

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

A-646

1 - 7880

АНГЕЛОВ
Николай Стоянов

A-646

ИССЛЕДОВАНИЕ
ИНКЛЮЗИВНЫХ ПРОЦЕССОВ $\pi^- p \rightarrow \gamma(\pi^0) + \dots$
ПРИ ИМПУЛЬСЕ 40 ГЭВ/С

Специальность 01.04.01 - экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

(Диссертация написана на русском языке)

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель:
кандидат физико-математических наук

В.Г. ГРИШИН.

Официальные оппоненты:
доктор физико-математических наук

М.Н. ХАЧАТУРЯН,

кандидат физико-математических наук

В.М. МАКСИМЕНКО.

Ведущее научно-исследовательское учреждение:
Институт теоретической и экспериментальной физики (г. Москва).

Автореферат разослан " 5 " мая 1974 года.

Защита диссертации состоится " 5 " июня 1974 года в 12 час на заседании Ученого совета Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований (г. Дубна, Московская область, Лаборатория высоких энергий ОИЯИ, конференц-зал).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЛВЭ.

Ученый секретарь Совета
кандидат физико-математических наук

М.Ф. Лихачев / М.Ф. ЛИХАЧЕВ /

" _____ " 1974 г.

1 - 7880

АНГЕЛОВ
Николай Стоянов

ИССЛЕДОВАНИЕ
ИНКЛЮЗИВНЫХ ПРОЦЕССОВ $\pi^- p \rightarrow \gamma(\pi^0) + \dots$
ПРИ ИМПУЛЬСЕ 40 ГЭВ/С

Специальность 01.04.01 - экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

(Диссертация написана на русском языке)

В последние годы изучение процессов множественного образования элементарных частиц при высоких энергиях привело к теоретическому предсказанию и экспериментальному обнаружению нового принципа инвариантности^{/1-3/}. Основным методом исследования множественного рождения частиц и проверки масштабной инвариантности является инклюзивный метод^{/2/}. Суть его состоит в изучении характеристик данного сорта частиц с усреднением по всем другим частицам, образованным в процессе взаимодействия^{/1/}.

Диссертация посвящена изучению инклюзивных характеристик η -квантов и π^0 -мезонов в Π^0 - взаимодействиях при импульсе Π^0 - мезона 40 ГэВ/с и некоторым методическим вопросам обработки событий, зарегистрированных в двухметровой пропановой пузырьковой камере.

Диссертация состоит из введения, 4 глав и заключения.

Во введении дано описание эксклюзивного^{/2/} и инклюзивного методов. Изложены гипотезы Фейнмана^{/2/}, Янга с сотрудниками^{/3/} и некоторые предсказания, полученные из обобщенной оптической теоремы^{/4/}. Рассмотрены основные черты статистических и мультипериферических теорий^{/5/}.

В первой главе дано краткое описание получения и вывода пучка первичных частиц (π^0 -мезонов) на серпуховском ускорителе с помощью системы быстрого сброса, канала и дозирующей установки кикер-магнита. Импульс отрицательных пионов равен $p = (40,00 \pm 0,24)$ ГэВ/с. Двухметровая пропановая пузырьковая камера ДПК-500 ЛВЭ ОИЯИ^{/17/} облучалась этим пучком в течение 1971-72 г. г. Камера размером $210 \times 65 \times 43$ см³ была наполнена пропаном C_3H_8 с плотностью

$\rho = 0,43 \pm 0,01 \text{ г/см}^3$. Оптические константы, необходимые для восстановления пространственных координат следов в камере, определены с помощью реперных крестов на стекле и дне камеры с ошибкой $\sim 1\%$. Камера работала в магнитном поле магнита СП-4П. Среднее значение напряженности магнитного поля в рабочем объеме ДПК-500 составляло 15 кГс, максимальная неоднородность равнялась $\pm 15\%/18/$.

Во второй главе дано описание процесса просмотра стереоснимков, отбора и измерения событий и комплекса программ для ЭВМ.

Просмотр стереоснимков проводился на больших просмотрных столах БПС-1, БПС-2 и САМЕТ^{7/}. Регистрировались все вызванные первичными Γ^- -мезонами взаимодействия в выбранной эффективной области. Зарисовывались связанные с ними V^0 -частицы и электрон-позитронные пары от конверсии γ -квантов. Проводилось два независимых просмотра. Эффективность двукратного просмотра оказалась равной 99,7% для нахождения звезд, 99% для нахождения V^0 -частиц и γ -квантов.

