

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P1-85-259

В.Г.Гришин, Л.А.Диденко, А.А.Кузнецов,
З.В.Метревели*

КОРРЕЛЯЦИИ ПО МНОЖЕСТВЕННОСТИ
ВТОРИЧНЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ,
РОЖДЕННЫХ В ПЕРЕДНЕЙ
И ЗАДНЕЙ ПОЛУСФЕРАХ
В С.Ц.И. В πp -ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ
ПРИ $P = 40$ ГэВ/с

Направлено в журнал "Ядерная физика"

* ИФВЭ Тбилисского государственного университета

1985

ВВЕДЕНИЕ

В предыдущих работах^{/1-3/} было показано, что в рамках кварк-партоновых моделей π^-p -взаимодействия при $P=40$ ГэВ/с можно представить следующим образом: взаимодействуют медленные валентные кварки первичных частиц, а оставшиеся быстрый валентный кварк от π^- -мезона и дикварк от протона фрагментируют в две струи адронов*. Их характеристики совпадают с характеристиками струй адронов в e^+e^- -аннигиляции и в глубоконеупругих $\nu(\bar{\nu})p$ -взаимодействиях при одинаковых энергиях в с.ц.и. Аналогичная картина наблюдается для других адрон-нуклонных взаимодействий^{/4-8/}. Было также показано, что фрагментационные и инвариантные функции кварков и дикварков отличаются друг от друга^{/3/}.

Изучение распределений по множественности и их корреляции между частицами, рожденными в передней /область фрагментаций кварков/ и задней /область фрагментаций дикварков/ полусферах в с.ц.и. могут дать интересную информацию о дальнедействующих корреляциях в мягких адрон-адронных взаимодействиях.

В этой работе изучаются множественности и корреляции вторичных заряженных частиц в передней и задней полусферах /с.ц.и./ для π^-p -взаимодействий при $P=40$ ГэВ/с, полученных с помощью 2-метровой пропановой пузырьковой камеры ЛВЗ ОИЯИ, облученной на ускорителе ИФВЗ /Протвино/. Экспериментальный материал составили 14276 неупругих π^-p -взаимодействий. Методика эксперимента и обработка событий описана в^{/9/}. Полученные результаты сравниваются с аналогичными данными для мягких адрон-нуклонных, жестких $\nu(\bar{\nu})p$ -соударений и e^+e^- -аннигиляций.

1. МНОЖЕСТВЕННОСТИ ВТОРИЧНЫХ ЧАСТИЦ В ПЕРЕДНЕЙ И ЗАДНЕЙ ПОЛУСФЕРАХ /С.Ц.И./

На рис.1 приводятся распределения по множественности в передней и задней полусферах /с.ц.и./ для π^-p -взаимодействий. Видно, что число летящих вперед частиц больше, чем летящих назад, что

* Вклад частиц от медленных взаимодействующих кварков проявляется в области $|x_F| = 2|P_{||} / \sqrt{s} < 0,1$, а в область $|x_F| > 0,1$ в основном попадают адроны от быстрых кварков и дикварков

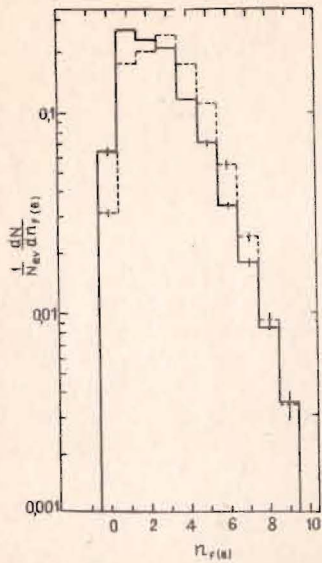
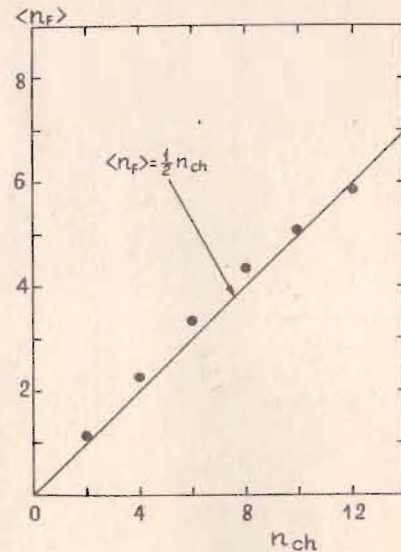


Рис.1. Распределения частиц по множественности в передней /пунктирная гистограмма/ и задней /сплошная гистограмма/ полусферах в с.ц.и. для π^-p -взаимодействия при $P=40$ ГэВ/с.

