

Г- 859

23/X. 69

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

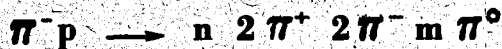
Дубна

P1 - 4695



В.Г.Гришин, Д.К.Копылова, В.Б.Любимов,  
В.В.Петржилка, М.Сук, З.Трка, Я.Тркова,  
Б.С.Юлдашев

ИЗУЧЕНИЕ КАНАЛОВ РЕАКЦИИ



ПРИ РС = 4 ГЭВ

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

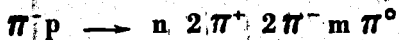
1969

P1 - 4695

8034/2 47

В.Г.Гришин, Д.К.Копылова, В.Б.Любимов,  
В.В.Петржилка\*, М.Сук\*, З.Трка, Я.Тркова,  
Б.С.Юдашев

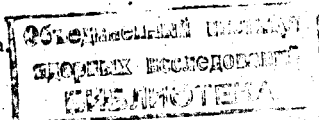
ИЗУЧЕНИЕ КАНАЛОВ РЕАКЦИИ



ПРИ РС = 4 ГЭВ

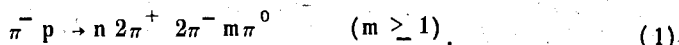
Направлено в ЯФ

\*Карлов университет, Прага



## §1. Методика эксперимента

Целью настоящей работы является изучение реакции



По правилам, описанным в работе <sup>/1/</sup>, было дважды просмотрено 150 тысяч стереоснимков с 24-литровой пропановой пузырьковой камеры ЛВЭ ОИЯИ. Отбирались четырехлучевые события типа



( $\epsilon = 98\%$ ), где  $\gamma$  - квант регистрировался по ( $e^+e^-$ ) парам конверсии <sup>x/</sup>. Одно событие соответствовало сечению  $(0,48 \pm 0,03)$  мкбарн.

Измерения, обшчт и отбор событий проводились способом, описанным в работе <sup>/2/</sup>. Фоновые события, связанные с реакцией



---

<sup>x/</sup> В работе <sup>/1/</sup> исследовалась та же реакция (1), но отбирались события с числом  $\gamma$  - квантов  $n_\gamma \geq 2$ .

отбирались при помощи измерения ионизации на положительных следах с  $p \leq 1 \text{ Гэв}^{/3/}$ .

Для выделения фоновых взаимодействий на углероде ( $\pi C$ -события) для каждого случая была рассчитана недостающая масса  $M_x(2\pi^+ 2\pi^- \gamma)$ :

$$\pi^- p \rightarrow 2\pi^+ 2\pi^- \gamma + M_x(2\pi^+ 2\pi^- \gamma) \quad (4)$$

Для дальнейшего анализа использовались только те события, для которых

$$M_x(2\pi^+ 2\pi^- \gamma) > [M(n) - \delta] = 300 \text{ Мэв},$$

где  $M(n)$  - масса нейтрона, а  $\delta$  - ошибка в недостающей массе в области  $M(n)$  ( $\delta \approx 0,65 M(n)$ ). Доля выброшенных  $\pi C$ -событий составила  $\approx 20\%$  (рис. 1). В результате осталось 401 событие типа (1). В отобранных случаях была оценена доля фоновых взаимодействий, которые нам не удалось исключить.

Статистическим методом по  $\delta$ -электронам определена доля протонов с  $p > 1 \text{ Гэв}$  (реакция 3)<sup>/3/</sup>. На всей длине положительных следов с  $p > 1 \text{ Гэв}$  было найдено 20  $\delta$ -электронов с  $E_\delta \geq 2 \text{ Мэв}$  ( $\epsilon = 97\%$ ). Это соответствует доле протонов в положительных частицах (9+3)

Учитывая сечения рождения странных частиц<sup>/5/</sup> и эффективность регистрации нейтральных странных частиц в пропановой камере<sup>/6/</sup>,

