

Ш-201

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

1 - 9900

ШАНДОР  
Ладислав

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ЭКСКЛЮЗИВНЫХ  
И ИНКЛЮЗИВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССОВ  
ОБРАЗОВАНИЯ  $\pi^0$ -МЕЗОНОВ И  $\gamma$ -КВАНТОВ  
В  $\pi^+p$ -ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ 5 ГЭВ/С

Специальность: 01.04.01 - экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук

Дубна 1976

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований.

Научные руководители:

член-корреспондент АН СССР  
профессор

В.П.Джелепов,

доктор физико-математических наук

Ю.А.Будагов.

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук

В.Г.Гришин,

доктор физико-математических наук

В.Т.Смолянкин.

Ведущее научно-исследовательское учреждение:

Московский инженерно-физический институт.

Автореферат разослан " " \_\_\_\_\_ 1976 года.

Защита диссертации состоится " " \_\_\_\_\_ 1976 года  
в " " часов на заседании специализированного Ученого совета  
Д-56/3 при Лаборатории ядерных проблем Объединенного института  
ядерных исследований г. Дубна, Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь специализированного  
Совета  
кандидат физико-математических  
наук

Ю.А.Батусов

Исследование процессов множественного образования частиц в адрон-адронных взаимодействиях составляет в настоящее время одно из центральных, интенсивно развивающихся направлений физики элементарных частиц.

При анализе многочастичных реакций используются эксклюзивный и инклюзивный подходы. В области невысоких энергий, где возможна идентификация каналов реакции, применяется, в основном, эксклюзивный подход. В области высоких энергий в связи с ростом средней множественности вторичных частиц и с трудностями полной кинематической идентификации отдельных событий эксклюзивный подход становится неэффективным. Здесь весьма плодотворным оказался инклюзивный подход, сформулированный в работах Логунова, Фейнмана, Янга и других. При промежуточных энергиях для извлечения максимума информации целесообразно применять оба подхода.

В настоящее время накоплена обширная экспериментальная информация о процессах множественного образования частиц в широком диапазоне энергий и установлен ряд общих закономерностей, характерных для этих процессов.

Однако подавляющее большинство имеющихся сведений относится к процессам множественного образования заряженных частиц. Информация о реакциях образования нейтральных частиц, доминирующей компонентой которых являются  $P^0$ -мезоны, очень ограничена. Более того, существующие экспериментальные данные о процессах образования  $P^0$ -мезонов и  $\gamma$ -квантов, как правило, недостаточно обеспечены статистически.

Настоящая диссертационная работа посвящена изучению множественного образования  $P^0$ -мезонов и  $\gamma$ -квантов в  $Pp$ -взаимодействиях при 5 ГэВ/с в рамках как эксклюзивного, так и инклюзивного подходов. Получены новые экспериментальные сведения об указанных процессах; выполнен совместный анализ этих данных и результатов других экспериментов.

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения.

Во введении дан краткий обзор методов исследования многочастичных процессов.

Первая глава посвящена методике исследования. В ней дано краткое описание используемой установки – метровой пропановой пузырьковой камеры ЛЯИ ОИЯИ в магнитном поле 1,7 Т, системы обработки filmовой информации, получаемой с помощью этой установки, а также методики моделирования исследуемых реакций множественного образования  $P^0$ -мезонов.

Пузырьковая камера облучалась в пучке  $P^-$ -мезонов с импульсом 5 ГэВ/с синхрофазотрона ЛВЭ ОИЯИ. Экспериментальные результаты диссертации получены в итоге анализа 230000 фотографий.

