществляет поиск полезных событий, работая последовательно по этапам:

- 1) поиск элементарных треков в группе из трех камер,
- 2) поиск прямых треков до магнита и после магнита,
- 3) "сшивание" треков,
- 4) поиск "вилки",
- 5) определение кинематических характеристик вилки.

Обработка XZ -и YZ -проекций на этапах 1 ÷ 3 производилась независимо. Критерии отбора событий следующие. Элементарным треком считается прямая линия, проведенная по двум искрам из трех возможных в данной группе, имеющая угол с осью пучка в заданных пределах. Прямой трек до магнита восстанавливается по двум любым из трех групп и после магнита по двум группам.

Гистограмма распределения модуля отклонений искр в камерах от прямой, проведенной методом наименьших квадратов (рис. 5), показывает, что в этом случае средняя ошибка равна $\approx 0,3$ мм для X - и Y -проекций до и после магнита.

"Сшивание" треков осуществлялось при условии, что в середине магнита разность координат экстраполированных с двух сторон треков меньше 6 мм. Соответствующие гистограммы (рис. 6) дают стандартное отклонение $\pm 1,5$ мм в обеих плоскостях. Правильность сшивания показывает также тот факт, что разность углов между прямыми треками в плоскости YZ до и после магнита не больше 1 мрад (рис. 7). Для нахождения "вилки" необходимо наличие двух пар "сшитых" треков в XZ - и YZ -проекциях. Дополнительно требуется, чтобы для той точки Z_d , в которой пересекаются треки в XZ -проекции, разность Y -координат в плоскости YZ была меньше 3 см. После этого программа находит наилучшее решение для Z_d в обеих плоскостях одновременно.

Распределение среднеквадратичных отклонений координат искр в обеих плоскостях для этих решений представлено гистограммой на рис.8.

После нахождения "вилки" вычисляются кинематические характеристики события - импульсы частиц, суммарный вектор-импульс \vec{P}_K , угол θ между \vec{P}_K и направлением падающего K_L^0 , инвариантная масса в предположении, что обе частицы есть π -мезоны, и др. Геометрические и кинематические характеристики события записываются на вторичную ленту суммарных результатов для дальнейшей обработки.

Для обработки одного события программа VILLA-333 требует 0,5 сек работы процессора CDC-1804A. "Вилки" составляют приблизительно 30% от общего числа событий. Поскольку эффективность программы, проверенная методом Монте-Карло, лучше, чем 90%, то остальные события по-видимому, связаны с неупругими взаимодействиями в мишени и неэффективностью антисчетчика. На рис. 9 представлено распределение всех найденных программой VILLA-333 событий по эффективной массе системы $\pi^+ \pi^-$ -мезонов, которые были зарегистрированы в пространстве за трехметровой жидководородной мишенью. Виден пик при эффективной массе, равной массе K^0 -мезонов. Если отобрать события, лежащие в определенных угловых интервалах (рис. 10) и в определенных интервалах по эффективной массе (рис. 11), то можно видеть, что установка имеет разрешение по эффективной массе ± 4 Мэв и разрешение по углу $\theta \pm 0,4$ мрад.

Заключение

В создании спектрометра принимали участие многие сотрудники ОИЯИ, которым авторы выражают глубокую благодарность: А.М. Балдину, А.А. Кузнецову, И.Н. Семенюшкину, П.К. Маркову за постоянную помощь и поддержку работы; В.С. Григорашенко, Б.К. Курятникову, В.Г. Аксенову, А.В. Сабаеву, Н.Г. Борисову и коллективу ПТО ЛВЭ за конструирование и подготовку узлов установки и ее монтаж на канале; Л.Г. Макарову, А.С. Филлипову и коллективу ОГЭ ЛВЭ за разработку и выполнение монтажа электрической части установки; Л.Б. Голованову, В.Л. Мазарскому, В.Н. Виноградову и коллективу криогенного отдела ЛВЭ за разработку, испытание и запуск в Серпухове жидководородной мишени; Н.И. Малашкевичу, Ю.В. Куликову, А.Д. Кириллову