Найденные события измерялись на полуавтоматах типа ПУОС^{8/}, работающих на линии с ЭВМ БЭСМ-4^{9/}. Обсчет измеренных треков проводился на ЭВМ СДС-1604А по программе геометрической и кинематической реконструкции ГЕОФИТ^{10/}. Результаты работы программы ГЕОФИТ: координаты, импульс (p), азимутальный угол (β), глубинный угол (d) или $\text{tg}d$, значения χ^2 -вероятности для V^0 -частиц и γ -квантов, записывались на магнитную ленту и выдавались на печать. Средние ошибки измерения параметров электронов и позитронов составляют: $\langle \Delta p/p \rangle = (12,6 \pm 0,3)\%$, $\langle \Delta \text{tg}d \rangle = 0,0175 \pm 0,0005$ и $\langle \Delta \beta \rangle = (0,0105 \pm 0,0003) \text{ рад.}^{11/}$. Средняя точность определения параметров γ -квантов оказалась равной: $\langle \Delta p/p \rangle_\gamma = (12,4 \pm 0,1)\%$, $\langle \Delta \text{tg}d \rangle_\gamma = 0,00317 \pm 0,00003$ и

$\langle \Delta \beta \rangle_\gamma = (0,0045 \pm 0,0001) \text{ рад.}^{11/}$. Гамма-квант считался относящимся к звезде, если для него χ^2 -вероятность $> 1\%$. После обработки событий по программе ГЕОФИТ была получена магнитная лента суммарных результатов - ЛСР. Цикл программ очищает и исправляет ЛСР. Формируется вторая ЛСР, которая, кроме первичной информации, содержит характеристики частиц в системе центра инерции и наиболее часто встречающиеся инклюзивные переменные.

Для получения физических результатов (средние значения данной переменной, гистограммы, спектры, таблицы) создана система программ. Ее отличие (и преимущество) от других аналогичных программ состоит в том, что работа с этой программой быстрее и удобней. Спектры печатаются с коридором ошибок, величины в таблицы входят с произвольным весом, спектры и таблицы записываются на магнитной ленте результатов (МЛР). Перевод всех программ с одной ЭВМ на другую осуществляется легко. МЛР существенно облегчает дальнейшую обработку результатов. Цикл программ позволяет: прочитать с МЛР данную гистограмму или таблицу, объединить несколько интервалов в ней, суммировать гистограммы, производить нормировку, печатать результат (спектр) в обычном или полулогарифмическом масштабе с коридором ошибок и т.д. Существует стандартный выход на программу минимизации методом наименьших квадратов. Весь цикл программ получения гистограмм и таблиц и работа с ними позволяет быстро и с большой наглядностью получить физические результаты в законченном виде.

После просмотра около 40 тыс. стереоснимков, измерения и обсчета найденных событий на ЛСР записаны 6145 взаимодействий Γ^- -мезонов с водородом и углеродом. Из полного числа собы-

тий по стандартным критериям для пропановых пузырьковых камер^{/12/} 2708 событий отнесены к взаимодействиям Π^- -мезона с протонами. Число γ -квантов в этих взаимодействиях равно 4630. В диссертацию вошли результаты, полученные после обработки этих событий.

Третья глава диссертации посвящена проблеме получения топологических сечений Π^0 -мезонов. Топологическим сечением $\sigma_n(s)$ называется сечение взаимодействия с образованием определенного числа частиц (n) в конечном состоянии при данном значении квадрата полной энергии столкновения в системе центра инерции- S . Для заряженных частиц определение значений $\sigma_n(s)$ при высоких энергиях не представляет трудностей^{/19/}. Топологические сечения для Π^0 -мезонов пока получены только в Π^+p -взаимодействиях при 10,5 ГэВ/с^{/20/}. Между тем топологические сечения являются важным критерием для проверки теоретических моделей и гипотез. В нашем эксперименте практически все γ -кванты получаются от распада Π^0 -мезона (примеси $\leq 0,3\%$ ^{/14/}). Если γ -кванты регистрируются независимо друг от друга и через n_k обозначим количество случаев с рождением k Π^0 -мезонов ($k=1,2,\dots,N$), то

$$m_\ell = \sum_{k=\ell}^N \frac{2k!}{(2k-\ell)! \ell!} \varepsilon^\ell (1-\varepsilon)^{2k-\ell} n_k, \quad (I)$$

