

С 346.46

Б-974

ЯФ, 1967, т. 5, в. 5

с. 1054-1059

30/18

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P - 2885



ЛАБОРАТОРИЯ ВМЯОКИХ ЭНЕРГИИ

Я. Бэм, В.Г. Гришин, Э.П. Кистенев, Д.К. Копылова,
А.Г. Кривенцова, М.М. Муминов, Му Цзюнь,
В.Д. Рябцов, З. Трка

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИЙ
 $\pi^-p \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi\pi^0 + n$ И $\pi^-p \rightarrow 2\pi^+ + 2\pi^- + \pi\pi^0 + n$
ПРИ ИМПУЛЬСЕ π^- -МЕЗОНОВ 4 ГЭВ/С

1966

P - 2885

4479/1 нр.
Я. Бэм, В.Г. Гришкин, Э.П. Кистенев, Д.К. Копылова,
А.Г. Кривенцова, М.М. Муминов, Му Цзюнь,
В.Д. Рябцов, З. Трка

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИЙ
 $\pi^- p \rightarrow \pi^+ \pi^- + \pi^- + \pi \pi^0 + n$ И $\pi^- p \rightarrow 2\pi^+ + 2\pi^- + \pi \pi^0 + n$
ПРИ ИМПУЛЬСЕ π^- -МЕЗОНОВ 4 ГЭВ/С

Направлено в ЯФ



§ 1. Методика эксперимента

В настоящее время хорошо изучены процессы образования заряженных π^- -мезонов в $\pi^\pm p$ -взаимодействии при $p_s = 4$ Гэв с помощью водородной пузырьковой камеры /1,2/. Представляет интерес исследование $\pi^- p$ -взаимодействий с образованием нейтральных частиц (π^0 -мезонов и нейтронов) при той же энергии первичных π^- -мезонов /3,4/.

Нами изучались реакции:

$$\pi^- + p \rightarrow n + \pi^+ + \pi^- + m\pi^0, \quad (m = 1, 2, \dots), \quad (1)$$

$$\pi^- + p \rightarrow n + 2\pi^+ + 2\pi^- + m\pi^0, \quad m(1, 2, \dots), \quad (2)$$

так называемые двух- и четырехлучевые события.

Было просмотрено дважды 126 тысяч кадров, полученных с помощью 24-литровой пропановой пузырьковой камеры Лаборатории высоких энергий ОИЯИ ($H = 14,3$ кгаусс), облученной в пучке π^- -мезонов с $p_s = 3,97 \pm 0,06$ Гэв. Регистрировались 2- и 4-лучевые события типа (1) и (2), сопровождающиеся γ -квантами, образующими (e^+e^-)-пары в эффективном объеме камеры. Эффективность двойного просмотра (для $n_\gamma \geq 2$) оказалась равной $(89 \pm 2)\%$. Одно событие соответствует сечению $0,54 \mu\text{б}$. Случаи с $n_\gamma \geq 2$ измерялись на полуавтоматах Лаборатории высоких энергий ОИЯИ и обсчитывались на ЭВМ-20. Методика обработки γ -квантов описана в работах /5,6/.

Для выделения фоновых событий:

$$\pi^- + p \rightarrow p + \pi^- + m\pi^0, \quad (m = 1, 2, \dots), \quad (3)$$

$$\pi^- + p \rightarrow p + \pi^+ + 2\pi^- + m\pi^0, \quad (m = 1, 2, \dots) \quad (4)$$

проводились ионизационные измерения положительных вторичных частиц с $p \approx 0,4-1,0$ Гэв. В результате среди отобранных при просмотре событий было найдено $\approx 20\%$ случаев с протоном^{/7/}. На положительных следах вторичных частиц с $p \geq 1$ Гэв было подсчитано число δ - электронов с $E \geq 1,2$ Мэв и $E \geq 2,0$ Мэв. Отсюда было получено, что примесь фоновых событий (3) и (4) не превышает 15% от всех случаев с $p \geq 1$ Гэв^{/7,8/}.

