

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



A-168

2532/2-77

У/7-77
P1 - 10505

А.Т.Абросимов, Н.С.Амаглобели, Ю.А.Будагов,
В.Б.Виноградов, А.Г.Володько, А.Ш.Гавашели,
В.П.Джелепов, Ю.Дубински, Н.К.Куциди,
Ю.Ф.Ломакин, Н.В.Максименко, Г.Мартинска,
В.С.Румянцев, Р.Г.Салуквадзе, В.Б.Флягин,
Ю.Н.Харжеев, Б.Г.Чиладзе, Л.Шандор,
Ш.С.Шошиашвили

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНКЛЮЗИВНЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ
 π^0 -МЕЗОНОВ, ОБРАЗОВАВШИХСЯ В
 $\pi^- p$ -ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ 5 ГэВ/с

1977

А.Т.Абросимов,¹ Н.С.Амаглобели,² Ю.А.Будагов,
 В.Б.Виноградов, А.Г.Володько, А.Ш.Гавашели,²
 В.П.Джелепов, Ю.Дубински,³ Н.К.Куциди,²
 Ю.Ф.Ломакин, Н.В.Максименко,⁴ Г.Мартинска,⁵
 В.С.Румянцев,⁶ Р.Г.Салуквадзе,² В.Б.Флягин,
 Ю.Н.Харжеев, Б.Г.Чиладзе,² Л.Шандор,³
 Ш.С.Шошиашвили²

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНКЛЮЗИВНЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ
 π^0 -МЕЗОНОВ, ОБРАЗОВАВШИХСЯ В
 π^-p -ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ 5 ГэВ/с

Направлено в ЯФ

¹ Филлал Научно-исследовательского института ядерной физики, МГУ, Дубна

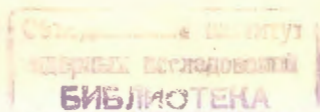
² Тбилисский государственный университет

³ Институт экспериментальной физики САН, Кошице, ЧССР

⁴ Гомельский государственный университет

⁵ Университет им. П.Шафарика, Кошице, ЧССР

⁶ Институт физики АН БССР, Минск



Исследование инклюзивных распределений π^0 -мезонов, образовавшихся в π^-p -взаимодействиях при 5 ГэВ/с

Исследована инклюзивная реакция $\pi^-p \rightarrow \pi^0 + X$ при 5 ГэВ на статистике ≈ 1000 π^0 -мезонов.

Получены средние инклюзивные характеристики π^0 -мезонов. Установлено, что π^0 -мезоны в основном рождаются в области фрагментации пучка и в центральной области.

Наблюдается подобие распределений по $P_{\perp}/\langle P_{\perp} \rangle$ для π^0 -мезонов в исследуемой реакции при 5 ГэВ и π^- -мезонов из π^-p -взаимодействий в интервале энергий 13-300 ГэВ.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

Study of Inclusive Distributions of π^0 Mesons Produced in π^-p Interactions at 5 GeV/c

Based on 1000 π^0 statistics inclusive reaction $\pi^-p \rightarrow \pi^0 + \dots$ at 5 GeV/c is studied. Average inclusive characteristics of π^0 s were obtained and found, that π^0 s are produced predominantly in the beam fragmentation region and central region.

The similarity of $P_{\perp}/\langle P_{\perp} \rangle$ distributions ("scaling in the mean") for the π^0 s in 5 GeV/c π^-p interactions and π^- -mesons produced at 13-300 GeV/c pp -collisions is observed.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1977

В нашей работе /1/ было показано, что в процессе $\pi^-p \rightarrow \gamma + X$ инвариантные инклюзивные сечения, как в центральной области, так и в областях фрагментации мишени и пучка совпадают в пределах погрешностей для энергий 5,40 и 100 ГэВ.

Экспериментальная проверка существования аналогичного свойства в процессе инклюзивного образования π^0 -мезонов представляет сложную задачу.

В настоящее время имеются только три работы по исследованию процесса

$$\pi^-p \rightarrow \pi^0 + X. \quad /1/$$

В первой из них, выполненной на водородной камере при энергии 18,5 ГэВ /2/, приведены средние характеристики π^0 -мезонов и инвариантное распределение по фейнмановской переменной $X = \frac{2P_{\perp}^*}{\sqrt{S}}$ / \sqrt{S} - полная энергия

взаимодействия, P_{\perp}^* - продольная компонента импульса в с.д.м./ на статистике 100 π^0 -мезонов. Другие работы выполнены методикой искровых камер при 5 ГэВ/с /3/ и 14 ГэВ/с /4/. Инвариантные распределения, полученные здесь, соответствуют лишь ограниченной части фазового объема.

