

4925/2-79



объединенный  
институт  
ядерных  
исследований  
дубна

Б-441

3/12-79  
P1 - 12510

А.А.Бельков, С.А.Бунятов, Б.Ж.Залиханов,  
В.С.Курбатов, А.Халбаев, В.А.Ярба

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ  $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0 n$   
ВБЛИЗИ ПОРОГА

1979

P1 - 12510

А.А.Бельков,<sup>1</sup> С.А.Бунятов, Б.Ж.Залиханов,  
В.С.Курбатов, А.Халбаев,<sup>2</sup> В.А.Ярба<sup>1</sup>

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ  $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0 n$   
ВБЛИЗИ ПОРОГА

*Направлено в ЯФ*

---

<sup>1</sup> Институт физики высоких энергий, Серпухов.

<sup>2</sup> Институт ядерной физики АН УзССР, Ташкент.



Бельков А.А. и др.

P1 - 12510

Исследование реакции  $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0 n$   
вблизи порога

На установке, состоящей из 4-канального годоскопа черенковских  $\gamma$ -спектрометров и сцинтилляционных счетчиков, измерены полные сечения реакции  $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0 n$  вблизи порога. Полное сечение реакции  $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0 n$  при энергии  $T_\pi = 240$  МэВ -  $0,13 \pm 0,02$  мбн; а при энергии  $T_\pi = 200$  МэВ -  $0,032 \pm 0,005$  мбн. Проведен изотопический анализ реакции  $\pi N \rightarrow \pi \pi N$  при энергии 240 МэВ. Отношение изотопических амплитуд  $X = F_{10} / F_{32}$  равно  $3,8 \pm 0,6$ .

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований, Дубна 1979

Beljkov A.A. et al.

P1 - 12510

The Investigation of the  $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0 n$  Reaction  
near the Threshold

The total cross sections of the  $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0 n$  reaction near the threshold have been measured by means of the experimental set-up consisting of a four-channel hodoscope, Cherenkov  $\gamma$ -spectrometers and scintillator counters. The total cross section of the  $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0 n$  reaction at 240 MeV has been obtained to be  $(0,13 \pm 0,02)$  mb, and at 200 MeV -  $(0,032 \pm 0,05)$  mb. The isotopic analysis of the  $\pi N \rightarrow \pi \pi N$  reaction at 240 MeV is performed. The ratio of isotopic amplitudes  $X = F_{10} / F_{32}$  equals  $3.8 \pm 0.6$ .

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

Настоящая работа является завершением экспериментальных исследований реакции  $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0 n$  вблизи порога с целью проверки киральной теории сильных взаимодействий [1, 2]. Реакция  $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0 n$  изучалась нами в работах [3, 4] при энергии падающего  $\pi$ -мезона 270 МэВ. В данной работе приводятся новые результаты, полученные при энергиях 240 и 200 МэВ.

## 1. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА И МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ

Реакция  $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0 n$  изучалась на экспериментальной установке, схематический вид которой показан на рис. 1. Установка состояла из двух пар черенковских  $\gamma$ -спектрометров  $\check{C}_1, \check{C}_2, \check{C}_3$  и  $\check{C}_4$ , лежащих на одной прямой по разные стороны от жидководородной мишени. Измерения проводились в двух геометриях.

В геометрии I обе пары спектрометров располагались под углом  $90^\circ$  к направлению пучка; в геометрии II пара  $\check{C}_1, \check{C}_2$  под углом  $120^\circ$ , а пара  $\check{C}_3, \check{C}_4$  - под углом  $60^\circ$  к пучку.

Реакция выделялась по  $\gamma\gamma$ -совпадениям в следующих комбинациях черенковских спектрометров:  $(\check{C}_1, \check{C}_3), (\check{C}_1, \check{C}_4), (\check{C}_2, \check{C}_3)$  и  $(\check{C}_2, \check{C}_4)$ . Углы между направлениями  $\gamma$ -квантов, регистрируемых комбинациями  $(\check{C}_1, \check{C}_3)$  и  $(\check{C}_2, \check{C}_4)$ , равны  $180^\circ \pm 14^\circ$ , а комбинациями  $(\check{C}_1, \check{C}_4)$  и  $(\check{C}_2, \check{C}_3)$  -  $156 \pm 14^\circ$ . Геометрии установки были выбраны таким образом, чтобы при установленных порогах регистрации  $\gamma$ -квантов  $E_\gamma = 30$  МэВ реакция  $\pi^- p \rightarrow \pi^0 n$  не регистрировалась, а вклад от реакции  $\pi^- p \rightarrow \pi^+ n$  не превышал 10%.