Распределение событий (1) и (2) по числу обнаруженных γ -квантов (n_γ) приведено в таблице 1. Геометрические характеристики отобранных событий не показывают наличия какой-либо выборки при просмотре.

§ 2. Выделение π^0 -мезонов и каналов реакций (1) и (2)

На рис. 1 приведено распределение событий (1) с $n_\gamma = 2$ по эффективной массе $M(\gamma\gamma)$ с учетом эффективности регистрации обоих γ -квантов (ϵ). Здесь

$$\epsilon = \frac{1}{W_{\gamma_1} W_{\gamma_2}} = \frac{1}{W}, \quad \text{где } W_\gamma - \text{"вес"} \gamma\text{-кванта. В распределении имеется}$$

четкий пик при $M(\gamma\gamma) = 132 \pm 2$ Мэв и $\frac{\Delta M(\gamma\gamma)}{M(\gamma\gamma)} = 13\%$. Средняя эффективность регистрации π^0 -мезонов оказалась равной $\epsilon(\pi^0) = 0,7\%$. Полное число π^0 -мезонов в реакции (1) с учетом событий с $n = 3\gamma$ и эффективности просмотра оказалась равной 17000 ± 1700 . Если использовать данные о сечении реакции (1) из работы^{/1/}, то среднее число π^0 -мезонов на одно взаимодействие оказывается равным $1,7 \pm 0,17$. Аналогичная оценка среднего числа π^0 -мезонов на одно взаимодействие может быть также получена при использовании только результатов настоящей работы. Величины соотношений $\frac{N_{2\gamma}(M(\gamma\gamma) = M(\pi^0))}{N_{2\gamma}}$ и $\frac{N_{3\gamma}}{N_{2\gamma}}$ соответственно равны 0,26 и 14. Ожидаемые значения этих величин при $\bar{n} = 2\pi^0$ равны 0,33 и 15. Таким образом, $\bar{n} = 2\pi^0$

На рис. 2 приведено распределение найденных событий (1) по $M_x(\pi^+\pi^-\pi^0)$ $M(\gamma\gamma) = M(\pi^0)$. Как видно из распределения, только часть найденных событий с $M_x = M(\pi)$ связана с реакцией

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

Мы положили, что события $M_x(\pi^0) \leq 1,2$ Гэв относятся к реакции (1) ($\frac{\Delta M_x}{M_x} \leq 15\%$ для $M_x = 1$ Гэв). События (5) составляют $\approx 14\%$ от общего числа найденных случаев с $n_\gamma = 2$. Отсюда можно получить сечение реакции (5), оно оказывается равным $3,8 \pm 0,7$ мбн.

Результаты работы^{/3/} показывают, что доля событий типа

$$\pi^- + p \rightarrow p + \pi^+ + \pi^- + 3\pi^0 \quad (6)$$

составляет $\approx 15\%$ от событий (2) при $p = 6$ Гэв. Таким образом, в нашем случае вклад событий (8) в процесс (1) не будет превышать нескольких процентов (табл. 1). Поэтому после выделения событий с одним π^0 -мезоном мы имеем дело с реакцией



В связи с этим можно ввести "вес" события

$$W' = \frac{W_{\gamma_1} W_{\gamma_2}}{6(1 - \bar{\epsilon}_1)^2} \quad (8)$$

и получить физические характеристики процесса (7)^{х)}. Сечение реакции (7) получается равным $3,8 \pm 0,3$ мбн.

Таким образом, процесс (1) идет с образованием одного или двух π^0 -мезонов с примерно одинаковыми вероятностями при $p = 4$ Гэв.

На рис. 3 приведено распределение 4-лучевых звезд по $M(\gamma\gamma)$. Большая ширина пика при $M(\gamma\gamma) \approx M(\pi^0)$, возможно, связана с тем обстоятельством, что в 4-лучевых событиях имеет значительное число "мягких" γ -квантов ($P_\gamma < 200$ Мэв/с), которые измеряются с большими ошибками^{1/5/}. Как видно из рис. 3, подавляющая часть событий связана с образованием одного π^0 -мезона. Аналогичный вывод получается и из распределения по $M_x(2\pi^+ 2\pi^- 2\gamma)$ (рис. 4).