Аналогичные характеристики для ≈ 1000 π^0 -мезонов из реакции

$$\pi^+p \rightarrow \pi^0 + X \quad /2/$$

получены только при энергии 10,5 ГэВ в работе /5/, выполненной с помощью пузырьковой камеры, заполненной водородно-неоновой смесью.

1. В настоящей работе сообщаются результаты изучения инклюзивного процесса /1/ при 5 ГэВ/с. Эксперимент выполнен на статистике 1000 π^0 -мезонов.

Работа основана на анализе 230000 снимков, полученных при облучении метровой пропановой пузырьковой камеры /6/ в пучке π^- -мезонов с импульсом 5 ГэВ/с синхрофазотрона ОИЯИ. Система обработки событий с γ -квантами описана в работе /7/. В настоящее время на ленте суммарных результатов имеется около 8000 γ -квантов от 5600 событий с /1÷3/ γ -квантами. Большая доля этой статистики /43%/ состоит из событий с 2 и 3 γ -квантами*.

На рис. 1 представлено экспериментальное распределение по эффективной массе двух γ -квантов $M_{\gamma\gamma}$ /2900 комбинаций/. Среднее значение $M_{\gamma\gamma}$ в области масс /110-160/ МэВ равно /135±0,5/ МэВ с дисперсией /14,0±0,5/ МэВ. Фоновая кривая получена моделированием образования π^0 -мезонов в π^-p взаимодействиях при 5 ГэВ/с в условиях нашего эксперимента. В области $M_{\gamma\gamma} = /110-160/$ МэВ находится около 1000 π^0 -комбинаций, из которых ≈30% составляют комбинации γ -квантов из разных π^0 -мезонов /"ложные" π^0 -мезоны/. Вне указанной области содержится не более 15% "истинных" π^0 -мезонов.

2. Искажение инклюзивных распределений различных физических величин для "истинных" π^0 -мезонов из-за присутствия фона "ложных" π^0 -мезонов исследовалось моделированием эксперимента методом Монте-Карло.

В интервале масс $|M_{\gamma\gamma} - M_{\pi^0}| \leq 14$ МэВ были получены инклюзивные распределения разных характеристик (P_{\parallel}^* , $\cos\theta^*$, ...) для $\gamma\gamma$ -комбинаций, образованных как

*Просмотр и обработка событий с одним γ -квантом производились на части /≈12%/ имеющегося экспериментального материала. При дальнейшем анализе эти события учитывались посредством введения "веса" события.

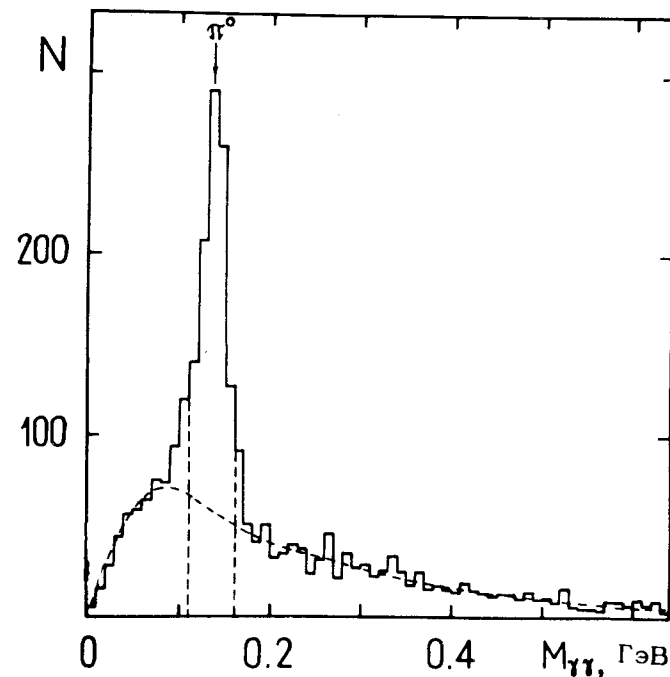


Рис. 1. Распределение по эффективной массе двух γ -квантов.