где m_ℓ - количество случаев, когда зарегистрировано ℓ γ -квантов, ε - эффективность регистрации γ -квантов в камере. Решение системы уравнений (I) относительно неизвестных значений n_k является нетривиальной математической задачей в случае малой эффективности регистрации ($\varepsilon \leq 0,2$) и не очень большой статистики ($m_\ell \sim 10+100$). Полученные значения n_k имеют большие ошибки ($\Delta n_k \sim (10-100)n_k$) и сильно коррелированы. Если рождение Π^0 -мезонов происходит независимо,

то

$$n_k = A \frac{\langle n_{\Pi^0} \rangle^k}{k!} e^{-\langle n_{\Pi^0} \rangle}, \quad (2)$$

где A - нормировочная константа и $\langle n_{\Pi^0} \rangle$ - среднее число рожденных Π^0 -мезонов. Подставляя (2) в систему (I) и решая её относительно неизвестных параметров A и $\langle n_{\Pi^0} \rangle$, мы получили хорошие совпадения с экспериментальными данными при разных множественностях заряженных частиц n_\pm для Π^+p -взаимодействий при $p=40$ ГэВ/с. Полное распределение Π^0 -мезонов (для всех множественностей заряженных частиц) не описывается распределением Пуассона (2). Среднее число Π^0 -мезонов в Π^+p -соударениях при импульсе 40 ГэВ/с и разной множественности заряженных частиц получено в работах^{/13,14/}. В пределах однократной ошибки значения $\langle n_{\Pi^0} \rangle$ (решение системы (I) в предположении (2)) совпадают со значениями $\langle n_{\Pi^0} \rangle$. Таким образом, проведенный анализ показывает, что при фиксированной множественности заряженных частиц имеется пуассоновское распределение Π^0 -мезонов по множественности для Π^+p -взаимодействий при $p=40$ ГэВ/с. Так как $\langle n_{\Pi^0} \rangle$ растет с увеличением n_\pm ^{/15,16,32/}, то распределение Π^0 -мезонов по множественности для всех Π^+p -соударений будет "шире", чем пуассоновское.

В четвертой главе даны физические результаты, полученные при исследованиях инклюзивных спектров γ -квантов и Π^0 -мезонов при $P=40$ ГэВ/с.

Одночастичные инклюзивные процессы с рождением γ -квантов и Π^0 -мезонов:

$$\Pi^+ p \rightarrow \gamma + \dots, \quad (3)$$

$$\Pi^+ p \rightarrow \Pi^0 + \dots, \quad (4)$$

характеризуются инвариантными дифференциальными сечениями $w^* \frac{d\sigma}{d\vec{q}} = f_\gamma(s, \vec{q})$ и $E^* \frac{d\sigma}{d\vec{p}} = f_\Pi(s, \vec{p})$, где w^* , E^* - энергии и \vec{q} , \vec{p} - импульсы γ -квантов и Π^0 -мезонов. Ги-

гипотеза масштабной инвариантности^{/2/} утверждает, что структурные функции $f(s, \vec{q})$ при $s \rightarrow \infty$ не зависят от s , т.е. $\lim_{s \rightarrow \infty} f(s, \vec{q}) \rightarrow f(\vec{q})$. Кроме этого, при $X \rightarrow 0$ ($X = \frac{2q_1^*}{\sqrt{s}}$) дополнительно предполагается, что $\lim_{s \rightarrow \infty, X \rightarrow 0} f(s, X, q_1^2) \rightarrow f(q_1^2)$. Эти предположения накладывают ограничения на класс теоретических моделей. Их проверка имеет первостепенное значение для физики высоких энергий. В экспериментах с заряженными частицами существуют многочисленные данные^{/21,22/} о свойствах структурных функций и их асимптотическом поведении. В случае инклюзивных процессов с регистрацией f -квантов данных намного меньше. Этот факт, несомненно, увеличивает актуальность полученных экспериментальных результатов исследования инклюзивных процессов (3), (4) при импульсе 40 ГэВ/с.