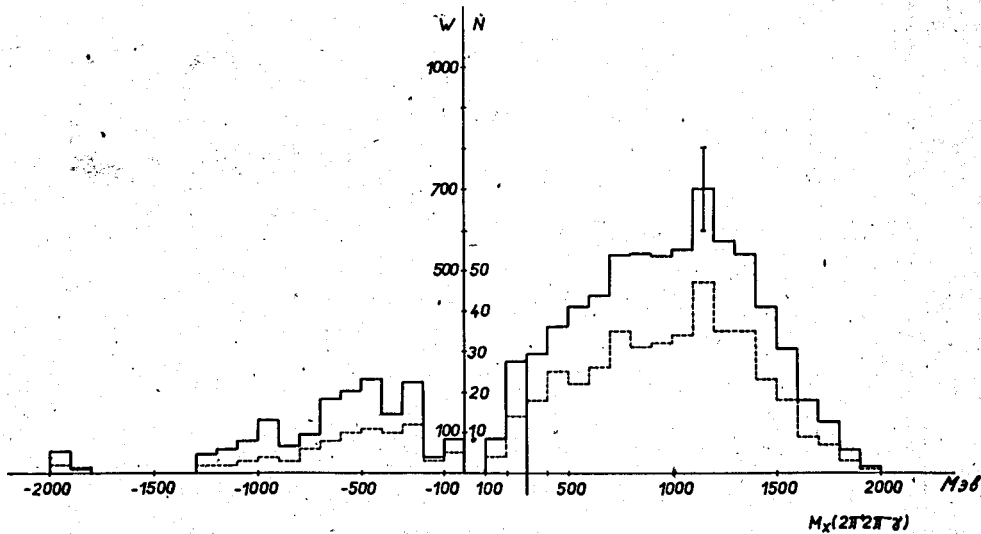


Рис. 1. Распределение недостающих масс  $M_x(2\pi^+ 2\pi^- \gamma)$ .  
 Пунктирная линия - распределение  $M_x(2\pi^+ 2\pi^- \gamma)$  без весов.

можно оценить примесь событий со странными частицами, которая оказалась  $\leq (5 \pm 2)\%$ .

Доля событий с парами Далица, имитирующих реакцию (1), составляет  $< 1\%$ . Средний вес событий типа (2) считался по программе "Streva" [7] (программа моделирования событий с  $\gamma$ -квантами) и оказался равным  $(16,5 \pm 0,3)$ .

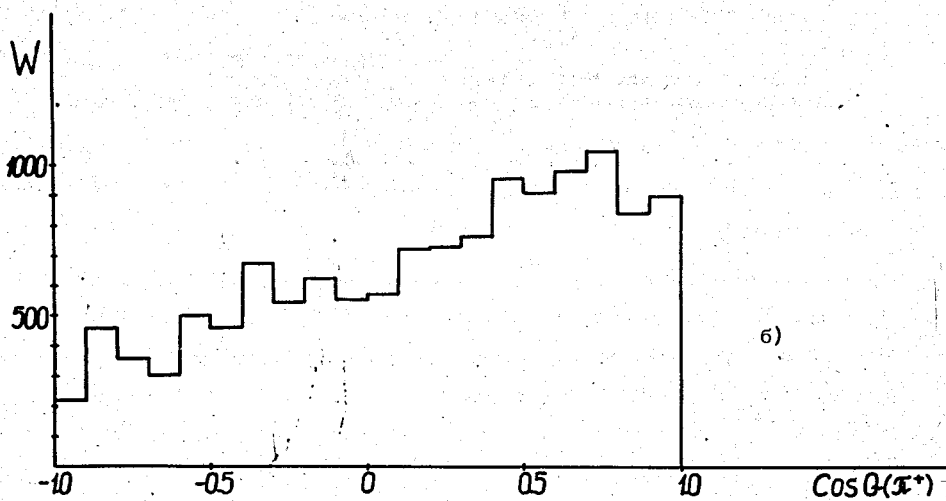
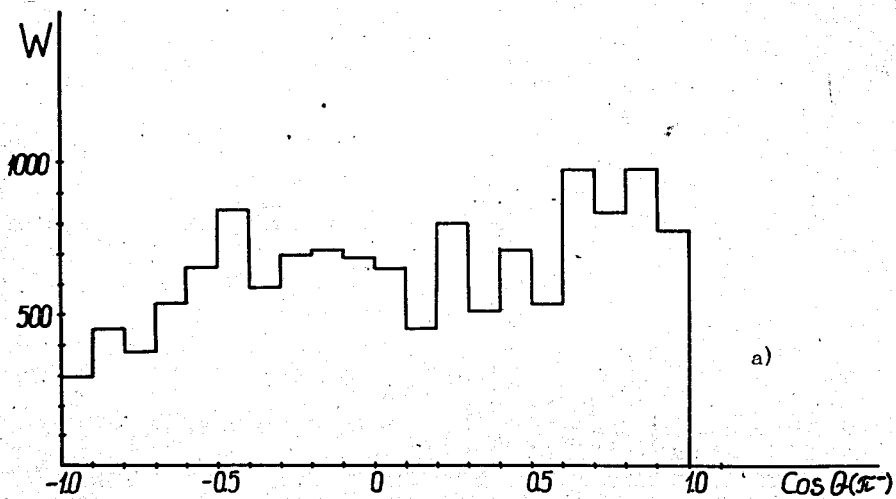


Рис. 2. Угловые распределения  $\pi^-$ -мезонов в реакции (1) в с.ц.м.  
 а)  $\pi^-$  - мезоны; б)  $\pi^+$  - мезоны.

## §2. Угловые и импульсные характеристики $\pi^+$ -мезонов

Угловые распределения  $\pi^{\pm}$ -мезонов в системе центра масс приведены на рис. 2. Коэффициенты асимметрии вычислены по формуле

$k = \frac{\hat{N} - \bar{N}}{\hat{N} + \bar{N}}$  и даны в таблице 1. Для сравнения в таблице приведены также данные других работ, полученные с помощью водородных камер /8,9/.