Соотношение сечений процессов:

$$\pi^- + p \rightarrow n + 2\pi^+ + 2\pi^- + 2\pi^0, \quad (9)$$

$$\pi^- + p \rightarrow n + 2\pi^+ + 2\pi^- + \pi^0, \quad (10)$$

полученное на основании распределений (см. рис. 3 и 4), оказывается равным:

$$\frac{\sigma(9)}{\sigma(10)} < 10\%.$$

Таким образом, реакция (2) протекает в основном с образованием одного π^0 -мезона.

§ 3. Угловые и импульсные характеристики π -мезонов в реакциях

$$\pi^- + p \rightarrow n + \pi^+ + \pi^- + \pi^0 + \pi^0 \quad (7) \quad \text{и} \quad \pi^- + p \rightarrow 2\pi^+ + 2\pi^- + \pi^0 + n \quad (10).$$

Угловые распределения π -мезонов в реакции (7) в системе центра инерции приведены на рис. 5. Здесь $A = \frac{\vec{n}_\pi - \vec{n}_{\pi^0}}{\vec{n}_\pi + \vec{n}_{\pi^0}}$ - коэффициент асимметрии, \vec{n}_π (\vec{n}_{π^0}) - число

^{х)} Во всех распределениях приводятся значения величины $W = W_{\gamma_1} W_{\gamma_2}$, так как знаменатель не имеет существенного значения.

π -мезонов, летящих вперед (назад). Как видно из рисунка, распределения π^+ и π^0 -мезонов вытянуты вперед ($A = 0,8$); распределения π^- -мезонов характеризуются $A = 0,1$. Угловые распределения π -мезонов в реакции (10) имеют изотропный характер ($A \leq 0,1$).

Импульсные распределения π -мезонов в с.д.м. для процесса (7) приведены на рис. 6. В таблице 2 даны значения средних полных и перпендикулярных импульсов π -мезонов в с.д.и. для реакций (7) и (10). Из таблицы видно, что с уменьшением множественности π -мезонов уменьшаются соответствующие значения средних импульсов.

§ 4. Образование резонансов в реакции $\pi^- + p \rightarrow p + \pi^+ + \pi^- + \pi^0 + \pi^0$ (7)

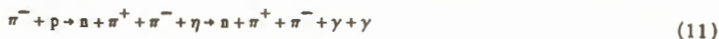
Распределение событий (7) по эффективным массам $M(\pi^+ \pi^- \pi^0)$ приведено на рис. 7.

Как видно из распределения, процесс (7) идет в основном без образования ω -мезонов. Имеется указание об образовании $A_2(1310)$ -мезона ($\leq 15\%$ событий), однако для окончательного заключения необходимо увеличение статистики.

Спектр недостающих масс $M_x(\pi^+ \pi^- \pi^0)$ не имеет каких-либо особенностей (рис.2).

На рис. 8 и 9 приведены распределения событий (7) по $M(\pi^+ \pi^-)$ и $M(\pi^+ \pi^0, \pi^- \pi^0)$. Отсюда можно сделать заключение, что сечение образования ρ -мезонов в реакции (7) мало ($\sigma(\rho) < 0,2$ мб).

Из распределения случаев по $M(\gamma\gamma)$ (рис. 1) можно получить, что сечение реакции



не превышает 0,1 мб.

В распределениях событий по $M(\pi^\pm \gamma)$, $M(\pi^\pm \gamma\gamma)$, $M(\pi^+ \pi^- \gamma)$ никаких достоверных максимумов не обнаружено. Таким образом, реакция (7) протекает в основном без образования мезонных резонансов в отличие от процессов, где имеется небольшое число вторичных мезонов^{1/}.