Описаны основные этапы обработки событий; критерии отбора  $P^-$ - взаимодействий, сопровождаемых  $\gamma$ -квантами, зарегистрированными в чувствительном объеме камеры по  $e^+e^-$ -парам конверсии. Приведены характерные для данного эксперимента средние погрешности измерения импульса  $p$ , азимутального  $\varphi$  и глубинного  $\lambda$  углов вторичных частиц:  $\langle \Delta p/p \rangle \approx 10\%$ ,  $\langle \Delta \varphi \rangle \approx 20'$ ,  $\langle \Delta \lambda \rangle \approx 40'$ . Показано отсутствие существенных систематических погрешностей определения кинематических параметров вторичных частиц.

Разработано отвечающее современным требованиям программное обеспечение ЭВМ для вычисления физических характеристик событий и подготовки магнитных лент суммарных результатов. Программы постоянно используются при обработке событий с метровой пропановой пузырьковой камеры ОИЯИ<sup>/1/</sup>.

На основе программы FOWL написана комплексная программа моделирования эксклюзивных реакций множественного образования  $P^0$ -мезонов, учитывающая все основные особенности эксперимента<sup>/1-3/</sup>. Результаты моделирования различных реакций, полученные с помощью этой программы (эффективности регистрации событий с участием  $\gamma$ -квантов, расчетные распределения различных величин), применялись на различных этапах анализа экспериментальных данных<sup>/4-9/</sup>.

Во второй главе приведены результаты изучения четырехлучевых  $P^-$ -взаимодействий с образованием  $P^0$ -мезонов при 5 ГэВ/с<sup>/8-9/</sup>.

Основной целью этого исследования было определение сечений эксклюзивных реакций

$$P^- \rightarrow nP^+P^-P^- + mP^0 \quad (m \geq 1) \quad (1)$$

$$\text{и} \quad P^- \rightarrow nP^+P^+P^-P^- + mP^0 \quad (2)$$

Сечения части этих реакций ранее не были известны. Их измерение практически завершает получение полного набора сечений каналов реакции  $P^-$ -взаимодействия при 5 ГэВ/с. Отметим, что сечения реакций множественного образования  $P^0$ -мезонов в нольлучевых и двухлучевых  $P^-$ -взаимодействиях были определены в работах, выполненных ранее с участием автора<sup>/4,7/</sup>.

Настоящее исследование основано на анализе  $\approx 1600$  четырехлучевых событий с двумя и более зарегистрированными  $\gamma$ -квантами. После применения критериев на точность измерения кинематических параметров частиц, исключения не принадлежащих к исследуемым событиям и тормозных  $\gamma$ -квантов, а также исключения примеси взаимодействий  $P^-$ -мезонов с ядрами углерода<sup>/3/</sup>, для окончательного анализа было отобрано 34I событие процесса (1) и 18I событие процесса (2).

Условия настоящего эксперимента (средняя эффективность регистрации  $\gamma$ -кванта  $\approx 15\%$ , указанные выше точности измерения кинематических параметров частиц) не позволяют в большинстве случаев идентифицировать отдельное событие. Поэтому определение сечений реакций с образованием нескольких нейтральных частиц требовало применения нестандартной методики.

В данном случае был использован статистический подход к разделению каналов реакций. Он основан на аппроксимации методом наименьших квадратов различных экспериментальных распределений набором расчетных распределений, соответствующих исследуемым реакциям.

Определение сечений реакций (1) и (2) было выполнено с помощью специальной программы<sup>/1/</sup> на основе анализа распределе-

ний эффективных масс и квадратов недостающих масс различных комбинаций вторичных частиц <sup>x)</sup>. Результаты приведены в таблице I. Полученные сечения нормированы на полные сечения процессов (1) и (2), измеренные с помощью метровой водородной пузырьковой камеры ЛВЭ ОИЯИ.

Таблица I

Конечное состояние	Сечение [мбн]	Конечное состояние	Сечение [мбн]
$\rho\pi^+\pi^-\pi^- +$	$\pi^0$ 1,91 ± 0,19	$n\pi^+\pi^+\pi^-\pi^- +$	$\pi^0$ 1,33 ± 0,15
	$2\pi^0$ 1,17 ± 0,17		$2\pi^0$ 0,68 ± 0,11
	$3\pi^0$ 0,70 ± 0,10		$3\pi^0$ 0,16 ± 0,03
	$4\pi^0$ 0,09 ± 0,03		

Установлено, что сечением реакций (1) и (2) с множественностью вторичных частиц более восьми можно пренебречь.

