

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 539.12.1

X-987

5-88-108

ХУШВАКТОВА

Асалбегим Азизмамадовна

**ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕРАЦИИ
КОРОТКОЖИВУЩИХ ЧАСТИЦ
В СТОЛКНОВЕНИЯХ АДРОНОВ
С ЯДРАМИ ФОТОЭМУЛЬСИИ
ПРИ ИМПУЛЬСАХ 50-70 ГэВ/с**

Специальность 01.04.01 - экспериментальная физика

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук**

Дубна 1988

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий
Объединенного института ядерных исследований.

Научные руководители:

доктор физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник

Толстов Константин
Дмитриевич

кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник

Шабратова Галина
Семеновна

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник

Адамович Марат
Иванович

доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник

Лебедев Ростислав
Михайлович

Ведущее научно-исследовательское
учреждение:

Институт теоретической и экспериментальной физики (г. Москва).

Защита диссертации состоится "28" апреля 1988
в 10³⁰ часов на заседании Специализированного совета Д-047.01.02
при Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных
исследований, г. Дубна, Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЛВЭ ОИЯИ.

Автореферат разослан "24" марта 1988 года

Учёный секретарь
Специализированного Совета

М.Ф. Лихачёв

Актуальность задачи

Изучение механизма рождения и распадов очарованных частиц позволяет получить информацию о динамике образования и свойствах этих частиц.

Свойства очарованных частиц еще не полностью исследованы, например, мало данных об относительных вероятностях распадов этих частиц (особенно многочастичных), недостаточно точно измерены времена жизни у всех очарованных частиц, данные о сечениях рождения и энергетической зависимости этих сечений имеют значительный разброс и мало данных о динамике образования этих частиц, особенно в адронных пучках.

Поэтому экспериментальное исследование свойств и выяснение динамики образования очарованных частиц является важной задачей физики элементарных частиц. Наши работы, посвященные решению этой задачи, были начаты в 1973 г.

В адронных взаимодействиях поиск очарованных частиц, вследствие малой доли их сечения рождения от всех взаимодействий O, I^0 и, соответственно, высокого фона от всех остальных частиц, малых пробегов до распада, требует применения специальной техники. Кроме того, регистрация ассоциативного рождения очарованных частиц из-за малой вероятности наблюдения обоих распадов также является трудной задачей. Использование метода ядерных фотоэмульсий, обладающего пространственным разрешением в несколько микрон, создаёт благоприятные условия для регистрации распадов частиц с временем жизни 10^{-13} с. Измерения импульсов и ионизационных потерь как на частицах-продуктах распада, так и на частицах из первичных звезд позволяет провести всесторонний анализ наблюдаемых событий.

Целью работы являлся поиск распадов новых короткоживущих (очарованных) частиц, рожденных в неупругих взаимодействиях пионов и протонов с ядрами эмульсии, при серпуховских энергиях; анализ распадов в первичных взаимодействиях, в которых наблюдались эти распады; определение времени жизни и сечения рождения этих частиц.

Научная новизна состояла в том, что впервые была проведена оценка сечения образования очарованных D^0/\bar{D}^0 - мезонов отрицательными пионами при серпуховской энергии. Это сечение заключено в интервале от (10 ± 5) мкб до (51 ± 25) мкб.

Впервые определены коэффициенты неупругости для событий

с рождением очарованных частиц. На основе анализа энергетического баланса в событиях с рождением очарованных частиц получено косвенное подтверждение ассоциативного рождения этих частиц.

Практическая ценность полученных результатов состоит в том, что они приводят к лучшему пониманию динамики рождения очарованных частиц в адронных взаимодействиях, в области энергии серпуховского ускорителя. Полезными они окажутся при планировании и проведении работ по поиску короткоживущих частиц.

Для защиты выдвигаются:

1. Результаты проделанной методической работы для выделения распадов короткоживущих частиц с временем жизни $\tau \approx 10^{-13}$ с, в ядерной фотоэмульсии.

