

+

Ц8406
А-68



АНИКИНА, М.Х. и др.
БИ-13-6508.

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

БИ-13-6508

ДЕПОНИРОВАННАЯ ПУБЛИКАЦИЯ

Дубна 1972

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория высоких энергий

М.Х.Аникина, Л.С.Барабан, Г.Л.Варденга, М.С.Журавлева,
Ю.Р.Лукстыньш, Э.О.Оконов, Г.Г.Тахтамышев, С.А.Хорозов

Б1-13-6508

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК УСТАНОВКИ
"СКИФ" ПО РЕГЕНЕРАЦИИ $K_L^0 \rightarrow K_S^0$ МЕЗОНОВ
НА ЯДРАХ U^{238} .

с.ф. 3367

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Рукопись поступила
в издательский отдел
8 ИЮНЯ 1970

г.Дубна, 1970 г.

В начале 1968 года в пучке K_2^- - мезонов ($\tilde{\rho} \sim 2,5$ Гэв/с) были исследованы общие рабочие характеристики магнитного спектрометра с проволочными искровыми камерами и ферритовой памятью на линии с ЭВМ (установка СКИФ). Результаты этих исследований, а также подробное описание установки СКИФ приведены в работе [1] (см. также [2,3,4]). В связи с демонтажом ЭВМ БЭСМ-3М работы на установке СКИФ были приостановлены и возобновлены в 1969 году после отладки связи с новой ЭВМ БЭСМ-4.

Настоящая работа содержит описание программного обеспечения установки СКИФ и результаты первых экспозиций по исследованию регенерации $K_L^0 \rightarrow K_S^0$ на уране, которые характеризуют экспериментальные возможности этой установки.

I. Основной регистрирующей частью установки являются 16 искровых камер 460×460 мм² с памятью на ферритах. Импульс запуска вырабатывается системой сцинтилляционных счётчиков и быстрой электронной логикой. Схема расположения в пучке камер и счётчиков показана на рис. I. Геометрическая эффективность установки определялась моделированием и оказалась равной $\sim 2\%$ для распада $K^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$ и $\sim 0,3\%$ для распадов $K^0 \rightarrow \pi^\pm e^\mp \nu$ и $K^0 \rightarrow \pi^\pm \mu^\mp \nu$. Конструкция искровых камер, их характеристики и схема вывода информации из камер подробно описаны в работах [1,2,3] .

Ось нейтрального пучка, в котором расположена установка "СКИФ", составляет $\sim 4^\circ$ с направлением пучка протонов, падающих на мишень. Поскольку заряженные частицы, рождающиеся в мишени, отклоняются магнитным полем ускорителя и не попадают в канал,

практически весь аппаратный фон обусловлен нейтронами и гамма-квантами. Для уменьшения фона от гамма-квантов в пучок ставится свинцовый фильтр толщиной $5 \cdot 10$ см и далее магнит, выводящий из пучка заряженные частицы. Таким образом, наибольшую опасность представляет собой фон нейтронов, поток которых превосходит на один два порядка поток K^0 мезонов и составляет $10^5 + 10^6$ нейтронов/цикл.

Дополнительные трудности, связанные с большими мгновенными нагрузками счётчиков и камер, возникают из-за того, что сброс протонов на мишень имеет как высокочастотную структуру (частота $\sim 1,3$ мГц, связанная с периодом вращения протонов в камере ускорителя), так и низкочастотную структуру (связанную с неполным подавлением пульсаций в кривой главного тока). Результаты исследования высокочастотной структуры сброса приведены на рис.2 .

III. Система математического обеспечения эксперимента.

Математическое обеспечение эксперимента включает следующие программы

1. Программы предварительного расчета
2. Программы приема, записи и контроля
3. Программы обработки
4. Программы селекции и построения гистограмм.

На рис.3 показана блок-схема программ приема и обработки информации.

Блок ПИСК осуществляет прием информации с искровых камер

во время сброса протонов на мишень. Каждое событие принимается отдельно, для него формируется свой заголовок и затем оно переписывается в специальную буферную зону (БЗ-1), с которой происходит потом запись на магнитную ленту. После окончания работы блока ПИСК информация, принятая в последнем цикле ускорителя, переписывается во вторую буферную зону (БЗ-2). События из БЗ-2 обрабатываются для получения предварительных результатов в ходе эксперимента и для оперативного контроля за аппаратурой.

Информация с искровых камер поступает в ЭВМ в виде 14-разрядных адресов переброшенных ферритов. 5 двоичных разрядов отведены для номера камеры и 9 для номера феррита в камере. В одном машинном слове содержится два таких адреса. Обработка события начинается с перевода адресов в координаты. Все координаты события записываются в виде матрицы размером $m \times n$, где m - число камер, а $n-1$ - максимальное число переброшенных ферритов в одной камере. Первая строка матрицы предназначена для записи числа искр в каждой камере. Программы написаны для $m=18$ и $n=21$, т.е. рассчитаны на 18 камер и 20 переброшенных ферритов в каждой камере. На следующем этапе осуществляется переход от координат проволочек к координатам искр и затем переход от собственной системы координат к некоторой общей системе координат.