На рис. I показано распределение инвариантных поперечных сечений $\frac{1}{\sigma_{in}} \frac{d\sigma}{dy^*}$ в зависимости от быстроты y^* f -квантов в с.ц.и. В области $-1 \leq y^* \leq +1$ величина поперечного сечения в пределах ошибок не зависит от y^* . Существование такого "плато" в распределении по y^* предсказывается гипотезой масштабной инвариантности. Абсолютная величина сечений при $y^* = 0$ для Π^- -соударений при $p = 40$ ГэВ/с совпадает с соответствующими сечениями для pp -взаимодействий при $E_p = 500-1500$ ГэВ^{/23/} в пределах ошибок. В этом интервале энергии (500-1500 ГэВ) сечение $\frac{1}{\sigma_{in}} \frac{d\sigma}{dy^*} \Big|_{y^*=0}$ для pp -взаимодействий достигает своего предельного значения. Совпадение данных^{/14,23/} в области $y^* = 0$ для f -квантов говорит о достижении предельного значения для $\frac{1}{\sigma_{in}} \frac{d\sigma}{dy^*}$ и в Π^- -взаимодействиях при 40 ГэВ. Конечно, при этом предполагается независимость абсолютных значений $\frac{1}{\sigma_{in}} \frac{d\sigma}{dy^*} \Big|_{y^*=0}$ от сорта сталкивающихся частиц.

Более подробное исследование свойств структурной функции $f_j(s, \vec{q})$ проведено во втором параграфе четвертой главы. Нами были получены проекции структурной функции $f_j(s, X, q_1^2)$ по переменной X при фиксированных значениях q_1 и по переменной q_1^2 при фиксированных значениях X .^{/24/} На рис. 2 показаны в произвольном полулогарифмическом масштабе инклюзивные $\omega^* \frac{dN_f}{dx}$ спектры f -квантов при разных значениях q_1 . Спектры $\omega^* \frac{dN_f}{dx}$ и $\omega^* \frac{dN_f}{dq_1^2}$ аппроксимировали экспонентой. Из рис. 2 видно, что наклоны спектров разные. Аппроксимация показала, что наклоны изменяются в широком интервале (30+3). В pp -соударениях в интервале энергии $E_p = 500-1500$ ГэВ авторы^{/23/} подобрали зависимость структурной функции от X и q_1 (рис. 3) в виде

$$f(x, q_1) = \frac{A}{q_1} \exp(-q/q_0) \exp(-|x|/x_0), \quad (5)$$

где $A = 1.48 \text{ ГэВ}^{-1}$, $q_0 = 0.162 \text{ ГэВ}$ и $x_0 = 0.083$. В эмульсионной работе^{/29/}, выполненной при энергии $\sqrt{s} = 44.4 \text{ ГэВ}$ на встречных пучках ($pp \rightarrow f + \dots$), зависимость (5) получила подтверждение. С точки зрения динамики сильных взаимодействий возможность такого разделения на продольные и поперечные компоненты представляет большой интерес. В $\Pi^- p$ -соударениях при энергии 40 ГэВ существование разных наклонов указывает на более сложный вид структурной функции f -квантов.

Аналогичный результат получен и для Π^\pm -мезонов в $\Pi^- p$ -соударениях при $p = 40$ ГэВ/с. Было также проведено сравнение экспериментальных спектров со спектрами частиц, полученными моделированием по фазовому объему. В программу заложены экспериментальные данные по топологическим сечениям заряженных частиц и средней множественности нейтральных частиц в $\Pi^- p$ -соударениях

при 40 ГэВ/с. В результате проведенного сравнения были отделены эффекты, связанные с динамикой взаимодействия, от эффектов кинематического характера.

Изучая инклюзивный процесс (3), мы в сущности косвенным способом изучаем процесс (4), если все λ -кванты получены от распада Π^0 -мезонов. Спектр проекций импульсов Π^0 -мезонов на некоторую ось однозначно связан со спектром проекций импульсов λ -квантов на ту же ось^{/27/}. Так, например, спектры продольных импульсов $N(p_{||}^*)$ (Π^0 -мезонов) и $n(q_{||}^*)$ (λ -квантов) связаны уравнением

$$n(q_{||}^*) = \int_{p'}^{p''} N(p_{||}^*) (p_{||}^{*2} + m_{\Pi^0}^2)^{-1/2} dp_{||}^*, \quad (5)$$