Сечения реакций  $\pi p \rightarrow \rho\pi^+\pi^-\pi^- + (2,3,4)\pi^0$  измерены впервые, сечения реакций (2) ранее были известны только при более низких энергиях.

Опубликованные данные о сечениях реакций  $\pi p \rightarrow n\pi^+\pi^+\pi^-\pi^- \pi^0$  (○) и  $\pi p \rightarrow n\pi^+\pi^+\pi^-\pi^- \pi^0$  (▽) вместе с результатами настоящего эксперимента (черные символы) показаны на рис. Iа.

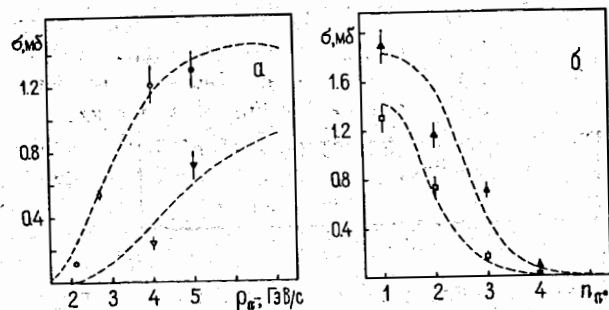


Рис. I

<sup>x)</sup> Специальное исследование показало, что использование указанных распределений обеспечивает наиболее эффективное выделение исследуемых каналов реакции.

Кривые соответствуют степенной параметризации зависимости усредненного матричного элемента от энергии со значени-ем показателя степени, характерным для реакций с доминирующим обменом не странным мезоном.

На рис. Iб представлена зависимость измеренных нами сечений реакций (1) - ▲ и (2) - ▽ от числа  $\pi^0$ -мезонов в конечном состоянии. Кривые - предсказание статистической модели.

Анализ спектров эффективных масс зарегистрированных вторичных частиц показал, что в процессе (1) имеет место заметный выход ( $\approx 20\%$ ) резонанса  $\Delta^{++}(1236)$ .

Полученные импульсные и угловые распределения вторичных частиц согласуются с предсказаниями феноменологической квази-двухчастичной анизотропной модели.

Третья глава посвящена совместному анализу /10/ полученных нами сведений о средней множественности  $\pi^0$ -мезонов  $\langle n_0 \rangle_n$  в неупругих  $\pi p$ -взаимодействиях с различной ассоциированной множественностью заряженных частиц n при 5 ГэВ/с и опубликованных ранее аналогичных данных при более высоких энергиях.

Данные при 5 ГэВ/с основаны на анализе парциальных сечений  $\pi p$ -взаимодействия. Полученные величины  $\langle n_0 \rangle_n$  вместе с топологическими сечениями  $\sigma_n$  представлены в таблице 2.

Таблица 2

n	$\sigma_n$ [мбн]	$\langle n_0 \rangle_n$
0	1,66 ± 0,10	2,14 ± 0,23
2	11,58 ± 0,50	1,40 ± 0,13
4	9,67 ± 0,30	1,05 ± 0,06
6	0,87 ± 0,05	0,80 ± 0,07

Средняя множественность  $\pi^0$ -мезонов, образующихся в одном неупругом взаимодействии, составляет  $\langle n_0 \rangle = 1,29 \pm 0,04$ .

Выполнен анализ энергетической зависимости величины  $\langle n_0 \rangle$  в  $\pi p$ -взаимодействиях. Показано, что имеющиеся экспериментальные данные в интервале 5 ± 205 ГэВ/с

удовлетворительно описываются как степенной, так и логарифмической функциями (рис. 2), соответствующими различным модельным представлениям о динамике взаимодействия.