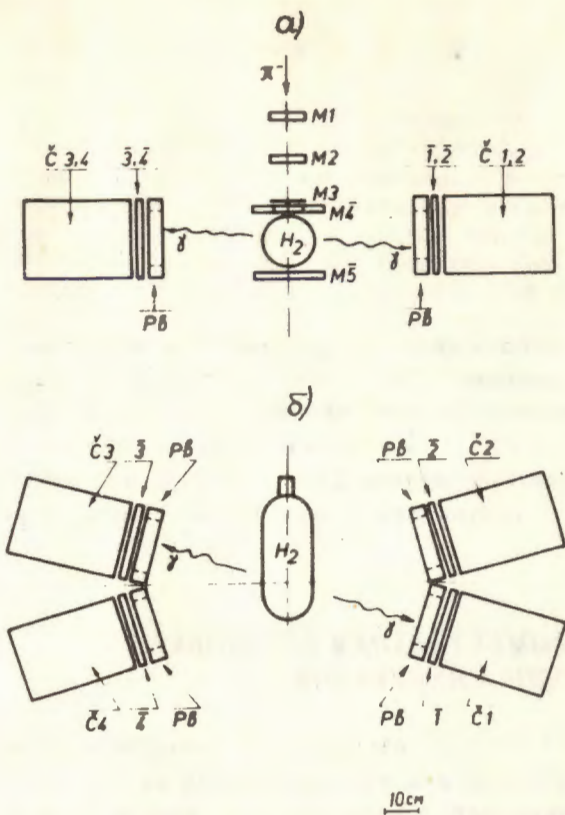
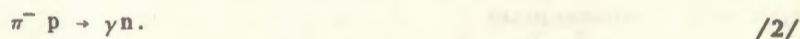
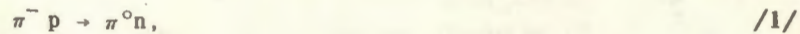


Рис. 1. Схематический вид экспериментальной установки.

Для калибровки черенковских спектрометров использовались  $\gamma$ -кванты от двух реакций:



Отрицательные пионы с энергией 80 МэВ тормозились в медном фильтре и останавливались в жидководородной мишени; испускаемые  $\gamma$ -кванты регистрировались спектрометрами, расположенными по разные стороны от мишени под углами  $90^\circ$  по

отношению к пучку. Энергия  $\gamma$ -квантов от реакции /1/ составляет в среднем  $67,5 \pm 15$  МэВ. В процессе /2/ образуются моноэнергетические  $\gamma$ -кванты с энергией 129 МэВ.

На рис. 2 показано амплитудное распределение импульсов от  $\gamma$ -квантов для одного из спектрометров. Отношение площади под первым пиком к площади под вторым должно равняться удвоенному значению отношения Пановского:

$$P = \sigma_{\text{tot}} (\pi^- p \rightarrow \pi^0 n) / \sigma_{\text{tot}} (\pi^- p \rightarrow \gamma n) = 1,53 \pm 0,02$$

Для калибровочного спектра отношение площадей под пиками равно  $2,91 \pm 0,16$ . Полученная ранее<sup>5/</sup> несколько большая величина этого отношения объясняется недостаточной экранировкой фоновых  $\gamma$ -квантов от медного фильтра.

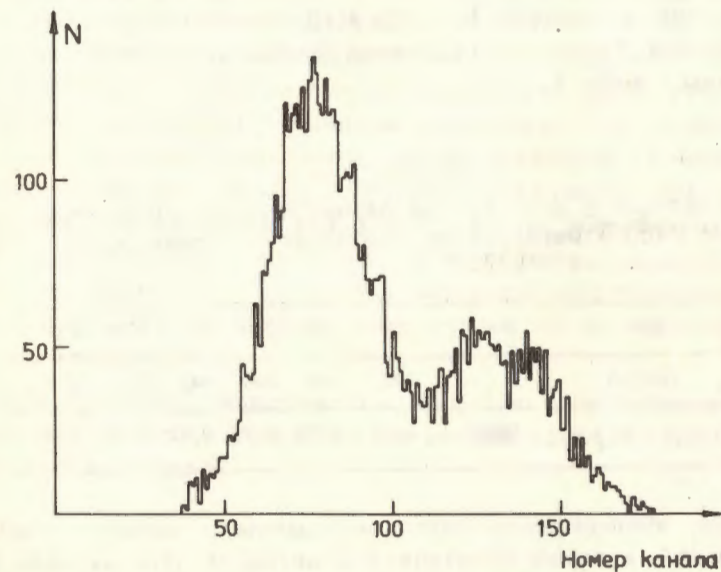


Рис. 2. Амплитудные распределения импульсов, полученные от  $\gamma$ -квантов с энергиями  $67,5 \pm 15$  МэВ и 129 МэВ.