2. Экспериментальные результаты по времени жизни и сечениям рождения очарованных D^0/\bar{D}^0 - мезонов во взаимодействиях π^- мезонов с ядрами фотоэмульсии при энергиях $50 \div 70$ ГэВ.

3. Результаты вычислений коэффициентов неупругости для событий с рождением очарованных частиц.

Апробация работы

Результаты, представленные в диссертации, докладывались и обсуждались на семинарах Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований, на фотоэмульсионных комитетах ОИЯИ, сессиях АН СССР, были представлены на Международную конференцию по физике высоких энергий (Брайтон, 1983), опубликованы в сообщениях ОИЯИ, журнале "Письма в ЖЭТФ", "Кратких сообщениях ОИЯИ".

Объём работы

Диссертация состоит из введения, трёх глав, основных выводов и заключения.

Содержание работы

Основные результаты, изложенные в диссертации, представлены в работах/1-6/.

Во введении указана актуальность исследования очарованных частиц. В нём сформулирована научная задача и показана структура диссертации.

В первой главе рассматриваются свойства очарованных частиц, методы их исследований и интерпретация полученных результатов (время жизни, сечения рождения).

Во второй главе описываются методические вопросы, связанные с выбором оптимальных условий облучения, поиска, выбором критериев отбора кандидатов, измерениями, определением расстояния между вершиной первичной и вторичной звезд, доказательством существования второго центра, определяются эффективности поиска распадов нейтральных и заряженных частиц.

Облучение фотоэмульсии проводилось пучком адронов, параллельным плоскости фотоэмульсии. Оптимальная интенсивность облучения составляла $0,6 \cdot 10^4 \div 2 \cdot 10^4$ частица/см² и определялась из следующих операций: поиск первичной звезды, осмотр её окрестностей с целью детектирования события-кандидата в короткоживущие частицы и все измерительные операции. Чувствительность эмульсии на релятивистских следах составляла $28 \pm 3I$ зерно на 100 мкм. Поиск первичных звезд производился при малом увеличении микроскопа по площади. Случаи распадов искались при большом увеличении. В окрестностях каждой найденной первичной звезды на расстояниях до 100 мкм от точки взаимодействия в конусе 45° вперед искались вторичные взаимодействия, электрон-позитронные пары, видки, распады заряженных и нейтральных частиц, изломы и другие явления, связанные с первичной звездой. Среди найденных случаев отбирались те события, для которых выполнялись следующие критерии:

1. Отсутствие ядер отдачи и следов медленных частиц в вершине вторичного события.

2. Выполнение закона сохранения заряда:

а) нечётнолучевые звезды - заряженные распады, т.е. 1,3,5 и т.д. релятивистских следов в событии;

б) чётнолучевые звезды - нейтральные распады, т.е. 2,4,6 и т.д. релятивистских следов.

Выделение центра вторичной звезды, особенно вблизи первичной звезды, из-за малых углов разлёта продуктов распада и флуктуации ионизационных потерь представляет большую трудность. Координаты вершин первичной и вторичной звезд определялись по пересечению пар вторичных частиц из этих звезд по измеренным парам координат $X_i; Y_i$ или $X_i; Z_i$ ($i = 1, 2, \dots, n$).

При углах разлёта I° и II° и числе повторных измерений 20 ошибки в определении расстояния между центрами звезд составляют 2 мкм и 0,2 мкм соответственно.

Вероятность имитации за счёт флуктуации ионизационных потерь на вторичных следах на расстоянии 10 мкм от центра первичных звезд для нейтральных и заряженных частиц при разлете продуктов распада с углами, меньшими I^0 , составляет от 2% до 17%.

С целью вычисления сечений рождения короткоживущих частиц оценивалась эффективность обнаружения событий типа $(0 + 0 + 2)$ и $(0 + 0 + 3)$.

Эффективность обнаружения событий первого типа оценивалась по числу наблюдаемых $e^+ e^-$ -пар на участке длиной $\ell = 100$ мкм и оказалась равной $\epsilon = 0,32 \pm 0,03$.

Эффективность обнаружения событий второго типа оценивалась по числу наблюдаемых событий квазинуклонного типа и близка к 1,0.

