

P1-2006-47

И. Ж. Бънзаров¹, Е. Н. Кладницкая, О. В. Рогачевский,
Р. Тогоо², Н. Я. Чанкова-Бънзарова¹

СУММАРНЫЙ АНСАМБЛЬ π^- -ПРОПАН(C_3H_8)-
ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ НА
2-МЕТРОВОЙ ПУЗЫРЬКОВОЙ ПРОПАНОВОЙ
КАМЕРЕ, ПРИ ИМПУЛЬСЕ π^- -МЕЗОНОВ 40 ГэВ/с

¹ Институт ядерных исследований и ядерной энергетики, София

² Институт физики и техники, Улан-Батор

Бънзаров И. Ж. и др.

P1-2006-47

Суммарный ансамбль π^- -пропан(C_3H_8)-взаимодействий, полученных на 2-метровой пузырьковой пропановой камере, при импульсе π^- -мезонов 40 ГэВ/с

Описаны экспериментальные данные, включенные в суммарный ансамбль π^- -пропан-взаимодействий при $P_{\pi^-} = 40$ ГэВ/с, и процедура их корректировки для устранения разного рода искажений, возникающих при реконструкции событий взаимодействий частиц в пузырьковой камере.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2006

Bunzarov I. Z. et al.

P1-2006-47

Summary Ensemble of π^- -Propane Interaction in the 2-m Propane Bubble Chamber at 40 GeV/c π^- -Mesons

In this report we describe the experimental data included in the summary ensemble of π^- -propane interactions at $P_{\pi^-} = 40$ GeV/c and the procedure of their correction for the elimination of different kinds of measurement distortions that appeared during the reconstruction of particle interaction events in the 2-m JINR propane bubble chamber.

The investigation has been performed at the Veksler and Balдин Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2006

В работе описаны экспериментальные данные, которые включены в суммарный ансамбль π^- -пропан-взаимодействий, полученных при облучении 2-метровой пузырьковой пропановой камеры ОИЯИ π^- -мезонами с импульсом $p_{\pi^-} = 40$ ГэВ/с на ускорителе Института физики высоких энергий (ИФВЭ) в Протвино, и процедура их корректировки. Корректировка проводилась с целью устранения разного рода искажений, возникающих при измерениях и реконструкции событий взаимодействий частиц в камере.

1. РЕКОНСТРУКЦИЯ СОБЫТИЙ В КАМЕРЕ

Размеры 2-метровой пузырьковой пропановой камеры ОИЯИ $X \times Y \times Z = 65 \times 210 \times 43$ см³. Система координат камеры показана на рис. 1. Начало системы координат совпадает с центром камеры.

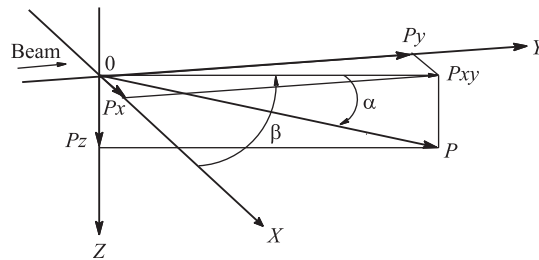


Рис. 1

Здесь α — глубинный угол (угол между плоскостью XU и касательной к треку в точке взаимодействия, $-\pi/2 \leq \alpha \leq \pi/2$); β — плоский угол (угол между осью X и касательной к треку в точке взаимодействия в плоскости XU , $0 \leq \beta \leq 2\pi$).

Измерительные ошибки определения координат точек треков для π^- -мезонов и e^\pm в камере приведены в табл. 1.

Таблица 1. Ошибки определения координат точек в камере

Среднее квадратичное отклонение в см	e^\pm	π^-
$\langle \sigma_x \rangle$	0,0095	0,0078
$\langle \sigma_y \rangle$	0,026	0,028
$\langle \sigma_z \rangle$	0,050	0,043

Измеренные координаты точек треков использовались в программе геометрической реконструкции событий в 2-метровой пузырьковой пропановой камере ОИЯИ GEOFIT [1] для получения кинематических характеристик и идентификации частиц, образующихся в результате взаимодействия.

