



сообщения  
Объединенного  
Института  
Ядерных  
Исследований  
Дубна

2963 / 2-81

15/6-81

P1-81-126

А. Абдивалиев, К. Бешлиу, А. П. Гаспарян,  
С. Г. Груиа, А. П. Иерусалимов, Д. К. Копылова,  
Ф. Которобай, В. И. Мороз, А. В. Никитин,  
Ю. А. Троян

СЕЧЕНИЯ КАНАЛОВ РЕАКЦИЙ  
В ТРЕХЛУЧЕВЫХ  $np$ -ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ  
ПРИ  $P_n = 1,25; 1,73; 2,23; 3,83$   
И 5,10 ГэВ/с

1981

## 1. УСЛОВИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Для изучения пр-взаимодействий в интервале импульсов  $1 \div 5$  ГэВ/с однометровая водородная пузырьковая камера<sup>/1/</sup> была облучена нейтронами от стриппинга ускоренных дейтронов<sup>/2/</sup>. Импульсы и ширины спектров нейтронов составляли  $P_n \pm \sigma_p =$   
 $= /1,25 \pm 0,03/$  ГэВ/с,  $/1,73 \pm 0,05/$  ГэВ/с,  $/2,23 \pm 0,07/$  ГэВ/с,  
 $/3,83 \pm 0,12/$  ГэВ/с,  $/5,10 \pm 0,17/$  ГэВ/с.

Условия облучения описаны в работе<sup>/2/</sup>.

Пучок первичных нейтронов был сколлимирован и направлен по оси камеры. Рабочая область пучка равнялась  $4 \times 4$  см<sup>2</sup>. На расстоянии 0,8 см от границы пучка шли только вторичные нейтроны. Эффективность просмотра составляла более 0,99.

Исследовались реакции:

- |   |     |
|---|-----|
| пр $\rightarrow$ пр $\pi^-$ ,                                   | /1/ |
| пр $\rightarrow$ пр $\pi^- \pi^0$ ,                             | /2/ |
| пр $\rightarrow$ пр $\pi^+ \pi^-$ п,                            | /3/ |
| пр $\rightarrow$ 3 луча + m нейтральных частиц<br>(m $\geq$ 2), | /4/ |

для чего отбирались трехлучевые звезды; ранее в событиях этой топологии была исследована реакция<sup>/3/</sup>:

- |                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| пр $\rightarrow$ д $\pi^+ \pi^-$ . | /5/ |
|------------------------------------|-----|

При определении сечений были сделаны поправки на пары Далица. Около 1,2% событий /2/ сопровождаются электронно-позитронными парами Далица и при просмотре могли быть ошибочно исключены из трехлучевых звезд. Также могли быть потеряны события /4/ с парами Далица. Оценки показывают, что таких случаев - менее 1% числа событий /4/. Однолучевые звезды с парами Далица могли быть ошибочно приняты за трехлучевые звезды. Количество таких случаев соответствует сечению  $/0,08 \pm 0,13/$  мб, они могут в основном попадать в события /4/. Часть случаев однолучевых звезд с парой Далица была исключена при просмотре.

Вторая группа поправок связана со вторичными нейтронами, сопровождающими первичный пучок. Вторичные нейтроны возникают в передней стенке камеры и в слое жидкого водорода, расположенном перед рабочим объемом. Оценки показывают, что таких

событий, вызванных вторичными нейтронами, не более 6±9% в зависимости от импульса пучка. Методически они делятся в отношении 1:2 между реакциями /2÷3/ и /4/.

События измерялись на сканирующем автомате НРД /~80%/ и полуавтоматах ПУОС /~20%/. Их геометрическая реконструкция и идентификация выполнялись по программам /5,6/, оптические константы камеры были взяты из работы /7/.

Средняя точность определения  $P_{\Sigma}$  была лучше 2%, где

$$P_{\Sigma} = \left| \sum_{i=1}^3 \vec{P}_i \right|,$$

$\vec{P}_i$  - измеренные импульсы частиц;  
события с

$$\Delta P_{\Sigma} > 0,09 P_n \quad \text{или} \quad \Delta P_i / P_i > 0,30$$

/6/

считались неизмеримыми.

В рабочем объеме камеры таких событий насчитывалось около 3% при  $P_n = 5,10$  ГэВ/с, с уменьшением  $P_n$  относительное количество неизмеримых событий быстро падало. При расчете сечений принималось, что соотношение процессов /1÷4/ для группы неизмеримых событий такое же, как и для остальных.

Идентификация каналов реакций основывалась на использовании величин  $\chi^2$  для каждого конкретного события. В качестве доверительных границ принимались значения  $C_4 = 25$  для четырех степеней свободы и  $C_1 = 12,5$  для одной степени свободы.

Следует отметить, что о принадлежности события к процессу /3/ можно сделать два предположения в зависимости от того, какой из положительных треков /быстрый или медленный/ является протоном. Эти гипотезы обозначаются соответственно как "п" и "п'".

Типичные распределения событий по величине  $\chi^2$  показаны на рис.1:/а - для реакции /1/, б - для реакции /3//.

Представление о возможности разделения событий только по  $\chi^2$  дает табл.1, в которой показано распределение событий по доверительным областям для различных гипотез и их комбинаций.

Если значения  $\chi^2$  для двух или большего числа гипотез попадали в доверительные интервалы, то для идентификации положительных частиц использовалась визуальная оценка ионизации. Эта процедура применялась для  $P_{++} < 1100$  МэВ/с при условии, что трек частицы имеет угол погружения  $|\alpha| < 45^\circ$ .