Ось координат Z общей системы связана с двумя выбранными камерами. Привязка остальных камер к этой оси осуществляется с помощью специальной программы юстировки. В качестве входной информации в программу задается некоторое число троек номеров

камер, причем два номера в каждой тройке соответствуют камерам, задающим ось Z . Для каждой тройки камер программа строит гистограмму величины

$$d = \frac{x_1 - \frac{z_3 - z_1}{z_2 - z_1} x_2 + \frac{z_3 - z_2}{z_2 - z_1} x_3}{\left[1 + \left(\frac{z_3 - z_1}{z_2 - z_1} \right)^2 + \left(\frac{z_3 - z_2}{z_2 - z_1} \right)^2 \right]^{1/2}}$$

где $x_{1,2,3}$ - x -координаты искр в камерах 1, 2, 3,
а $z_{1,2,3}$ - z -координаты этих камер.

Гистограмма строится для всех возможных наборов координат (x_1, x_2, x_3) . Одна из таких гистограмм показана на рис. 4. По отклонению пика от нуля легко может быть вычислена координата нулевой проволоочки камеры, которая и используется для перехода к общей системе координат.

Для контроля за аппаратурой использовались следующие программы

1. Контроль множественности
2. Контроль точности
3. Контроль эффективности
4. Распечатка (программа "Фот").

Контроль множественности заключается в подсчёте среднего числа искр, приходящегося на один запуск в каждой камере, а также среднего числа переброшенных ферритов на одну искру.

С помощью программы контроля точности определяется пространственное разрешение камер. Средняя точность камер, вычисленная по дисперсии величины d , оказалась равной $\sim 0,4$ мм; при среднем угле входа частицы в камеру $\sim 0,1$.

Эффективность искровых камер и её зависимость от числа искр в камере является одной из основных характеристик установки. Было создано и опробовано в эксперименте три варианта программ вычисления эффективностей. В одном из них эффективность определялась по прямым трекам, во втором по трекам, прошедшим через магнитное поле, в третьем - по V^0 -событиям. Наиболее прямой способ определения эффективности (по V^0 событиям) является основным при работе на линии. Определенная таким способом эффективность искровых камер была равна $\sim 0,90$ при 4+5 фоновых искрах и $\sim 0,80$ при 9+10 фоновых искрах в камере. Следует отметить, что хотя перечисленные способы не дают абсолютного значения эффективности регистрации V^0 -события камерами, они достаточны для оперативного контроля за работой камер. Что касается абсолютной эффективности регистрации V^0 событий системой камер, то при изучении регенерации $K_L^0 \rightarrow K_S^0$ в точном знании этой величины нет необходимости, поскольку в качестве мониторирующего процесса могут быть использованы распады $K_L^0 \rightarrow \pi^\pm e^\mp \nu$ и $K_L^0 \rightarrow \pi^\pm \mu^\mp \nu$. Оценка эффективности регистрации события, основанная на значениях эффективностей отдельных камер (при среднем числе искр в камере равном ~ 4) дает значение $0,80 \pm 0,90$. Программа распечатки используется для представления получаемой с камер информации в графическом виде.

Обработка события заключается в отборе координат и нахождение параметров V^0 -события. Для отбора координат V^0 события принимается следующий алгоритм. В одной ветви выбираются 4 камеры, две перед магнитом и две за магнитом. Перебираются все возмож-

ные комбинации искр в этих камерах и для каждой проверяется выполнимость критерия трека. Если для какого-то набора координат (x_1, x_2, x_3, x_4) этот критерий выполняется то проводится поиск дополнительных искр, лежащих на найденном треке. Затем по отобранном таким образом точкам методом наименьших квадратов находятся параметры V^0 события.

В качестве параметров V^0 события, по которым проводится минимизация функционала, выбраны следующие: λ_1, λ_2 - тангенсы углов наклона первого и второго треков в проекции на плоскость XOZ ; x_0, y_0, z_0 - координаты вершины; t_1, t_2 - тангенсы половины углов поворота первого и второго треков в магнитном поле. По этим параметрам вычисляется эффективная масса V_0 , в предположении распада на π^+ и π^- , величина и направление суммарного импульса и др.

Если событие удовлетворяет выбранным критериям, оно выдается на печать и записывается на магнитную ленту. В дальнейшем отбор по критериям и построение гистограмм производится с этой ленты при помощи специальных программ быстрой обработки.

Более подробное описание программ приведено в работе [4].

IV. Регенератор из U^{238} толщиной 10 см был установлен в 430 мм перед первой камерой. V^0 - события, удовлетворяющие критериям, обрабатывались методом χ^2 по моде $K^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$ и для каждого вычислялись следующие кинематические параметры.