Доля пионов в пучке определялась по времени пролета<sup>18/</sup>, и при энергии 240 МэВ составляла  $82 \pm 2\%$ , а при энергии 200 МэВ -  $78 \pm 2\%$ .

События, соответствующие реакциям



выделялись по  $\gamma\gamma$ -совпадениям от двух черенковских спектрометров с монитором. Уровень случайных совпадений составлял не более 15%. Эффект на водороде определялся путем вычитания отсчетов при измерениях с пустой мишенью. В среднем счет при пустой мишени составлял 45% от общего счета при энергии 240 МэВ и 75% - при энергии 200 МэВ.

Так как экспериментальная установка регистрировала  $\gamma$ -кванты от двух процессов /3/ и /4/, то для выделения реакции /3/ необходимо учесть вклад от процесса /4/. Для этого по модели /1/ были рассчитаны сечение реакции /4/ при пороге регистрации  $\gamma$ -квантов  $E_\gamma = 30$  МэВ и спектры  $\gamma$ -квантов от этой реакции. Результаты расчетов сечений реакции  $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \gamma n$  приведены в табл. 1.

Таблица 1

Сечение реакции  $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \gamma n$  для разных энергий налетающего пиона при пороге регистрации свободного  $\gamma$ -кванта  $E = 10$  МэВ /точность расчетов ~10%/.

$T_\pi$ (МэВ)	100	150	190	230	270	400
$R_\pi$ (МэВ/с)	195	255	300	343	390	520
$\sigma(\pi^- p \rightarrow \pi^0 \gamma n)$ (мб)	0,03	0,13	0,27	0,32	0,33	0,33

Целью эксперимента являлось измерение полного сечения реакции /3/, а также спектров  $\gamma$ -квантов от этой реакции для  $\gamma\gamma$ -совпадений различных комбинаций черенковских спектрометров в двух геометриях. Спектры  $\gamma$ -квантов от реакции /3/ получались путем вычитания вкладов от реакции /4/ из суммарных спектров, регистрируемых установкой. Полное сечение реакции  $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0 n$  вычислялось по формуле

$$\sigma = (N_{\gamma\gamma} - n_{\gamma\gamma}) / IN_H \epsilon,$$

где  $N_{\gamma\gamma}$  - измеренное число  $\gamma\gamma$ -совпадений,  $n_{\gamma\gamma}$  - вычисленное число  $\gamma\gamma$ -совпадений от реакции /4/ с учетом эффективности установки,  $I$  - поток пионов, падающих на мишень,  $N_H$  - число ядер водорода на  $1 \text{ см}^2$  в жидководородной мишени,  $\epsilon$  - эффективность экспериментальной установки к регистрации  $\gamma\gamma$ -совпадений от реакции /3/. Эффективность регистрации реакции /3/ по  $\gamma\gamma$ -совпадениям рассчитывалась при моделировании этого процесса с матричным элементом, который позволяет наилучшим образом описать экспериментальные спектры  $\gamma$ -квантов.

2. ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ ЭНЕРГИИ 240 МЭВ

На рис. 3 и 4 показаны спектры  $\gamma$ -квантов от реакции /3/ при энергии налетающего  $\pi$ -мезона  $240 \pm 10$  МэВ, которые были получены вычитанием вкладов от реакции /4/ из суммарных спектров, регистрируемых установкой. Сравнение полученных спектров с результатами моделирования реакции /3/ с постоянным матричным элементом показывает, что экспериментальные спектры существенно мягче расчетных. Кроме того, в обеих геометриях число  $\gamma\gamma$ -совпадений в комбинациях спектрометров, находящихся под углом  $180^\circ$ , на 30% больше, чем счет в комбинациях под углом  $156^\circ$  в то время как рассчитанные при постоянном матричном элементе эффективности регистрации двух  $\gamma$ -квантов практически не различаются для разных комбинаций.

Для описания экспериментальных спектров  $\gamma$ -квантов от реакции /3/ был использован матричный элемент, предложенный нами в работе /4/:

$$M^2 = \{ 1 + A(\vec{P}_{\pi^-}^* \cdot \vec{P}_n^*)^2 \} + B \{ (\vec{P}_{\pi_1^0}^* - \vec{P}_{\pi_2^0}^*) \cdot \vec{P}_n^* \}^2. \quad /5/$$