В третьей главе рассмотрены полученные экспериментальные результаты и их анализ. Стопки фотоэмульсий типа БР-2 облучались в пучках ускорителя $\Psi - 70$ Института физики высоких энергий (г. Серпухов).

При взаимодействии протонов с энергией 70 ГэВ и Π^- -мезонов с энергией $50 \div 60$ ГэВ с ядрами фотоэмульсии было найдено 26000 и 46551 первичная звезда соответственно.

В результате поиска было найдено 11 кандидатов. Из них 2 нейтральных распада (на адронные и полулептонные моды) — во взаимодействиях протонов с ядрами, а 9 распадов нейтральных и заряженных частиц — в пион-ядерных взаимодействиях.

Оценка фона ложных событий проводилась при $\ell = 150$ мкм, что увеличивало число фоновых событий. Сумма ожидаемых распадов нейтральных частиц во взаимодействиях Π^- -мезонов с ядрами по адронным модам странных частиц (K_S^0 , Λ и $\bar{\Lambda}$) равна $\sim 1,7$ события, число полулептонных распадов нейтральных странных частиц составляет $5 \cdot 10^{-4}$ событий. В случае взаимодействий протонов с ядрами фотоэмульсии число ожидаемых распадов от K_S^0 и Λ по адронным модам равно 0,34 события, а в случае полулептонных распадов 10^{-5} . Число фоновых событий от ядерных взаимодействий нейтронов с нейтронами оказывается меньше 0,006 события.

В случае распада заряженных частиц по полулептонным модам число фоновых событий от распадов K^\pm -мезонов и заряженных гиперонов не превышает $0,2 \cdot 10^{-5}$ событий.

С целью определения физических параметров (эффективной массы, времени жизни) и идентификации частиц на следах отобранных

событий проводились измерения ионизационных потерь, углов вылета $\beta\beta$ -методом многократного кулоновского рассеяния.

На рис. I показана схема одного из событий и его микрофотография. В событиях проверялся баланс поперечных импульсов заряженных частиц. В 10 случаях из 11 поперечные импульсы не были сбалансированы, т.е. в продуктах распада имеются нейтральные частицы. Для этих событий средняя эффективная масса рассчитывалась в предположении изотропного вылета нейтральной компоненты в системе покоя распадающейся частицы, т.е.

$$M_{эфф} = \int_0^\pi M_{эфф}(\epsilon_{испр}) d\Omega / 4\pi, \quad (I)$$

где $d\Omega = 2\pi \sin \epsilon d\theta$.

Интеграл (I) вычислялся по методу Симпсона при углах вылета нейтральной частицы от $0 + 180^\circ$. Результаты вычисления приведены в таблице I. Здесь же даны расстояния от первичных звезд до вершин распадов ℓ (AB), схемы предполагаемых распадов, лоренц (γ)-факторы распадающихся частиц и времена жизни в собственной системе распадающейся частицы.

Частицы, отмеченные чертой, идентифицированы по измерениям $\beta\beta$ -методом многократного кулоновского рассеяния и ионизационным потерям для частиц с импульсом меньше 1,5 ГэВ/c².

На основе анализа по массам из 11 наблюдаемых событий 2 события можно отнести к распадам странных частиц (события № 6 и 7). Оставшиеся 9 событий по значениям $M_{эфф}$ разбивались на две группы: в первую группу входили события со средней эффективной массой, близкой к массам очарованных частиц, ~ 2 ГэВ (события № 1, 2, 9 и 11), во второй группе оказались события, распадающиеся по полулептонным модам. Их массы, рассчитанные для мезонных мод, изменяются в пределах от 0,5 до 0,8 ГэВ (события № 3, 4, 5 и 10). Значения масс, рассчитанные в предположении барионных мод распадов, близки к массам странных барионов. Вероятности таких распадов составляют $5 \cdot 10^{-9}$ событий, а наблюдалось 5 распадов. На массы очарованных барионов (события № 3 и 5) накладывается запрет по углу Кабиббо (99%) по полулептонным модам.

Наиболее вероятными распадами второй группы событий являются распады очарованных мезонов.