в распаде одного π^0 -мезона, так и от распадов разных π^0 -мезонов. В условиях нашего эксперимента установлено: а/ инклюзивные распределения различных характеристик, как от "истинных" π^0 -мезонов, так и от "ложных", в интервале масс $|M_{\gamma\gamma} - M_{\pi^0}| \leq 14$ МэВ примерно одинаковы; б/ влияние фона несущественно, - оно не выходит за пределы статистической ошибки рассматриваемых распределений; в/ существенных систематических искажений в исследуемых распределениях не наблюдается.

3. Кинематические характеристики π^0 -мезонов вычислены по соответствующим характеристикам двух γ -квантов с эффективной массой /110 ≤ $M_{\gamma\gamma}$ ≤ 160/ МэВ. "Вес" π^0 -мезона определяется по формуле $W_{\pi^0} = W_{\gamma 1} \cdot W_{\gamma 2} \cdot W_{\text{соб}}$, где $W_{\text{соб}}$ - вес события, $W_{\gamma 1}$ и $W_{\gamma 2}$ - веса зарегистрированных γ -квантов.

Для последующего анализа было оставлено 946 π^0 -мезонов, удовлетворяющих следующим критериям отбора:

$$W_{\pi^0} \leq 100; P_{\pi^0} \leq 5 \text{ ГэВ/с}; \left| \frac{\Delta P}{P} \right|_{\pi^0} \leq 0,25.$$

В этой выборке средняя относительная погрешность измерения импульса составляет 8,5%, средние погрешности азимутального и глубинного углов соответственно равны $0,53^\circ$ и $0,60^\circ$. Средний "вес" π^0 -мезонов $26,2 \pm 0,8$. Среднее число π^0 -мезонов на одно неупругое взаимодействие и величина инклюзивного сечения образования π^0 -мезонов были определены в работе /8/:

$$\langle n_{\pi^0} \rangle = 1,28 \pm 0,05 \text{ и } \sigma_{\pi^0}^{\text{incl}} = /30,5 \pm 0,7/ \text{ мб.}$$

Средние значения импульса $\langle |P| \rangle$, а также его поперечный $\langle P_{\perp} \rangle$ и продольный $\langle P_{\parallel} \rangle$ компоненты в лаб. системе и с.ц.м. для π^0 -мезонов и γ -квантов приведены в таблице.

Таблица

Величина, ГэВ/с	γ	π^0
$\langle P \rangle$	$0,531 \pm 0,009$	$1,101 \pm 0,035$
$\langle P^* \rangle$	$0,242 \pm 0,003$	$0,423 \pm 0,011$
$\langle P_{\perp} \rangle$	$0,172 \pm 0,002$	$0,298 \pm 0,008$
$\langle P_{\perp}^2 \rangle$	$0,050 \pm 0,001$	$0,126 \pm 0,007$
$\langle P_{\parallel} \rangle$	$0,476 \pm 0,003$	$0,930 \pm 0,030$

Как и ожидалось, значение $\langle P_{\perp} \rangle$ для π^0 -мезонов по своей величине близко к соответствующей величине $\approx 0,3 \text{ ГэВ/с}$ для заряженных пионов.

Распределения π^0 -мезонов по весу W_{π^0} , по импульсу P и углу вылета θ в лабораторной системе представлены на рис. 2а,б,в соответственно.

4. Для проверки справедливости гипотезы скейлинга "в среднем" /9/ нами было исследовано нормированное на единицу распределение $d\sigma/dP_{\perp}$ для π^0 -мезонов в зависимости от $P_{\perp}/\langle P_{\perp} \rangle$ /см. рис.3/.

В работе /9/, на основе анализа реакции $pp \rightarrow \pi^- + (n-1)_{\text{ch}} + \dots$ в диапазоне энергий /13-300/ ГэВ и $\pi^- p \rightarrow \pi^- + (n-1)_{\text{ch}} + \dots$ при 25 ГэВ было показано, что распределение

$$\frac{\langle P_{\perp} \rangle}{\sigma} \frac{d\sigma}{dP_{\perp}} = f\left(\frac{P_{\perp}}{\langle P_{\perp} \rangle}, S\right) \quad /3/$$