и коллективу ОЭФА ЛВЭ за помощь в изготовлении искровых камер и электроники для них и за помощь при проведении магнитных измерений; группе химиков ЛВЭ за изготовления сцинтилляторов; Ю.М. Попову, А.А. Баранову и коллективу отдела обслуживания ЛВЭ за помощь в обеспечении работ материалами; В.С. Евтисову, В.А. Белякову, Н.И. Чернышеву, И.Н. Какурину, В.В. Степановой, Л.И. Стемпинской, В.В. Чермошнцеву, А.И. Маслакову, А.И. Морозову, И.М. Мельниченко за помощь в изготовлении и эксплуатации установки; С.С. Кирилову, Г.М. Сусовой и М.Н. Михайловой за помощь в подготовке пересчетных схем для работы с ЭВМ, Э. Надю за помощь в подготовке программы VILLA-333; М.Г. Мешерякову, Г.И. Забиякину за поддержку работы; Г.М. Кадыкову, О.И. Казаченко, А.П. Кретову за помощь при накоплении информации на магнитофоне СДС, М.И. Соловьеву, Ю.Г. Баше и коллективу СНЭО ОИЯИ за помощь при монтаже установки и организации работ в Серпухове.

Выполнение данной работы было бы невозможно без постоянной помощи и поддержки со стороны А.А. Логунова, Р.М. Суляева, Ю.Д. Прокошкина и руководителей подразделений ИФВЭ С.Е. Гигиберия, А.Н. Некрасова, Е.А. Сидорова, В.И. Котова, Е.А. Еременко, И.А. Гусева, К.П. Мызникова, А.А. Журавлева, которым авторы выражают свою признательность.

Авторы благодарны также К. Винтеру и К. Руббия за полезные советы.

Один из авторов (Д. Вестергомби) благодарен коллективу ЭВМ ICT-1905 в Будапеште за помощь в отладке программ.

Литература

1. З.В. Борисовская и др. Сообщение, представленное на Киевскую конференцию по физике высоких энергий, 1970.
2. А.С. Вовенко, Л.Б. Голованов, И.А. Голутвин, Б.Н. Гуськов, В.Г. Кривохижин, М.Ф. Лихачев, А.Л. Любимов, В.И. Мазарский, Э.О. Оконов, И.А. Савин, Г.Г. Тахтамышев. Исследование асимптотического поведения амплитуд $K^0 N^-$ и $\bar{K}^0 N^-$ -рассеяния и оценка электромаг-

нитного формфактора K^0 -частиц в опытах по регенерации с K^0 -мезонами высоких энергий. Депонированное сообщение ОИЯИ, Б2-1-5362 Дубна, 1970.

3. В.К. Бирулев, А.С. Вовенко, Б.Н. Гуськов, И.А. Голутвин, В.Г. Кривожижин, В.В. Кухтин, М.Ф. Лихачев, П. Маг, А.А. Митин, И.А. Савин, Д.А. Смолин. Блок-схема установки для экспериментов с K^0 -мезонами в Серпухове. Депонированное сообщение ОИЯИ, Б2-13-4550, Дубна, 1969.
4. А.С. Вовенко, Б.Н. Гуськов, И.А. Голутвин, В.В. Кухтин, В.Г. Кривожижин, М.Ф. Лихачев, А.А. Митин, И.А. Савин, Д.А. Смолин. Регистрация информации в экспериментах с K^0 -мезонами в Серпухове. Депонированное сообщение ОИЯИ, Б1-13-4544, Дубна, 1969.
5. X.de Bouard et al. *Nuovo Cim.*, 52A, 662 (1967).
6. C. Alff-Steinberger et al. *Phys.Lett.*, 20, 306 (1965).
7. А.С. Вовенко, А.Д. Кириллов, В.В. Кухтин, Л.И. Комолов, И.А. Савин, М.И. Яцута. Измерение магнитного поля магнита СП-40А. Депонированное сообщение ОИЯИ, Б1-13-4545, Дубна, 1969.
8. Т.С. Григалашвили, Ю.В. Заневский, В.Д. Пешехонов, Е.А. Силаев. Препринт ОИЯИ, 13-5273, Дубна, 1970.
9. Ю.В. Заневский и др. Препринт ОИЯИ, Р13-5324, Дубна, 1970.
10. Ю.К. Акимов и др. Материалы симпозиума по наносекундной ядерной электронике, Дубна, 1968, стр. 131.
11. А.И. Барановский, Н.Н. Говорун, Е.Д. Городничев, Г.И. Забиякин, И.М. Иванченко, Г.М. Кадыков, С.В. Кадыкова, А.П. Сысоев, В.И. Семашко, Э.В. Щарапова, В.Н. Шигаев. Развитие измерительного центра ОИЯИ в ИФВЭ (г. Серпухов) на базе БЭСМ-3М. Депонированное сообщение ОИЯИ, Б1-10-4643, Дубна, 1969.
12. В.А. Загинайко, И.Н. Силян. Автокод "Ассемблер". Сообщение ОИЯИ, Б1-11-4514, Дубна, 1968.

