

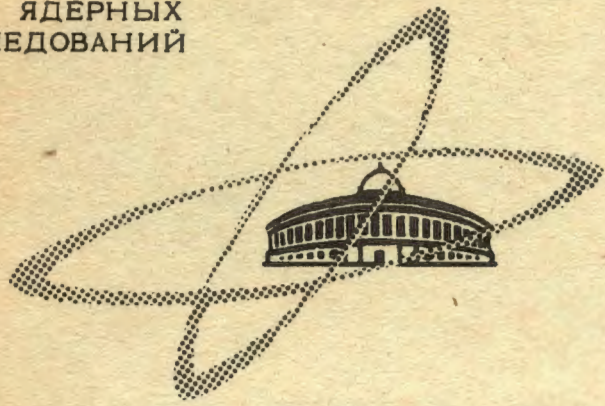
Б-705

ЯФ, 1968, Т. 8, № 5  
с. 928-932

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

1 - 3864



Т.Д.Блохинцева, А.В.Кравцов, С.Г.Шерман

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ  $P^-_p \rightarrow P^-_p \gamma$   
ПРИ ЭНЕРГИИ 340 МЭВ

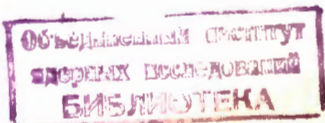
1968

1 - 3864

7340/3 нр.  
Т.Д.Блохинцева, А.В.Кравцов, С.Г.Шерман

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ  $\Pi^- p \rightarrow \Pi^- p \gamma$   
ПРИ ЭНЕРГИИ 340 МЭВ

Направлено в ЯФ



## Введение

Излучение  $\gamma$  - квантов в  $\pi N$  - взаимодействии экспериментально наблюдалось в работах /1,2/. В /2/ регистрировалась реакция



и анализировался импульсный спектр  $\gamma$  - квантов с точки зрения модели, рассмотренной в /3,4,5/. Согласно указанной модели основной вклад в жесткую часть импульсного спектра  $\gamma$  - квантов дает процесс, описываемый диаграммой 1 (рис.1). Выделение вклада этой диаграммы является особенно интересным, так как позволяет определить константу фоторождения  $\pi$  - мезона на  $\pi$  - мезоне /3/. Другие, наиболее вероятные, механизмы испускания  $\gamma$  - квантов представлены диаграммами 2,3,4,5 (рис.1). Соответствующие им сечения были рассмотрены в /5,2/. Экспериментальная оценка константы  $\gamma - 3\pi$  взаимодействия дала значение  $C^2 = 0,5 \pm 0,3/2$ .

Настоящий эксперимент является продолжением работы /2/.

## Эксперимент

Реакция  $\pi^- p \rightarrow \pi^- p \gamma$  исследовалась с помощью 25-сантиметровой водородной пузырьковой камеры на пучке  $\pi^-$  - мезонов с энергией  $(339 \pm 12)$  Мэв. Условия опыта и геометрические критерии отбора подробно описаны в работах /6/.

Помимо реакции (1), регистрировались следующие процессы:





$$\pi^- p \rightarrow \pi^- p, \quad (3)$$

$$\pi^- p \rightarrow \pi^- \pi^+ n, \quad (4)$$

$$\pi^- p \rightarrow \pi^0 n. \quad (5)$$



В результате анализа идентифицировано 148 случаев (1), 158 случаев реакции (2), ≈ 10500 упругих событий и ≈ 1200 событий реакции (4).

Процессы (4), (5) выделялись описанным ранее методом /6/.

Отделение событий реакций (1), (2) от упругого процесса (3) производилось по отклонению от упругой кинематики так, как это описано в работе /2/. Условия выделения в настоящем эксперименте были улучшены благодаря применению новой программы обсчета событий /7/, значительно повысившей точность кинематических параметров реакции.

В результате было выделено 322 неупругих события, при этом примесь упругой реакции с энергией 340 Мэв в процесс (1) не превышала 2,5 события<sup>x)</sup>. Среди идентифицированных таким образом событий могут быть упругие случаи, вызванные низкоэнергичными  $\pi$ -мезонами, исключение которых было проделано следующим образом.