## 2. ВЫДЕЛЕНИЕ СОБЫТИЙ $pp \rightarrow pp\pi^-$

В условиях эксперимента имеются достаточно большие группы событий, удовлетворяющие одновременно условиям  $\chi_1^2 < C_4$  и  $\chi_i^2 < C_1$  ( $i=2,3$ ), где  $\chi_i^2$  относится к гипотезе (i).

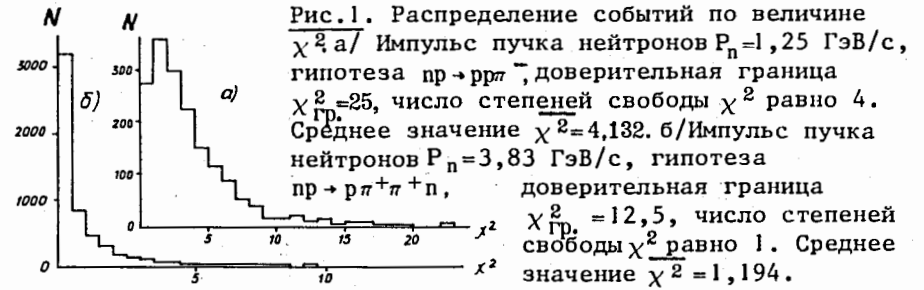


Таблица 1

Количество событий /в процентах/, для которых  $\chi_1^2$  попадает в различные доверительные области. В колонках слева единичкой отмечено попадание в доверительную область для соответствующей гипотезы

| Гипотезы              | Импульс пучка /ГэВ/с/ |      |      |      |      |      |     |
|-----------------------|-----------------------|------|------|------|------|------|-----|
|                       | 1,25                  | 2,23 | 3,83 | 5,10 |      |      |     |
| $pp\pi^-$<br>"0"      |                       |      |      |      |      |      |     |
| $pp\pi^+$<br>"п"      |                       |      |      |      |      |      |     |
| $pp\pi^+\pi^-$<br>"п" |                       |      |      |      |      |      |     |
| $pp\pi^+\pi^-$<br>"п" |                       |      |      |      |      |      |     |
| I                     | 100                   | 35,2 | 13,9 | 5,3  |      |      |     |
| -                     | I                     | 8,5  | 13,2 | 13,0 |      |      |     |
| I                     | I                     | 3,0  | 6,9  | 10,9 |      |      |     |
| -                     | -                     | I    | 48,2 | 48,7 | 45,2 |      |     |
| I                     | -                     | I    | 0,1  | 0,9  | 0,3  |      |     |
| -                     | I                     | I    | 0,1  | 1,8  | 5,3  |      |     |
| I                     | I                     | I    | -    | 0,1  | 0,6  |      |     |
| -                     | -                     | -    | I    | 2,9  | 11,2 | 13,1 |     |
| I                     | -                     | -    | I    | -    | -    | -    |     |
| -                     | I                     | -    | I    | -    | -    | 1,3  | 2,2 |
| I                     | I                     | -    | I    | -    | -    | -    | -   |
| -                     | -                     | I    | I    | -    | -    | 0,9  | 1,6 |
| I                     | -                     | I    | I    | -    | -    | -    | -   |
| -                     | I                     | I    | I    | -    | -    | 1,1  | 2,5 |
| I                     | I                     | I    | I    | -    | -    | -    | -   |

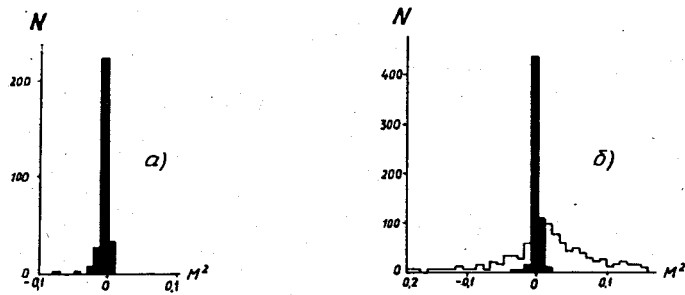


Рис.2. Распределение событий с  $\chi_1^2 < 25$  по недостающей массе  $M^2$  для  $P_n = 5, 10$  ГэВ/с. а/ Распределение по  $M^2$  событий с  $\chi_1^2 < 25$ ,  $\chi_2^2 > 12,5$ ,  $\chi_3^2 > 12,5$ . Среднее значение  $M^2 = -3552$  /МэВ/с<sup>2</sup>/2. б/ Распределение /черное/ по  $M^2$  событий с  $(\chi_1^2 < 25, \chi_2^2 < 12,5)$ .  $M^2 = -3186$  /МэВ/с<sup>2</sup>/2. Тонкой линией нанесено распределение событий по  $M^2$  для процесса  $pp \rightarrow pp\pi^-\pi^0$ , который выделен по условию  $\chi_1^2 > 25$ ,  $\chi_2^2 < 12,5$ . Максимум распределения соответствует массе  $\pi^0$ -мезона.

Анализ распределений по недостающей массе  $M^2$  показывает /рис.2/, что все эти события следует отнести к событиям /1/.

Действительно, форма распределения /1/ по  $M^2$  на рис.2а полностью совпадает с формой распределения по  $M^2$  всех событий с  $\chi_1^2 < C_4$  /рис.2б/. Распределение оставшихся событий на рис.2б ( $\chi_1^2 > C_4, \chi_2^2 < C_1$ ) симметрично, его максимум отвечает массе  $\pi^0$ -мезона. Таким образом, к событиям  $pp \rightarrow pp\pi^-$  были отнесены все события с  $\chi_1^2 < C_4$ .