Такой матричный элемент соответствует введению угловых корреляций следующего вида:

$$\vec{P}_{\pi^-}^* \cdot \vec{P}_n^* = P_{\pi^-}^* P_n^* \cos \theta_{\pi n}^*,$$

$$\{ (\vec{P}_{\pi_1^0}^* - \vec{P}_{\pi_2^0}^*) \cdot \vec{P}_n^* \}^2 = F(E_n^*) (\cos \theta_{\pi_1^0 \pi_2^0 n}^*)^2.$$

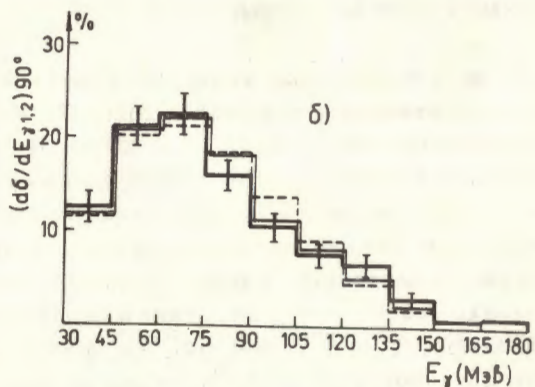
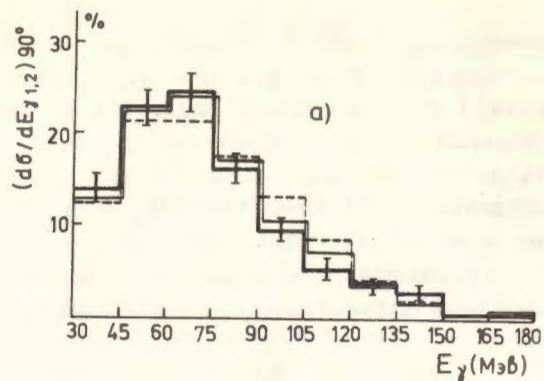


Рис. 3. Спектр  $\gamma$ -квантов от реакции  $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0 n$  при энергии  $T_\pi = 240$  МэВ. Геометрия I. Сплошная гистограмма с нанесенными на нее ошибками - эксперимент; пунктир - расчеты с постоянным матричным элементом  $M_1$ ; тонкая сплошная линия - расчеты с матричным элементом  $M_2$  при  $A = 0,3m_\pi^{-2}$  и  $B = 3m_\pi^{-4}$ .  $a/\theta_\gamma = 90^\circ$ ,  $\gamma\gamma$ -совпадения в комбинациях  $(\check{C}_1 + \check{C}_3)$  и

$(\check{C}_2 + \check{C}_4)$ .  $M_1$ :  $\chi^2/\bar{\chi}^2 = 3,5$ , C.L.  $< 1\%$ ;  $M_2$ :  $\chi^2/\bar{\chi}^2 = 1,6$ , C.L.  $\sim 1\%$ .  $b/\theta_\gamma = 90^\circ$ ,  $\gamma\gamma$ -совпадения в комбинациях  $(\check{C}_1 + \check{C}_4)$  и  $(\check{C}_2 + \check{C}_3)$ .

$M_1$ :  $\chi^2/\bar{\chi}^2 = 2$ , C.L.  $\sim 3\%$ ;  $M_2$ :  $\chi^2/\bar{\chi}^2 = 1,1$ , C.L.  $\sim 35\%$ .

Здесь звездочки означают, что углы и импульсы берутся в общей с.ц.и.;  $\theta_{\pi^0 \pi^0 n}^{II}$  - угол вылета нейтрона в с.ц.и. двух  $\pi^0$ -мезонов относительно импульса одного из  $\pi^0$ -мезонов;  $F(E_n^*)$ -кинематический фактор.

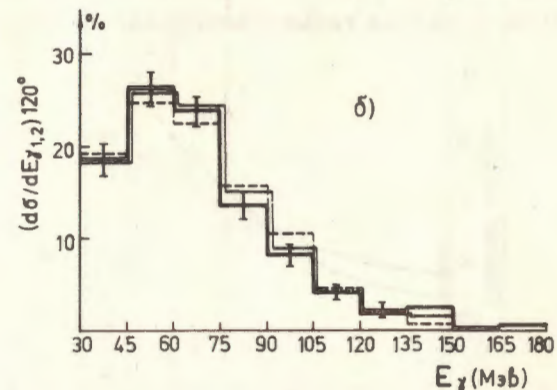
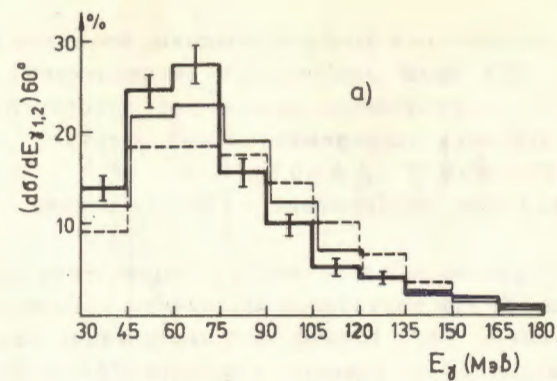