где $\left\{ \begin{array}{l} p' = q_{||}^* - m_{\Pi^0}^2 / 4q_{||}^*, \quad p'' = \infty \quad \text{при } q_{||}^* > 0, \\ p' = -\infty, \quad p'' = q_{||}^* + m_{\Pi^0}^2 / 4q_{||}^* \quad \text{при } q_{||}^* < 0. \end{array} \right.$

Решая аналогичные, но более сложные уравнения, можно получить и спектры поперечных импульсов Π^0 -мезонов. Все эти уравнения представляют собой интегральные уравнения Фредгольма I рода. Для их решения нами был выбран предложенный в работах^{/28-30/} метод статистической регуляризации. В физике высоких энергий он использовался впервые, и поэтому были проверены его возможности методом математического моделирования^{/31/}. Результаты анализа показали, что математически некорректная задача восстановления спектров Π^0 -мезонов по спектрам λ -квантов может быть решена методом статистической регуляризации. Кроме этого, точность восстанавливаемого таким образом спектра Π^0 -мезонов сравнима с точностью экспериментально определенных спектров заряженных мезонов. На рис. 4 показан полученный таким способом спектр продольных импульсов Π^0 -мезонов в с.ц.и. там же дан спектр Π^+ -мезонов от реакции $\pi^- p \rightarrow \pi^+ \dots$ при 40 ГэВ/с.

На рис. 5 полученный спектр Π^0 -мезонов сравнивается с соответствующим спектром Π^- -мезонов от реакции $\pi^- p \rightarrow \pi^- \dots$. Спектры нормированы на одно и то же количество событий (2060). Видно, что в центральной области количество π^+ , π^- , π^0 -мезонов примерно одинаково. Более точно в интервале $-0,1 \leq p_{||}^* \leq 0,1$ ГэВ/с ($-0,02 \leq x \leq 0,02$) соответствующие отношения равны:

$$R_{+-} = \frac{N_{\pi^+}}{N_{\pi^-}} = 1,07 \pm 0,07; \quad R_{+0} = \frac{N_{\pi^+}}{N_{\pi^0}} = 0,94 \pm 0,07; \\ R_{-0} = \frac{N_{\pi^-}}{N_{\pi^0}} = 0,87 \pm 0,07.$$

Таким образом, в центральной области ($|x| \leq 0,02$) в пределах 7%-ной ошибки $\mathcal{N}_{\pi^+} = \mathcal{N}_{\pi^-} = \mathcal{N}_{\pi^0}$, что свидетельствует о доминирующем вкладе поперон-поперонного обмена.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

I. Создан комплекс программ для анализа данных, полученных с пузырьковых камер. Этот комплекс включает в себя программы, обеспечивающие:

- работы с лентами суммарных результатов,
- получение гистограмм и таблиц с физическими данными,
- сервисные программы для работы с гистограммами и таблицами.

2. Показано, что экспериментальные данные при $p=40$ ГэВ/с не противоречат пуассоновскому распределению Π^0 -мезонов по множественности при фиксированном числе заряженных частиц в $\Pi^- p$ -соударениях.

3. Получено, что в $\Pi^- p$ -взаимодействиях при $p=40$ ГэВ/с в центральной области ($-1 \leq \lambda^* \leq +1$) наблюдается плато в распределении инвариантного сечения λ -квантов по продольной быстрой.

4. Инвариантно сечение $\frac{1}{\sigma_{in}} \frac{d\sigma}{dy^*}$ в области $y^* \approx 0$ для πp -взаимодействий при 40 ГэВ/с совпадает с предельным значением для pp -взаимодействий, полученным в интервале энергий 500-1500 ГэВ.

5. Исследована структурная функция δ -квантов. Её сравнение с данными по pp -соударениям при $E_p=500-1500$ ГэВ показало, что при $p=40$ ГэВ/с нельзя рассматривать "поперечные" и "продольные" характеристики независимо. Моделирование событий по фазовому объему позволило отделить эффекты, связанные с динамикой взаимодействия, от кинематических.

6. Методом статистической регуляризации получены продольные и поперечные импульсные спектры π^0 -мезонов. Сравнение продольных импульсных спектров π^+ , π^- и π^0 -мезонов в с.ц.и. показало, что в центральной области ($|x| \leq 0.02$) в пределах 7%-ной ошибки $N_{\pi^+} = N_{\pi^-} = N_{\pi^0}$, что свидетельствует о доминирующем вкладе поперечного обмена.