Вывод о том, что события с  $\chi_1^2 < C_4$  вызваны процессом /1/, согласуется с приведенными в работе 4/8/ соображениями о преимущественном отнесении событий, удовлетворяющих одновременно 4с- и 1с-фиту, к реакциям, соответствующим 4с-фиту, и подтверждается тем, что при проведении идентификации событий по ионизации положительных треков не найдено противоречий условию  $\chi_1^2 < C_4$ .

### 3. ВЫДЕЛЕНИЕ СОБЫТИЙ $pp \rightarrow pp\pi^-\pi^0$ И $pp \rightarrow pp^+\pi^-\pi$

Из табл.1 следует, что при  $P_n = 5, 10$  ГэВ/с для 13 и 60% событий  $\chi^2$  попадает только в доверительную область соответственно процессов /2/ или /3/ и для 10% событий одновременно выполняется условие  $\chi_2^2 < C_1$  и  $\chi_3^2 < C_1$ .

Для разделения событий по реакциям /2/ и /3/ была использована изотопическая симметрия процесса /3/, вследствие которой

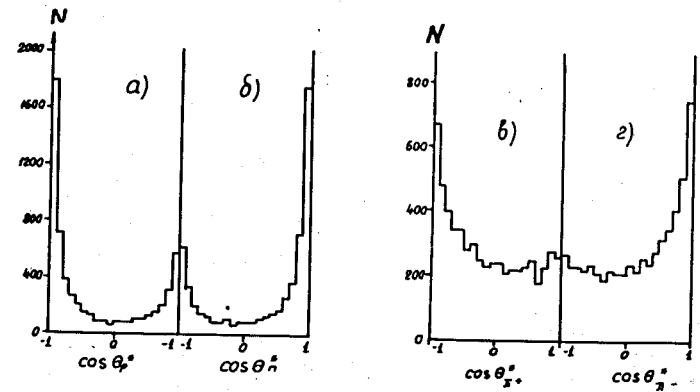


Рис.3. Распределение в СЦМ частиц по  $\cos\theta^*$  из событий, идентифицированных как  $pp \rightarrow pp^+\pi^-\pi$  при  $P_n = 3,83$  ГэВ/с. а/ Протоны,  $\cos\theta_p^* = -0,308$ ; б/ нейтроны,  $\cos\theta_n^* = 0,289$ . в/  $\pi^+$ -мезоны,  $\cos\theta_{\pi^+}^* = -0,156$ ; г/  $\pi^-$ -мезоны,  $\cos\theta_{\pi^-}^* = 0,173$ .

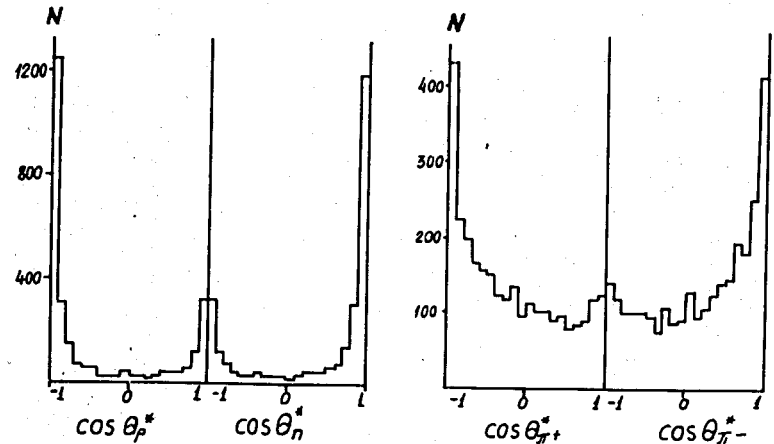


Рис.4. Распределение по  $\cos\theta^*$  в СЦМ частиц из событий, идентифицированных как  $pp \rightarrow pp^+\pi^-\pi$ , при  $P_n = 5, 10$  ГэВ/с. а/ Протоны,  $\cos\theta_p^* = -0,415$ ; б/ нейтроны,  $\cos\theta_n^* = 0,391$ ; в/  $\pi^+$ -мезоны,  $\cos\theta_{\pi^+}^* = -0,215$ ; г/  $\pi^-$ -мезоны,  $\cos\theta_{\pi^-}^* = 0,202$ .

импульсные спектры  $\pi^+$ -мезонов в лабораторной системе и  $\pi^-$ -мезонов в антилабораторной системе должны совпадать. Спектр  $\pi^-$ -мезонов имеет довольно четкую границу при  $P_{lim} = 2,3$  ГэВ/с

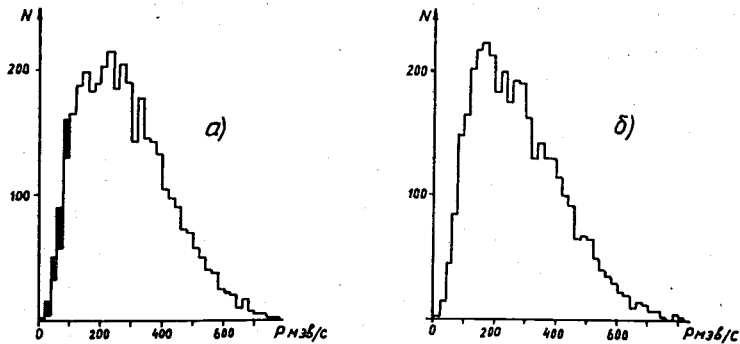


Рис. 5. Импульсные спектры  $\pi^+$ -мезонов в лабораторной системе /а/ и  $\pi^-$ -мезонов в антилабораторной системе /б/. /  $P_n = 2,23$  ГэВ/с, процесс  $pr \rightarrow p\pi^+\pi^-\pi$  /. а/ Черным отмечены изменения в распределении за счет весов  $W > 1$  для событий с  $P_{\pi^+} < 100$  МэВ/с, т.е. поправки на потери низкоэнергетических  $\pi^+$ -мезонов.