Таблица I

№ событ.	ρ мкм	Предполаг. схема распада	$M_{\text{эфф.}}$ (ГэВ)	δ	$\tau \cdot 10^{-13}$ с	Примечание
1	12	$(\pi\pi)^{\pm} K^0$ $(K\pi)^{\pm} K^0$	2,12 2,52	2,15	0,21	
2	146	$(\pi K)^{\pm} K^0$ $(\pi\pi)^{\pm} K^0$	2,32 2,17	2,07	2,70	K-мезон из первич. звезды
3	90	$e K^+ \nu$ $e p \nu$	0,60 1,03	1,20	4,50	"
4	69	$e K^+ \nu$	0,52	1,00	12,40	
5	45	$e K^+ \nu$ $e p \nu$	0,62 1,16	2,30	0,72	
6	65	$e p \nu$	1,15	1,42	2,15	K-мезон из первич. звезды, фон
7	127	$(\pi\pi)^{\pm} K^0$ $(\pi p)^{\pm} K^0$	0,64 1,28	4,80	0,90	фон
8	24	$(\pi\pi)^{\pm} K^0$ $(K\pi)^{\pm} K^0$ $(p\pi)^{\pm} K^0$	0,77 1,10	4,60	0,18	Первичная частица протон
9	6	$\pi e K e$ $\pi e p e$ $p e K e$	0,75 1,18 2,15		0,02	"
Распады заряженных частиц						
10	157	$e \pi K l$ $e p \pi \nu$	0,82 1,25	2,40	2,40	
11	27	$(\pi\pi)^{\pm} e \nu$ $(\pi K)^{\pm} e \nu$	2,34 2,40	2,10	0,49	

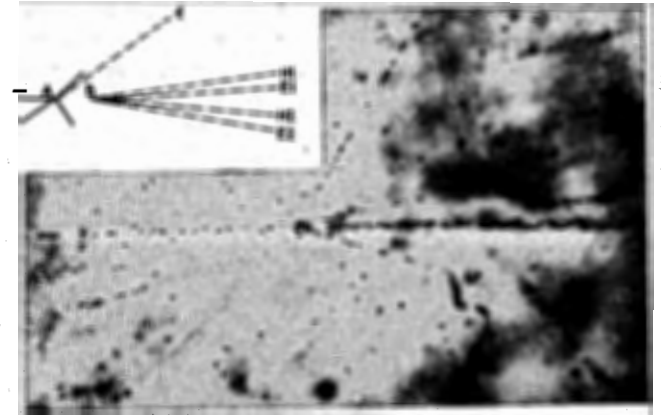


Рис. I.

Событие № 9 и его микрофотография.

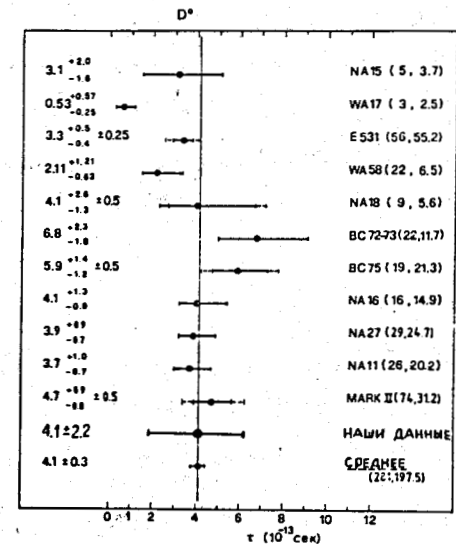


Рис.2..

Время жизни D^0 - мезонов в разных экспериментах.

Массы рассчитывались в предположении изотропного вылета нейтральных компонентов в системе покоя распадающейся частицы. В реальном случае нейтральная частица может вылететь под любым углом θ^0 относительно направления распадающейся частицы. В таблице 2 приведены значения θ^0 в системе центра распадающейся частицы при $M_{эфф} \sim 2$ ГэВ. Близость значений θ^0 в узком интервале углов может служить указанием на возможную выделенность направления вылета нейтрино при полуплептонных распадах нейтральных мезонов.