В отобранных событиях проверялись соотношения угол-импульс в предположении, что событие является упругим с начальной энергией, равной сумме 2-х заряженных частиц.

Если соотношения выполнялись для обеих частиц в пределах 3-х ошибок, то событие считалось упругим.

Таким образом было отброшено 16 событий, инициированных низкоэнергичными  $\pi$ -мезонами.

Поскольку реакция (1) проявляется как малый эффект на фоне большого числа событий, необходимо было убедиться в том, что выделенные

<sup>x)</sup> Примесь целиком относилась к реакции (1), поскольку процесс (2) хорошо отделяется от упругой реакции.

события не являются плохо измеряемыми упругими событиями. Для этого все 306 событий были независимо измерены 4 раза. Результаты измерений хорошо согласовывались друг с другом. Кроме того, для событий реакции (1) построены распределения по геометрическим параметрам, от которых зависит точность измерений, а именно : по длинам треков частиц, азимутальным и глубинным углам. Распределения показали, что отобраные события не выделены по отношению к упругим с точки зрения геометрической конфигурации.

Для событий, принадлежавших реакциям (1) и (2), было построено распределение по квадрату недостающей массы (рис.2). Из гистограммы видно, что события группируются вокруг двух значений  $M_0^2$ , равных 0 и  $135^2$ . Левый пик, соответствующий событиям (1), асимметричен и имеет хвост в области отрицательных  $M_0^2$ . Подобная асимметрия характерна для спектров малых недостающих масс в экспериментах на пузырьковых камерах /8/. Для разделения реакций (1) и (2) гистограмма по  $M_0^2$  (для  $M_0^2 > 12 \times 10^3 \text{ МэВ}^2/\text{с}^4$ ) аппроксимировалась суммой двух кривых Гаусса. Точка пересечения этих кривых ( $M_0^2 = 9 \cdot 10^3 \text{ МэВ}^2/\text{с}^4$ ) была выбрана в качестве границы разделения реакций 1 и 2.

События с  $M_0^2 < 9 \cdot 10^3 \text{ (МэВ/с}^2\text{)}^2$  были отнесены к реакции (1), а с  $M_0^2 > 9 \cdot 10^3 \text{ (МэВ/с}^2\text{)}^2$  - к реакции (2).

Для событий, имеющих  $M_0^2 > 9 \cdot 10^3 \text{ (МэВ/с}^2\text{)}^2$ , строилась функция разрешения в предположении, что они принадлежат реакции (2). Полученная кривая хорошо описывала правый пик гистограммы.

Примесь событий (2) в реакцию (1), оцененная по функциям разрешения, оказалась равной 12 событиям.

Для контроля было построено распределение всех событий по величине  $M_0^2 / v$ , где  $v$  - скорость частицы в единицах  $c$ .

Поскольку скорость фотонов должна равняться 1, то для событий, ранее идентифицированных как случаи реакции (1), величина  $M_0^2 / v$  не должна превышать значения  $9 \cdot 10^3$ . Как видно из гистограммы (рис.3), только 6 событий реакции (1) не удовлетворили этому требованию.

На основании распределения по  $M_0^2$  было найдено, что реакции (1) принадлежат 148 событиям, а реакции (2) - 158.

Каждое событие обсчитывалось по *fit* - программе в 2-х гипотезах, соответствующих реакциям (1), (2).

Распределения событий (1), (2) по  $\chi^2_{\min}$  представлены на рис.4,5.

Было проведено контрольное разделение событий по  $\chi^2$ -критерию способом, описанным в /9/.

Подавляющее большинство событий надежно идентифицировалось этим методом. Однако 15 событий с  $M_0^2 < 9 \times 10^3$  и 16 событий с  $M_n^2 < 9 \times 10^3$  могли быть отнесены как к той, так и к другой реакции. Эти величины рассматривались как окончательная оценка примеси и учитывались при вычислении ошибок в сечениях.