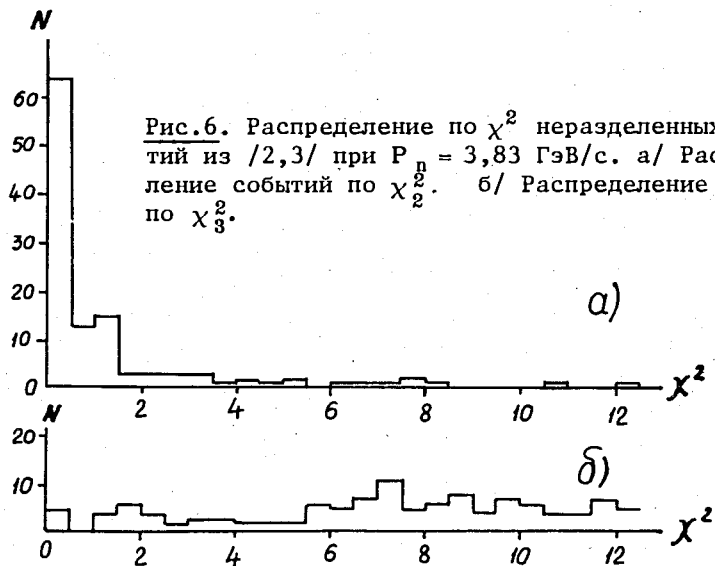


Рис. 6. Распределение по  $\chi^2$  неразделенных событий из /2,3/ при  $P_n = 3,83$  ГэВ/с. а/ Распределение событий по  $\chi^2_2$ . б/ Распределение событий по  $\chi^2_3$ .

/значение для  $P_n = 5,10$  ГэВ/с/. В области выше этой границы попадает не более 1,1%  $\pi^-$ -мезонов из событий реакции /3/. Поэтому все положительные частицы с импульсом  $P > P_{lim}$  можно считать протонами. Этот прием резко уменьшает количество неразделенных событий.

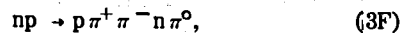
Для получения лучшего согласия между спектрами  $\pi^+$ - и  $\pi^-$ -мезонов в лабораторной и антилабораторной системах соответственно большую часть оставшихся неразделенными событий из групп  $(\pi^0, \pi)$  и  $(\pi^0, \pi')$  необходимо было отнести к событиям процесса /2/ для улучшения симметрии в СЦМ между распределениями изотопически сопряженных частиц /рис. 3 и 4/. Справедливость такого разделения подтверждают результаты, полученные при моделировании реакций /2/ и /3/, которое описывается ниже. При этом разделение событий " $\pi$ " и " $\pi'$ " было сделано по относительной величине  $\chi^2$ .

Сравнение импульсных спектров сопряженных частиц / $\pi^+$  и  $\pi^-$ ,  $p$  и  $\bar{p}$ / позволяет ввести коррекцию на потерю событий с малоэнергичными частицами /рис.5/.

Анализ распределений по величине  $\chi^2$  для событий  $(\pi^0, \pi)$  и  $(\pi^0, \pi')$  показывает, что неопределенность предложенной процедуры разделения составляет  $\sim 0,23$  мб при  $P_n = 5,10$  ГэВ/с. С уменьшением  $P_n$  эта неопределенность быстро убывает, и при  $P_n = 3,83$  ГэВ/с ее уже практически нет /рис.6/, так как распределение по  $\chi^2$  в предположении о принадлежности этих событий к реакции /2/ близко к теоретическому, а в предположении об их принадлежности к реакции /3/ резко от него отличается. Поэтому события этого класса следует отнести к реакции /2/.

#### 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОПРАВКИ НА СОБЫТИЯ С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ $\pi^0$ -МЕЗОНОМ ИЛИ ДВУМЯ НЕЙТРОНАМИ

При  $P_n = 5,10$  и  $3,83$  ГэВ/с с довольно большим сечением идут процессы



На рис. 7-9 представлены распределения по квадрату недостающей массы ( $M^2$ ) событий, отнесенных к реакциям /2/ и /3/.

Максимумы распределений хорошо согласуются с массами  $\pi^0$ -мезона и нейтрона соответственно. Однако ясно заметна несимметрия распределений. Правая часть распределения /"хвост"/ выше, чем левая. Естественное объяснение связано с тем, что события (2F), (3F) и (4F) имеют определенную вероятность получить малый  $\chi^2$  в предположении о принадлежности их к процессам /2/ или /3/.

Для определения величины фона была использована специальная процедура /9/, которая будет изложена на примере реакций /3/ и фоновой реакции (3F).