Более детально методические особенности эксперимента были описаны в работах [2].

2. ВЫБОР ЭФФЕКТИВНОЙ ОБЛАСТИ РЕГИСТРАЦИИ ЗВЕЗД И γ -КВАНТОВ

Для выбора эффективной области регистрации звезд в камере были построены распределения по координатам X, Y, Z , углу β в плоскости XY и тангенсу глубинного угла α , относящимся к первичным трекам, дающим звезды в I ($y \leq 0$) и II ($y > 0$) половинах камеры (см. табл. 2).

Таблица 2. Эффективная область регистрации звезд в камере

I половина	II половина
$-4 \text{ см} \leq X \leq 6 \text{ см}$	$-3 \text{ см} \leq X \leq 7 \text{ см}$
$-88 \text{ см} \leq Y \leq -33 \text{ см}$	$15 \text{ см} \leq Y \leq 70 \text{ см}$
$22 \text{ см} \leq Z \leq 28 \text{ см}$	$22 \text{ см} \leq Z \leq 28 \text{ см}$
$1,557 \text{ рад} \leq \beta \leq 1,572 \text{ рад}$	$1,543 \text{ рад} \leq \beta \leq 1,562 \text{ рад}$
$-0,013 \leq \text{tg } \alpha \leq 0,009$	$-0,012 \leq \text{tg } \alpha \leq 0,006$

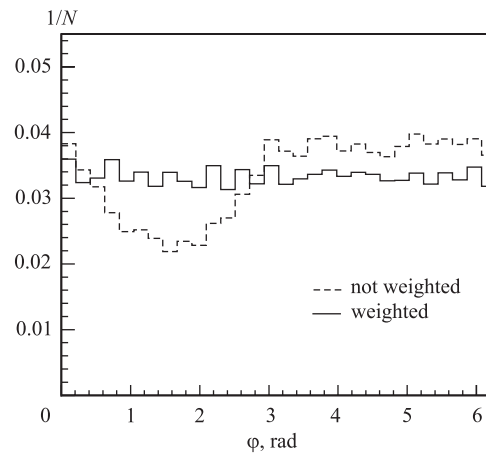


Рис. 2. Распределения γ -квантов по азимутальному углу, нормированные на число событий

Для оценки потерь γ -квантов, летящих в нижнюю полусферу, было проанализировано распределение γ -квантов по азимутальному углу φ в плоскости, перпендикулярной направлению первичного трека. Анализ показал, что это распределение отклоняется от изотропного при $\varphi = 60\text{--}120^\circ$ в нижней полусфере. Этот эффект обусловлен недостаточной освещенностью области, близкой ко дну камеры. Поправка к общему числу зарегистрированных γ -квантов составила 1,09. Распределения γ -квантов по азимутальному углу без поправки и с ее учетом показаны на рис. 2.

Распределение треков заряженных частиц из звезд по азимутальному углу в пределах статистических ошибок изотропно.

3. ВЫДЕЛЕНИЕ ТОРМОЗНЫХ γ -КВАНТОВ

Для выделения тормозных γ -квантов были рассчитаны эффективные массы пар γ -квантов ($M_{\gamma\gamma}$) для событий с числом γ -квантов $n_\gamma \geq 2$. Для пар с $M_{\gamma\gamma} \leq 30$ МэВ/ c^2 было построено импульсное распределение γ -квантов, имеющих меньшую величину импульса.

На основании этих данных были выбраны следующие критерии для выделения тормозных γ -квантов.

1. $M_{\gamma\gamma} \leq 30$ МэВ/ c^2 .
2. Угол разлета γ -квантов $\theta \leq 0,025$ рад.

Тормозным считался γ -квант, имеющий меньший импульс в паре $M_{\gamma\gamma}$ и расположенный дальше от звезды. Число γ -квантов, удовлетворяющих этим критериям, составило 3% от полного числа зарегистрированных γ -квантов.

4. ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТРЕКОВ π -МЕЗОНОВ, ЭЛЕКТРОНОВ И ПОЗИТРОНОВ

Характеристикой качества измерения треков являются величины χ_{xy}^2 и χ_z^2 , рассчитанные на одну степень свободы. Для выбора критерия хорошего измерения были построены распределения по χ_{xy}^2 и χ_z^2 для первичных π^- -мезонов, а также e^+ и e^- . На основе этих распределений были выбраны критерии хорошего измерения треков: $\chi_{xy}^2 < 3,5$ и $\chi_z^2 < 3,5$. Средние значения для треков e^\pm оказались равными $\langle \chi_{xy}^2 \rangle = 0,74$, $\langle \chi_z^2 \rangle = 0,87$ при теоретическом значении $\langle \chi^2 \rangle = 1$.

Для треков, удовлетворяющих приведенным критериям, были определены ошибки измерения импульсов и углов (см. табл. 3) в зависимости от длины трека L .

Средняя длина вторичных треков из звезд в I половине камеры равна $\langle L \rangle = 31,3 \pm 0,2$ см. Для e^\pm $\langle \Delta p/p \rangle = 12,6 \pm 0,3$ %. Средние ошибки

Таблица 3. Ошибки измерения импульсов частиц

L	< 10 см	$10 \leq L \leq 20$ см	$L > 20$ см	Все L
$\Delta p/p, \%$	$29,9 \pm 0,7$	$17,6 \pm 0,4$	$9,7 \pm 0,1$	$13,9 \pm 0,3$
% от полного числа частиц	12,7	17,0	70,3	100

измерения углов для треков вторичных частиц из звезд равны $\Delta \text{tg } \alpha = (0,0061 \pm 0,0001)$, $\langle \Delta \beta \rangle = (0,0037 \pm 0,0001)$ рад. Для e^\pm $\Delta \text{tg } \alpha = (0,0175 \pm 0,0005)$, $\langle \Delta \beta \rangle = (0,0105 \pm 0,0003)$ рад.

γ -квант считался относящимся к звезде, если для него $\chi_\gamma^2 < 11$. При этом получено $\langle \chi_\gamma^2 \rangle = 2,55 \pm 0,5$, теоретическое значение для этой величины $\langle \chi_\gamma^2 \rangle = 3$.

Для проверки всей системы обработки событий были рассчитаны эффективные массы $M_{\gamma\gamma}$ для пар γ -квантов с $\chi_\gamma^2 < 11$. Для области масс $100 < M_{\gamma\gamma} \leq 170$ МэВ/ c^2 среднее значение $\langle M_{\gamma\gamma} \rangle$ оказалось равным 136 ± 2 МэВ/ c^2 с $\sigma_{M_{\gamma\gamma}} = 14$ МэВ/ c^2 , оно хорошо согласуется с табличным значением $M_{\pi^0} = 134,975$ МэВ/ c^2 (рис. 3).

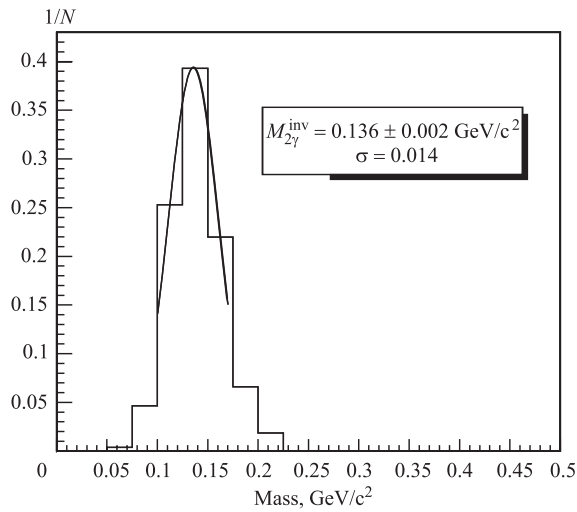


Рис. 3. Эффективная масса пар γ -квантов для событий, имеющих только два γ -кванта