Таблица 1

рс, Гэв	Реакция	$k_{\pi^-}$	$k_{\pi^+}$
4	$\pi^- p \rightarrow n 2\pi^+ 2\pi^- m \pi^0$	0,11±0,02	0,28±0,02
3,5 <sup>/8/</sup>	$\pi^- p \rightarrow n 2\pi^+ 2\pi^- m \pi^0$	0,18	0,23
5,5 <sup>/9/</sup>	$\pi^- p \rightarrow n 3\pi^+ 3\pi^-$	0,04±0,04	0,14±0,04
	$\pi^- p \rightarrow p 2\pi^+ 3\pi^- \pi^0$	0,08±0,03	" 0,08±0,03

Видно, что асимметрия в угловом распределении  $\pi^+$ -мезонов больше, чем у  $\pi^-$ -мезонов.

Таблица 2

рс, Гэв	Реакция	$\bar{p}_{\perp}(\pi^-)$	$\bar{p}_{\perp}(\pi^+)$
4	$\pi^- p \rightarrow n 2\pi^+ 2\pi^- m \pi^0$	270±6	281±7
4 <sup>/10/</sup>	$\pi^- p \rightarrow n 2\pi^+ 2\pi^- m \pi^0$	254±9	240±8

В таблице 2 приведены средние значения поперечных импульсов вместе с данными других работ.

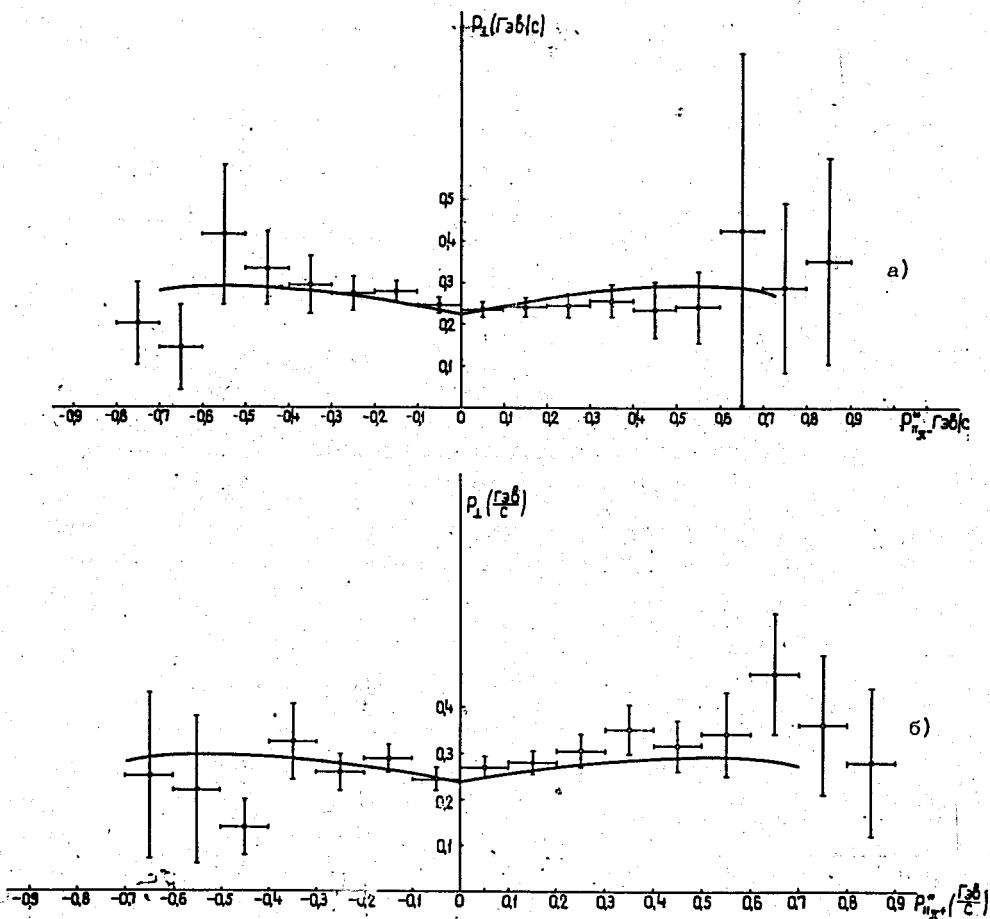


Рис. 3. Зависимость средних поперечных импульсов  $\pi^-$  и  $\pi^+$ -мезонов от продольных импульсов пионов в с.п.м. Плавные кривые - расчёты по статистической теории. а)  $\pi^-$ -мезоны; б)  $\pi^+$ -мезоны.