Рис. 4. Спектр  $\gamma$ -квантов от реакции  $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0 n$  при энергии  $T_\pi = 240$  МэВ. Геометрия II. Сплошная гистограмма с нанесенными на нее ошибками - эксперимент; пунктир - расчеты с постоянным матричным элементом  $M_1$ ; тонкая сплошная линия - расчеты с матричным элементом  $M_2$  при  $A = 0,3m_\pi^{-2}$  и  $B = 3m_\pi^{-4}$ .  $a/\theta_\gamma = 60^\circ$ , спектрометры  $\check{C}_1$  и  $\check{C}_2$  при  $\gamma\gamma$ -совпаде-

ниях в комбинациях  $(\check{C}_1 + \check{C}_3)$  и  $(\check{C}_2 + \check{C}_4)$ .  $M_1$ :  $\chi^2/\bar{\chi}^2 = 13$ , C.L.  $< 1\%$ ;  $M_2$ :  $\chi^2/\bar{\chi}^2 = 3,2$ , C.L.  $\sim 2\%$ .  $b/\theta_\gamma = 120^\circ$ , спектрометры  $\check{C}_3$  и

$\check{C}_4$  при  $\gamma\gamma$ -совпадениях в комбинациях  $(\check{C}_1 + \check{C}_3)$  и  $(\check{C}_2 + \check{C}_4)$ .  $M_1$ :  $\chi^2/\bar{\chi}^2 = 2,2$ , C.L.  $\sim 3\%$ ;  $M_2$ :  $\chi^2/\bar{\chi}^2 = 0,7$ , C.L.  $\sim 70\%$ .

Наилучшее описание экспериментальных спектров достигается при  $A = 0,3m_\pi^{-2}$  и  $B = 3m_\pi^{-4}$ . Спектры  $\gamma$ -квантов, рассчитанные с матричным элементом /5/, также показаны на рис. 3 и 4. Угловые распределения нейтрона, соответствующие введенным

в матричный элемент угловым корреляциям, показаны на рис. 5. При энергии 240 МэВ анизотропия распределения по углам  $\theta_{\pi\pi}^*$  и  $\theta_{\pi^0\pi^0\pi^0}$  существенно меньше той, которую приходится вводить для описания экспериментальных спектров  $\gamma$ -квантов при энергии 270 МэВ /4/ /  $A = 0,5\text{м}\pi^{-2}$ ,  $B = 4\text{м}\pi^{-4}$  /. Это и должно наблюдаться при приближении к порогу реакции / $T_{\text{пор.}} = 160$  МэВ/.

В табл. 2 сравниваются результаты вычисления полного сечения реакции /3/ при постоянном матричном элементе и с матричным элементом /5/. Полное сечение реакции /3/, рассчитанное с квадратом матричного элемента /5/ и усредненное по двум сеансам в разных геометриях, равно /0,13±0,02/ мби.

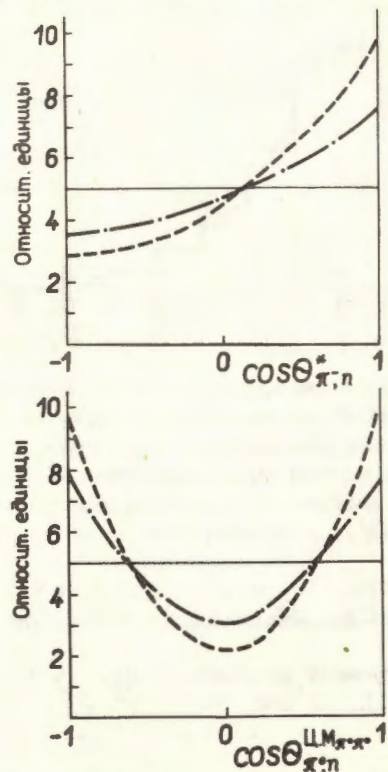


Рис. 5. Угловые распределения нейтрона. Сплошная линия - постоянный матричный элемент; пунктир - расчеты с матричным элементом /5/ при  $A = 0,5\text{м}\pi^{-2}$  и  $B = 4\text{м}\pi^{-4}$  /2/; штрих-пунктир - расчеты с матричным элементом /5/ при  $A = 0,3\text{м}\pi^{-2}$  и  $B = 3\text{м}\pi^{-4}$ .