Кроме этого, были рассчитаны эффективные массы для V^0 событий: Λ -гиперонов с модой распада $\Lambda \rightarrow p + \pi^-$ и K^0 -мезонов с модой распада $K^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$. Средние значения оказались равными

$$\langle M_{\Lambda} \rangle = (1,1163 \pm 0,0011) \text{ ГэВ}/c^2,$$

$$\langle m_{K^0} \rangle = (0,4966 \pm 0,0026) \text{ ГэВ}/c^2.$$

Хорошее согласие полученных масс π^0 -, Λ - и K^0 -частиц с их табличными значениями указывает на отсутствие заметных систематических ошибок в определении импульсов и углов вылета вторичных частиц, а также в их идентификации [2].

Признаки частиц, используемые в суммарном ансамбле, приведены в табл. 4.

Таблица 4. Признаки частиц

Одиночный γ -квант	1
K^0	2
Λ^0	3
π^+	5
π^-	6
p	7
γ -квант из пары	81

5. РАЗДЕЛЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ π^- -МЕЗОН-ПРОПАН (C_3H_8) НА π^- -ВОДОРОДНЫЕ И π^- -УГЛЕРОДНЫЕ

К π^-p -взаимодействиям отнесены события по следующим критериям.

1. Четное число вторичных треков в событии и суммарный заряд всех вторичных частиц равен нулю.

2. Число идентифицированных протонов равно нулю или 1.

3. В событии нет протона, вылетающего в заднюю полусферу, отсутствует блоб в вершине звезды.

К π^-n -взаимодействиям отнесены события, в которых:

1) нечетное число вторичных треков и суммарный заряд всех вторичных частиц равен -1 ;

2) число идентифицированных протонов равно нулю или 1;

3) в событии нет протона, вылетающего в заднюю полусферу, отсутствует блоб в вершине звезды.

Все события, не удовлетворяющие перечисленным выше критериям, классифицировались как π^-C -взаимодействия (без квази- π^-p - и π^-n -взаимодействий на ядре углерода).

По перечисленным критериям в группу π^-p -событий попадают взаимодействия π^- -мезона как со свободным, так и с квазисвободным протоном ядра углерода.

Используя известные сечения π^-p - и π^-C -взаимодействий при 40 ГэВ/с [3], можно определить число π^-p -взаимодействий на свободном протоне и ядре углерода на статистике зарегистрированных событий (π^-p, π^-n, π^-) в камере (см. табл.5). Некоторым событиям (типы 4, 5) невозможно однозначно приписать тип взаимодействия, однако, поскольку эти события могут быть использованы для анализа, они также включены в ансамбль.

Таблица 5. Статистика зарегистрированных событий

Признак события	Взаимодействие	Статистика взаимодействий
1	π^-p (с квази π^-p)	11147
2	π^-n	3929
3	π^-C	5585
4	π^-p (неодн.)	429
5	π^-n (неодн.)	353
6	π^-p (упр.)	534
7	π^-C (диффр. 3 луча)	418
Всего:		22395

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абдурахимов А. У. и др.* Препринт ОИЯИ Р1-5140. Дубна, 1970.
2. *Абдурахимов А. У. и др.* Сообщение ОИЯИ 1-6967. Дубна, 1973; ЯФ. 1972. Т. 16. С. 989; ЯФ. 1973. Т. 17. С. 1235; ЯФ. 1973. Т. 18. С. 545.
3. *Аллаби Д. В. и др.* // ЯФ. 1970. Т. 12. С. 538.

Получено 6 апреля 2006 г.

Редактор *Е. В. Сабеева*

Подписано в печать 29.06.2006.

Формат 60 × 90/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 0,5. Уч.-изд. л. 0,61. Тираж 365 экз. Заказ № 55397.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6.

E-mail: publish@jinr.ru

www.jinr.ru/publish/