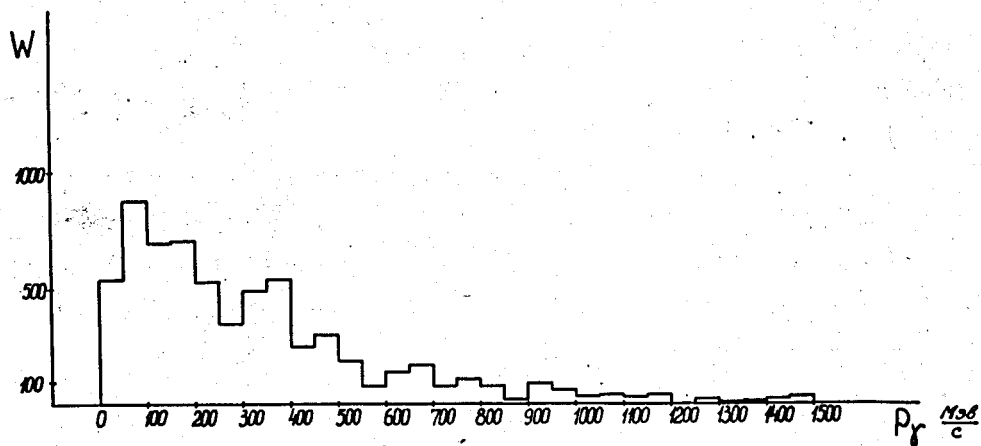


Рис. 4. Импульсное распределение  $y$ -квантов в лабораторной системе координат.

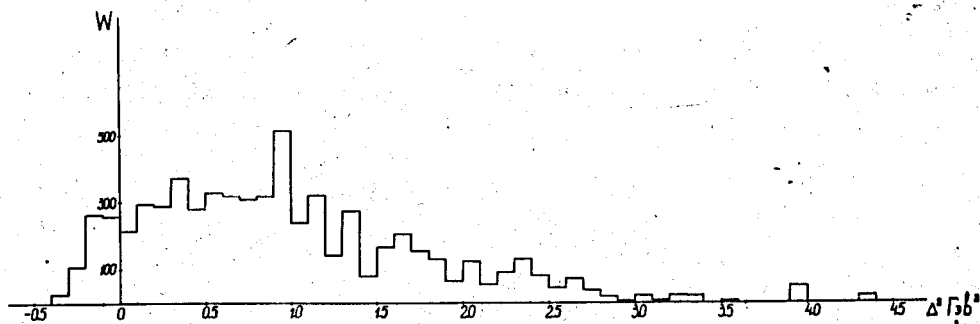


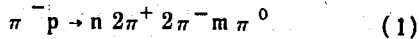
Рис. 5. Распределение событий по квадрату переданного импульса ( $-t^2 = \Delta^2$ ).

На рис. 3 дается зависимость средних поперечных импульсов от продольных в с.ц.м. для  $\pi^+$ -мезонов. Экспериментальные распределения хорошо согласуются с кривыми, вычисленными по статистической теории.

Наши данные и результаты работы /1/ позволяют определить среднее число  $\pi^0$ -мезонов на одно взаимодействие типа (1). Оно оказалось равным  $\bar{N}_{\pi^0} = (1,25 \pm 0,15)$  и согласуется со значением, рассчитанным по статистической теории  $\bar{N}_{\pi^0} = 1,2$ .

На рис. 4 приведено импульсное распределение  $\gamma$ -квантов в лабораторной системе координат. В спектре имеется максимум, соответствующий  $\gamma$ -квантам от распада  $\pi^0$ -мезонов. Распределение по квадрату переданного импульса ненаблюдаемым частицам показано на рис. 5.

### §3. Определение сечений каналов реакции



при  $pc = 4$  Гэв.

Оценка сечений каналов реакции (1) при  $pc = 4$  Гэв проводилась в работе /1/. Из данных этой работы следует, что отношение сечений каналов реакции (1)

$$\pi^- p \rightarrow n 2\pi^+ 2\pi^- \pi^0 \quad (1a)$$

$$\pi^- p \rightarrow n 2\pi^+ 2\pi^- 2\pi^0 \quad (1b)$$

составляет

$$\frac{\sigma(1b)}{\sigma(1a)} \approx 0,1.$$

Сечение реакции



дает незначительный вклад в полное сечение процесса (1) даже при  $p_c = 6$  Гэв<sup>/11,12/</sup>. Поэтому можно ожидать, что при  $p_c = 4$  Гэв вероятность такого процесса пренебрежимо мала.

Результаты работ<sup>/1,10-16/</sup> показывают относительно малую вероятность образования бозонных и барионных резонансов в аналогичных реакциях. Так, например, сечение рождения изобары  $N^* \rightarrow n \pi^-$  в реакции



при  $p_c = 4,16$  Гэв, равно  $(0,17 \pm 0,06)$ <sup>/13/</sup> мбн.,

при  $p_c = 3,21$  Гэв -  $(0,15 \pm 0,05)$ <sup>/13/</sup> мбн.,

при  $p_c = 6$  Гэв -  $(0,08 \pm 0,01)$ <sup>/14/</sup> мбн.