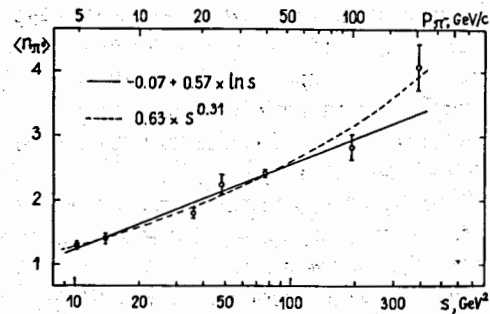


Рис. 2

Изучены корреляции в выходах  $\pi^0$ -мезонов и заряженных частиц для  $\pi p$  взаимодействий в интервале импульсов 5+205 ГэВ/с. Ранее анализ указанной корреляции в достаточно широком диапазоне энергий был выполнен только в случае  $pp$ -взаимодействий. Зависимость  $\langle n_+ \rangle_{n_-}$  от числа ассоциированных отрицательно заряженных частиц  $n_-$  хорошо описывается линейной функцией  $\langle n_+ \rangle_{n_-} = a + b n_-$ . Зависимость параметра  $b$  от свободной энергии в с.ц.м.  $E_a$  для  $\pi p$ -взаимодействий в сравнении с опубликованными данными о  $pp$  и  $\pi^+ p$ -взаимодействиях показана на рис. 3. Кривая - предсказание модели критической жидкости Томаса.

Совокупность анализируемых данных о  $\pi p$  взаимодействиях при импульсах 5 + 205 ГэВ/с подтверждает высказанную ранее гипотезу о независимости корреляций в выходах  $\pi^0$ -мезонов и отрицательно заряженных частиц от типа сталкивающихся адронов.

Анализировалась энергетическая зависимость корреляционных интегралов  $f_2^{++}$  и  $f_2^{--}$  для  $\pi p$ -взаимодействий при 5 + 205 ГэВ/с.

Показано, что в рассматриваемом диапазоне импульсов данные о  $\pi p$ -взаимодействиях удовлетворительно согласуются

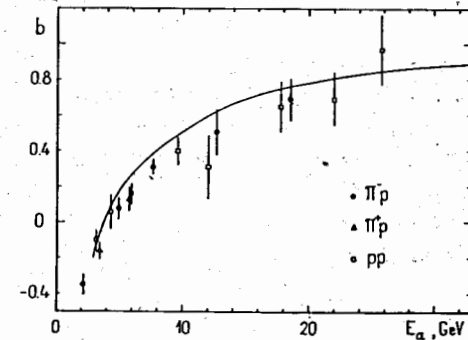


Рис. 3

с соотношением  $f_2^{0-} = f_2^{--} + \frac{1}{2} \langle n_- \rangle$ , полученным Грассбергером и Мьеттиненом на основе мюллер-реджевского анализа в предположении, что обменами с изоспином  $I \geq 2$  можно пренебречь.

Выполнен анализ полуинклюзивных сечений образования  $\pi^0$ -мезонов  $\sigma_n(\pi^0) = \langle n_+ \rangle_n \sigma_n$  в  $\pi p$ -взаимодействиях при 5 - 205 ГэВ/с в рамках скейлингового соотношения типа KNO

$$\frac{\langle n \rangle \sigma_n(\pi^0)}{\langle n_+ \rangle \sigma_{in}} = F\left(\frac{n}{\langle n \rangle} = z, s\right) \xrightarrow{s \rightarrow \infty} \phi(z), \quad (3)$$

предложенного Дао и Витмором. Здесь:  $\langle n \rangle$  - средняя множественность заряженных частиц;  $\sigma_{in}$  - полное сечение неупругого взаимодействия;  $\phi(z)$  - функция, не зависящая явным образом от энергии.