Рукопись поступила в издательский отдел

17 сентября 1970 года.

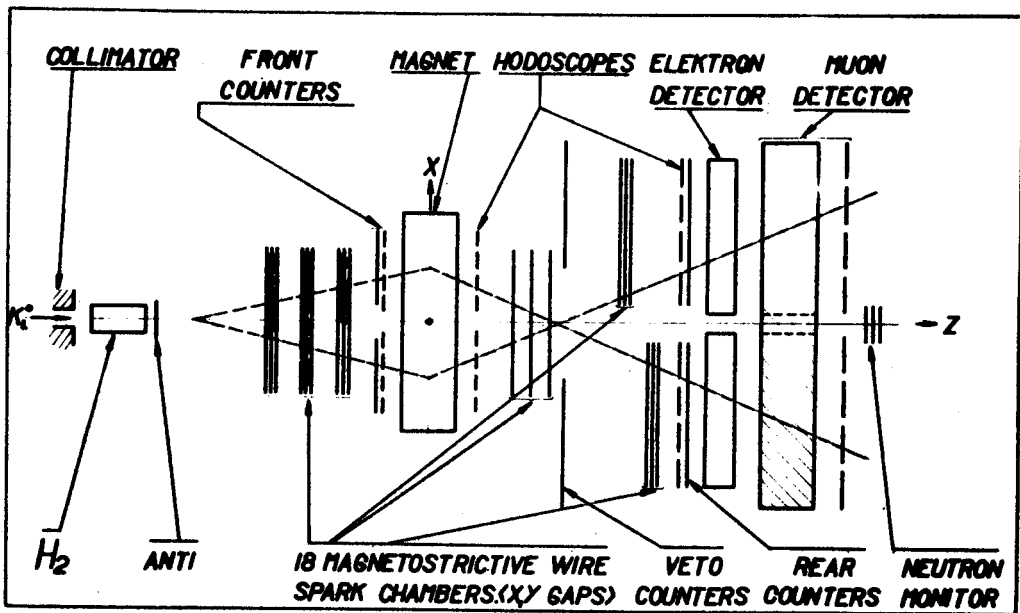


Рис. 1. Схема спектрометра.

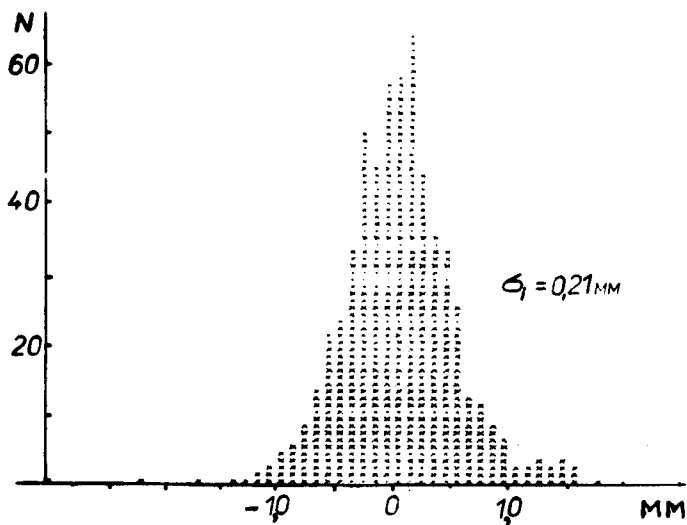


Рис. 2. Распределение, характеризующее точность искровой камеры.