не зависит от типа взаимодействующих частиц, от энергии первичной частицы и от множественности вторичных частиц. При этом функция /3/ имеет вид:

$$f\left(\frac{P_{\perp}}{\langle P_{\perp} \rangle}\right) = a \left(\frac{P_{\perp}}{\langle P_{\perp} \rangle}\right)^c \exp\left[-b \left(\frac{P_{\perp}}{\langle P_{\perp} \rangle}\right)\right], \quad /4/$$

где $a = 6,23 \pm 0,52$; $b = 2,37 \pm 0,04$; $c = 1,37 \pm 0,03$. Аналогичный результат был получен позднее в работе /10/ при исследовании реакции $\pi^- p \rightarrow \pi^+ + (n-1)_{\text{ch}} + \dots$ при 40 ГэВ.

Сплошная кривая на рис. 3 соответствует функции /4/. Хорошее согласие этой кривой с экспериментальными данными свидетельствует о том, что вышеуказанное масштабное свойство имеет место и для π^0 -мезонов из реакции /1/ уже при "малой" энергии 5 ГэВ.

5. На рис. 4 представлены инклюзивные инвариантные распределения в зависимости от X . В центральной области ($X=0$) в пределах экспериментальной погрешности выходы π^0 -мезонов как при 5, так и при 10,5 ГэВ/с /5/ и 18,5 ГэВ/с /2/, совпадают с выходами π^+ -мезонов при 40 ГэВ/с /12/. Соответствующие данные для π^+ -мезонов при 16 ГэВ/с /11/ лежат существенно ниже.

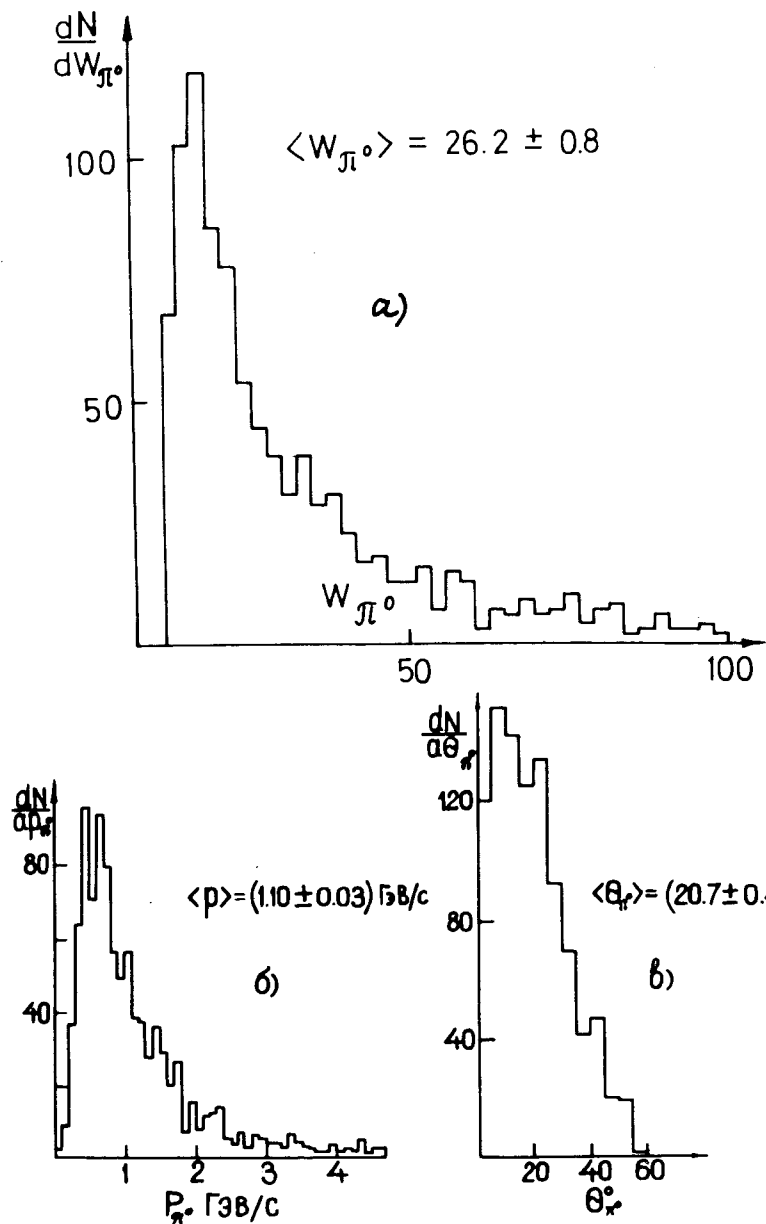


Рис. 2. Распределение по весу - /а/, импульсу - /б/ и по углу вылета - /в/ π^0 -мезонов в лабораторной системе координат.