Оказалось, что данные при высоких энергиях ( $\geq 40$  ГэВ) ложатся в пределах погрешностей на одну кривую; в области более низких энергий скейлинговая зависимость (3) не выполняется

и ее нарушение увеличивается с уменьшением энергии взаимодействующих частиц.

Однако наблюдаемое подобие формы распределений  $F(z, s)$  позволило описать различные распределений аналитически - путем их сдвига по оси  $z$  на величину, зависящую от энергии. Для этой цели нами была использована новая переменная  $z_i = z + \alpha / \langle n \rangle^\beta$ , где  $\alpha, \beta$  - параметры, не зависящие от энергии.

Параметризация функции  $\phi(z_i)$  была выбрана в виде

$$\phi(z_i) = B_0 z_i \exp\left(\sum_{i=1}^m B_i z_i^i\right),$$

где  $B_i$  - параметры.

Наилучшие результаты аппроксимации достигаются при значении  $\beta = 2$ . В этом случае при  $m = 2$  получено статистически удовлетворительное описание всех имеющихся экспериментальных данных ( $P(\chi^2) = 0,22$ ). Экспериментальные распределения  $F(z, s)$  для  $\Pi p$ -взаимодействий при 5 ГэВ/с -  $\bullet$ , 18,5 ГэВ/с -  $\diamond$ , 25 ГэВ/с -  $\square$ , 40 ГэВ/с -  $\triangle$ , 100 ГэВ/с -  $\circ$  и 205 ГэВ/с -  $\nabla$  вместе с полученной аппроксимирующей функцией  $\phi(z_i)$  показаны на рис. 4.

В четвертой главе приведены результаты изучения одночастичного инклюзивного процесса



при 5 ГэВ/с, выполненного на статистике  $\approx 8000$   $\gamma$ -квантов/II/.

Отметим, что в эксперименте, проведенном сотрудничеством двухметровой пропановой камеры ЛВЭ ОИИИ, было получено указание на существование "раннего" скейлинга в центральной области для процесса (4) при 40 ГэВ/с.

Средняя множественность  $\gamma$ -квантов в неупругих  $\Pi p$ -взаимодействиях при 5 ГэВ/с, полученная в предположении, что единственным источником  $\gamma$ -квантов являются распады  $\Pi^0$ -мезонов, составляет  $\langle n_\gamma \rangle = 2,58 \pm 0,07$ , а инклюзивное сечение образования  $\gamma$ -квантов -  $61,4 \pm 2,1$  мбн.

х) При этом  $\alpha = 1,81 \pm 0,18$ ;  $B_0 = 0,68 \pm 0,08$ ;  
 $B_1 = 2,55 \pm 0,16$ ;  $B_2 = -1,65 \pm 0,05$ .

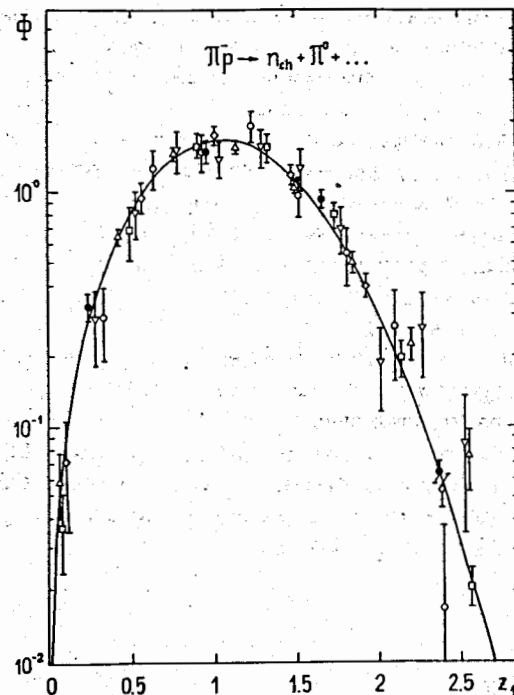


Рис. 4

Средние значения модуля импульса  $\langle p \rangle_\gamma$ , а также продольного  $\langle p_L \rangle_\gamma$  и поперечного  $\langle p_T \rangle_\gamma$  импульса в лабораторной системе и с.ц.м. приведены в таблице 3.