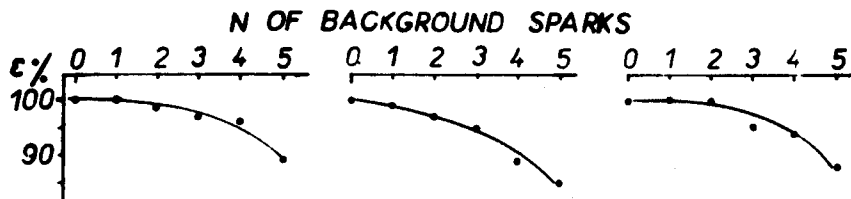


Рис. 3. Многотрековая эффективность камер.

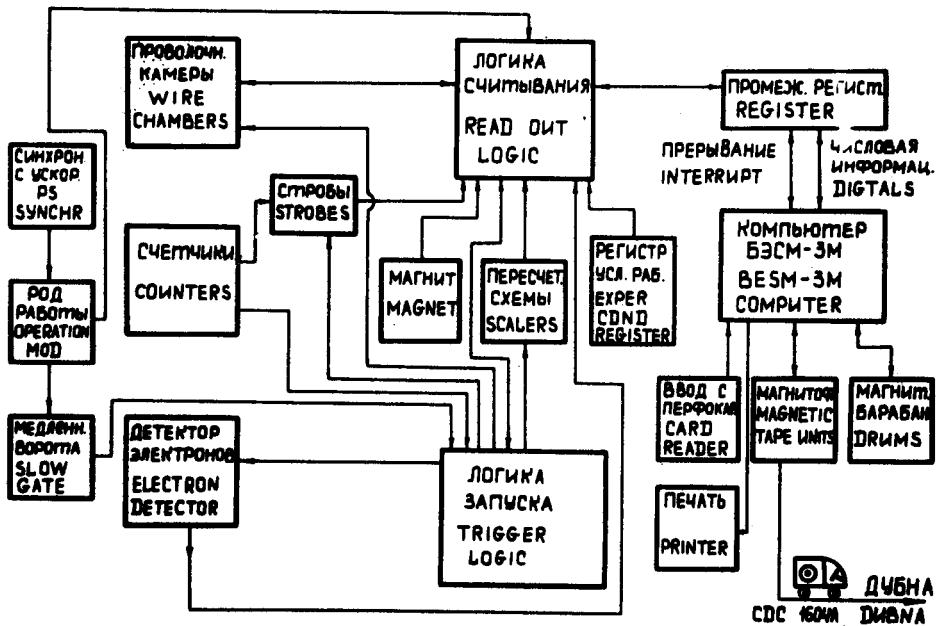


Рис. 4. Функциональная блок-схема спектрометра.