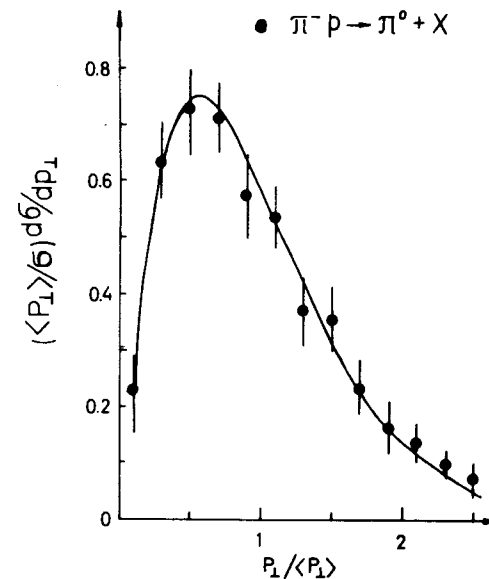


Рис. 3. Распределение $\langle P_{\perp} \rangle / \sigma \frac{d\sigma}{dP_{\perp}}$ в зависимости от $P_{\perp} / \langle P_{\perp} \rangle$. Сплошная кривая - аналогичное распределение /формула /4/ в тексте/ для π^- -мезонов в реакциях $pp \rightarrow \pi^- + \dots$ при 13-300 ГэВ/с.

В области $X < 0$ из-за ограниченной статистики экспериментальные данные на рис. 4 для π^0 -мезонов нами не приводятся. В целом же можно указать, что при 5 ГэВ/с π^0 -мезоны в основном рождаются в области фрагментации пучка и в центральной области. С увеличением энергии доля π^0 -мезонов, рожденных в области фрагментации пучка, по-видимому, уменьшается.

б. На рис. 5 приведено значение структурной функции

$$\frac{1}{\sigma_T^{\infty}} \int f(X = 0, P_{\perp}^2) dP_{\perp}^2 \quad /5/$$

в зависимости от $(P_{\text{лаб}})^{-1/4}$ для π^0 -мезонов из реакции /1/ при импульсах 5 и 18,5 ГэВ/с /2/ и из реакции /2/ при 10,5 ГэВ/с /5/.

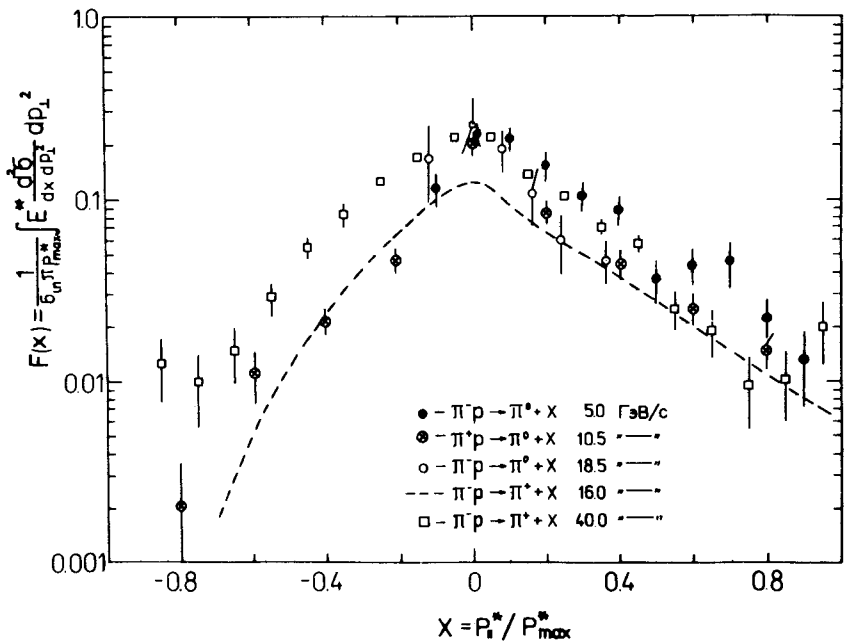


Рис. 4. Инклюзивные инвариантные распределения в зависимости от X . σ_{in} - сечения неупругого взаимодействия.