1. Эффективная масса распавшейся частицы (m) в предположении распада. $\pi^+\pi^-$

2. Угол суммарного импульса двух частиц с осью (θ).

3. Энергия (E_{κ}) распавшейся частицы в предположении распада $K^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$

4. Распадный пробег λ

5. Импульсы и углы вылета продуктов распада ($p_1, p_2, \theta_1, \theta_2$).

Для построения гистограмм отбирались события, удовлетворяющие следующим критериям.

1. Наличие не менее 6 искр на каждый трек

2. Вершина события лежит в распадном объеме

3. Полная энергия K^0 -мезона в интервале $I \pm 7$ Гэв

4. Угол суммарного импульса с осью z $\Theta < 100$ мрад.

На рис.5 показано распределение по эффективной массе M для событий, удовлетворяющих перечисленным критериям. Видно, что распад $K_S^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$ отчетливо выделяется над фоновыми событиями и точность восстановления массы K^0 -мезона $\Delta M \sim 7$ Мэв. Оценка этой величины методом Монте-Карло даёт значение $\Delta M \sim 6$ Мэв

(рис.6). Для оценки углового разрешения установки были отобраны события с эффективными массами, лежащими в интервале

$0,485 < M < 0,515$ Гэв/ c^2 . Распределение по параметру Θ (плоский угол вылета) для таких событий показано на рис.7. Точность восстановления направления импульса K^0 мезона $\Delta \Theta \sim 2$ мрад, что также хорошо согласуется с результатом предварительного расчета методом Монте-Карло. Уровень фона, показанный на рис.7, оценивался по угловому распределению в соседних массовых интервалах $0,470 < M < 0,485$ и $0,515 < M < 0,530$.

Для расчёта углового распределения дифракционно регенерированных K_S^0 мезонов была использована приведенная в работе [5] формула, учитывающая многократное взаимодействие K -мезонов с веществом регенератора.

Параметры, необходимые для выполнения расчетов по этой формуле (такие как амплитуда перехода $K_L^0 \rightarrow K_S^0$, на ядре U^{238} , амплитуда рассеяния $K_L^0 \rightarrow K_L^0$, полное сечение взаимодействия K_S^0 мезонов с ядрами урана и др.) были определены по оптической модели ^х). При этом использовались значения реальных и мнимых частей амплитуд рассеяния K^+p , K^+n , K^-p , K^-n , приведенные в работе [6].

В соответствии с формулой, дающей угловое распределение дифракционно регенерированных K_S^0 мезонов было проведено моделирование и построено распределение по плоскому углу вылета K_S^0 мезонов. Это распределение, нормированное на число когерентных K_S^0 мезонов, наблюдаемых в эксперименте, приведено на рис. 7. Видно, что расчётное и экспериментальное распределение согласуются друг с другом.

Представляет интерес также сравнение расчётного и экспериментального спектров энергий K_S^0 мезонов. Для экспериментальной гистограммы отбирались события с эффективной массой в интервале $0,485 < M < 0,515$ и углом вылета $|\theta| < 0,005$, т.е. когерентно-регенерированные K_S^0 мезоны.

Для построения расчётного спектра за основу брались данные по рождению K^+ и K^- мезонов протонами с энергией 10 Гэв, приведенные в работе [7]. Для сравнения с экспериментальным в этот спектр были внесены следующие поправки.

1. На распад K_L^0 на пути от мишени до регенератора.
2. На зависимость амплитуды когерентной регенерации от энергии K -мезона.
3. На эффективность регистрации распадов $K_S^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$

^х) В расчётах по оптической модели использовались программы, созданные О.В.Думбрайсом (ЛВЭ).

Из рис.8 видно, что согласие расчётного и экспериментального спектров K_3^0 мезонов достаточно хорошее. Оценка потока K_1^0 мезонов дает величину $\sim 10^4$ K_1^0 /цикл при сбросе на мишень $\sim 4 \times 10^{10}$ протонов/цикл. Эта величина также согласуется с оценками, сделанными на основании данных по выходу K^+ и K^- мезонов [7].

В заключение авторы благодарят Н.Графова, В.Липатова, В. Садилова за выполнение большой работы, связанной с монтажом и эксплуатацией установки, коллективы отделов синхрофазотрона, в особенности старшего диспетчера С.Федукова и диспетчеров А.Исаева, В.Перфеева, О.Цисляка и И.Ялового за обеспечение четкой работы ускорителя во время проведения экспозиций, Мы благодарны Л.Любимовой и Е.Филипповой за помощь в работе на ЭВМ, коллективу операторов (рук. группы Л.Кириллова) и инженерному персоналу ЭВМ БЭСМ-4 (начальник Ю.Тутышкин) за обеспечение четкого и эффективного счёта задач.

Авторы признательны В.Свиридову за постоянное внимание и помощь в работе.