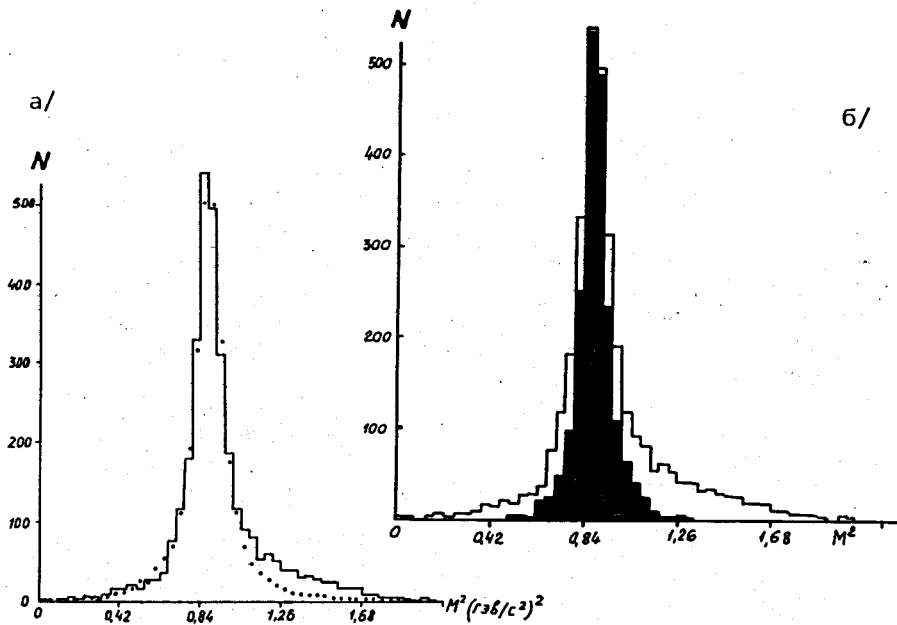


Рис.7. Распределение событий, идентифицированных как  $pr \rightarrow r\pi^+\pi^-\pi$ , по величине квадрата недостающей массы для  $P_n = 5, 10$  ГэВ/с. а/ Пунктиром обозначено смоделированное распределение, которое на участке  $0,294 < M^2 < 1,05$  /ГэВ/с<sup>2</sup>/<sup>2</sup> подгонялось по оси ординат к экспериментальному распределению. События в области  $M^2 > 1,05$  /ГэВ/с<sup>2</sup>/<sup>2</sup> имеют вес  $W < 1$ , так как там есть примесь от процесса  $pr \rightarrow r\pi^+\pi^-\pi\pi^0$ .  $M^2 = 0,937$  /ГэВ/с<sup>2</sup>/<sup>2</sup> до коррекции,  $M^2 = 0,882$  /ГэВ/с<sup>2</sup>/<sup>2</sup> после коррекции весов; в распределении - 3178 событий. б/ Выборка из экспериментальных событий по условию  $\chi^2_3 < 1$ . В распределении - 1964 события.

Из событий, попавших в распределение по  $M^2$  /рис.7б/, делается выборка по  $\chi^2_{r\pi^+\pi^-\pi} < 1$  /закрашено черным/. Распределение отобранных событий симметрично по  $M^2$ , так как такая выборка уменьшает долю фоновых событий. Каждое из событий выборки используется как исходное при моделировании процесса измерений, который будет менять подобранные программой идентификации параметры частиц. /Распределение измерительных ошибок считается нормальным, дисперсии параметров для каждого трека берутся из программы геометрической реконструкции/.

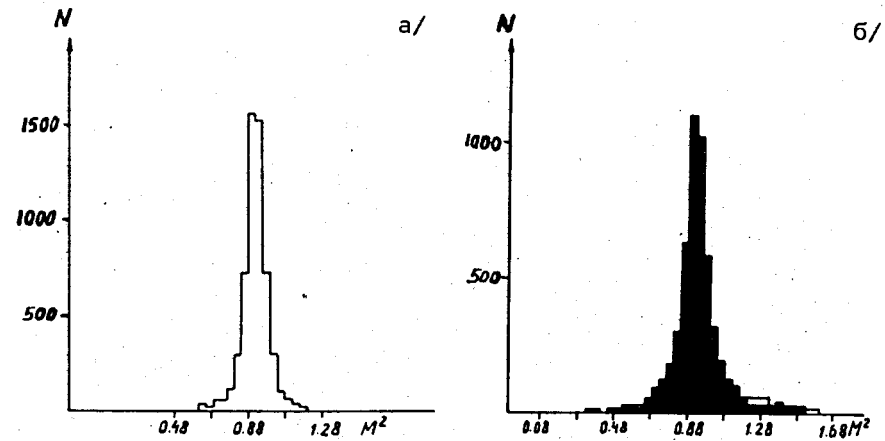


Рис.8. Распределение событий, идентифицированных как  $pr \rightarrow r\pi^+\pi^-\pi^0$ , по величине квадрата недостающей массы для  $P_n = 2, 23$  и  $3, 83$  ГэВ/с. а/  $P_n = 2, 23$  ГэВ/с,  $M^2 = 0,878$  /ГэВ/с<sup>2</sup>/<sup>2</sup>, 3723 события, б/  $P_n = 3, 83$  ГэВ/с,  $M^2 = 0,897$  /ГэВ/с<sup>2</sup>/<sup>2</sup> до коррекции на фон от процесса  $pr \rightarrow r\pi^+\pi^-\pi\pi^0$ ,  $M^2 = 0,880$  /ГэВ/с<sup>2</sup>/<sup>2</sup> после коррекции, в распределении - 5843 события.