Для сравнения представлены соответствующие данные для π^- -мезонов от $\pi^- p$ -, $\pi^+ p$ - и pp -взаимодействий и для π^+ -мезонов от $\pi^+ p$ -взаимодействий при разных импульсах. Данные для π^- и π^+ -мезонов были взяты из обзорных работ /13/ и /14/.

Из-за ограниченного количества экспериментальных сведений для π^0 -мезонов трудно судить о поведении функции /5/. Тем не менее из рис. 5 видно, что при малых энергиях ее поведение аналогично поведению подобной функции для лидирующих заряженных π^\pm -мезонов из $\pi^\pm p$ -взаимодействий.

7. На рис. 6 представлены инвариантные дифференциальные сечения

$$E \frac{d\sigma}{dP_{||}} = \frac{1}{\pi} \int E \frac{d^3\sigma}{d^3P_{\perp}} dP_{\perp}^2$$

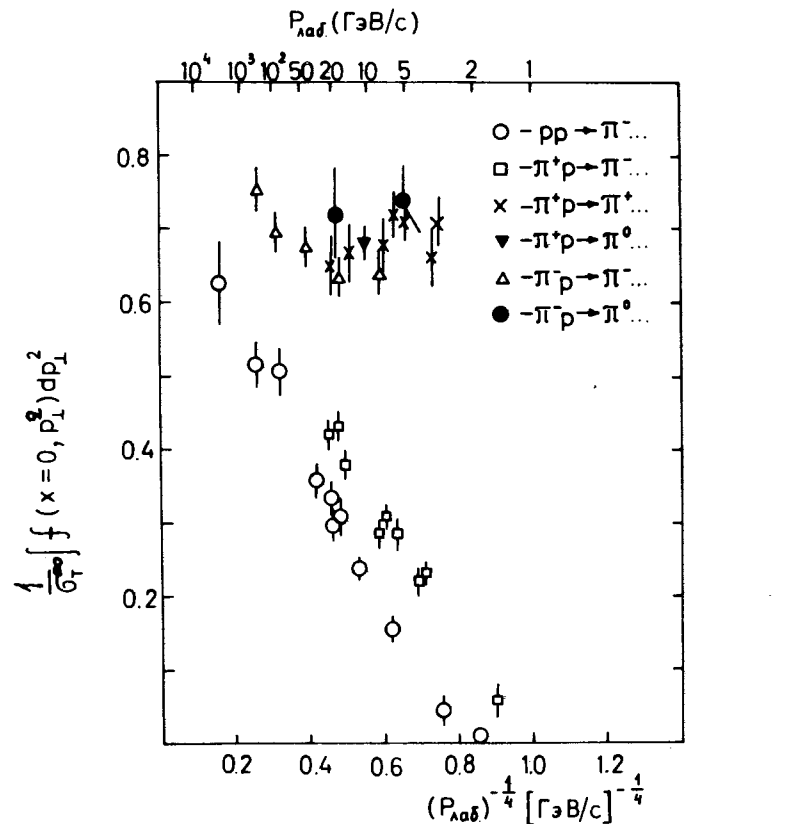
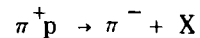


Рис. 5. Зависимость структурной функции /5/ от $(P_{\text{лаб}})^{-1/4}$. Полные сечения σ_{\pm}^{∞} были взяты равными 39,8 мб, 23,4 мб и 24,3 мб для pp , $\pi^+ p$ и $\pi^- p$ взаимодействий соответственно.

для π^0 -мезонов в антилабораторной системе. Для сравнения приведены аналогичные данные для π^- -мезонов из реакции



при 18,5 ГэВ/с /16/, для π^+ -мезонов из реакции $\pi^- p \rightarrow \pi^+ + X$ при 40 ГэВ/с /15/ и из реакции $\pi^+ p \rightarrow \pi^+ + X$ при 8 ГэВ/с /17/.