Хорош
Хорош
Барбашин
Муравьев

Варо
Лист
Махман

Аммиш

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. М.Х.Аникина, Л.С.Барабаш, И.А.Голутвин, А.Г.Грачев, Д.В.Заневский, И.М.Иванченко, С.С.Кирилов и др.
Препринт ОИЯИ 13-4123, Дубна, 1968.
2. Л.С.Барабаш, А.Г.Грачев. Препринт ОИЯИ, 2660, Дубна, 1966.
3. Л.С.Барабаш "Магнитный спектрометр с бесфильмовыми искровыми камерами, работающий на линии с ЭВМ". Автореферат диссертации, ¹³⁻⁴⁷¹³ ОИЯИ, Дубна, 1969.
4. Г.Г.Тахтамышев "Математическое обеспечение экспериментального исследования K^0 -мезонов". Автореферат диссертации ^{ОИЯИ} № 1-4858, Дубна, 1969 г.
5. R.H.Good, R.P.Matsen, F.Muller, O.Piccioni, W.M.Powell, H.S.White, W.B.Fowler, R.W.Birge
Phys.Rev. 124, 1223 (1961)
6. A.A.Carter. Preprint Univ. of Cambridge, HEP 68-10, Cambridge, U.K. 1968
7. И.С.Цукерман. Препринт ИТЭФ, № 620, 1968.

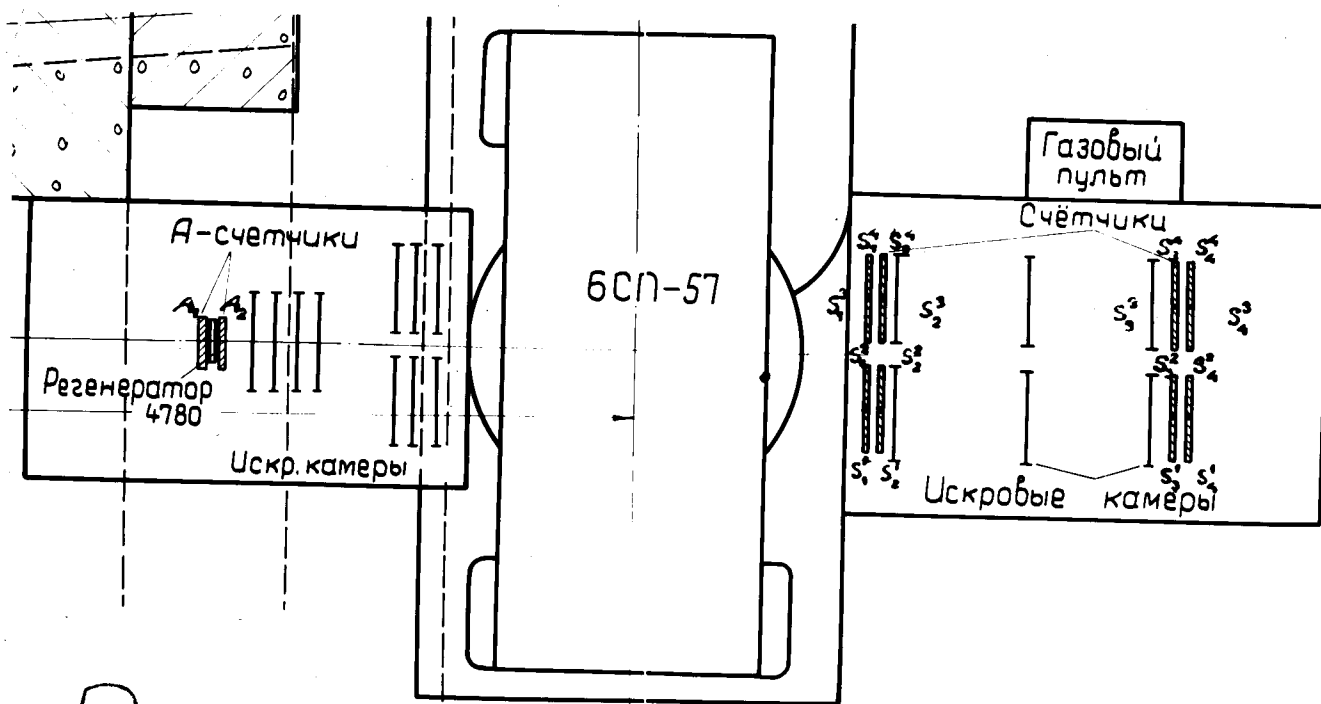


Рис. 1.

Рис. I. Схема размещения сцинтилляционных счётчиков и искровых камер.