Рис.2. Зависимость средней множественности частиц $\langle n_F \rangle$ в передней полусфере от полного числа вторичных заряженных частиц n_{ch} . Сплошная линия - зависимость $\langle n_F \rangle = \frac{1}{2} n_{ch}$.



наблюдается также для π^+p -, K^+p -взаимодействий^{/4,10,11/}. В табл.1 приводятся средние множественности всех вторичных заряженных частиц ($\langle n_{ch} \rangle$), множественности частиц, летящих вперед ($\langle n_F \rangle$) и назад ($\langle n_B \rangle$). Значение $\langle n_F \rangle$ больше, чем $\langle n_B \rangle$, как для всех неупругих π^-p -взаимодействий, так и для событий без дифракционных процессов* ($\Delta = \langle n_F \rangle - \langle n_B \rangle \approx 0,6$)**. Рис.2 также подтверждает этот факт для различных значений n_{ch} ***.

В рамках простой кварк-партонной картины взаимодействия в мезон-нуклонных соударениях в передней полусфере рождаются частицы в результате фрагментаций кварков и антикварков, а в задней полусфере - от дикварков. В e^+e^- -аннигиляции при высоких энер-

* Событие считалось дифракционным, если хотя бы одна вторичная заряженная частица имела $|x_F| > 0,8$.

** Систематическая неопределенность в оценке Δ составляет $\sim 0,1$ из-за неправильной идентификации π^+ -мезонов^{/12/}.

*** События с множественностью $n_{ch} \geq 12$ составляют 2% от всех неупругих π^-p -взаимодействий. В них возможна примесь $\sim 10\%$ от π^-C -взаимодействий.

гиях адроны рождаются в виде двух противоположно направленных струй в результате фрагментации кварк-антикварковой пары. Аналогично в $\nu(\bar{\nu})p$ -взаимодействиях в передней полусфере в с.ц.и. вторичных адронов частицы образуются от фрагментации $u(\bar{d})$ -кварков, а в задней - в результате фрагментации $uu(\bar{u}\bar{d})$ -дикварков. Если процесс адронизации кварков и дикварков слабо зависит от их ароматов и механизма образования, то можно ожидать выполнения следующих соотношений для разных типов взаимодействий при одинаковых энергиях в с.ц.и.:

$$\langle n_F \rangle \approx \frac{1}{2} \langle n_{e^+e^-} \rangle \approx \langle n_F^{\nu} \rangle \approx \langle n_F^{\bar{\nu}} \rangle, \quad /1/$$

$$\langle n_B \rangle \approx \frac{1}{2} \langle n_{pp} \rangle \approx \langle n_B^{\nu} \rangle \approx \langle n_B^{\bar{\nu}} \rangle. \quad /2/$$

Таблица 1

Множественность и дисперсия заряженных частиц в π^-p -взаимодействиях при $P=40$ ГэВ/с

$\langle n \rangle, D$ Все события	Без дифракционных процессов
$\langle n_{ch} \rangle$ 5,56±0,02	5,81±0,02
D 2,60±0,01	2,57±0,01
$\langle n_F \rangle$ 3,07±0,01	3,24±0,02
D _(n_F) 1,74±0,01	1,76±0,01
$\langle n_B \rangle$ 2,48±0,01	2,57±0,02
D _(n_B) 1,78±0,01	1,78±0,01

На рис.3 приводятся средние множественности $\langle n_{ch} \rangle$ для разных типов взаимодействий в зависимости от квадрата полной энергии в с.ц.и. /s/. На рис.3а приведены зависимости $\frac{1}{2} \langle n_{ch} \rangle$ от s для e^+e^- -аннигиляции и для pp-взаимодействий^{/7,13/}. Для сравнения даны значения $\langle n_F \rangle$ и $\langle n_B \rangle$ для мезон-протонных взаимодействий в передней и задней полусферах с.ц.и.^{/11/}.