Таблица 2  
Полные сечения реакции  $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0 \pi^0$  при энергии /240±10/ МэВ

№ комбинации	Сеанс № 1, I геом., $M = 9,5 \times 10^9$		Сеанс № 2, II геом., $M = 13,5 \times 10^9$	
	$N_{\pi^0, \pi^0 \pi^0}$	$M_1$	$N_{\pi^0, \pi^0 \pi^0}$	$M_1$
$\check{C}_1 + \check{C}_3$	458	0,16	619	0,15
$\check{C}_1 + \check{C}_4$	350	0,13	517	0,13
$\check{C}_2 + \check{C}_3$	382	0,14	551	0,13
$\check{C}_2 + \check{C}_4$	461	0,16	626	0,15
	1651	0,15±0,03	2313	0,14±0,02
		0,13±0,02		0,13±0,02

$M_1 = \text{const}$  ;  $\sigma = (0,15 \pm 0,03)$  мби  
 $M_2^2 = [1 + 0,3(\vec{p}_\pi^* \cdot \vec{p}_\pi^*)]^2 + 3,0 [(\vec{p}_{\pi_1}^* \cdot \vec{p}_{\pi_2}^*) \cdot \vec{p}_\pi^*]^2$  ;  $\sigma = (0,13 \pm 0,02)$  мби

В табл. 3 приведены результаты изотопического анализа реакции  $\pi N \rightarrow \pi\pi N$  при энергии 240 МэВ. В результате фитирования получены следующие значения изотопических амплитуд в единицах  $\text{мбн}/^{1/2}$ :  $|F_{10}| = 0,91 \pm 0,07$ ;  $|F_{32}| = 0,24 \pm 0,03$ ;  $|F_{31}| = 0,16 \pm 0,06$ ;  $|F_{11}| = 0,25 \pm 1,08$ . Отношение амплитуд  $X = |F_{10}|/|F_{32}|$  получается равным  $3,8 \pm 0,6$ .

Таблица 3

Изотопический анализ реакций  $\pi N \rightarrow \pi\pi N$  при энергии 240 МэВ

Канал реакции	Энергия $T_\pi$ (МэВ)	Эксперимент $\sigma$ (мбн)	Результат фита $\sigma$ (мбн)
$\pi^- p \rightarrow \pi^+ \pi^- n$	252	$0,14 \pm 0,04$ /8/	$0,16 \pm 0,04$
$\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0 n$	240	$0,13 \pm 0,02$	$0,12 \pm 0,02$
$\pi^- p \rightarrow \pi^+ \pi^- p$	246	$0,08 \pm 0,18$ /9/	$0,03 \pm 0,16$
$\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0 p$	246	$0,018 \pm 0,010$ /10/	$0,018 \pm 0,010$
$\pi^- p \rightarrow \pi^+ \pi^- n$	252	$0,023 \pm 0,005$ /11/	$0,023 \pm 0,005$

### 3. ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ ЭНЕРГИИ 200 МэВ

На рис. 6 и 7 показаны спектры  $\gamma$ -квантов от реакции /3/ при энергии налетающего  $\pi$ -мезона  $200 \pm 10$  МэВ и результаты моделирования реакции /3/ с постоянным матричным элементом. Сравнение экспериментальных спектров с рассчитанными показывает, что при энергии 200 МэВ постоянный матричный элемент позволяет хорошо описать спектры  $\gamma$ -квантов для разных  $\gamma\gamma$ -совпадений в обеих геометриях.

В табл. 4 приведены результаты вычислений полного сечения реакции  $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0 n$  при энергии 200 МэВ. Полное сечение этой реакции, усредненное по двум сеансам в разных геометриях, равно  $0,032 \pm 0,005$  мбн.

Изотопический анализ реакции  $\pi N \rightarrow \pi\pi N$  при энергии 200 МэВ не может быть проведен из-за отсутствия данных по полным сечениям этого процесса в других каналах.