Таблица 3

$\langle p \rangle_\gamma^{\text{Лаб}}$ ГэВ/с	$\langle p_L \rangle_\gamma^{\text{Лаб}}$ ГэВ/с	$\langle p \rangle_\gamma^{\text{с.ц.м}}$ ГэВ/с	$\langle p_L \rangle_\gamma^{\text{с.ц.м}}$ ГэВ/с	$\langle p_T \rangle_\gamma$ ГэВ/с	$\langle p_T^2 \rangle_\gamma$ (ГэВ/с) <sup>2</sup>
0,531	0,476	0,242	0,060	0,172	0,050
$\pm 0,009$	$\pm 0,009$	$\pm 0,003$	$\pm 0,003$	$\pm 0,002$	$\pm 0,001$

Сравнение полученного нами значения  $\langle p_T \rangle_T$  с данными других авторов показало, что в интервале импульсов 5+1500 ГэВ/с величина  $\langle p_T \rangle_T$  слабо зависит как от энергии, так и от типа сталкивающихся адронов.

Парциальный коэффициент неупругости  $\alpha_{\pi^0}$ , т.е. доля полной энергии, передаваемая в результате взаимодействия  $\Pi^0$ -мезонам, составляет  $\alpha_{\pi^0} = 0,23 \pm 0,01$ .

Сравнение этого значения с результатами других работ свидетельствует в пользу того, что величина  $\alpha_{\pi^0}$  для  $\Pi N$ -взаимодействий в интервале импульсов 5 + 40 ГэВ/с практически не зависит от энергии.

Исследовано поведение проинтегрированной по  $p_T^2$  инвариантной структурной функции процесса (4) в различных областях фазового пространства.

На рис. 5 представлено инвариантное сечение  $\frac{d\sigma}{dy_{cm}}$  процесса (4) при 5 ГэВ/с в зависимости от продольной быстроты в с.ц.м.  $y_{cm}$ . Для сравнения приведены результаты экспериментов при 40 ГэВ/с и 100 ГэВ/с.

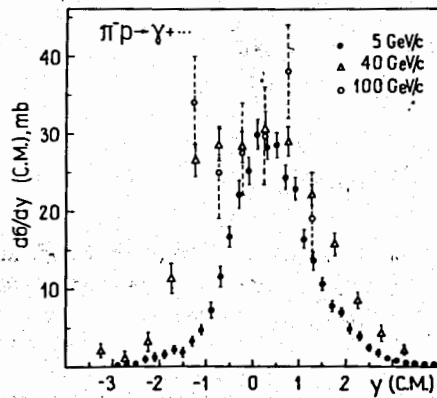
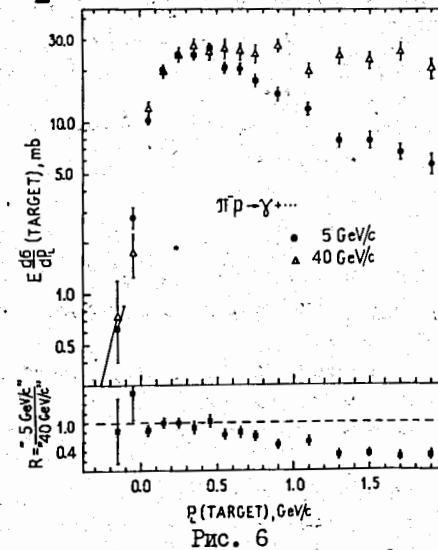


Рис. 5

В центральной области ( $y_{cm} \approx 0$ ) величина  $\frac{d\sigma}{dy_{cm}}$  при 5 ГэВ/с в пределах погрешностей совпадает с данными при более высоких энергиях.