Таблица 2

№ собит.	ϱ , мкм	Предполагаемая схема распада	$M_{эфф.}$ (ГэВ)	θ^0 (вылета)
3	90	$e K^+ \nu$	$1,73 \pm 0,17$	3
4	69	$e K^+ \nu$	$1,81 \pm 2,71$	2,5
5	45	$e K^+ \nu$	$1,70 \pm 0,11$	1
10	157	$e (\pi K)^{\pm}$	$1,81 \pm 2,24$	5

Среднее время жизни зарегистрированных D^0/\bar{D}^0 мезонов равно $(4,1 \pm 2,2) \cdot 10^{-13}$ с (рис.2). Оценивалось сечение рождения нейтральных D - мезонов на нуклон ядра-мишени, образованных во взаимодействиях π^- - мезонов с ядрами фотоэмульсии:

$$\sigma = \frac{n \cdot \sigma_{inel}}{N_{\varrho} \cdot \langle \nu \rangle}, \quad (2)$$

где n - число наблюдаемых распадов на длине ≤ 100 мкм, равно 4, N_{ϱ} - число первичных взаимодействий, равно 46551;

σ_{inel} - сечение неупругого взаимодействия π^- - мезонов с протонами, равно $(21,38 \pm 0,16)$ мкб;

ξ - эффективность поиска, равная $0,32 \pm 0,03$;

$\langle \nu \rangle$ - среднее число взаимодействий налетающего пиона с ядрами фотоэмульсии, при котором переданной энергии в каждом столкновении достаточно для ассоциативного рождения частиц, равно $1,5 \pm 0,3$.

Эта величина оценивалась на основе каскадно-испарительной модели и значений коэффициентов неупругости во взаимодействиях π^- -мезонов с ядрами фотоэмульсии при энергиях 50 ГэВ.

Сечение рождения нейтральных мезонов (при $\varrho \leq 100$ мкм) на нуклоне ядра-мишени оказалось равным (4 ± 3) мкб. Сечение рождения нейтральных D^0/\bar{D}^0 - мезонов на нуклон ядра-мишени после корректировки на неограниченную длину регистрации оказалось равным (10 ± 5) мкб. Это значение сечения рассматривалось нами как нижняя граница сечения рождения D^0/\bar{D}^0 - мезонов. Верхняя граница была оценена на основе только событий, распадающихся по полуплептонным модам. Учёт вероятности распада D^0/\bar{D}^0 только по полуплептонным модам в инклюзивной постановке эксперимента $\sim (15\%)$ и поправка на неограниченную длину наблюдения дают сечение, равное (51 ± 25) мкб.

Таким образом, сечение рождения D^0/\bar{D}^0 -мезонов отрицательными пионами при энергии серпуховского ускорителя составляет (10 ± 51) мкб.

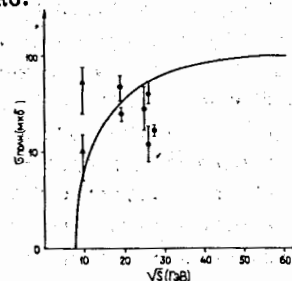


Рис.3. Сечение рождения очарованных частиц в π^-N - взаимодействиях.

На рис.3 приведены сечения рождения очарованных частиц в π^-p - взаимодействиях. Треугольником обозначены наши данные. Теоретическая кривая - зависимость сечения от энергии, учитывающая только слияние глюонов.

Наши данные указывают на более слабое изменение сечений с энергией, чем это дает теоретическая кривая. Однако подобная ситуация наблюдается и для сечений рождения очарованных частиц во взаимодействиях нуклонов с нуклонами.

Так, сечение рождения Λ_c^+ при взаимодействии нейтронов с ядрами углерода для энергии ~ 40 ГэВ (данные установки БИС-2) в пересчёте на нуклон дается авторами в пределах от 4 до 33 мкб. Сечение рождения D^0 - мезонов, полученное в этом же эксперименте, заключено в интервале от 2 до 11 мкб/нуклон. Эти результаты

неплохо согласуются с сечениями, полученными в нашей работе. При этом следует помнить, что для π^-p -взаимодействий лидирующими частицами оказываются D^0 и D^- , для np -взаимодействий Λ^+_c . Причем в области, близкой к порогу рождения, сечения для π^-p -взаимодействия оказываются выше сечений для $pp(np)$ -взаимодействий. Об этом говорят как существующие в настоящее время экспериментальные данные, так и оценки, сделанные на основе модельных расчетов.