Спектр недостающих масс $M_x(\pi^+ \pi^-)$ имеет пики при $N^*(1688)$ и $N^*(2180)$ (рис. 10 и 11).

Таким образом, имеется указание на то, что в реакции (7) интенсивно рождаются нуклонные изобары $N^*(1688)$ и $N^*(2180)$, которые распадаются по схеме:

Дальнейшее увеличение статистики позволит окончательно решить этот вопрос.

Нам приятно поблагодарить А.А. Кузнецова, В.Б. Любимова, М.И. Подгорецкого за полезные обсуждения, а также лаборантов групп просмотра и измерений ЛВЭ ОИЯИ за помощь в работе.

Т а б л и ц а 1

ν_γ	1	2	3	4	5	Пара Далица +у кв.	Всего событий с $\nu_\gamma \geq 2$
2-лучевые звезды	≈ 5000	457	38	2	0	30	527
4-лучевые звезды	≈ 1000	100	6	0	0	3	109

Т а б л и ц а 2^{х)}

Тип реакции	$\bar{p}^*(\pi^-)$	$\bar{p}^*(\pi^+)$	$\bar{p}^*(\pi^0)$	$\bar{p}_\perp(\pi^-)$	$\bar{p}_\perp(\pi^+)$	$\bar{p}_\perp(\pi^0)$
$\pi^- p \rightarrow \pi \pi^+ \pi^- \pi^0 \pi^0$	370	430	327	284	334	282
$\pi^- p \rightarrow \pi \pi^+ \pi^+ \pi^- \pi^0$	330	340	305	229	268	205

Л и т е р а т у р а

1. L. Bondar, K. Bondartz, M. Deutschmann et al. Nuovo Cim., XXXI, 729 (1964).
2. L. Bondar, K. Bondartz, H. Burmeister et al. Nuovo Cim., XXXI, 485 (1964).
3. G. Bellini, M. di Corato, F. Dumio, E. Fiorini. Nuovo Cimento, XL, A, 948 (1965).
4. G. Bellini et al. Phys. Lett., 10, 126 (1964).

х) \bar{p}^* - средний импульс π -мезонов в с.п.и. (Мэв/с); \bar{p}_\perp - средний перпендикулярный импульс π -мезонов (Мэв/с). Ошибки в определении средних импульсов π -мезонов составляют (15-20) Мэв/с.

5. В.Г. Гришин, Э.П. Кистенев, Л.И. Ленилова, В.И. Мороз, Му Цзюнь. Препринт ОИЯИ, Р-2277, Дубна, 1983.
6. В.Г. Гришин, Э.П. Кистенев, Му Цзюнь. Препринт ОИЯИ, Р-2162, Дубна, 1982.
7. Я. Бэм, В.Г. Гришин, А.Г. Кривенцова, М. Муминов, З. Трка. Препринт ОИЯИ, Р-2842, Дубна, 1986.
8. M. Block, Nuovo Cimento XXVIII, 279 (1963).

Рукопись поступила в издательский отдел
10 августа 1986 г.

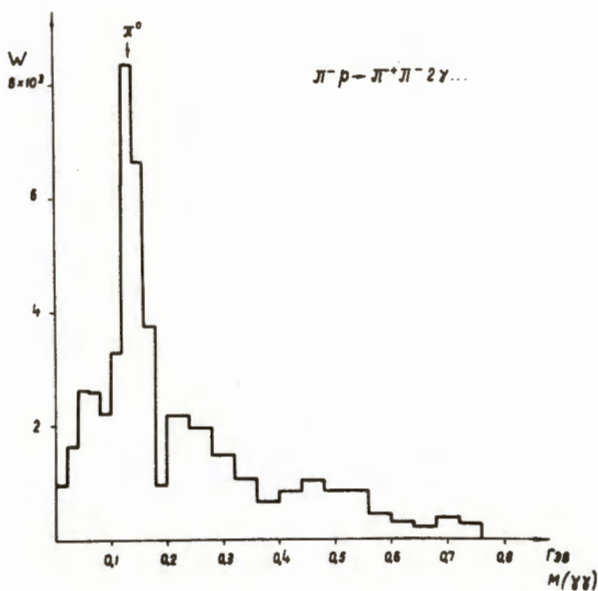


Рис. 1. Распределение событий (1) по $M(\gamma\gamma)$.