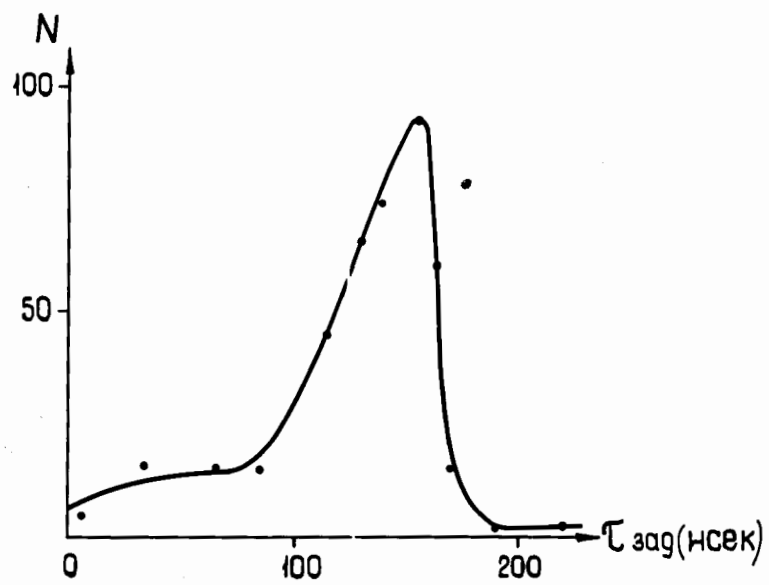


Рис. 2.

Рис. 2. Высокочастотная структура сброса на мишень.

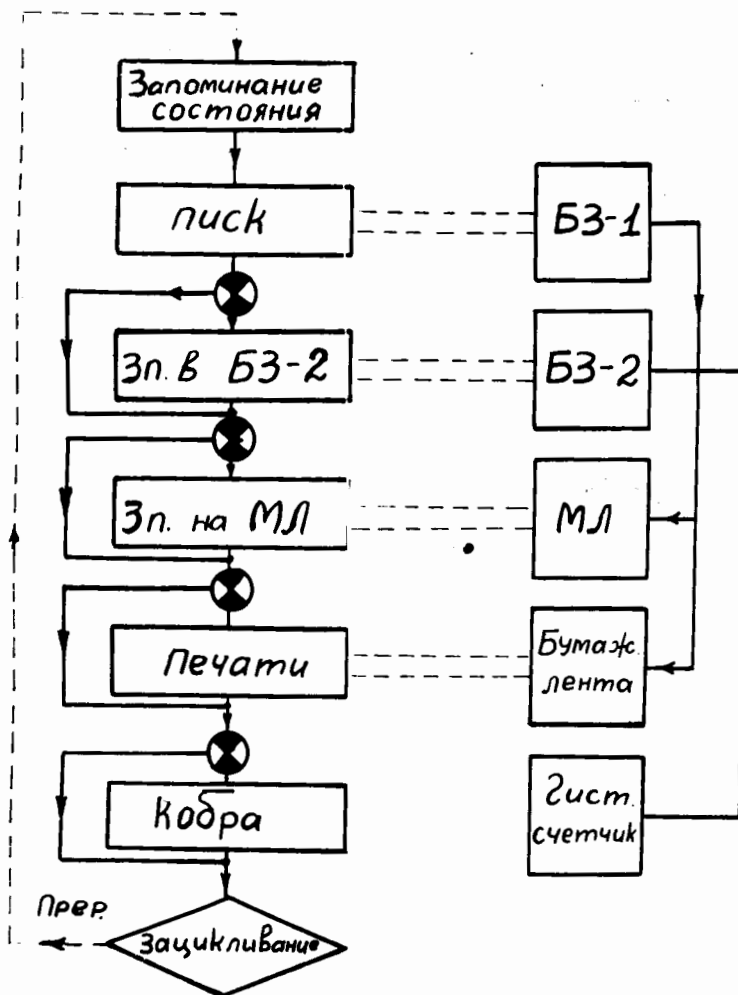


Рис. 3.

Рис. 3. Блок-схема программ, обеспечивающих прием, запись и обработку информации при работе на линии.