В реакции  $\pi^- p \rightarrow n 3\pi^+ 3\pi^-$  (6) при  $p_c = 5,5$  Гэв<sup>/15/</sup> сечение рождения изобары равно  $(0,039 \pm 0,016)$  мбн. Сечение образования  $\rho^0$ -мезона в реакции (5) оказалось равным  $(0,07 \pm 0,025)$ <sup>/13/</sup> мбн. В реакции (6)  $\rho^0$ -мезон не обнаружен. Указание на образование  $\omega^0$ -мезона в реакции (1а) дается в работе<sup>/16/</sup>, выполненной на дейтериевой камере при  $p_c \pi^+ = 3,29$  Гэв ( $\sigma \leq 0,1$  мбн.).

Как видно из литературных данных, определение сечений каналов реакции (1) фактически не проведено, поэтому представляет интерес дальнейшее изучение этой реакции. Такой анализ в настоящей работе проводился с помощью подгонки (фитирования) экспериментальных распределений эффективных масс фазовыми кривыми<sup>/2/</sup> (эти кривые были получены по программе ФОРС)<sup>/17/</sup>.

Рассчитывались эффективные массы следующих каналов реакции (1):

$$\pi^- p \rightarrow n 2\pi^+ 2\pi^- \pi^0 \quad (1a)$$

$$\rightarrow n 2\pi^+ 2\pi^- 2\pi^0 \quad (1б)$$

$$\rightarrow N^* 2\pi^+ \pi^- \pi^0 \rightarrow n 2\pi^+ 2\pi^- \pi^0 \quad (1г)$$

$$\rightarrow n \pi^+ \pi^- \omega \rightarrow n 2\pi^+ 2\pi^- \pi^0 \quad (1д)$$

Для канала (1д), в котором образуется  $\omega^0$ -мезон, фазовые кривые рассчитывались с учётом матричного элемента распада  $\omega \rightarrow 3\pi$  ( $M \approx \bar{p}_i \times \bar{p}_j$ , где  $\bar{p}_i$  и  $\bar{p}_j$  - импульсы  $\pi$ -мезонов в системе покоя  $\omega$ -мезона). На рис. 6 показаны полученные фазовые кривые.

Проводилось совместное фитирование распределений эффективных масс  $M(2\pi\gamma)$ ,  $M(3\pi)$ ,  $M(3\pi\gamma)$ ,  $M(4\pi)$ ,  $M(4\pi\gamma)$  (рис. 7) фазовыми кривыми по программе, описанной в работе<sup>/18/</sup>. Значение  $\chi^2$  при использовании фазовых кривых реакций 1а, 1б и 1г ( $\chi^2 = 106$ ) несущественно отличается от значения  $\chi^2$ , полученного при учёте только реакций 1а и 1б ( $\chi^2 = 100$ ) (число экспериментальных точек - 94). Учёт канала (1д) с рождением  $\omega$ -мезона резко ухудшает условия фитирования, поэтому мы сочли возможным его отбросить.

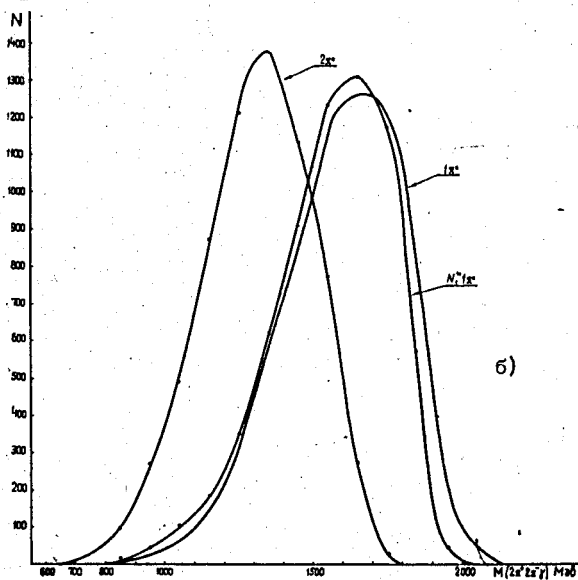
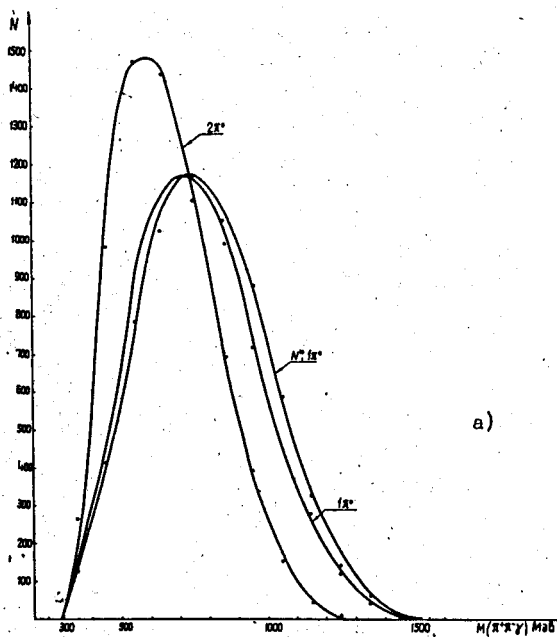