Как известно, в области фрагментации пучка наблюдается предельное поведение структурной функции для

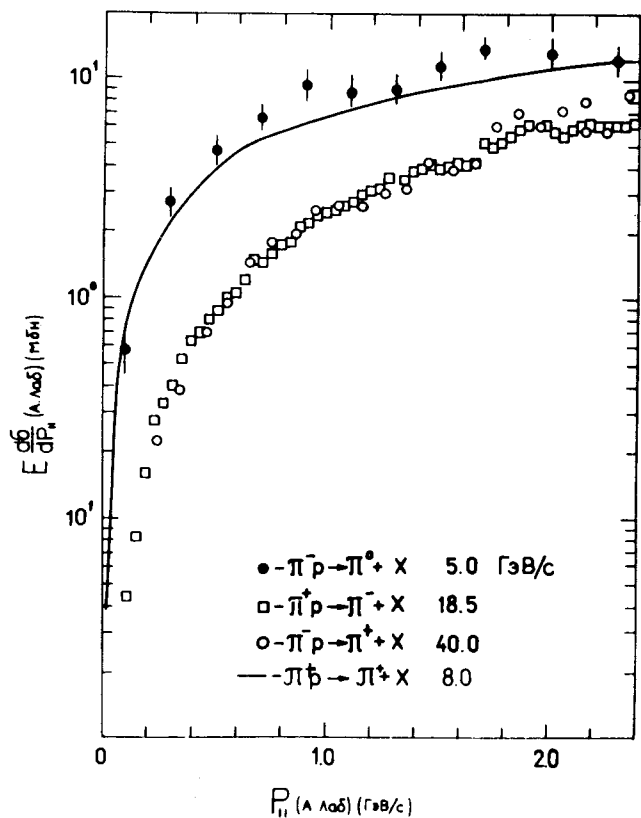


Рис. 6. Инвариантное дифференциальное распределение по P_{\parallel} в антилабораторной /а.лаб./ системе.

экзотических реакций типа $\pi^{\pm} p \rightarrow \pi^{\mp} + X$ /15/. Такие сведения о π° -мезонах получены только в настоящем эксперименте.

Тот факт, что в центральной области /рис. 5/ и в области фрагментации пучка /рис. 6/ структурная функция для π° -мезонов в $\pi^- p$ -взаимодействиях ведет себя аналогично соответствующей функции лидирующих π^{\pm} -мезонов из $\pi^{\mp} p$ -взаимодействий, может быть обусловлен процессом неупругой перезарядки $\pi^- \rightarrow \pi^{\circ}$ /18/. Аналогичный эффект наблюдался при исследовании спектра K° -мезонов из $K^+ p$ -взаимодействий /13,19/.

Литература

1. Amaglobeli N.S. et al. JINR, E1-8864, Dubna, 1975. Амаглобели Н.С. и др. ЯФ, 1975, 22, 1269.
2. Biswas N.N. et al. Phys.Rev., 1974, D10, 3579.
3. Buresov G. et al. Phys.Rev., 1975, D12, 2557.
4. O'Neill L.H., Ford R.L. et al. The Univ. of Bonn, HELP 773 (1976).
5. Elliott J.R. et al. The Int. Conf. on High Energy Physics, Tbilisi, USSR, 15-21 July, 1976, Contr. paper 1048/A2-124.
6. Богомолов А.В. и др. ПТЭ, 1964, 1, 61.
7. Валкар Ш. и др. ОИЯИ, 13-6140, Дубна, 1971.
8. Amaglobeli N.S. et al. JINR, E1-9817, Dubna, 1976.
9. Dao F.T. et al. Phys.Rev.Lett., 1974, 33, 389.
10. Ангелов А. и др. ОИЯИ, P1-8719, Дубна, 1975.
11. Elbert J.W. et al. Phys.Rev., 1971, D3, 2042.
12. Абдурахимов А.У. и др. ЯФ, 1973, 18, 545.
13. Chliapnikov P.V. ИФВЭ, ППК 76-126, Serpukhov, 1976.
14. Ferbel T. Phys.Rev.Lett., 1972, 29, 448.
15. Jancso G. JINR, E1-9371, Dubna, 1975.
16. Altron-Garnjost M. et al. Phys.Lett., 1972, 39B, 402.
17. Kittel W. Preprint CERN D/Ph. 11/PHYS. 72-11/REV, 1972.
18. Friedländer E.M. et al. Nucl. Phys., 1963, 40, 13.
19. Chliapnikov P.V. et al. Phys.Lett., 1972, 39B, 279.

Рукопись поступила в издательский отдел
17 марта 1977 года.