Основные результаты настоящей работы докладывались на международных конференциях по физике высоких энергий в Амстердаме (1971г.), Оксфорде (1972г.), Батавии (1972г.), Экс-ан-Провансе (1973г.) и опубликованы в работах [11, 12; 14, 24, 31, 32].

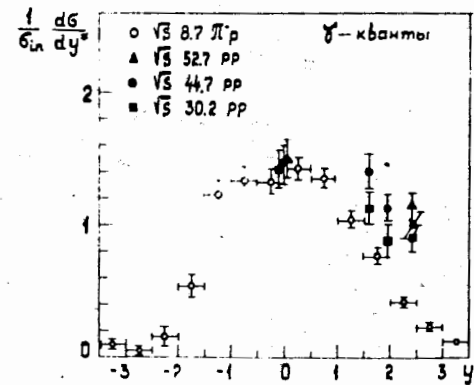


Рис. 1. Зависимость $\frac{1}{\sigma_{in}} \frac{d\sigma}{dy^*}$ от y^* для δ -квантов в πp -и pp -взаимодействиях.

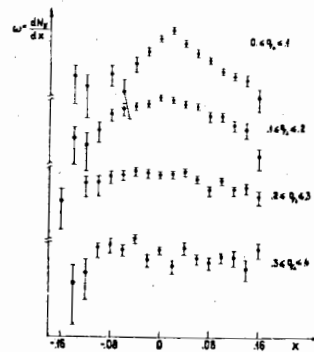


Рис. 2. Инклюзивные $\omega \frac{dN}{dx}$ спектры δ -квантов в реакции $\pi p \rightarrow \delta + \dots$ при $p=40$ ГэВ/с при разных значениях α_L . Масштаб произвольный, полулогарифмический.

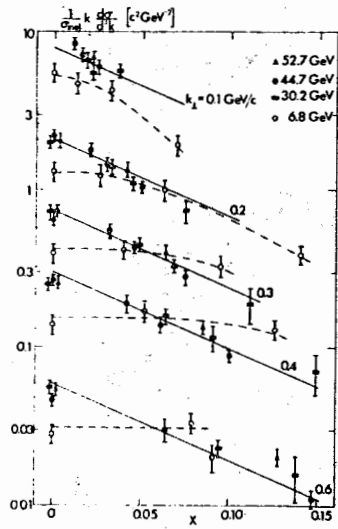


Рис.3. Зависимость структурной функции от X в pp -взаимодействиях. γ -квантов

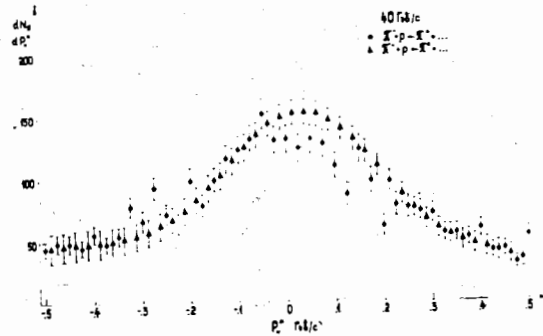


Рис.4. Спектр продольных импульсов π^+ - и π^0 - мезонов в с.ц.и. в реакции $\pi^- p \rightarrow \pi^b + \dots$ при $p=40$ ГэВ/с.