Рассмотрено поведение инвариантной структурной функции в области фрагментации мишени (малые значения  $p_L$  в лаб. системе) и налетающего  $\Pi^-$ -мезона (малые значения  $p_L$  в антилабораторной системе).

На рис. 6 приведены дифференциальные сечения  $E \frac{d\sigma}{dp_L}$  при 5 ГэВ/с и 40 ГэВ/с в зависимости от  $p_L$  в лаб. системе. Показано также отношение этих величин  $R$ . В области  $p_L < 0,5$  ГэВ/с распределения практически совпадают (среднее значение  $R = 0,98 \pm 0,05$ ).



Аналогичные распределения в антилабораторной системе представлены на рис. 7. В этом случае дифференциальные сечения  $E \frac{d\sigma}{dp_L}$  совпадают в более широкой области  $p_L < 2$  ГэВ/с, где среднее значение  $R = 1,00 \pm 0,05$ .

Приведенные экспериментальные результаты могут служить указанием на то, что в определенных областях фазового объема инвариантное дифференциальное сечение процесса (4) обнаружи-

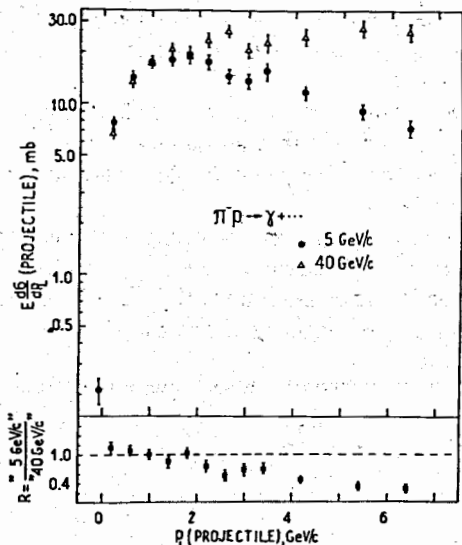


Рис. 7

вает скейлинговое поведение уже при энергии 5 ГэВ.

Основные результаты диссертации могут быть сформулированы следующим образом:

1) Выполнены необходимые методические разработки:

- созданы программы для вычисления основных физических характеристик событий и подготовки лент суммарных результатов;

- разработана комплексная программа моделирования эксклюзивных процессов множественного образования  $\pi^0$ -мезонов, учитывающая все основные особенности эксперимента;

- разработана методика определения сечений реакций с образованием нескольких нейтральных частиц, являющаяся развитием статистического подхода к разделению каналов реакции.

2) В результате изучения процессов (1) и (2) при 5 ГэВ/с:

- впервые определены сечения реакций  $\pi^- p \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^+ + (2,3,4) \pi^0$ ;
- измерены сечения реакций  $\pi^- p \rightarrow \pi^+ \pi^+ \pi^- \pi^+ + (1,2,3) \pi^0$ .

Ранее сечения этих реакций были известны лишь при более низких энергиях.

3) Определена средняя множественность  $\pi^0$ -мезонов в неупругих  $\pi p$ -взаимодействиях при 5 ГэВ/с  $\langle n_0 \rangle = 1,29 \pm 0,04$ ; получены данные о корреляциях в выходах  $\pi^0$ -мезонов и заряженных частиц. Анализ этих результатов и данных о  $\pi p$ -взаимодействиях при более высоких энергиях показал, что в интервале 5 - 205 ГэВ/с:

- энергетическая зависимость величины  $\langle n_0 \rangle$  удовлетворительно описывается как степенной, так и логарифмической функциями;

- данные о  $\pi p$ -взаимодействиях согласуются с ранее высказанной гипотезой о независимости корреляций в выходах нейтральных и заряженных пионов от типа сталкивающихся адронов.