Сечения определялись так же, как и в /6/, и оказались равными:

$$\sigma(1) = (0,16 + 0,02) \times 10^{-27} \text{ см}^2,$$

$$\sigma(2) = (0,17 \pm 0,02) \times 10^{-27} \text{ см}^2.$$

### Анализ результатов

На рис.8 представлено распределение событий (1) по импульсу  $\gamma$  - квантов в с.с.и., которое было построено следующим образом.

К импульсному спектру надежно идентифицированных событий (1) была дабавлена половина аналогичного спектра 31 события, которые не были разделены по  $\chi^2$  -критерию.

Из гистограммы видно, что использованный метод выделения реакции (1) позволяет эффективно регистрировать  $\gamma$  -кванты с импульсом, превосходящим 40 Мэв/с. Небольшое количество событий с  $k_\gamma < 40$  Мэв/с может быть полностью объяснено наличием ошибок в определении импульса  $\gamma$  -кванта. Приближенная оценка эффективности показала, что в интервале (40+80) Мэв/с она составляет не меньше 80%, а в следующем - не меньше 90%. В той области импульсов, где проводился количественный анализ, т.е. для  $k_\gamma > 160$  Мэв/с, эффективность регистрации была = 100%, поскольку жесткие  $\gamma$  -кванты вызывают большие отклонения от упругой кинематики.

Теоретический анализ импульсного спектра  $\gamma$ -квантов проводился по модели, учитывающей диаграммы 1,2,3,4,5 (рис.1). Основной вклад в спектр дает тормозное излучение, представленное диаграммами 2,3. Интерференция между диаграммами 2,3 не рассматривалась, так как она не превышает 10%. Вклад диаграммы 4 пренебрежимо мал (см. /5/). Диаграмма 5 рассчитывалась в работе /10/, где было получено полное сечение, равное  $9 \cdot 10^{-30}$  см<sup>2</sup>, в предположении, что взаимодействие в конечном состоянии идет в основном через резонанс (3/2, 3/2). Дифференциальное сечение в настоящей работе вычислялось, как и в /2/, по формулам изобарной модели и нормировалось на полное сечение, полученное в /10/.

Пунктирная кривая на рис.6 описывает вклад диаграмм 2,3,6 (интерференция диаграмм 2,3 с 5 строго равна 0). До  $k_\gamma = 120$  Мэв/с кривая практически представляет сечение тормозного излучения, так как вклад диаграммы 5 не превышает 15%. В жесткой части спектра теоретическая кривая значительно отличается от экспериментального распределения. Как было показано ранее /5/, это отличие должно быть отнесено за счет диаграммы 1. Вклад диаграммы 1 выделялся в области  $k_\gamma > 160$  Мэв/с (при этом интерференция между диаграммами 1 и 5 не учитывалась). Экспериментальное сечение, соответствующее этой области импульсов, равно  $3,78 \times 10^{-29}$  см<sup>2</sup>. Сумма вкладов от диаграмм 2,3 и 5 составляет  $0,72 \times 10^{-29}$  см<sup>2</sup>. Таким образом, определенный из эксперимента вклад диаграммы 1 составляет  $\Delta \sigma_{\text{эксп.}} = 3,06 \times 10^{-29}$  см<sup>2</sup>. Сечение, полученное интегрированием импульсного спектра  $\gamma$ -квантов от диаграммы 1 в области  $k_\gamma > 160$  Мэв/с, равно /5/  $\Delta \sigma_{1 \text{ теор.}} = 3,16 \text{ с}^2 \times 10^{-29}$  см<sup>2</sup>. Приравняв  $\Delta \sigma_{1 \text{ теор.}}$  к  $\Delta \sigma_{1 \text{ эксп.}}$ , находим:  $\text{с}^2 = 1 \pm 0,2$  (ошибка статистическая). Было вычислено дифференциальное сечение, соответствующее диаграмме 1, с использованием найденного значения константы  $\text{с}^2$ . Сплошная кривая на рис.6 описывает суммарный вклад диаграмм 1,2,3,5.