Из рисунка видно, что значения $\langle n_F \rangle$ лежат ниже $\frac{1}{2} \langle n_{ch} \rangle$ для e^+e^- -взаимодействий, что связано с дифракционными процессами в $\pi^-(K^-)p$ -взаимодействиях. Значения $\langle n_F \rangle$ без дифракционных процессов для π^-p - K^-p -взаимодействий при 40 и 110 ГэВ/с соответственно хорошо согласуются с данными для e^+e^- -аннигиляции^{/11/*}. Значения $\langle n_B \rangle$ для π^-p и K^-p -взаимодействий согласуются со значениями $\frac{1}{2} \langle n_{ch} \rangle$ для pp-взаимодействий. Разница между $\langle n_F \rangle$ и $\langle n_B \rangle$ для мезон-нуклонных взаимодействий, по-видимому, связана

* Аналогичные точки для других $\pi^+(K^+)p$ экспериментов не приводятся из-за отсутствия соответствующих данных.

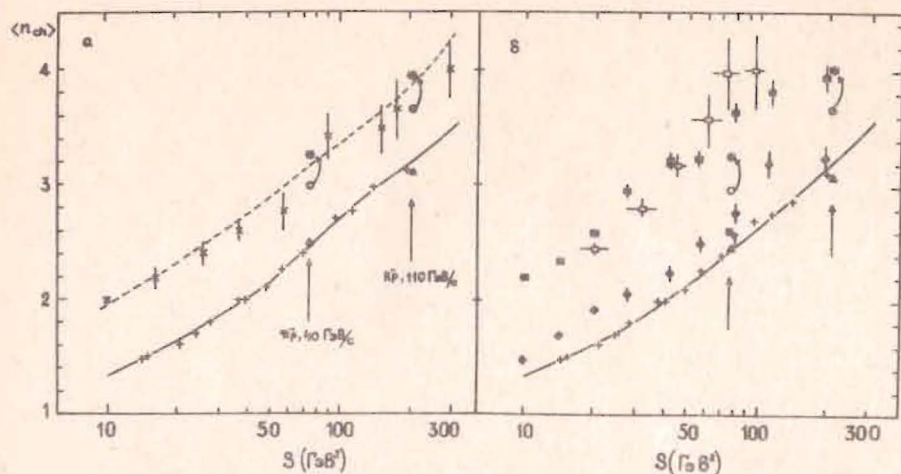


Рис. 3. Зависимость средней множественности вторичных заряженных частиц в передней /задней/ полусферах от квадрата полной энергии (s) в с.ц.и.: а/ для мезон-нуклонных взаимодействий /0, ● - для передней полусферы, Δ, ▲ - для задней полусферы в π^-p - и K^-p -взаимодействиях при 40 и 110 ГэВ/с, * - без дифракционных процессов, для e^+e^- -аннигиляции ($x - \frac{1}{2} \langle n_{ch} \rangle_{e^+e^-}$, пунктирная линия - фитирование этих данных), для $p\bar{p}$ -взаимодействия ($+ - \frac{1}{2} \langle n_{ch} \rangle_{p\bar{p}}$, сплошная линия - фитирование этих данных); б/ для $\nu(\bar{\nu})p$ -взаимодействий /□ (■) - в передней полусфере, (◇) - в задней полусфере/.

с тем, что в дикварковой струе имеется лидирующий нуклон, который уносит примерно половину ее энергии*.

На рис. 3б сравниваются $\langle n_F \rangle$ и $\langle n_B \rangle$ для мезон-протонных соударений с аналогичными данными для $\nu(\bar{\nu})p$ -взаимодействий /17,18/. После исключения дифракционных процессов /обозначены звездочками для π^-p - и K^-p -взаимодействий при 40 и 110 ГэВ/с/ мы наблюдаем неплохое согласие как для $\langle n_F \rangle$, так и для $\langle n_B \rangle$. Такая картина свидетельствует в пользу выполнения соотношений /1/ и /2/.

При рассматриваемых энергиях взаимодействия возможно перекрытие в центральной области частиц, рожденных от фрагментации кварков и дикварков. С другой стороны, согласие $\langle n_B \rangle$ для мезон-

протонных взаимодействий с $1/2 \langle n_{ch} \rangle$ для симметричных протон-протонных столкновений показывает, что такое перекрытие не влияет на $\langle n_F \rangle$ и $\langle n_B \rangle$. По-видимому, среднее число частиц, переходящих из одной области в другую, компенсирует друг друга. Такое перекрытие должно проявляться в корреляциях по множественности между частицами, летящими вперед и назад в с.ц.и. /см. ниже/.