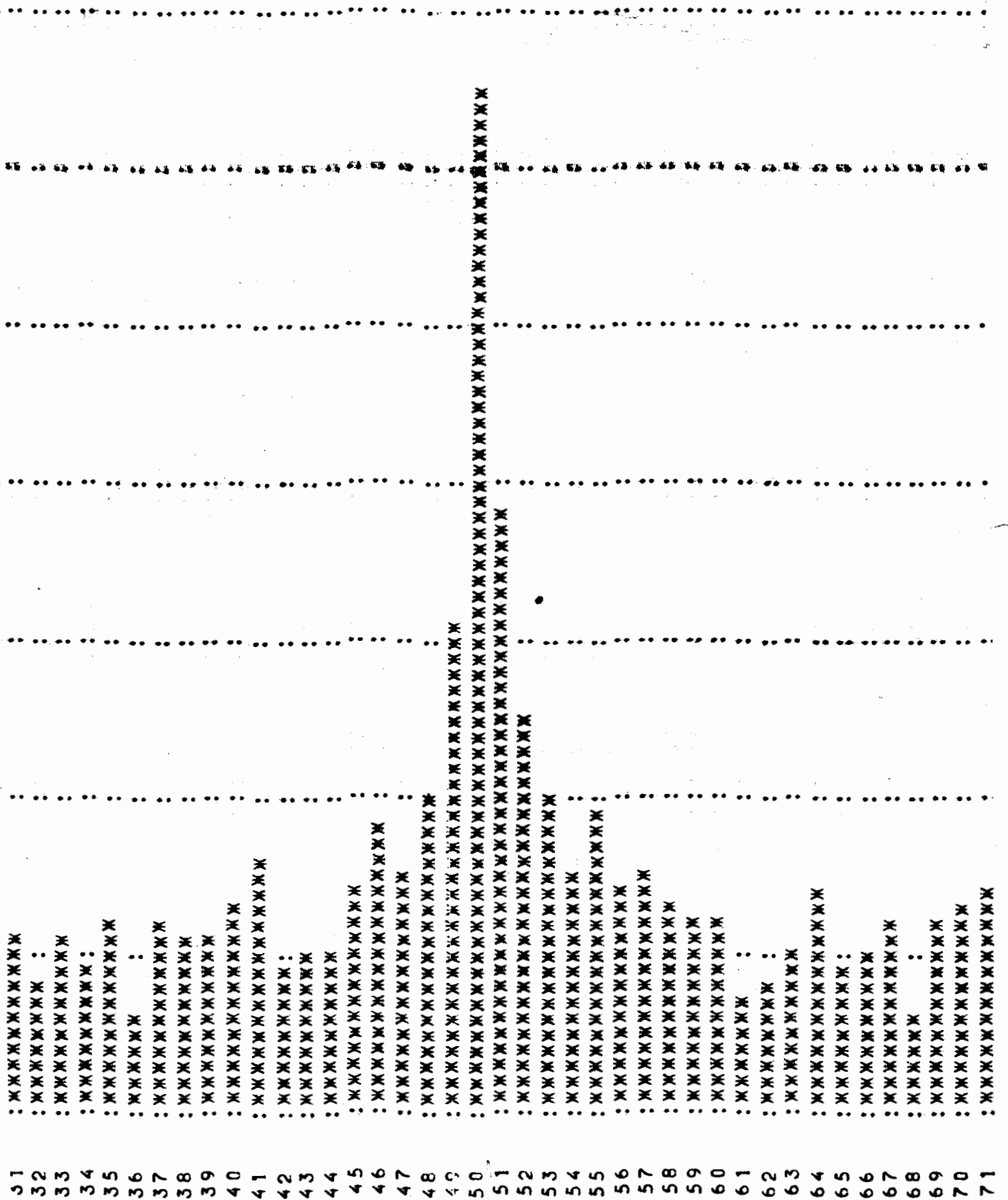


Рис. 4

41 15 21 18 23 11 24 21 21 25 32 18 20 19 28 35 29 40 51 30 74 49 40 29 38 28 30 26 24 24 14 16 19 28 18 19 23 12 24 26 27

Рис.4. Распределение величины d , характеризующее пространственное разрешение камер. Один интервал соответствует