Распределения по углу вылета  $\gamma$ -кванта в с.ц.и. представлены на рис.7. Верхняя гистограмма описывает угловой спектр  $\gamma$ -квантов для всех событий реакции (1). Видно, что  $\gamma$ -кванты летят преимущественно



но вперед, что характерно для тормозного излучения. Заштрихованная гистограмма представляет угловой спектр  $\gamma$ -квантов для событий с  $k_{\gamma} > 160$  Мэв/с.

В заключение авторы считают своим приятным долгом поблагодарить Л.Л.Неменова за постановку задачи, постоянное внимание и систематические обсуждения, Б.М.Понтекорво за внимание к работе и ценные замечания Ф.Г.Ткебучаву, В.Г.Гришина - за полезные обсуждения и помощь в работе. Авторы признательны Г.И.Селиванову, В.А.Жукову, В.Г.Гребиннику, Г.Либману, А.П.Маньчу и всем, кто принимал участие в получении и обработке пленки.

### Л и т е р а т у р а

1. J.Deahl et al. *Phys. Rev.*, 124, 1987 (1961);  
V.E.Barnes, I.Derado et al., *Phys. Rev.*, 134, B638 (1964);  
G.Debaiseux, F.Grad et al. *Preprint Brussels* (1964);  
Van de Walle, Pols et al. *Nuovo Cim.*, 53A, 745 (1968).
2. Т.Д.Блохинцева, В.Г.Гребинник и др. *ЯФ*, 3, 511 (1966).
3. Л.Л.Неменов. *Препринт ОИЯИ Р-1111*, Дубна, 1962.
4. В.А.Мешеряков, Л.Л.Неменов, Л.Д.Соловьев. *ЖЭТФ*, 45, 1188 (1963).
5. В.А.Мешеряков, Л.Л.Неменов, Л.Д.Соловьев, П.Строкач, Ф.Г.Ткебучава. *ЯФ*, 2, 124 (1965).
6. Т.Д.Блохинцева, В.Г.Гребинник и др. *ЖЭТФ*. 44, 116 (1963): Т.Д.Блохинцева, В.Г.Гребинник, В.А.Жуков, А.В.Кравцов, Г.Либман, Л.Л.Неменов, Г.И.Селиванов, Юань Жун-фан *ЯФ*, 1, 103 (1965).
7. Т.Д.Блохинцева, А.В.Кравцов, В.И.Медведев, В.И.Поромов, Г.Л.Соколов, И.И.Тулиани, С.Г.Шерман. *Препринт ОИЯИ*, 10-3829, Дубна 1968.
8. E.Felt, *Ecole International de la Physique des Particules Elementaires*, Herceg Novi (1965).
9. В.И.Мороз, А.В.Никитин, Ю.А.Троян, Б.А.Шахбазян. *ЯФ*, 6, 90 (1967).
10. Г.М.Радунский, В.А.Сердюцкий, А.Н.Табаченко. *ЯФ*, 7, 402 (1968).

Рукопись поступила в издательский отдел  
7 мая 1968 года.