Рис. 6. Фазовые кривые для реакций 1а, 1б, 1г. а)  $M(\pi^+\pi^-\gamma)$   
 б)  $M(2\pi^+2\pi^-\gamma)$

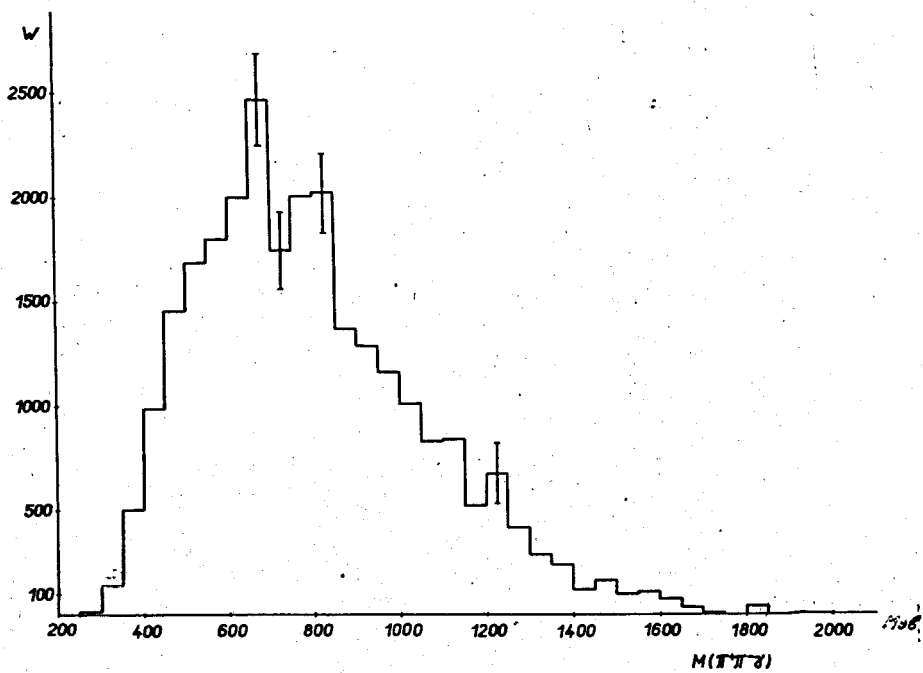


Рис. 7а. Распределение эффективных масс:  $M(\pi\pi)$

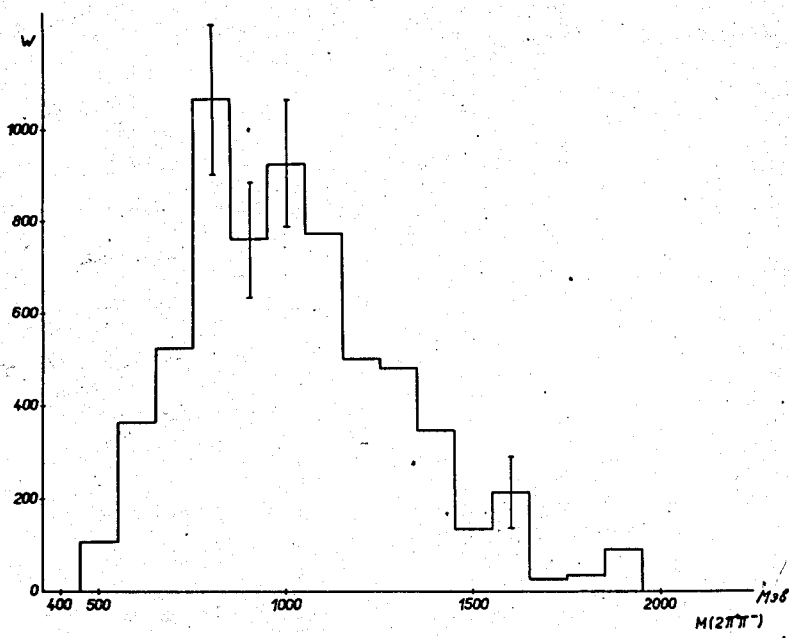


Рис. 76. Распределение эффективных масс:  $M(2\pi^+\pi^-)$

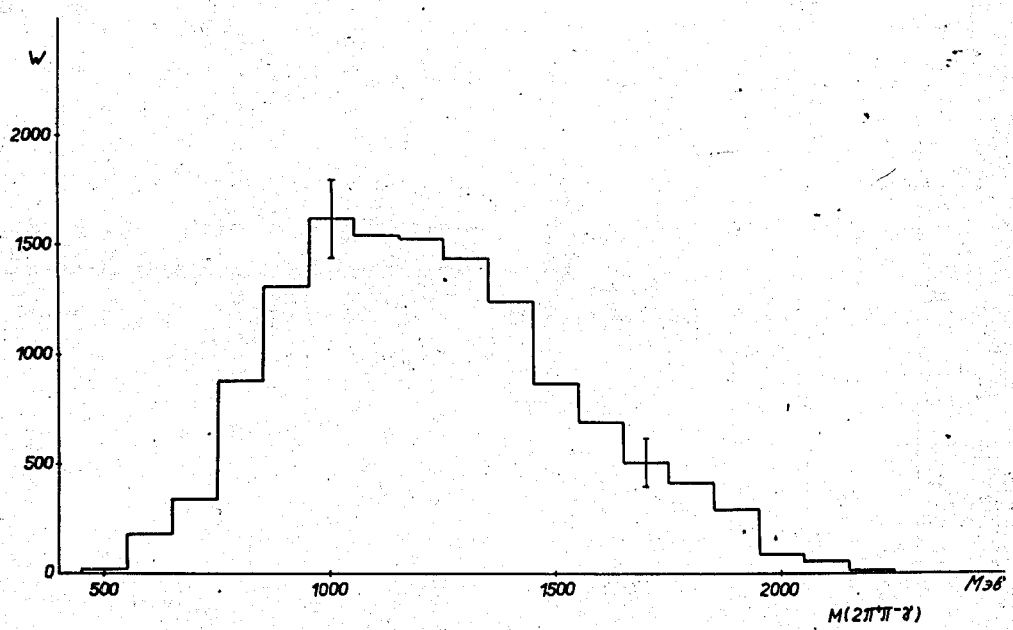


Рис. 7в. Распределение эффективных масс:  $M(2\pi^+\pi^-)$

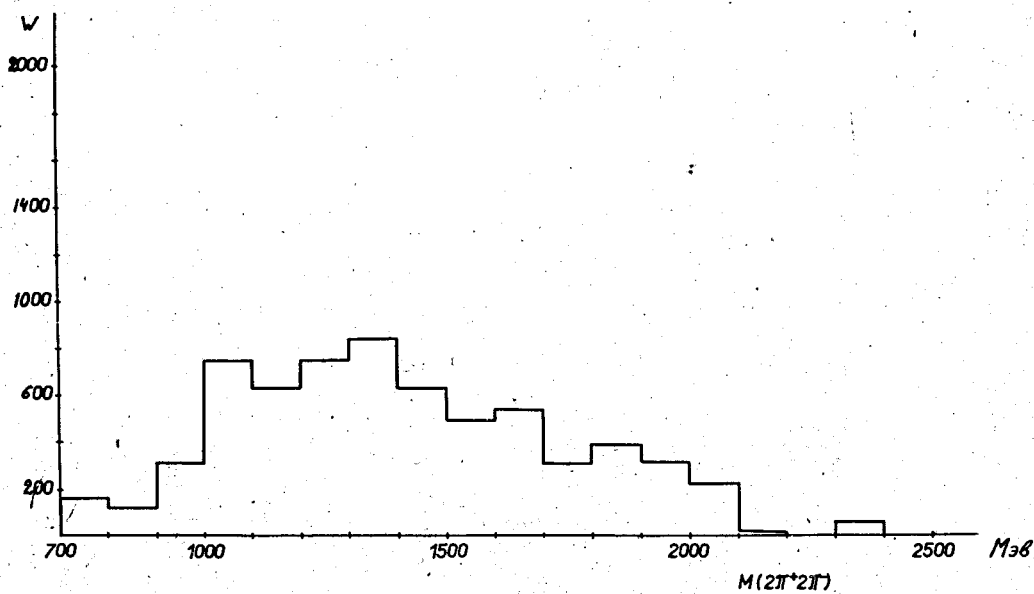


Рис. 7г. Распределение эффективных масс:  $M(2\pi^+2\pi^-)$

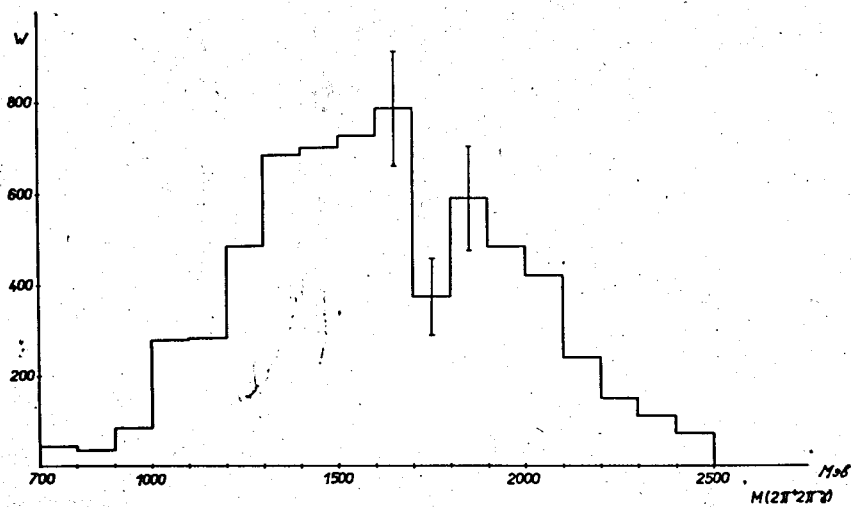


Рис. 7д. Распределение эффективных масс:  $M(2\pi^+2\pi^-\gamma)$



Фитирование экспериментальных распределений эффективных масс, где  $p \leq 1$  Гэв, не проводилось, т.к. примесь протонов с  $p > 1$  Гэв составляет  $< 10\%$  и является величиной того же порядка, что и ошибки в определяемых сечениях <sup>/2/</sup>.

В результате анализа экспериментальных данных были получены следующие значения сечений каналов (1а) и (1б):

$$\sigma(1a) = (1,21 \pm 0,12) \text{ мбн.},$$

$$\sigma(1b) = (0,22 \pm 0,04) \text{ мбн.}$$