Проводился анализ первичных событий, в которых наблюдались эти распады. В них определялись доли энергии (парциальные коэффициенты неупругости) от полной энергии, затрачиваемые на образование очарованных - K_1 ; заряженных - $K_{зар.}$ и нейтральных - $K_{нейтр.}$ частиц. Из анализа событий по суммарной энергии в с.с. масс π^-p -взаимодействий $E^* = \sum E_i^* + E^*$, (E_i^* - энергия очарованных частиц, $\sum E_i^*$ - энергия заряженных частиц.) видно, что в случае события № I остаётся достаточно энергии не только для рождения нейтральных пионов, но и для рождения ещё одной частицы с массой ~ 2 ГэВ. Это событие и еще два события (№ 2 и 3), в которых наблюдается вылет K -мезона из первичной звезды, не исключают ассоциативного рождения очарованных частиц. Всего событий с K -мезонами в первичной звезде наблюдалось три. В обычных взаимодействиях при энергиях π^- -мезонов $50 \div 60$ ГэВ рождение заряженных K -мезонов наблюдается в одном событии из десяти, т.е. для анализируемых 7 случаев ожидается 0,7 события рождения K -мезонов. По шести событиям табл. 3 (№№ 1, 2, 3, 4, 5 и 10) с рождением очарованных частиц определялись средние коэффициенты неупругости. Они равны:

$$\begin{aligned} \langle K_{нейтр.} \rangle &= 0,20 \pm 0,08, \\ \langle K_{зар.} \rangle &= 0,51 \pm 0,09, \\ \langle K_1 \rangle &= 0,28 \pm 0,05. \end{aligned}$$

Для событий без рождения очарованных частиц аналогичные коэффициенты равны:

$$\begin{aligned} \langle K_{нейтр.} \rangle &= 0,37 \pm 0,02, \\ \langle K_{зар.} \rangle &= 0,61 \pm 0,02. \end{aligned}$$

Сопоставление этих двух наборов коэффициентов неупругости приводит к очевидному выводу о том, что рождение очарованных частиц уменьшает доли энергии, идущие на образование обычных заряженных и нейтральных частиц. На рождение очарованных частиц уходит $\sim 30\%$

Таблица 3

№ сиб.	E^* , ГэВ	$(\sum E_i^*)_{зар.}$	$\sum E^*$	$K_{нейтр.}$	$K_{зар.}$	K_1	Число лучей из первичной звезды	Примечание
1	3,13	$0,90 \pm 0,11$	4,03	0,58	0,09	0,32	3 + I + 3	
2	3,08	$5,03 \pm 0,22$	8,11	0,17	0,52	0,32	7 + I + 7	K -мезон из первич. звезды
3	1,96	$6,57 \pm 0,70$	8,53	0,12	0,67	0,20	II + 9 + II	"
4	4,50	$5,07 \pm 0,20$	9,57	0,02	0,52	0,46	4 + I + I2	
5	1,86	$5,73 \pm 0,37$	7,59	0,22	0,59	0,19	15 + 7 + 8	
6	2,22	$10,55 \pm 0,26$	12,77				II + 23 + I6	K -мезон из первич. звезды
10	1,95	$6,57 \pm 0,31$	8,52	0,12	0,68	0,20	6 + 4 + II	

энергии от полной энергии. Из этого следует, что и при меньших энергиях возможна генерация очарованных частиц при коэффициенте неупругости $K_1 \rightarrow 1$. Поэтому не следует ожидать столь резкой зависимости σ от E , как предсказывалось в теоретических расчётах (см., например, рис.3).