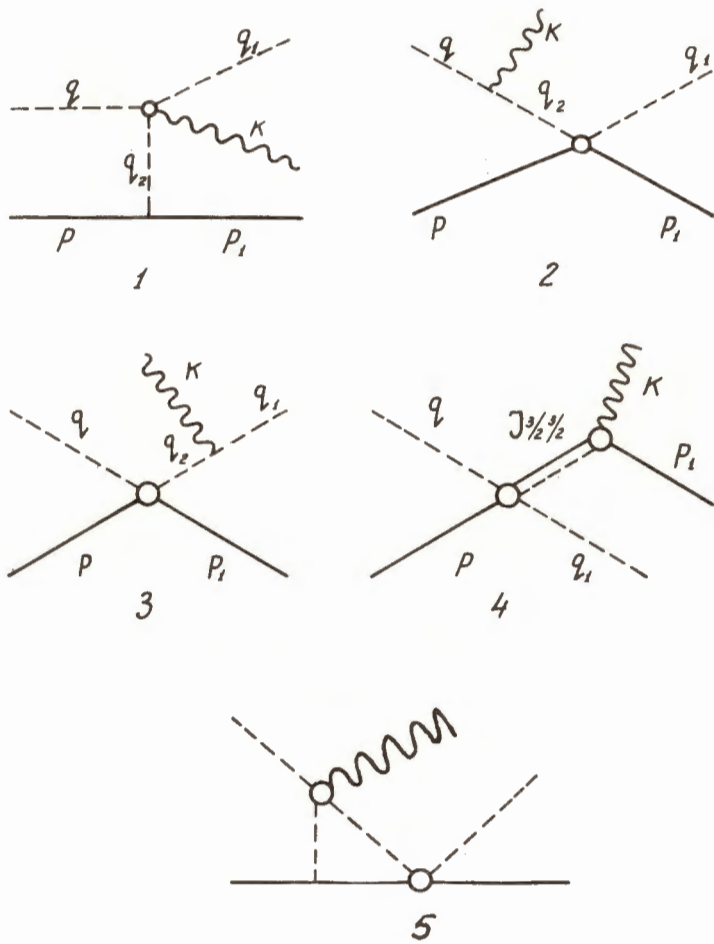


Рис.1

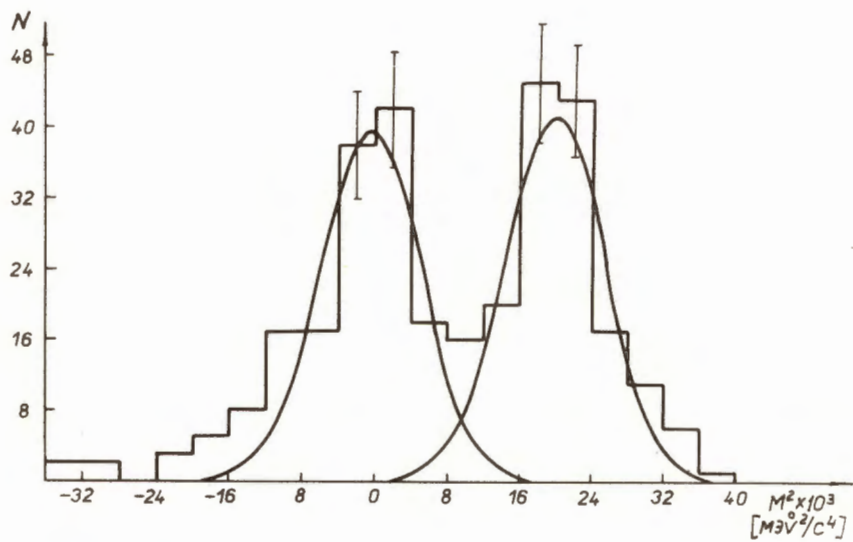


Рис.2. Распределение событий  $\pi^- p \rightarrow \pi^- p$  и  $\pi^- p \rightarrow \pi^- p \pi^0$  по квадрату недостающей массы.