2. КОРРЕЛЯЦИИ ПО МНОЖЕСТВЕННОСТИ МЕЖДУ ЧАСТИЦАМИ, ЛЕТАЮЩИМИ В ПЕРЕДНЮЮ И ЗАДНЮЮ ПОЛУСФЕРЫ В С.Ц.И.

На рис. 4, 5 приводятся средние множественности частиц $\langle n_F \rangle$ ($\langle n_B \rangle$) в одной полусфере в зависимости от множественностей частиц n_B (n_F) в другой полусфере. Для такого анализа использовались неупругие π^-p -взаимодействия без дифракционных процессов. Из рисунков видно, что имеются корреляции между множественностями частиц, летящих вперед и назад в с.ц.и. Здесь же приведены аналогичные результаты для частиц из центральной области ($|x_F| \leq 0,1$) и области фрагментации ($|x_F| > 0,1$). Как видно, образова-

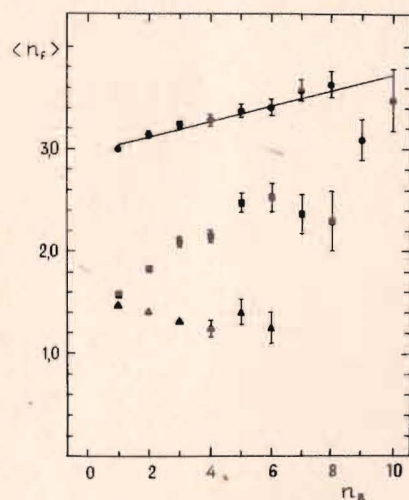


Рис. 4. Зависимость средней множественности вторичных частиц в передней полусфере $\langle n_F \rangle$ от множественности частиц в задней полусфере n_B без дифракционных процессов /●/. ■ - для частиц с $|x_F| \leq 0,1$, ▲ - для частиц с $|x_F| > 0,1$. Прямая - фитирование данных по формуле /3/.

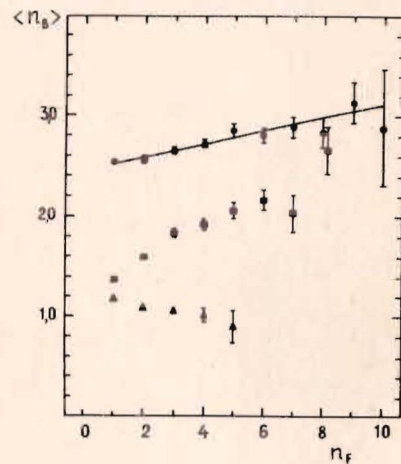


Рис. 5. То же самое, что и на рис. 4 для зависимости $\langle n_B \rangle = f(n_F)$.

* В $p\bar{p}$ -взаимодействиях было показано, что после исключения лидирующих протонов свойства дикварковых и кварковых струй совпадают /14,15/.

Аналогичная процедура исключения лидирующих частиц в мезон-протонных взаимодействиях при $\sqrt{s} = 8-10$ ГэВ методически затруднительна /16/.

ние быстрых частиц в противоположных полусферах не скоррелировано друг с другом, а между медленными имеются существенные корреляции. Аналогичная картина наблюдалась и для K^-p - и pp -взаимодействий

В табл.2 приводятся результаты аппроксимации этих зависимостей по формуле

$$\langle n_{F(B)} \rangle = a + b n_{B(F)} \quad /3/$$

где a и b - свободные параметры.

Таблица 2

Экспериментальные значения параметров a, b в формуле /3/

$a_F = 2,97 \pm 0,03$	$b_F = 0,07 \pm 0,01$	$\chi^2/N = 10,5/10$
$a_B = 2,46 \pm 0,03$	$b_B = 0,06 \pm 0,01$	$\chi^2/N = 4,5/10$