4) В рамках скейлингового соотношения (3) проанализированы полунклюзивные сечения образования  $\pi^0$ -мезонов в  $\pi p$ -взаимодействиях при 5 - 205 ГэВ/с. Предложено преобразование шкалы, позволяющее описать единым образом все имеющиеся экспериментальные данные. Предполагая, что указанная энергетическая зависимость распределения  $F(z,s) = \langle n \rangle \sigma_n(\pi^0) / \langle n_0 \rangle \sigma_{n_0}$  имеет место и в области более высоких энергий, полученный результат можно интерпретировать как количественное описание возможной формы выхода распределения  $F(z,s)$  на асимптотику.

5) Исследованы основные характеристики инклюзивного процесса  $\pi p \rightarrow \gamma + \dots$  при 5 ГэВ/с. Сравнение полученных результатов с данными других авторов показало:

- средний поперечный импульс  $\gamma$ -квантов в широком диапазоне импульсов (5-1500 ГэВ/с) слабо зависят как от энергии, так и от типа сталкивающихся адронов;

- парциальный коэффициент неупругости  $\alpha_p$  (средняя доля полной энергии, уносимая  $\pi^0$ -мезонами) для  $\pi N$ -взаимодействий при 5-40 ГэВ практически не зависит от энергии сталкивающихся частиц и составляет  $\approx 25\%$ .

6) В результате сравнительного анализа проинтегрированных по  $p_t^2$  инвариантных структурных функций процесса  $\pi p \rightarrow \gamma + \dots$  при 5 ГэВ/с и при более высоких энергиях установлено:

- инвариантное сечение  $\frac{d\sigma}{dy_{cm}}$  в центральной области ( $y_{cm} \approx 0$ ) при 5 ГэВ совпадает в пределах погрешностей с данными при энергиях 40 и 100 ГэВ;



- в пределах погрешностей ( $\approx 5\%$ ) структурная функция в интервале 5 - 40 ГэВ не зависит от энергии как в области фрагментации мишени, так и в области фрагментации налетающего  $P$ -мезона.

Эти результаты могут свидетельствовать в пользу того, что в определенных областях фазового объема дифференциальное сечение процесса  $P \rightarrow \gamma + \dots$  обнаруживает скейлинговое поведение уже при энергии 5 ГэВ.

Основные результаты диссертации опубликованы в работах /I-3, 8-II/ и представлялись на международные конференции по физике высоких энергий в Лондоне (1974 г.) и в Палермо (1975 г.).

#### Литература

- I. Ш.Валкар, ..., Л.Шандор и др. ОИЯИ, I3-6I40, Дубна (1971).
2. В.Б.Виноградов, Г.Мартинска, Л.Шандор. ОИЯИ, PI3-55I6, Дубна (1970).
3. А.Г.Володько, В.С.Румянцев, Л.Шандор, Ш.С.Шошиашвили. ОИЯИ, I-85I4, Дубна (1975).
4. Ю.А.Будагов, ..., Л.Шандор и др. ЯФ, I2, I222 (1970).
5. Ю.А.Будагов, ..., Л.Шандор и др. Письма в ЖЭТФ, I3, 665 (1971); ЯФ, I4, I20I (1971).
6. Ю.А.Будагов, ..., Л.Шандор и др. Письма в ЖЭТФ, I4, 363 (1971).
7. Ю.А.Будагов, ..., Л.Шандор и др. ЯФ, I5, II65 (1972).
8. Н.С.Амаглобели, ..., Л.Шандор и др. ОИЯИ, PI-8699, Дубна (1975).
9. Н.С.Амаглобели, ..., Л.Шандор и др. ОИЯИ, PI-8793, Дубна (1975); ЯФ, 23, 978 (1976).
10. Yu.A. Budagov, ..., L. Šándor et al. JINR, E1-9501, Dubna (1976); Czech. Journ. Phys., B26, N.12 (1976).
11. Н.С.Амаглобели, ..., Л.Шандор и др. ОИЯИ EI-8864, Дубна (1975); ЯФ, 22, I269 (1975).

Рукопись поступила в издательский отдел  
22 июня 1976 года