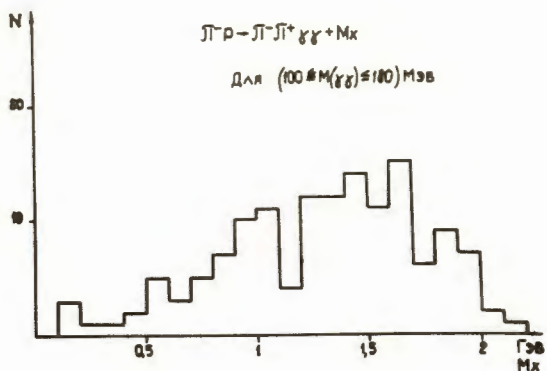


Рис. 2. Распределение случаев (1) по $M_x (w + w - w^0)$.

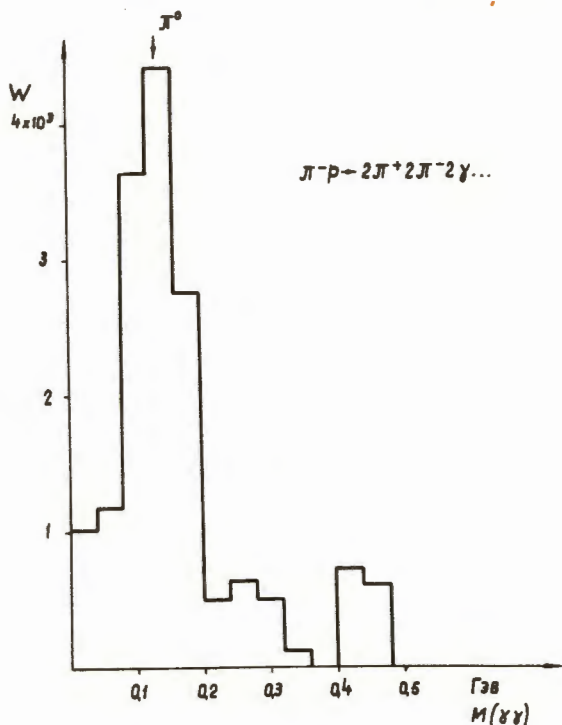


Рис. 3. Распределение четырехлучевых звезд по $M(\gamma\gamma)$.

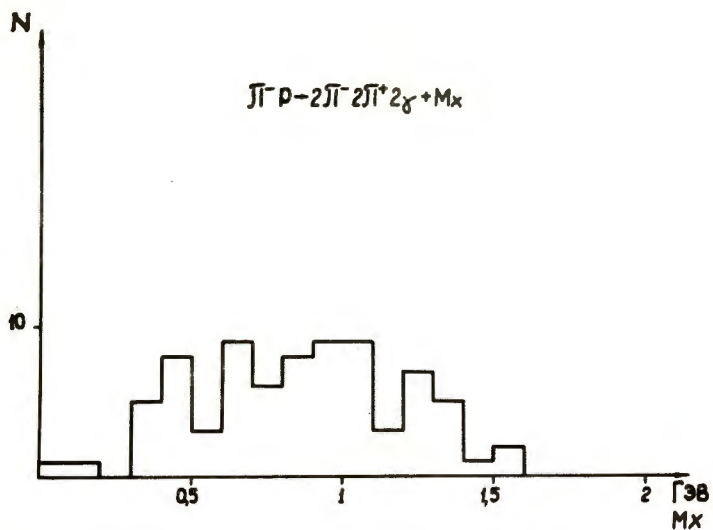


Рис. 4. Распределение четырехлучевых звезд по $M_x(2\pi^+ 2\pi^- \gamma\gamma)$.