Объяснение этих корреляций дают модели, основанные на схемах дуальной топологической унитаризации^{/20,21/}. В них предполагается, что в адронных взаимодействиях быстрые кварки и дикварки образуют два противоположно движущихся кластера. Перекрытие частиц, образовавшихся при их распадах, и дает наблюдаемые корреляции*. Доля частиц (δ) из одного кластера, летящих в другом направлении, определяется по формуле^{/22/}:

$$\delta = \frac{\ln |(\sqrt{s} / \mu_\pi) [x(1-x)]^{1/2} - \ln [x/(1-x)]^{1/2}}{\ln |(\sqrt{s} / \mu_\pi) [x(1-x)]^{1/2}} \quad /4/$$

где \sqrt{s} - полная энергия в с.ц.и., μ_π - поперечная пионная масса, x - доля энергии первичного адрона, уносимая быстрым валентным кварком или дикварком ($x = 0,95$), $\bar{s} = sx(1-x)$ - квадрат эффективной массы одного кластера ($\langle P_{\perp} \rangle_{\pi^\pm} = 0,340 \pm 0,002$ ГэВ/с).

Для π^-p -взаимодействий при $P=40$ ГэВ/с из /4/ следует, что $\delta = 0,105$. Если эти два суперкластера рождаются независимо, то для симметричных pp -взаимодействий модель предсказывает^{/22/}:

$$\langle n_F \rangle = \frac{\delta}{2-\delta} n_B + \frac{1-\delta}{2-\delta} \langle n_{ch} \rangle \quad /5/$$

* Такие модели хорошо описывают одночастичные инклюзивные распределения в адрон-нуклонных взаимодействиях^{/21/}.

Для π^-p -взаимодействий в формуле /5/ надо учитывать разницу (C) средних множественностей при фрагментации кварков и дикварков:

$$\langle n_F \rangle = \frac{\delta}{2-\delta} n_B + \frac{1-\delta}{2-\delta} (\langle n_{ch} \rangle + C) \quad /6/$$

и

$$\langle n_B \rangle = \frac{\delta}{2-\delta} n_F + \frac{1-\delta}{2-\delta} (\langle n_{ch} \rangle - C) \quad /7/$$

Из сравнения /4/, /6/ и /7/ с формулой /3/ можно получить значения b и c . Модель дает $b = 0,055$, одинаковое для /6/ и /7/, что согласуется с экспериментальными значениями $b_{F(B)}$ /табл.2/. Сравнение /6/, /7/ с экспериментальными значениями $a_{F(B)}$ позволяет получить $c = 0,55 \pm 0,05$, что согласуется с $\langle n_F \rangle - \langle n_B \rangle \approx 0,6$ /табл.1/.

Для выяснения природы корреляции по множественности "вперед-назад" изучалась зависимость средней множественности вперед летящих отрицательных π^- -мезонов от назад летящих положительных частиц /рис.6/. Частицы с $|x_F| > 0,1$ не скоррелированы, а между противоположно заряженными частицами с $|x_F| \leq 0,1$ имеются сильные корреляции ($b = 0,27$). Одинаково заряженные частицы не скоррелированы между собой /рис.7/.

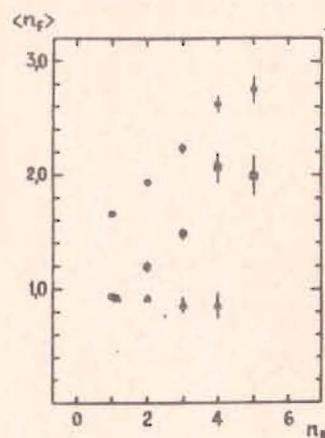


Рис.6. Зависимость средней множественности вперед летящих отрицательных частиц ($\langle n_F \rangle$) от множественности положительных частиц, летящих назад (n_B). $\bullet - |x_F| < 0,1$, $\blacktriangle - |x_F| > 0,1$.

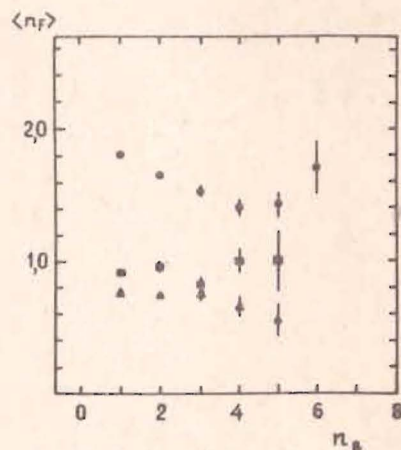


Рис.7. Зависимость $\langle n_F \rangle = f(n_B)$ для отрицательных частиц (\bullet). $\blacktriangle - |x_F| \leq 0,1$, $\blacktriangle - |x_F| > 0,1$.