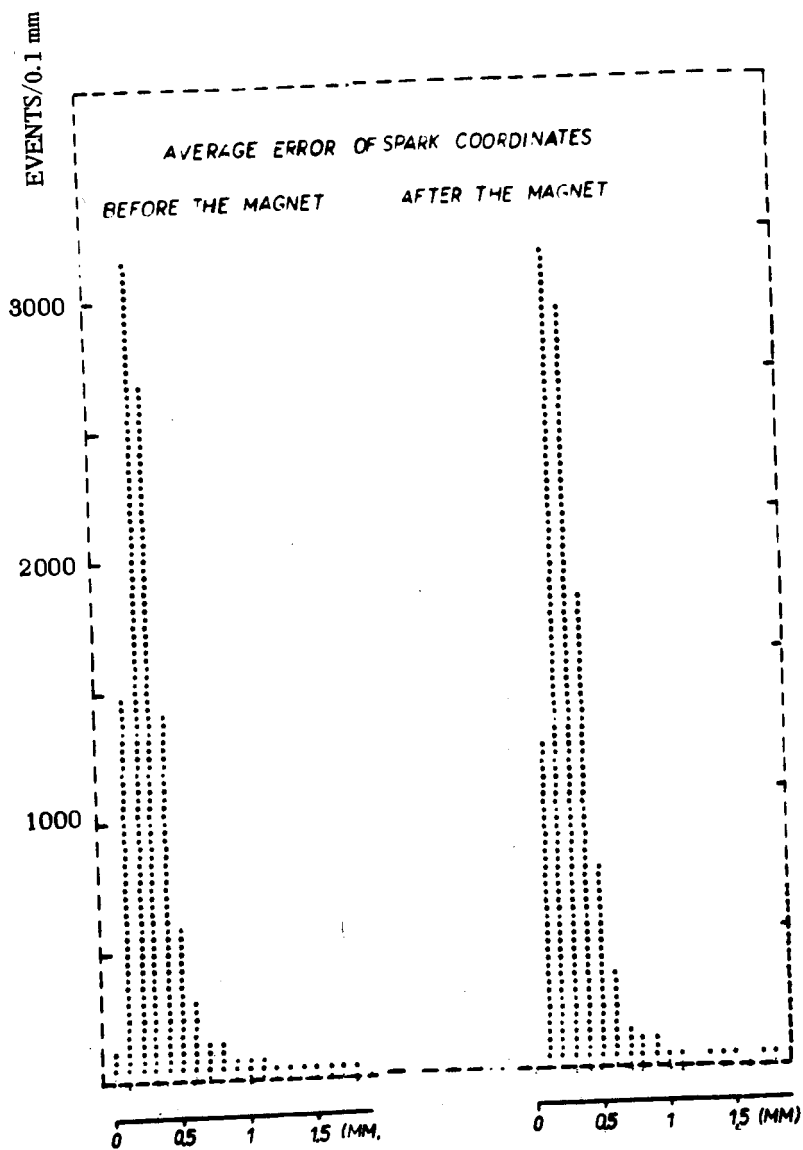


Рис. 5. Распределение модуля отклонений искр в камерах от прямой, проведенной методом наименьших квадратов.

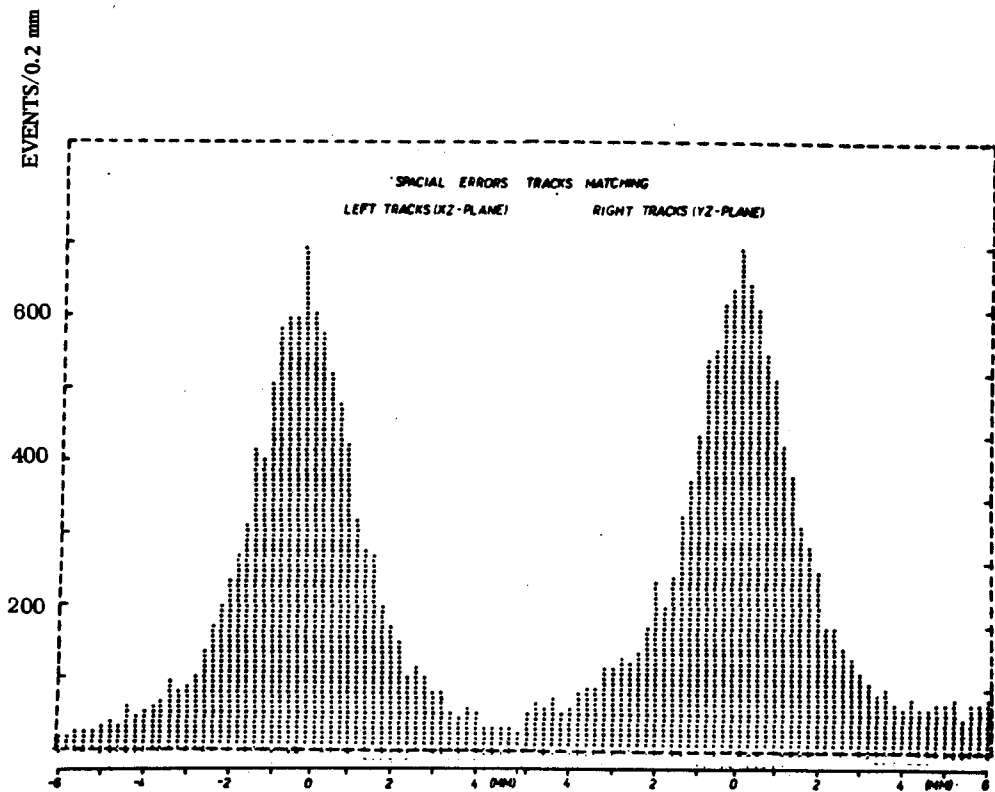


Рис. 6. Распределение, характеризующее "сшивание" треков в середине магнита.