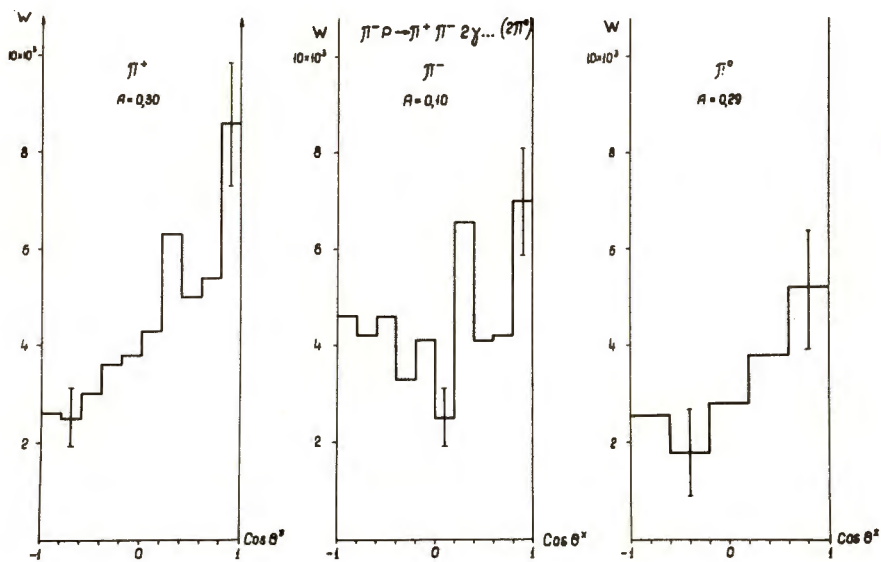


Рис. 5. Угловые распределения π -мезонов в реакции (7) в системе центра инерции.

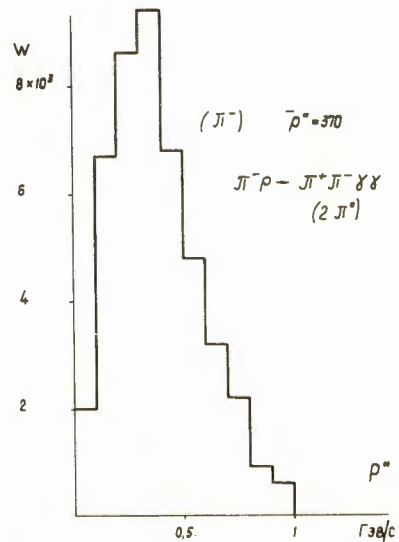
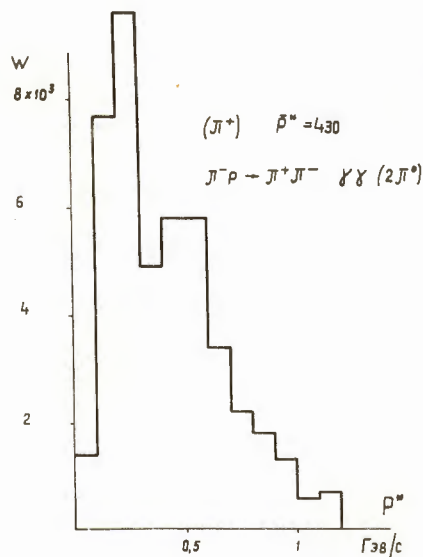
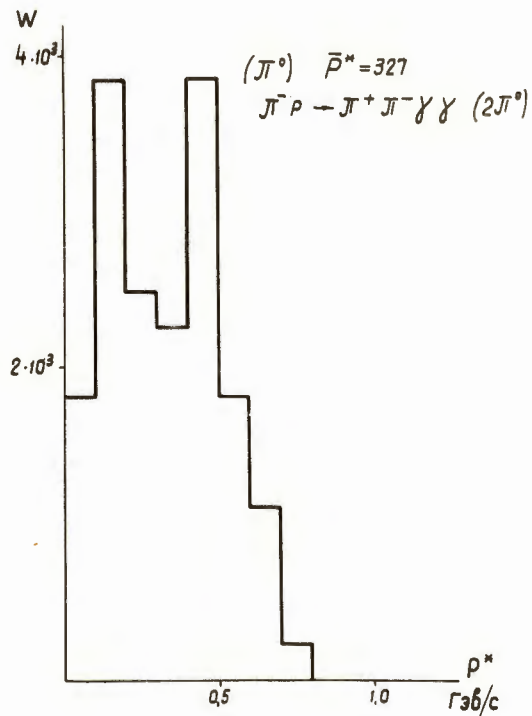