Поскольку причиной наблюдавшихся корреляций являются противоположно заряженные частицы, то интересно посмотреть влияние на них распадов $\rho^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$.

На рис. 8 приводится зависимость $\langle n_F \rangle$ от n_B , за исключением пар $(\pi^+ \pi^-)$ мезонов из области $|x_F| \leq 0,1$, эффективная масса которых находится в области массы ρ^0 -мезона ($0,695 < M_{\text{эфф}}(\pi^+ \pi^-) < 0,845$ ГэВ). Следует отметить, что фон в этой области составляет $\approx 80-90\%$. Видно, что в этом случае корреляции отсутствуют. На рис. 9 показана аналогичная зависимость за исключением $(\pi^+ \pi^-)$ -пар с эффективной массой $0,55 < M_{\text{эфф}}(\pi^+ \pi^-) < 0,65$ ГэВ, где практически не должно быть вклада от ρ^0 -мезонов. Корреляции между частицами, летящими вперед и назад, также не наблюдаются.

Отсюда можно сделать вывод, что наблюдаемые "вперед-назад" корреляции определяются противоположно заряженными медленными ($|x_F| \leq 0,1$) частицами, что связано с известными близкодистантными корреляциями этих частиц, источником чего могут быть распады медленных /в с.ц.и./ резонансов.

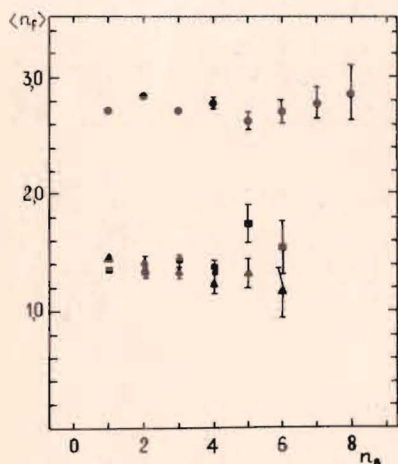


Рис. 8. Зависимость $\langle n_F \rangle = f(n_B)$ без $(\pi^+ \pi^-)$ пар с $|x_F| \leq 0,1$ и с эффективной массой $0,695 < M_{\text{эфф}}(\pi^+ \pi^-) < 0,845$ (ГэВ) (\bullet). \blacksquare - $|x_F| \leq 0,1$, \blacktriangle - $|x_F| > 0,1$.

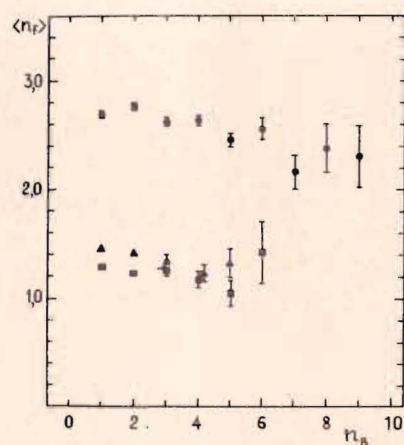


Рис. 9. Зависимость $\langle n_F \rangle = f(n_B)$ без $(\pi^+ \pi^-)$ пар с $|x_F| \leq 0,1$ и с эффективной массой $0,55 < M_{\text{эфф}}(\pi^+ \pi^-) < 0,65$ ГэВ (\bullet). \blacksquare - $|x_F| \leq 0,1$, \blacktriangle - $|x_F| > 0,1$.

3. ВЫВОДЫ

Анализ распределений по множественности заряженных частиц, образованных в передней и задней полусферах /в с.ц.и./ в $p\bar{p}$ -взаимодействиях при $P=40$ ГэВ/с, показал, что средняя множест-

венность вперед летящих частиц в мезон-нуклонных взаимодействиях без дифракционных процессов согласуется со средней множественностью частиц в e^+e^- -аннигиляции, а также со средней множественностью в области фрагментации кварков в $i(\bar{\nu})p$ -взаимодействиях при одинаковых энергиях в с.ц.и. Средняя множественность назад летящих частиц такая же, как средние множественности в pp -взаимодействиях и в $\nu(\bar{\nu})p$ -взаимодействиях в области фрагментации дикварков. Это означает, что фрагментация кварков и дикварков слабо зависит от процесса их образования и типа. Множественность частиц при фрагментации кварков больше, чем множественность при фрагментации дикварков ($\Delta = \langle n_F \rangle - \langle n_B \rangle \approx 0,6$ для π^+p -взаимодействий при $P=40$ ГэВ/с).