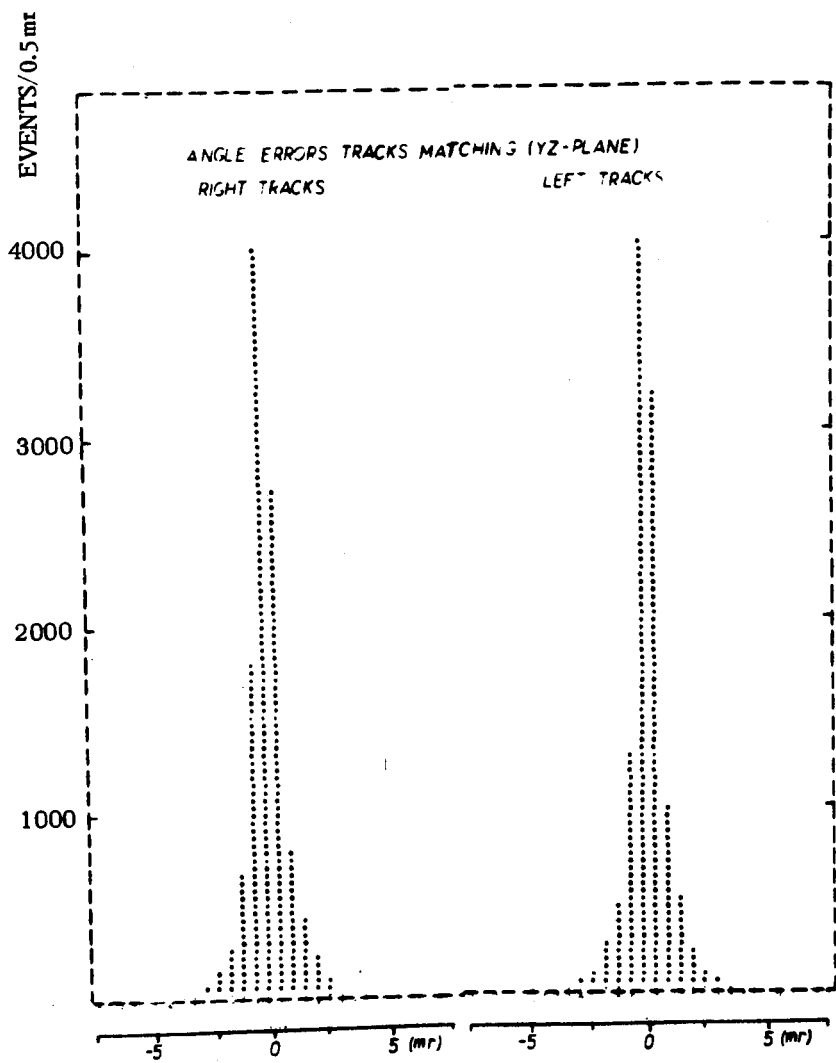


Рис. 7. Распределение разности углов между прямыми треками в YZ - проекции до и после магнита.