Рис. 6. Импульсные распределения π -мезонов в реакции (7) в системе центра инерции.

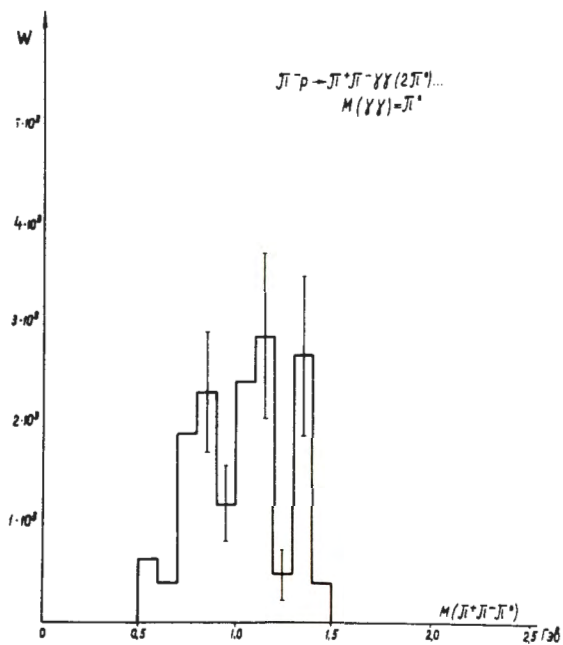


Рис. 7. Распределение событий (7) по эффективным массам $M(\pi^+\pi^-\pi^0)$.

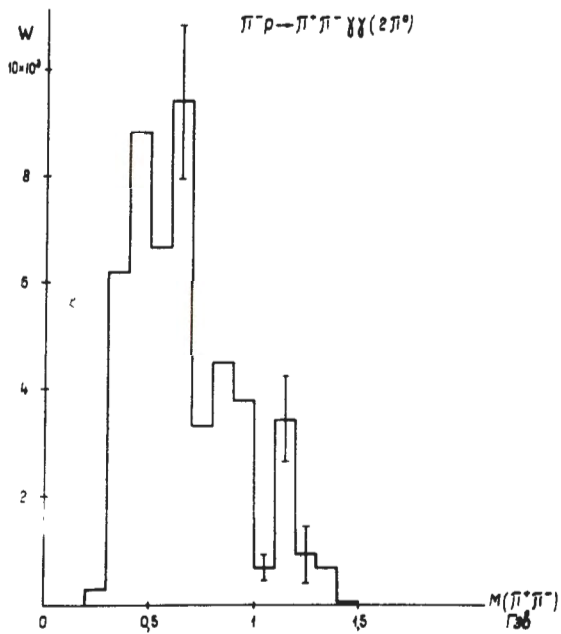


Рис. 8. Распределение событий (7) по $M(\pi^+ \pi^-)$.