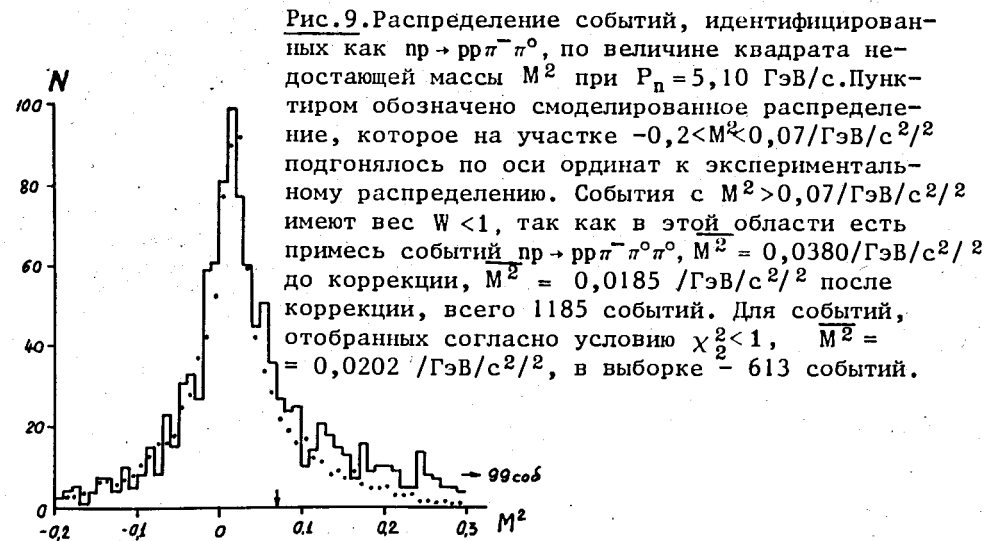


Рис.9. Распределение событий, идентифицированных как  $pr \rightarrow r\pi^+\pi^-\pi^0\pi^0$ , по величине квадрата недостающей массы  $M^2$  при  $P_n = 5, 10$  ГэВ/с. Пунктиром обозначено смоделированное распределение, которое на участке  $-0,2 < M^2 < 0,07$  /ГэВ/с<sup>2</sup>/<sup>2</sup> подгонялось по оси ординат к экспериментальному распределению. События с  $M^2 > 0,07$  /ГэВ/с<sup>2</sup>/<sup>2</sup> имеют вес  $W < 1$ , так как в этой области есть примесь событий  $pr \rightarrow r\pi^+\pi^-\pi^0\pi^0$ ,  $M^2 = 0,0380$  /ГэВ/с<sup>2</sup>/<sup>2</sup> до коррекции,  $M^2 = 0,0185$  /ГэВ/с<sup>2</sup>/<sup>2</sup> после коррекции, всего 1185 событий. Для событий, отобранных согласно условию  $\chi^2_2 < 1$ ,  $M^2 = 0,0202$  /ГэВ/с<sup>2</sup>/<sup>2</sup>, в выборке - 613 событий.

На рис.7а показано, как моделирующая кривая /отмечено точками/ совмещается с распределением по недостающей массе. Превышение справа компенсируется уменьшением весов событий, попавших в эту область. Подробнее изложение использованного метода моделирования приведено в /9/.

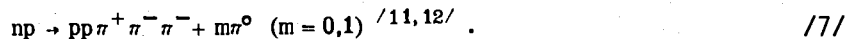
Распределение событий по  $M^2$  для процесса /3/ при  $P_n=2,23$  ГэВ/с /а/ и  $P_n=3,83$  ГэВ/с /б/ показано на рис.8.

### 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОПРАВОК К СЕЧЕНИЯМ МЕТОДОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ РЕАЛЬНЫХ СОБЫТИЙ

Как сказано выше, наличие "хвостов" в распределениях по квадрату недостающей массы в реакциях /2/ и /3/ может быть объяснено тем, что часть событий из реакций  $(2F \div 4F)$ , а также событий, обусловленных вторичными нейтронами (FB), может быть ошибочно идентифицирована как события реакций /2/ или /3/. Однако, как будет показано ниже, большая часть событий из  $(2F \div 4F)$  и (FB) будет отнесена к реакциям с несколькими нейтральными частицами /4/. Для определения вкладов процессов  $(2F \div 4F)$  и (FB) в канал /4/ использовалась идентификация положительных частиц канала /4/. В зависимости от идентификации события канала /4/ можно разбить на 5 групп /табл.2/. Аналогично следует разбить на группы и события реакций  $(2F \div 4F)$  и (FB), отнесенные к каналу /4/.

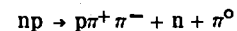
Поскольку фоновые события не разделены по отдельным каналам, приходится прибегнуть к моделированию. Для моделирования реакций  $(2F \div 4F)$  использовались 5-лучевые звезды из пр-взаимодействий /10/ при этих же импульсах налетающего нейтрона.

2F) При моделировании реакции  $np \rightarrow pp\pi^- + k\pi^0$  ( $k \geq 2$ ) использовались события реакции



Предполагалось, что существенные в нашем случае характеристики реакции (2F) можно получить на основе событий реакции /7/ при замене комбинации  $(\pi^+\pi^-)$  в реакции /7/ на комбинацию  $(\pi^0\pi^0)$ , т.е. исключив в событиях реакции /7/ по одному треку  $\pi^+$  и  $\pi^-$ -мезона.

3F) При моделировании реакции



использовались события реакции



причем комбинация  $(p\pi^-)$  в реакции /8/ заменялась комбинацией  $(p\pi^0)$ , т.е. исключались треки одного протона и одного  $\pi^-$ -мезона.

Таблица 2

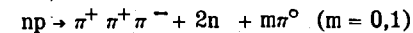
Классификация экспериментальных событий, отнесенных к процессу /4/, и моделированных событий реакций  $(2F \div 4F)$  и (FB) в зависимости от идентификации положительных треков

|                         | $N_{tot}$ | I   | 2        | 3       | 4      | 5    | $\alpha$ |
|-------------------------|-----------|-----|----------|---------|--------|------|----------|
|                         |           | --  | $\pi\pi$ | $\pi p$ | $p\pi$ | $pp$ |          |
| EXP                     | 2063      | 134 | 379      | 157     | 1187   | 206  | -        |
| 3-луч + mX <sup>0</sup> |           |     |          |         |        |      |          |
| 2F<br>(k $\pi^0$ )      | 5626      | 545 | 0        | 0       | 0      | 1607 | 0,07I    |
| 3F<br>(n $\pi^+$ )      | 6864      | 315 | 0        | 463     | 4378   | 0    | 0,2II    |
| 4F<br>(2n)              | 2796      | 81  | 2645     | 0       | 24     | 0    | 0,139    |
| FB                      | 10000     | 428 | 283      | 645     | 4049   | 1340 | 0,065    |

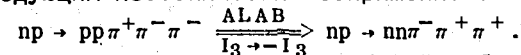
Первый символ в каждой из 5 групп соответствует идентификации в л.с. положительного трека быстрой частицы, второй - идентификации трека медленной частицы: "--" - нет идентификации, " $\pi$ " - трек идентифицирован как  $\pi$ -мезон, "p" - трек идентифицирован как протон,  $\alpha$  - величины вклада фоновых процессов.