Учёт реакции (1г) с образованием изобары  $N^*$  дает следующие результаты:

$$\sigma(1a) = (1,02 \pm 0,06) \text{ мбн.},$$

$$\sigma(1b) = (0,24 \pm 0,03) \text{ мбн.},$$

$$\sigma(1g) = (0,18 \pm 0,12) \text{ мбн.}$$

Суммарное сечение реакции (1) оказалось равным

$$\sigma(1) = (1,44 \pm 0,14) \text{ мбн.}$$

Значение полного сечения реакции (1) хорошо согласуется с данными работы <sup>/10/</sup>, выполненной на водородной камере при  $p \leq 4$  Гэв:

$$\sigma(1) = (1,47 \pm 0,07) \text{ мбн.}$$

Авторы выражают признательность М.М.Муминову, А.Г.Павловой за помощь в работе, В.Е.Комоловой - за расчёты фазовых кривых. Авторы благодарны также лаборантам, участвовавшим в работе, - Л.Аверьяновой, Т.Журавлевой, Т.Кулагиной, Н.Шариковой, а также лаборантам группы просмотра и измерений.

#### Л и т е р а т у р а

1.Я.Бэм, В.Г.Гришин, Э.П.Кистенев и др. ЯФ, 5, 1054 (1967).

2. В.Г.Гришин, М.Иреш, Д.К.Копылова и др. Препринт ОИЯИ Р1-4412, Дубна 1969.
3. Я.Бэм, В.Г.Гришин, А.Г.Кривенцова и др. Препринт ОИЯИ Р-2842 Дубна, 1966.
4. M.Block. N.C. vol. XXVIII, 279 (1963).