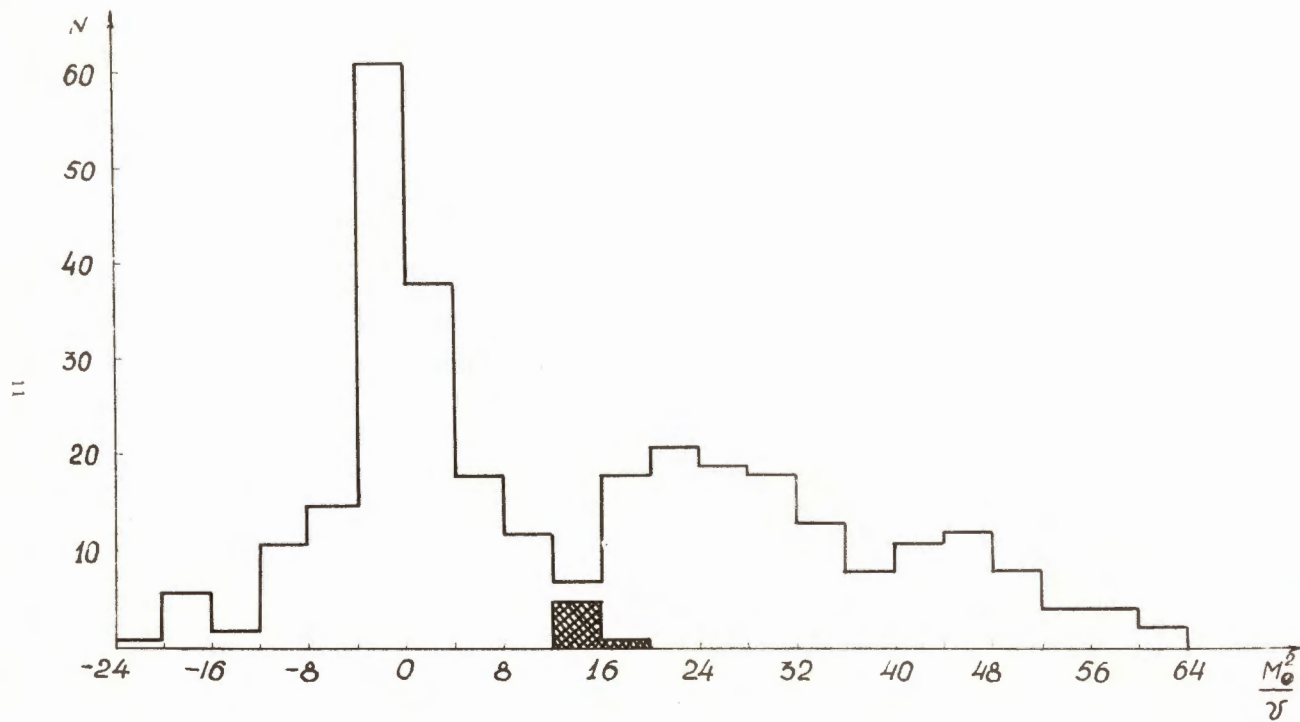


Рис.3. Распределение событий  $\pi^-p^+\pi^-\nu$  и  $\pi^-p^+\pi^-\nu\pi^0$  по величине  $M_0^2/\nu$ .



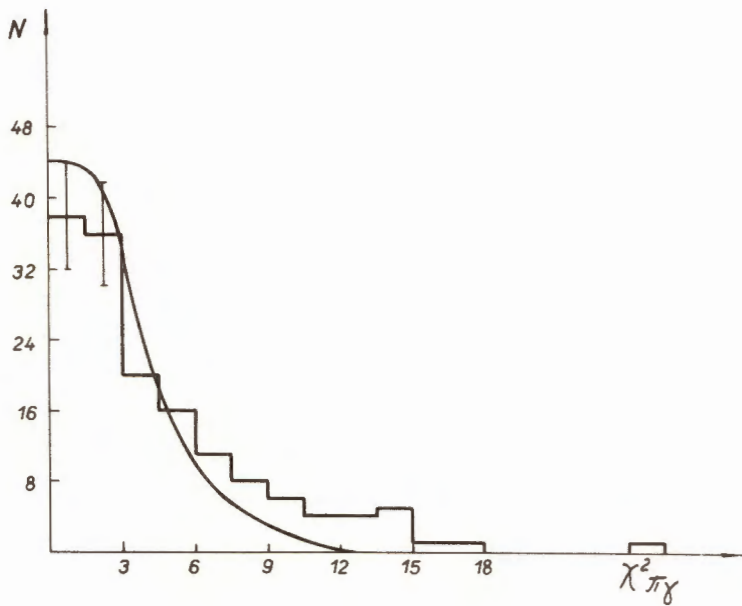


Рис.4. Распределение событий  $\pi^- p \rightarrow \pi^- p \gamma$  по  $\chi^2_{\min}$ .