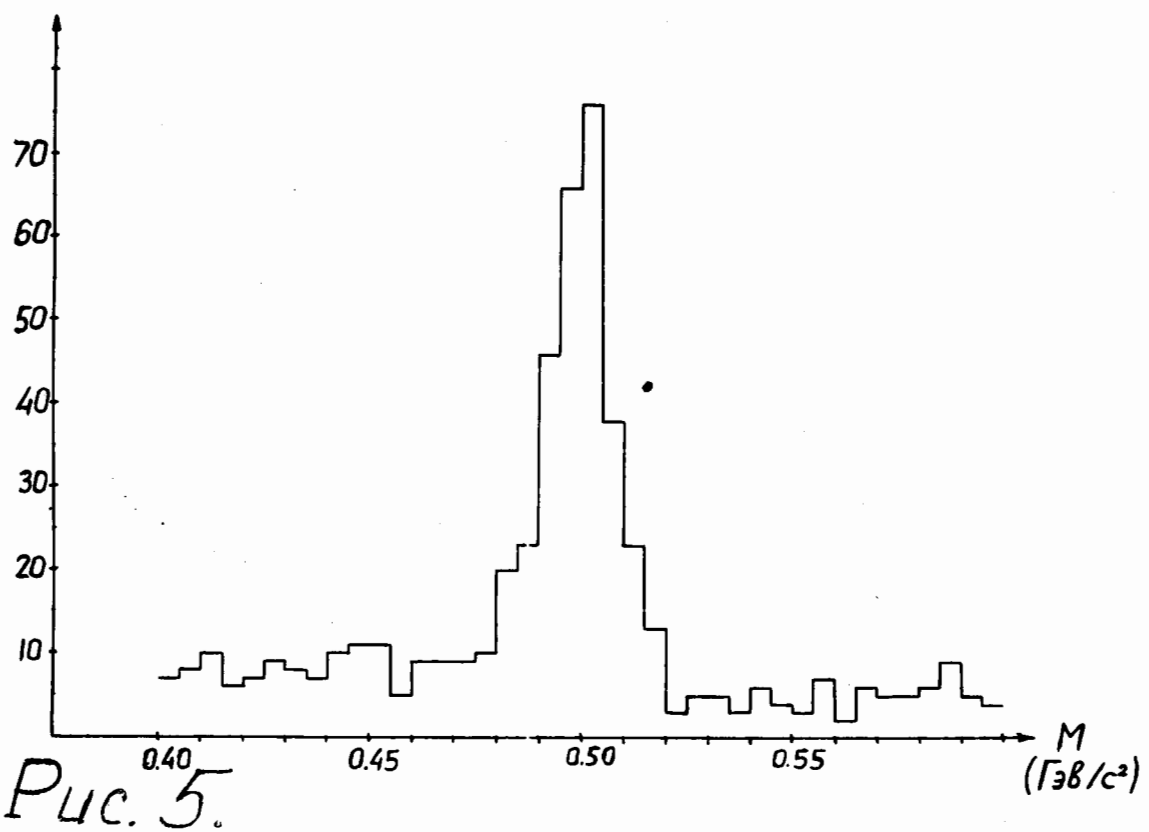


Рис. 5. Распределение эффективной массы двух заряженных частиц в предположении распада на $\pi^+\pi^-$

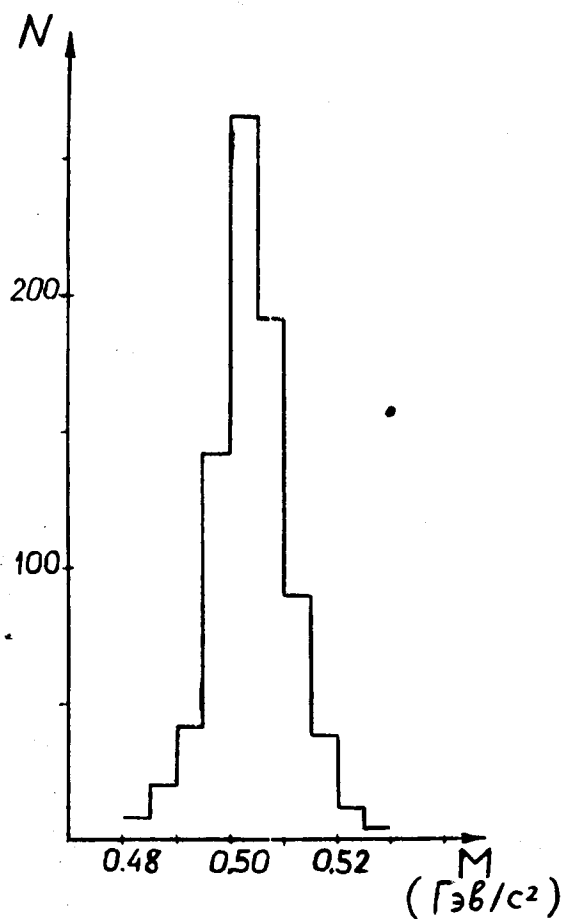


Рис. 6.

Рис.6. Распределение эффективной массы двух пионов, полученное методом Монте-Карло. Моделировался распад когерентно-регенерированных K_S^0 мезонов.