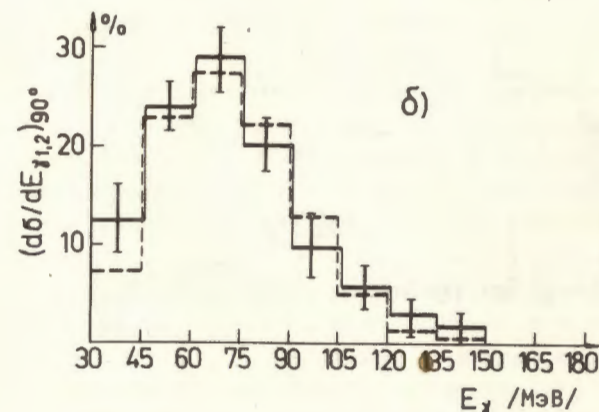
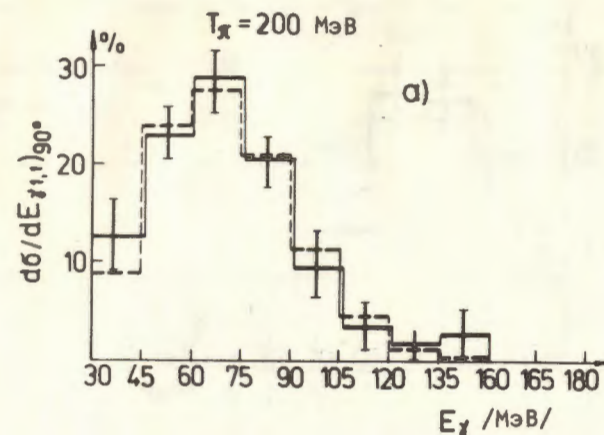


Рис. 6. Спектр  $\gamma$ -квантов от реакции  $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0 n$  при энергии  $T_\pi = 200$  МэВ. Геометрия I. Сплошная гистограмма с нанесенными на нее ошибками - эксперимент; пунктир - расчеты с постоянным матричным элементом. а/  $\theta_\gamma = 90^\circ$ ,  $\gamma\gamma$ -совпадения в комбинациях  $(\check{C}_1 + \check{C}_3)$  и  $(\check{C}_2 + \check{C}_4)$ ;  $\chi^2/\bar{\chi}^2 = 0,4$ . б/  $\theta_\gamma = 90^\circ$ ,  $\gamma\gamma$ -совпадения в комбинациях  $(\check{C}_1 + \check{C}_4)$  и  $(\check{C}_2 + \check{C}_3)$ ;  $\chi^2/\bar{\chi}^2 = 0,7$ .



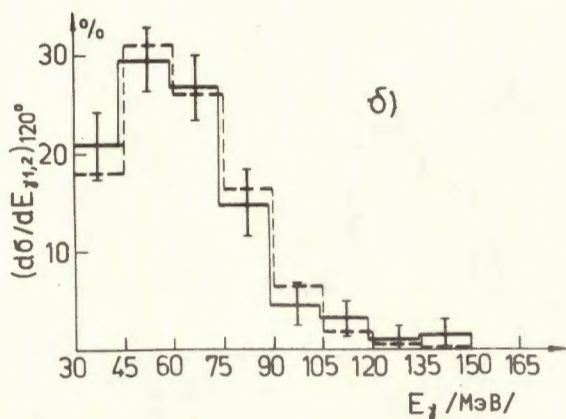
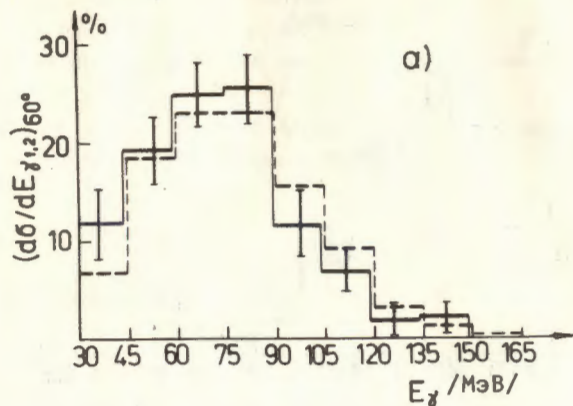


Рис. 7. Спектр  $\gamma$ -квантов от реакции  $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0 n$  при энергии  $T_\pi = 200$  МэВ. Геометрия II. Сплошная гистограмма с нанесенными на нее ошибками - эксперимент; пунктир - расчеты с постоянным матричным элементом. а/  $\theta_\gamma = 60^\circ$ , спектрометры  $\check{C}_1$  и  $\check{C}_2$  при  $\gamma\gamma$ -совпадениях в комбинациях  $(\check{C}_1 + \check{C}_3)$  и  $(\check{C}_2 + \check{C}_4)$ ;  $\chi^2/\bar{\chi}^2 = 0,8$ . б/  $\theta_\gamma = 120^\circ$ , спектрометры  $\check{C}_3$  и  $\check{C}_4$  при  $\gamma\gamma$ -совпадениях в комбинациях  $(\check{C}_1 + \check{C}_2)$  и  $(\check{C}_2 + \check{C}_4)$ ;  $\chi^2/\bar{\chi}^2 = 0,4$ .