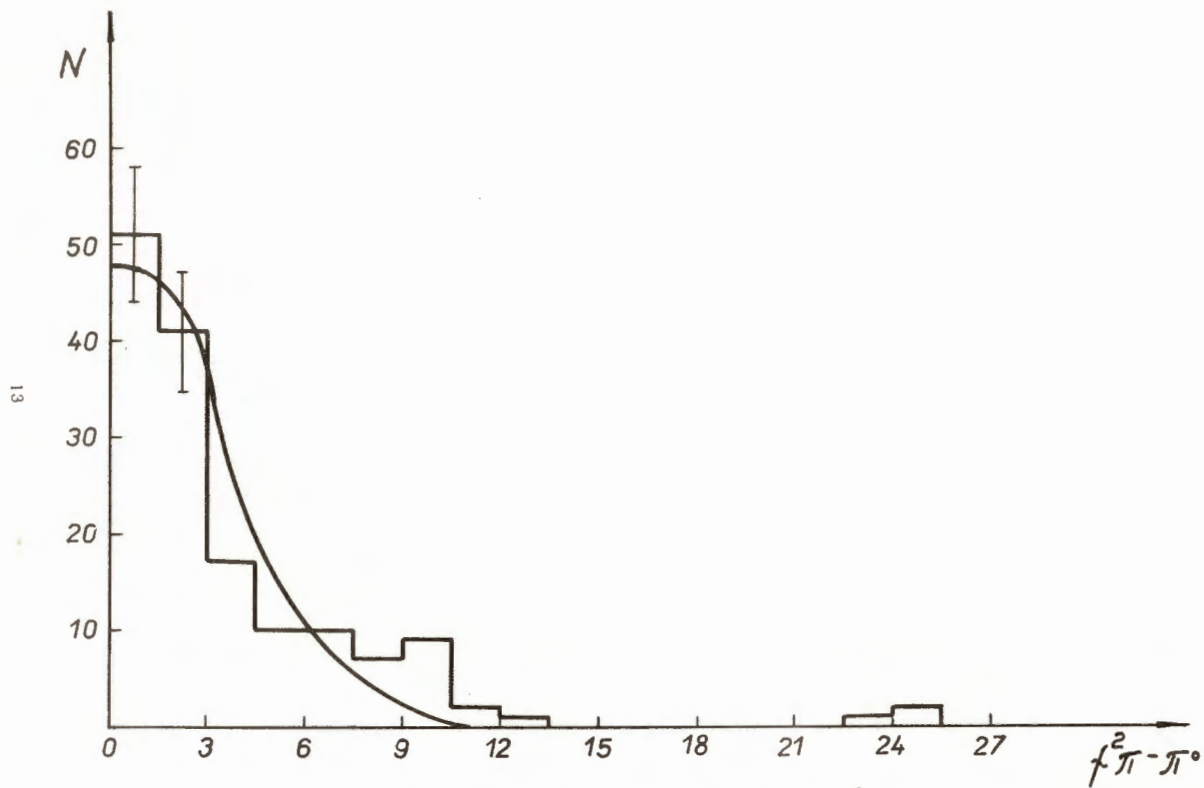


Рис.5. Распределение событий  $\pi^- p \rightarrow \pi^- p \pi^0$  по  $\chi^2_{\min}$ .