В строках, относящихся к реакциям  $(2F \div 4F)$  и (FB), указано число моделированных событий.

4F) При моделировании реакции



использовались события реакции /7/. Процесс моделирования заключался в переходе в антилабораторную систему координат с последующим изотопическим сопряжением:



FB) Для моделирования событий, обусловленных взаимодействием непучковых нейтронов, использовались 3-лучевые события при меньших значениях импульсов налетающего нейтрона  $P_n$ . Так, при определении поправок для событий с  $P_n=5,10$  ГэВ/с в качестве фона были взяты 3-лучевые события с  $P_n=3,83$  и  $2,23$  ГэВ/с; при определении поправок для событий с  $P_n=3,83$  ГэВ/с использовались данные для  $P_n=2,23$  ГэВ/с. и т.д.



Следует отметить, что вклады от реакций ( $2F \div 4F$ ) необходимо учитывать только при импульсах  $P_n = 5, 10$  и  $3,83$  ГэВ/с, в то время как вклад от (FB) - при всех значениях  $P_n$ .

Затем для моделированных таким образом событий реакций ( $2F \div 4F$ ) и (FB) вычислялся в предположении о принадлежности этих событий к реакциям /2/ и /3/ оценочный  $\chi^2_q$  по формуле

$$\chi^2_q = \frac{(MM^2 - M_{X^0}^2)^2}{(\Delta MM^2)^2},$$

где  $MM^2$  - квадрат недостающей массы для моделированного события, вычисленный в предположении о его принадлежности реакции /2/ или /3/;  $M_{X^0}^2$  - квадрат массы  $\pi^0$ -мезона или нейтрона соответственно. Анализ показал, что для реальных событий реакций /2/ и /3/ оценочный  $\chi^2_q$  близок по величине к  $\chi^2$ , вычисленному по программе идентификации каналов реакций /6/. В соответствии с этим было выбрано граничное значение  $\chi^2_{гр.} = 12$  /в программе идентификации каналов реакций использовалось  $\chi^2_{гр.} = C_1 = 12,5$  /.

Использование  $\chi^2_q$  и учет возможности идентификации положительных треков частиц в моделированных событиях позволили выделить из реакций ( $2F \div 4F$ ) и (FB) события, имитирующие процессы /2/ и /3/, и события, идентифицированные как процесс /4/. Для моделированных событий процесса /4/ было также проведено разбиение на группы в зависимости от идентификации положительных частиц /табл.2/.

Для определения величины вкладов  $\alpha_j$  реакций ( $2F \div 4F$ ) и (FB) в экспериментальные события, идентифицированные как процесс /4/, использовались данные по сечениям реакций 5-лучевых звезд из пр-взаимодействия /10/ и данные о величине примеси вторичных нейтронов в пучке, полученные при изучении топологических сечений /4/. С учетом этого проводилась минимизация по всем  $\alpha_j$  следующего функционала:

$$F = \sum_i \frac{(N_i^{exp} - \sum_j \alpha_j N_i^j)^2}{(\Delta N_i^{exp})^2} \Rightarrow \min, \quad i = 1 \div 5,$$

где  $N_i^{exp}$  - количество экспериментальных событий, отнесенных к процессу /4/, в  $i$ -идентификационной группе;  $N_i^j$  - количество моделированных событий реакции (j) в  $i$ -идентификационной группе;  $\alpha_j$  - вклад реакции (j) в процесс /4/,  $j = 2F, 3F, 4F, FB$ . Полученные значения  $\alpha_j$  приведены в табл.3.

Тогда истинное число событий реакций /2/ и /3/ определяется по формуле:

$$N_k = N_k^{exp} - \sum_j \alpha_j N_k^j, \quad k = 2, 3, \quad j = 2F, 3F, 4F, FB,$$

где  $N_k^{exp}$  - количество событий канала (k), включая и фон;  $N_k^j$  - количество моделированных событий фоновой реакции (j), имитирующих реакцию (k).

Таблица 3

Сечения идентифицированных процессов в трехлучевых звездах из пр-взаимодействий. Данные по пр- $d\pi^+\pi^-$  взяты из /3/, топологические сечения - из работы /4/