Таблица 4

Полные сечения реакции  $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0 n$  при энергии  $/200 \pm 10/$  МэВ

№ комбинации	Сеанс № 1, $M = 11,9 \times 10^9$	I геом.,	Сеанс № 2, $M = 14,3 \times 10^9$	II геом.
	$N_{\pi^0 \pi^0 n}$	$\sigma$ (мбн)	$N_{\pi^0 \pi^0 n}$	$\sigma$ (мбн)
$\check{C}_1 + \check{C}_3$	$151 \pm 59$	$0,031 \pm 0,012$	$201 \pm 61$	$0,038 \pm 0,012$
$\check{C}_1 + \check{C}_4$	$100 \pm 52$	$0,026 \pm 0,014$	$173 \pm 53$	$0,039 \pm 0,012$
$\check{C}_2 + \check{C}_3$	$103 \pm 56$	$0,027 \pm 0,015$	$141 \pm 62$	$0,032 \pm 0,014$
$\check{C}_2 + \check{C}_4$	$146 \pm 43$	$0,030 \pm 0,009$	$155 \pm 45$	$0,030 \pm 0,008$
	500	$0,029 \pm 0,006$	670	$0,034 \pm 0,005$

$$\sigma = 0,032 \pm 0,005 \text{ мбн}$$

#### 4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Таким образом, нами измерены сечения реакции  $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0 n$  вблизи порога при трех значениях энергии налетающего  $\pi$ -мезона: 200, 240 и 270 МэВ. Проведен изотопический анализ полных сечений реакций  $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0 n$  при 270 и 240 МэВ, который показал, что полные сечения всех каналов реакции  $\pi N \rightarrow \pi \pi N$  согласуются между собой в соответствии с требованиями изотопической инвариантности сильных взаимодействий. В табл. 5 приведены значения полных сечений реакции  $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0 n$  при разных энергиях  $T_\pi$  и отношения изотопических амплитуд  $X = |F_{10}|/|F_{32}|$ , полученных из изотопического анализа.

До настоящего времени не было данных о полных сечениях реакции  $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0 n$  вблизи порога  $/T_\pi < 270$  МэВ/. Полученные в настоящей работе результаты позволяют провести сравнение экспериментальных данных по полным сечениям одного из основных каналов реакции  $\pi N \rightarrow \pi \pi N$  с расчетами в теории нарушенной киральной симметрии сильных взаимодействий. В работе [12] были проведены такие расчеты с учетом только пион-нуклонных диаграмм древесного вида. Эти расчеты показывают, что экспериментальные данные по полным сечениям всех

Таблица 5

Результаты исследования реакции  $\pi^-p \rightarrow \pi^0\pi^0p$  вблизи порога

$T_x$ МэВ	$T^*$ МэВ	$\sigma(x, p \rightarrow x, \pi^0 p)$ мбн	$\chi$
200	30	$0,032 \pm 0,005$	
240	62	$0,13 \pm 0,02$	$3,8 \pm 0,6$
270	83	$0,26 \pm 0,02$	$4,4 \pm 0,4$

 $T^*$  - кинетическая энергия трех частиц в общей с.ц.м.

каналов реакции  $\pi N \rightarrow \pi\pi N$  не могут быть описаны с помощью введения в эффективный лагранжиан  $\pi\pi$ -рассеяния дополнительных членов, соответствующих четвертому порядку разложения амплитуды  $\pi\pi$ -рассеяния по 4-импульсам пионов. По-видимому, для описания реакций  $\pi N \rightarrow \pi\pi N$  в рамках киральной теории следует учесть обмен изобарой  $\Lambda_{33}$  и диаграммы с пионными петлями. В настоящее время нами проводятся соответствующие расчеты.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Feynman R., Gell-Mann M. *Phys.Rev.*, 1958, 109, p.193.
2. Gell-Mann M.G. *Phys.Rev.*, 1962, 125, p.1067.
3. Бунятов С.А. и др. *ЯФ*, 1977, 25, с.325.
4. Бельков А.А. и др. *ЯФ*, 1978, 28, с.1275.
5. Бунятов С.А. и др. *ПТЭ*, 1976, 6, с.42.
6. Бунятов С.А. и др. *ОИЯИ*, 13-10157, Дубна, 1976.
7. Мусаханов Н.М. *ЯФ*, 1974, 19, с.630.
8. Батусов Ю.А. и др. *ЯФ*, 1965, 1, с.526.
9. Блохинцева Т.Д. и др. *ЖЭТФ*, 1963, 44, с.498.
10. Батусов Ю.А. и др. *ЯФ*, 1975, 21, с.308.
11. Кравцов А.В. и др. *Препринт ЛИЯФ*, № 290, 1976.
12. Vereshchagin V.V., Sherman S.G. *Preprint LNPI*, No. 257, Leningrad, 1976.

Рукопись поступила в издательский отдел  
4 июня 1979 года.