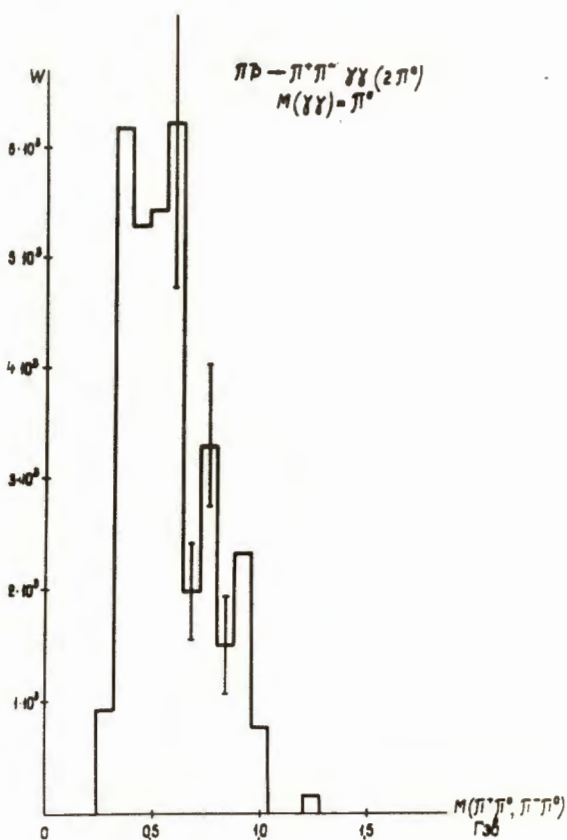


Рис. 9. Распределение событий (7) по $M(\pi^+\pi^0, \pi^-\pi^0)$.

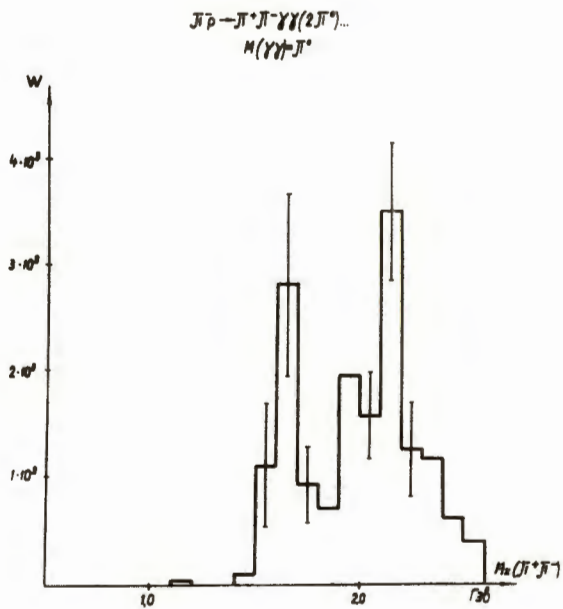


Рис. 10. Спектр недостающих масс $M_x (\pi^+ \pi^-)$ для случаев (7) с $M(\gamma\gamma) = M(\pi^0)$.

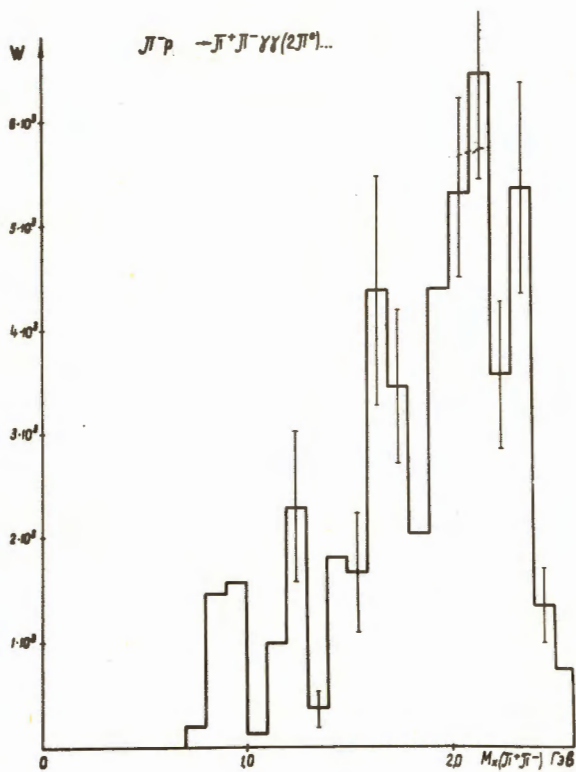


Рис. 11. Спектр недостающих масс $M_x(\bar{K}^+ \pi^-)$ для всех событий (7).