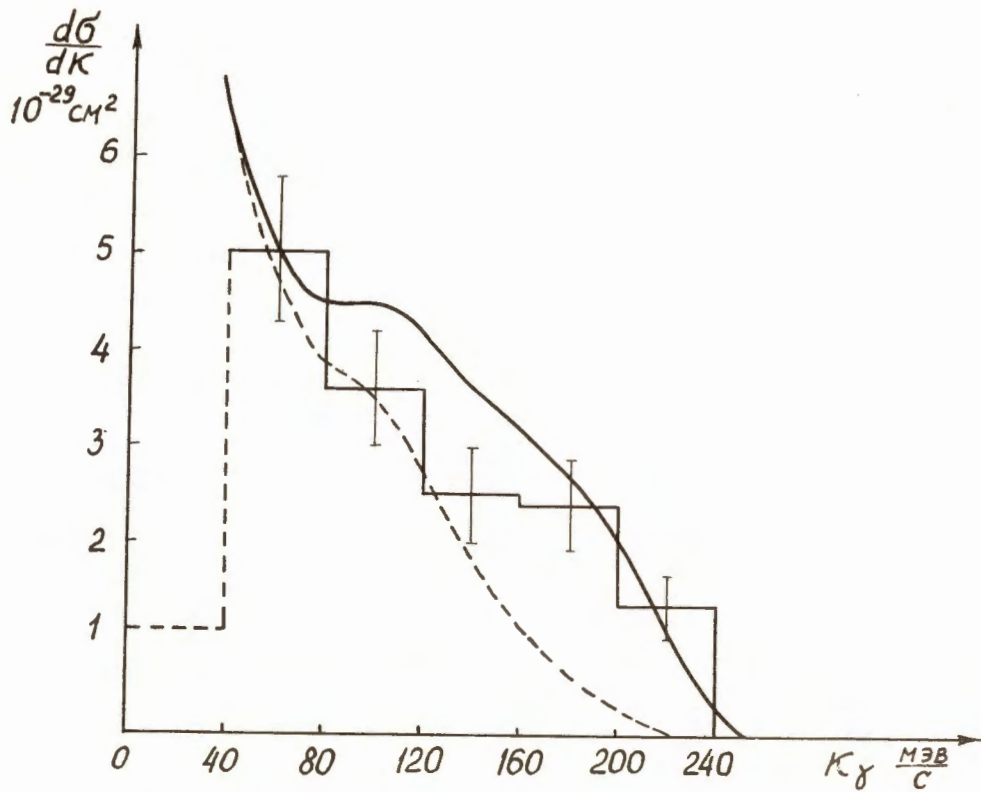


Рис.6. Распределение событий  $\pi^- p \rightarrow \pi^- p \gamma$  по импульсу  $\gamma$ -кванта в с.и.



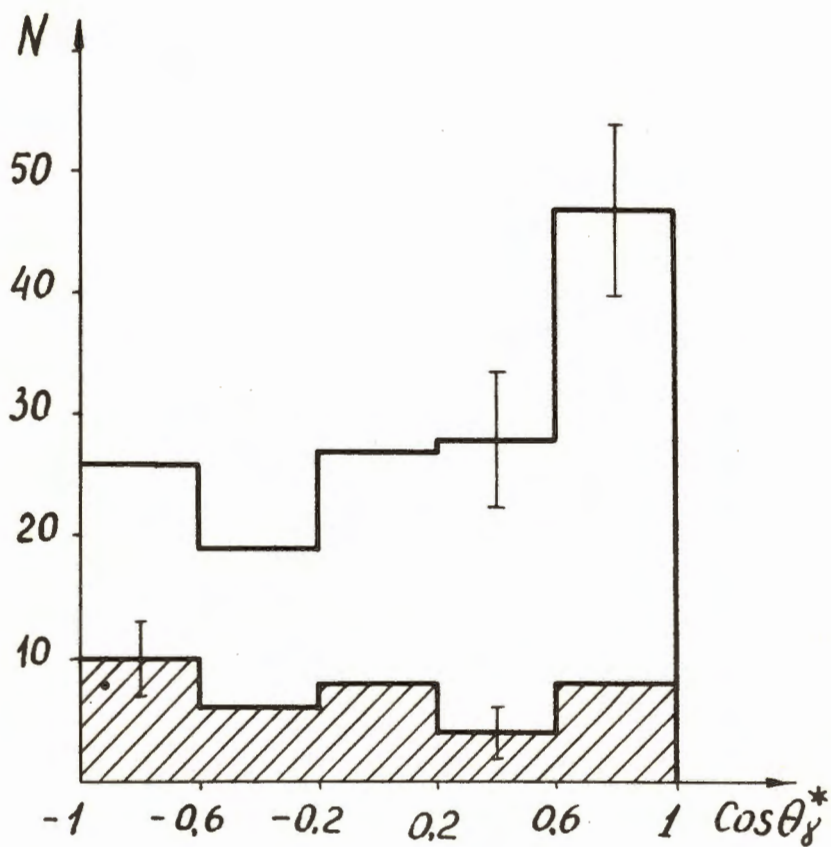


Рис.7. Распределение событий  $\pi^-p \rightarrow \pi^-p\gamma$  по углу вылета  $\gamma$ -кванта в с.ц.и. Верхняя гистограмма - для всех событий, заштрихованная гистограмма - для событий с  $k_{\gamma} > 160$  Мэв/с.