5. J.Bartsch, L.Bondar, R.Speth et al. N.C. 43A, 1010 (1966).
6. Б.П.Банник, Ким Хи Ин., А.А.Кузнецов и др. Препринт ОИЯИ, 1-3682, Дубна 1968.
7. В.Г.Гришин, М.Иреш, А.Г.Кривенцова и др. Препринт ОИЯИ, 1-3574, Дубна 1967.
8. М.С.Айнутдинов, Н.В.Васильева, С.М.Зомбковский и др. ЯФ, 1 вып. 6, 1071 (1965).
9. F.Bomse, S.Borenstein, E.Brucker et al. P.R., 162, N5, 1328 (1967).
10. L.Bondar, K.Bondartz, M.Deutschmann, et al. N.C. XXXI, 729 (1964).
11. G.Bellini, M. di Corato, F.Dumio et al. N.C. XLA, 948 (1965).
12. J.Ohba, T.Kobaiadhi, J.Ohba, T.Kobajasi. Supplement of the Progress of Theoretical Physics N 41-42, 90 (1967).
13. Suk Urk Chung, Orin J., Dahl J., Kirz et al. P.R. 165, 1491 (1968).
14. E.Alyea, R.R.Crittenden, K.F.Galloway. Phys.Rev.Lett., vol. 21, N.19, 1421 (1968).
15. F.Bomse, S.Borenstein, E.Brucker et al. Phys.Rev., 162, N5, 1328 (1967).

16. W.MóBugg, G.T.Condo, J.T.Humphreys et al. Nucl.Phys., B6, 246 (1968).
17. В.Е.Комолова, Г.И.Копылов. Препринт ОИЯИ 1-3574, Дубна, 1964.
18. И.Н.Силин, Препринт ОИЯИ, 11-3362, Дубна 1967.

Рукопись поступила в издательский отдел  
5 сентября 1969 года.