| $P_n$ /ГэВ/с/                   | 1,25            | 1,73            | 2,23            | 3,83            | 5,10            |
|---------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $N_{tot}$ (событий)             | 1624            | 6026            | 7686            | 12249           | 7253            |
| $\sigma(pp\pi^-)$ (мб)          | $1,45 \pm 0,06$ | $3,15 \pm 0,14$ | $3,46 \pm 0,15$ | $2,84 \pm 0,12$ | $2,36 \pm 0,11$ |
| $\sigma(pp\pi^+\pi^-)$ (мб)     |                 | $0,10 \pm 0,01$ | $0,56 \pm 0,05$ | $2,21 \pm 0,13$ | $2,27 \pm 0,12$ |
| $\sigma(p\pi^+\pi^-\pi^0)$ (мб) |                 | $0,58 \pm 0,04$ | $4,35 \pm 0,18$ | $7,80 \pm 0,32$ | $6,89 \pm 0,28$ |
| $\sigma(d\pi^+\pi^-)$ (мб)      |                 | $0,27 \pm 0,02$ | $0,33 \pm 0,02$ | $0,05 \pm 0,02$ | $0,03 \pm 0,02$ |
| $\sigma(3-l.mX^0)$ (мб)         |                 |                 |                 | $2,31 \pm 0,24$ | $5,95 \pm 0,30$ |
| $\sigma_{top.3}$ (мб)           | $1,45 \pm 0,06$ | $4,10 \pm 0,15$ | $8,7 \pm 0,3$   | $15,2 \pm 0,5$  | $17,5 \pm 0,5$  |
| $\sigma_{tot}$ (мб)             | $37,5 \pm 0,4$  | $40,0 \pm 0,2$  | $42,0 \pm 0,1$  | $42,5 \pm 0,1$  | $42,0 \pm 0,1$  |

Как отмечалось в п.3, часть экспериментальных событий /~10% при  $P_n = 5, 10$  ГэВ/с/ удовлетворяет как гипотезе реакции /2/, так и гипотезе реакции /3/. Чтобы определить, какую долю в этих событиях составляют события реакции /2/, а какую - реакции /3/, было проведено моделирование реакций /2/ и /3/ по программе FOWL с использованием матричного элемента, аналогичного примененному в работе /11/ и обеспечивающего периферичность характеристик 3-лучевых событий /13/. В качестве ошибок измерений треков брались значения соответствующих средних ошибок для данного импульса частиц. Для каждого моделированного события вычислялся  $\chi^2_q$  и с учетом возможности идентификации вторичных частиц определялось, гипотезе какой реакции, /2/ или /3/, удовлетворяет моделированное событие. Анализ показал, что при импульсе налетающего нейтрона  $P_n = 5, 10$  ГэВ/с из числа событий, удовлетворяющих одновременно гипотезам /2/ и /3/, к реакции /2/ следует отнести  $\alpha_{\pi^0} = 77,24\%$  событий, а остальные - к реакции /3/. Для импульса  $P_n = 3,83$  ГэВ/с  $\alpha_{\pi^0} = 83,67\%$ .

Описанный в п.4 способ определения поправок к сечениям основан на предположении, что для событий реакций /2/ и /3/ с  $\chi^2 < 1$  можно пренебречь вкладом в них фона при моделировании распределений квадратов недостающих масс. Величина фона в этом классе событий, вычисленная при помощи изложенного здесь /п.5/ метода моделирования реакций ( $3F \div 4F$ ) и (FB), действительно, ока-



залась равной < 7%. Количество событий реакций /2/ и /3/, определенное в п.4, в пределах ошибок совпадает с количеством событий, найденным методикой моделирования фона.

## 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕЧЕНИЙ

Определение сечений происходит по формуле

$$\sigma_i = \frac{N_i}{N_{\text{tot}}} \sigma_{\text{top.3}}, \quad /7/$$

где:  $N_i$  - количество событий /с учетом весов и поправок/, идентифицированных как процесс (i);  $N_{\text{tot}}$  - количество трехлучевых событий, зарегистрированных в рабочей области камеры /без неизмеримых/;  $\sigma_{\text{top.3}}$  - топологическое сечение трехлучевых звезд /4/.

Ошибка в сечении определяется с учетом ошибок всех членов в формуле /7/.

Сечения каналов реакций представлены в табл.3.

Полученные данные по сечениям каналов реакций  $\beta$ -лучевых пр-взаимодействий необходимы при изучении нуклон-ядерных и ядро-ядерных взаимодействий при высоких энергиях, а также для проверки применимости некоторых моделей взаимодействий элементарных частиц, в частности ОРЕ-модели.

Авторы выражают свою благодарность лаборантам нейтронной группы ЛВЭ, коллективам секторов НРД и ПУОС ЛВТА за проведение измерений и Л.С.Акимовой за подготовку материала к печати.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Belonogov A.V. et al. Nucl. Instr. and Meth., 1963, 20, p.114.
2. Гаспарян А.П. и др. ОИЯИ, 1-9111, Дубна, 1975; ПТЭ, 1976, т.2, с.37-42.
3. Абдивалиев А. и др. ОИЯИ, 1-10034, Дубна, 1976.
4. Абдивалиев А. и др. ОИЯИ, 1-8565, Дубна, 1975; Nucl. Phys., 1975, B99, p.445,450.
5. Которобай Ф., Мороз В.И., Родионов А.И. ОИЯИ, P10-9314, Дубна, 1975.
6. Маркова Н.Ф. и др. ОИЯИ, P10-3768, Дубна, 1968; Иванченко Э.М. и др. ОИЯИ, P10-3983, Дубна, 1968.
7. Иерусалимов А.П., Которобай Ф., Мороз В.И. ОИЯИ, P10-9502, Дубна, 1976.
8. Мороз В.И. и др. ЯФ, 1967, т.6, вып.1, с.90-93.

9. Абдивалиев А. и др. ОИЯИ, P1-12179, Дубна, 1979.
10. Абдивалиев А. и др. ОИЯИ, 1-10669, Дубна, 1977.
11. Абдивалиев А. и др. ОИЯИ, P1-11614, Дубна, 1978.
12. Абдивалиев А. и др. ОИЯИ, P1-11615, Дубна, 1978.
13. Абдивалиев А. и др. ОИЯИ, B1-1-12181, Дубна, 1979.

Рукопись поступила в издательский отдел  
18 февраля 1981 года.