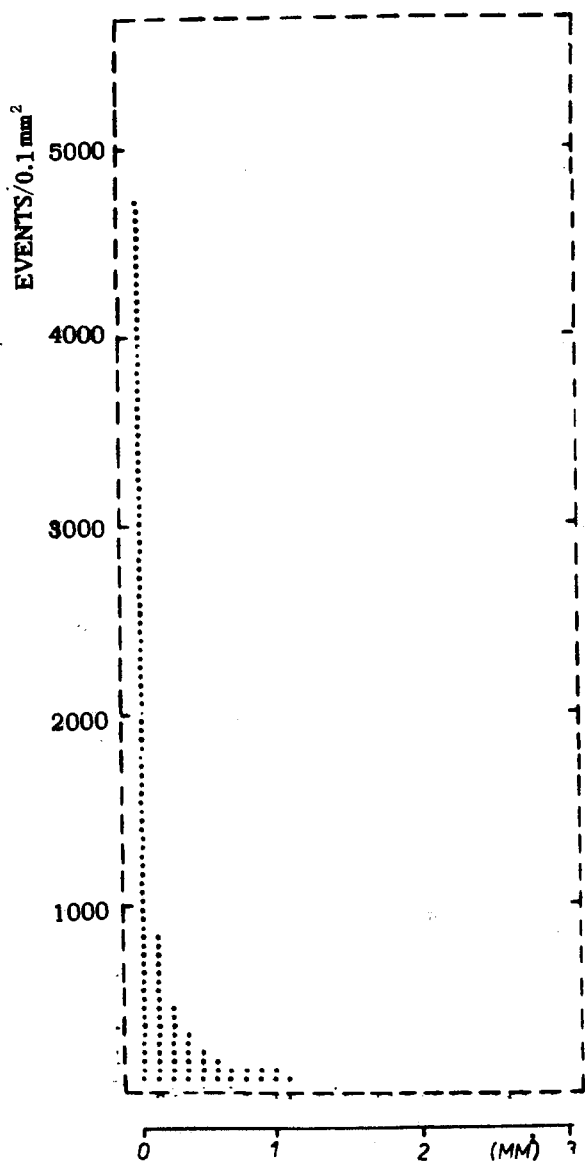


Рис. 8. Распределение среднеквадратичных отклонений координат искр от фитируемых прямых при поиске "вилок".

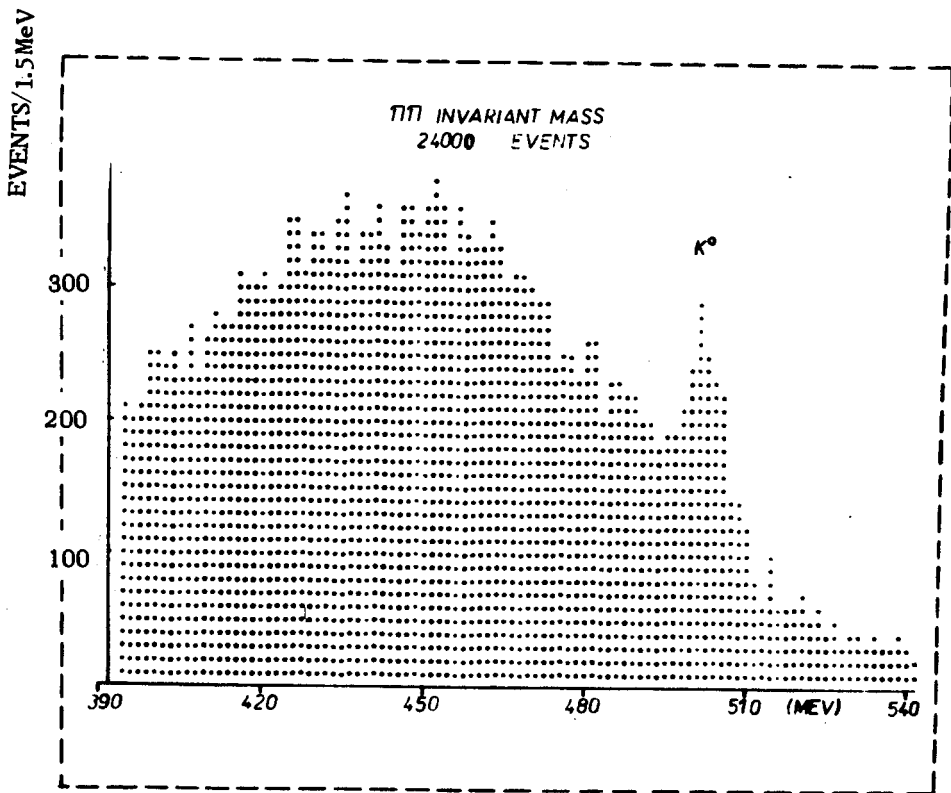


Рис. 9. Инвариантная масса системы $\pi^+\pi^-$ для всех найденных программой VILLA-333 событий.