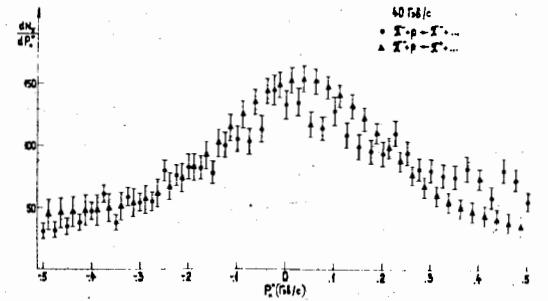


Рис.5. Спектр продольных импульсов π^- - и π^0 - мезонов в с.ц.и. в реакции $\pi^- p \rightarrow \pi^0 + \dots$ при $p=40$ ГэВ/с.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.А.Логоунов, М.А.Маствиришвили, Нгуен Ван Нью. Phys.Lett., 25B, 611 (1967); ЖТМФ, 6, 42 (1971).
2. R.Feynman. Phys. Rev. Lett., 23, 1415 (1969).
3. I.Benecke, T.T.Chou, C.N.Yang, E.Yen. Phys. Rev., 188, 2159 (1969); T.T.Chou, C.N.Yang. Phys. Lett. 25, 1072 (1970).
4. A.H.Mueller. Phys. Rev., 2D, 2963 (1970).
5. Е.Л.Фейнберг. УФН, 104, 540 (1971);
Е.М.Левин, М.Г.Рыский. Восьмая зимняя школа ЛИЯФ по физике ядра и элементарным частицам, часть I, стр.94, Ленинград (1973).
6. А.У.Абдурахимов, Ш.В.Иногамов, Т.Канарек и др. ОИЯИ, 13-6448, Дубна (1972).
7. В.Я. Алмазов, А.С.Буров, А.А.Горяинов и др. ОИЯИ, 10-4172, Дубна (1968); В.Я.Алмазов, В.В.Ермолаев, В.И.Зайцев и др. ОИЯИ, Д10-6142, Дубна (1972).
8. Ю.А. Каржавин, И.В.Чувило, С.С.Кирилов и др. ПТЭ, 5, 54 (1963).
9. З.М.Иванченко. ОИЯИ, 10-6141, Дубна (1971).
10. А.У.Абдурахимов, Нгуен Дин Ты, В.Н.Пенев. ОИЯИ, 1-5140, Дубна (1970).
11. А.У.Абдурахимов, Н.Ангелов, В.А.Беляков и др. ОИЯИ, 1-6967, Дубна (1973).
12. А.У.Абдурахимов, Н.Ангелов, В.А.Беляков и др. ОИЯИ, 11-6277, Дубна (1973); Phys. Lett., 39B, 571 (1972).
13. А.У.Абдурахимов, Н.Ангелов, В.А.Беляков и др. ОИЯИ, 11-6481, Дубна (1973).
14. А.У.Абдурахимов, Н.Ангелов, К.П.Вишневская и др. ОИЯИ, 11-6928, Дубна (1973); ЯФ, 17, 1235 (1973).
15. E.T.Dao and I.Whitmore, NAL - Pub - 73/47 - EXP.
16. E.L.Berger, D.Horn, G.H.Thomas. Phys.Rev., 7D, 1412 (1973).
17. M.P.Balandin, N.G.Borisov et al.. Nucl. Instr. Meth., 20, 110 (1963).
18. А.У.Абдурахимов, Ш.В.Иногамов, Т.Канарек и др. ОИЯИ, 13-6448, Дубна (1972).
19. Р.М.Мурадян. ОИЯИ, P2-6762, Дубна (1972).
20. M.E.Binkley et al. Phys.Lett., 45B, 295 (1973).
21. M.Deutschman. Rapporteur's talk given at Amsterdam Int. Conf. on Elementary Particles, Amsterdam (1971).
22. L.Foa. Rapporteur's talk at the second Aix-en-Provence Int. Conf. on Elementary Particles, Aix-en-Provence (1973).
23. G.Neuhofer, F.Niebegal et al.. Phys. Lett., 36B, 438 (1971); 38B, 51 (1972).
24. А.У.Абдурахимов, Н.Ангелов, К.П.Вишневская и др. ОИЯИ, 11-7668, Дубна (1974).
25. R.R.Daniel, S.N.Ganguli et al. Nucl. Phys., B63, 45 (1973).
26. Г.И.Копылов, В.Н.Пенев, А.И.Шкловская. ОИЯИ, 11-7696, Дубна (1974).
27. G.I.Korylov. Nucl. Phys., B52, 126 (1973).
28. В.Ф.Турчин. Ж. вычисл. матем. и мат. физики. 8, 230 (1968).

29. В.Ф.Турчин, В.З.Нозик. Изв. АН СССР, сер. "Физика атмосферы и океана", 5, 29 (1969).
30. Л.С. Туровцева, В.Ф.Турчин. Препринт № 30, ИГиМ АН СССР, Москва (1970).
31. Н.С. Ангелов, В.Г. Гришин, Г.И. Кошляков. ОИЯИ, РІ-7546, Дубна (1973).
32. А.У. Абдурахимов, Н. Ангелов, В.А. Беляков. ОИЯИ, РІ-6326, Дубна (1972).

Рукопись поступила в издательский отдел
19 апреля 1974 года.