Рассмотрена возможность поиска короткоживущих D^0 - мезонов во взаимодействиях адронов с ядрами фотоэмульсии. Для этого предполагаются методические разработки по изготовлению специальных фотоэмульсий, в которых следы релятивистских однозарядных частиц будут иметь 60 зерен на 100 мкм.

В заключении приведены основные результаты диссертации.

Основные результаты диссертации

1. Разработана методика, включающая поиск, регистрацию, расчёт эффективности обнаружения нейтральных и заряженных распадов, оценку фона ложных событий, определение эффективных масс и времён жизни очарованных частиц, генерируемых в столкновениях адронов с ядрами.

2. Разработана и апробирована методика регистрации очарованных частиц по их распадам на пробегах в ядерной фотоэмульсии, меньших 10 мкм от места генерации, что позволяет обнаруживать частицы с временем жизни $10^{-14} + 10^{-13}$ с.

3. На статистике 72551 неупругого взаимодействия пионов и протонов в фотоэмульсии при энергии $50 \div 70$ ГэВ найдено 9 событий распада очарованных частиц.

4. Впервые оценено сечение генерации очарованных D^0/\bar{D}^0 - мезонов отрицательными пионами при энергии серпуховского ускорителя. Верхняя граница сечения равна (51 ± 25) мкб/нуклон, нижняя (10 ± 5) мкб/нуклон.

5. Сделаны оценки времён жизни наблюдаемых событий. Среднее время жизни зарегистрированных D^0/\bar{D}^0 - мезонов равно $(4,1 \pm 2,2) \cdot 10^{-13}$ с (ошибка статистическая).

6. В изученных распадах нейтральных D^0 - мезонов получено указание на возможную выделенность направления вылета нейтрино в этих распадах. В четырех событиях можно ожидать ассоциативное рождение этих частиц.

7. Оценивалась доля энергии (парциальные коэффициенты неупругости) от полной энергии, затрачиваемая на образование очарованных K_1 , заряженных K зар. и нейтральных $K_{\text{нейтр.}}$ частиц. Они равны:

$$\begin{aligned} \langle K_{\text{нейтр.}} \rangle &= 0,20 \pm 0,08 \\ \langle K_{\text{зар.}} \rangle &= 0,51 \pm 0,09 \\ \langle K_1 \rangle &= 0,28 \pm 0,05. \end{aligned}$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В РАБОТАХ:

1. Б.П.Банник, ..., А.А.Хушвактова. - Поиск новых короткоживущих частиц в столкновениях K^- -мезонов 60 ГэВ/с с ядрами фотоэмульсии.-Письма в ЖЭТФ, 26, 399, 1977.
2. К.Д.Толстов, А.А.Хушвактова, Г.С.Шабратова. Методические аспекты регистрации распадов частиц с временем жизни 10^{-13} сек в ядерных фотоэмульсиях. ОИЯИ, ПИ-13037, Дубна, 1980.
3. К.Д.Толстов, Г.С.Шабратова, ..., А.А.Хушвактова. Генерация частиц с временем жизни $10^{-14} + 10^{-13}$ сек в столкновениях с ядрами фотоэмульсии протонов 70 ГэВ и K^- - мезонов 50 ГэВ.-Письма в ЖЭТФ, 33, 243, 1981.
4. Н.Али-Мусса, ..., А.А.Хушвактова. Наблюдение событий и оценка сечения генерации в фотоэмульсии частиц с временем жизни $10^{-14} - 10^{-13}$ сек мезонами с импульсом 50 ГэВ/с. ОИЯИ, ДИ-82-715, Дубна, 1982.
5. Н.Али-Мусса, ..., А.А.Хушвактова. Анализ событий с рождением частиц в интервале времени жизни 10^{-13} сек во взаимодействиях отрицательных пионов с ядрами при импульсах (50-60)ГэВ/с. ОИЯИ, ДИ-83-686, Дубна, 1983.
6. К.Д.Толстов, А.А.Хушвактова, Г.С.Шабратова. Возможности поиска короткоживущих D^0 - мезонов. В сб.: Краткие сообщения ОИЯИ, № 2-84, Дубна, 1984, с.20-23.

Рукопись поступила в издательский отдел
12 февраля 1988 года.