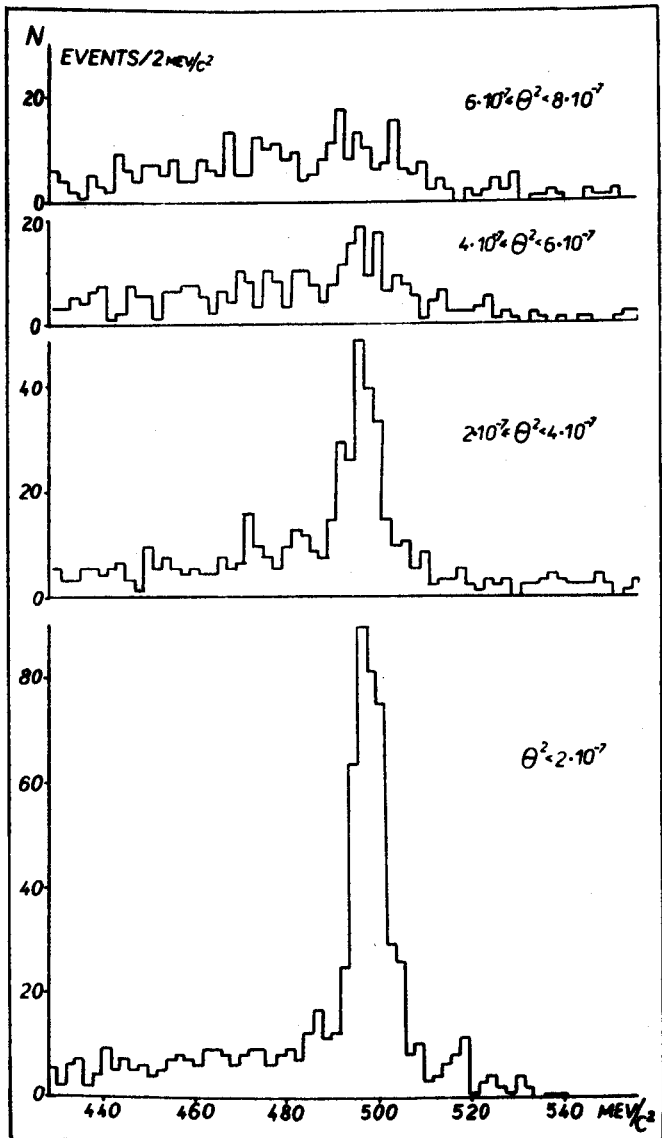


Рис. 10. Распределение по инвариантной массе $\pi^+ \pi^-$ -системы для разных угловых интервалов.

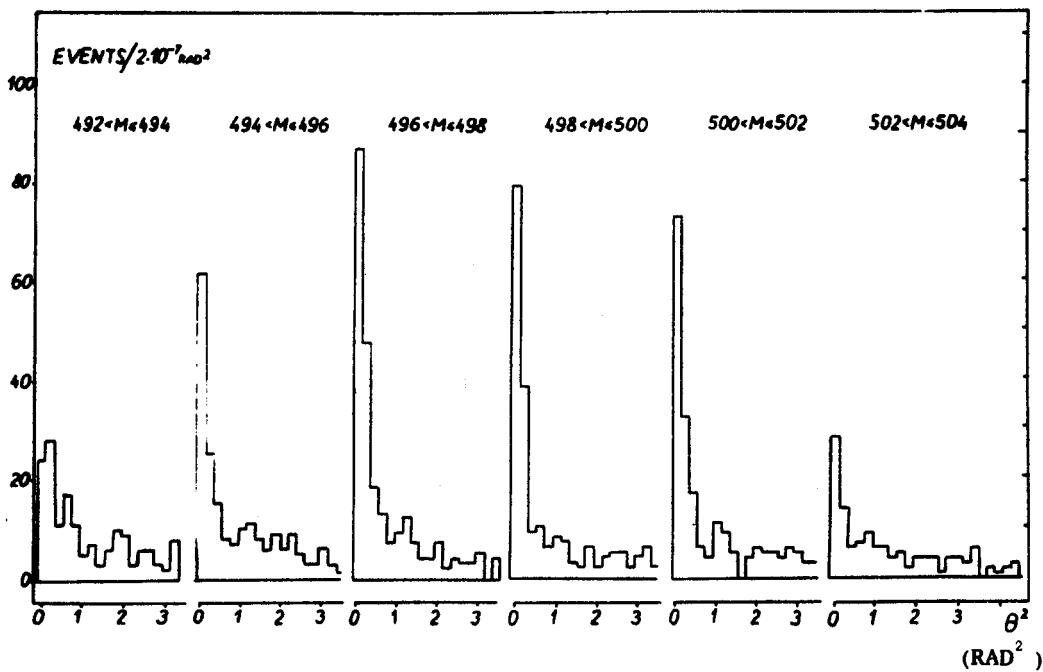


Рис. 11. Распределение по углу θ для разных интервалов по инвариантной массе.