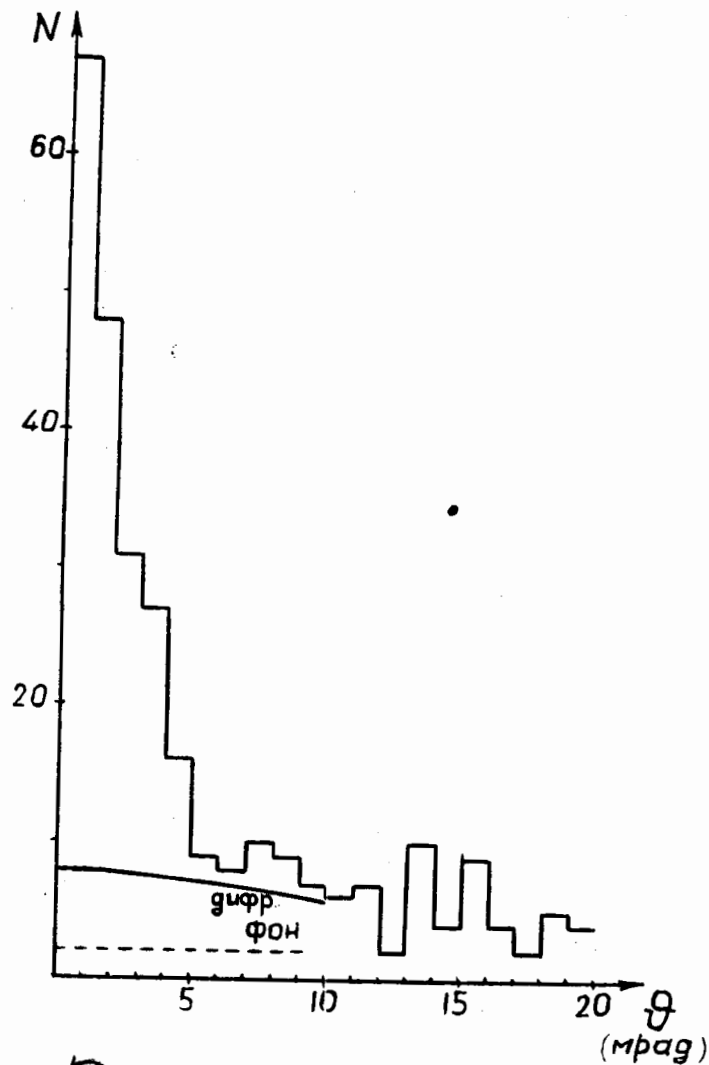


Рис. 7.

Рис. 7. Распределение проекции угла суммарного импульса двух частиц для событий с массой в интервале $0,485 \pm 0,515 \text{ Гэв}/c^2$. Уровень фона, показанный пунктиром, оценивался по соседним массовым интервалам. Распределение для дифракционно регенерированных K_S^0 мезонов (сплошная кривая) получено расчётным путем.

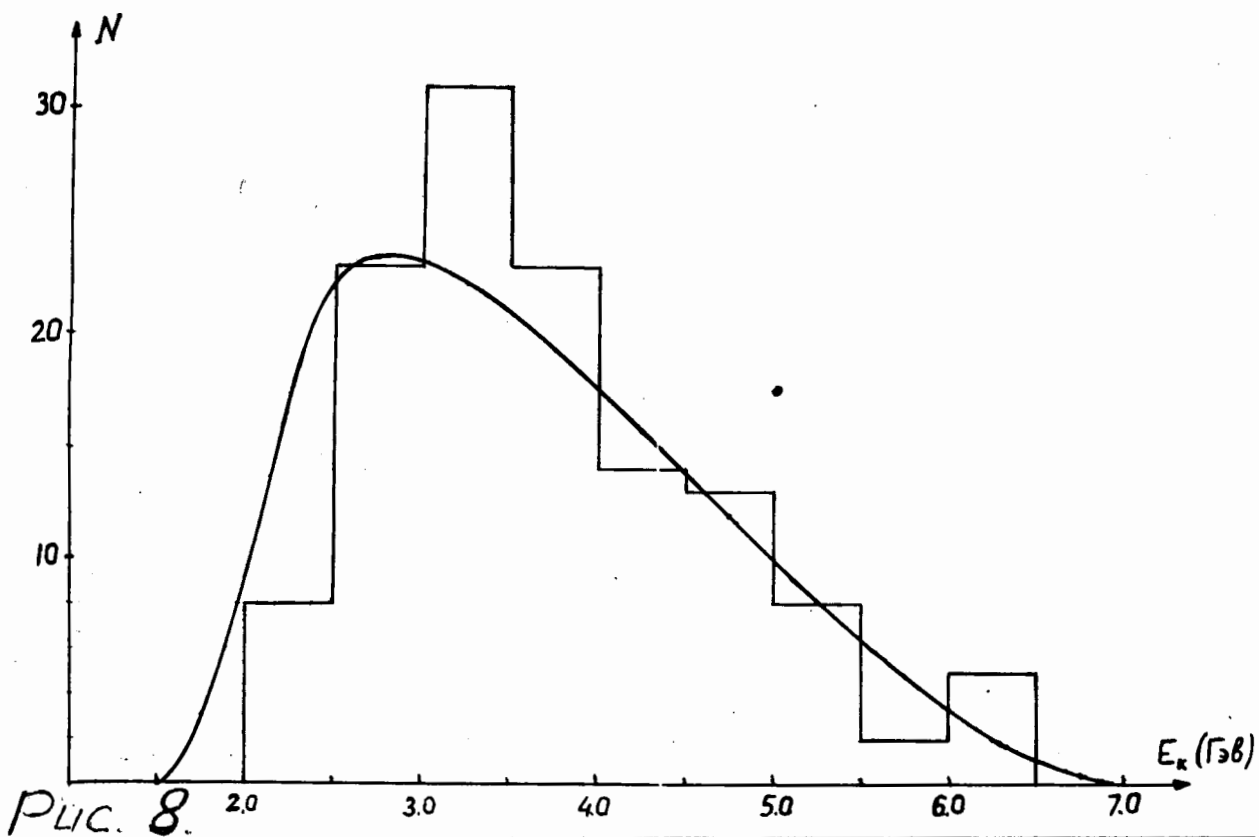


Рис.8. Спектр энергий когерентно регенерированных K_S^0 мезонов. Экспериментальное распределение показано гистограммой, расчётное - сплошной кривой.