Корреляции по множественности в передней и задней полусферах между медленными частицами ($|x_F| \leq 0,1$) описываются моделью, основанной на схемах дуальной топологической унитаризации, в которой они вызваны перекрытием частиц от распадов двух противоположно летящих кластеров. Экспериментально показано, что наблюдавшиеся корреляции связаны с противоположно заряженными медленными частицами. Быстрые частицы ($|x_F| > 0,1$) рождаются независимо.

Эти данные свидетельствуют в пользу утверждения того факта, что фрагментация кварков и дикварков в мезон-нуклонных взаимодействиях происходит независимым образом.

Таким образом, полученные результаты по корреляциям и по средним множественностям указывают на универсальность характеристик струй в мягких и жетских процессах.

Авторы выражают благодарность сотрудничеству по исследованию множественных процессов на 2-метровой пропановой пузырьковой камере за помощь в работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гришин В.Г. и др. ЯФ, 1983, т.37, вып.4, с.915; ОИЯИ, P1-81-542, Дубна, 1981; P1-82-252, Дубна, 1982.
2. Гришин В.Г. и др. ОИЯИ, P1-83-306, Дубна, 1983.
3. Didenko L.A. et al. JINR, E1-84-263, Dubna, 1984; Гришин В.Г. и др. ЯФ, 1984, т.40, вып.4, с.936; ОИЯИ, P1-84-79, Дубна, 1984.
4. Chliapnikov P.V. In: Rapporteur's talk presented at the 11th Int. Symposium on Multiparticle Dynamics, Bruges, Belgium, 1980.
5. Gottgens R. et al. Nucl.Phys., 1981, B178, p.392.
6. Barch M. et al. Nucl.Phys., 1981, B192, p.289.
7. Wolf G. Preprint DESY 80/13, 1980.
8. Schmitz N., Rapporteur's talk presented at the 1979 Int. Symposium on Lepton and Photon Interactions at High Energies, Fermilab, 1979, p.359.

9. Абдурахимов А.У. и др. ОИЯИ, P1-6326, Дубна, 1972; ЯФ, 1973, т.18, с.545.
10. Glassler H. et al. Nucl.Phys., 1975, B90, p.461.
11. Gottgens R. et al. Z.Phys.,C, 1981, p.189.
12. Кладницкая Е.Н. и др. ЯФ, 1976, т.24, вып.3, с.589; Гришин В.Г. и др. ЯФ, 1976, т.24, вып.3, с.595.
13. Wroblewski A.K. Proc. of 8th Int.Symposium on Multiparticle Dynamics, 1977.
14. Bardadin-Otwinowska M. et al. Z.Phys.C., 1982, 13, p.83.
15. Basile M. et al. Lett.Nuovo.Cim., 1983, vol.38, No.10, p.359; Lett.Nuovo Cim., 1983, vol.36, No.17, p.555.
16. Гришин В.Г. и др. ЯФ, 1983, т.38, вып.10, с.967.
17. Allen P. et al. Nucl.Phys., 1981, B181, p.385.
18. Derrick M. et al. Phys.Lett., 1980, 91B, p.470.
19. Kafka T. et al. Phys.Rev.Lett., 1975, 34, p.687.
20. Dias de Deus J., Jadack S. Acta Phys.Pol., 1978, B9, p.249.
21. Capella A. et al. Phys.Lett., 1979, 81B, p.68.
22. Dias de Deus J. Phys.Lett., 1981, 100B, p.177.

В Объединенном институте ядерных исследований начал выходить сборник "Краткие сообщения ОИЯИ". В нем будут помещаться статьи, содержащие оригинальные научные, научно-технические, методические и прикладные результаты, требующие срочной публикации. Будучи частью "Сообщений ОИЯИ", статьи, вошедшие в сборник, имеют, как и другие издания ОИЯИ, статус официальных публикаций.

Сборник "Краткие сообщения ОИЯИ" будет выходить регулярно.

The Joint Institute for Nuclear Research begins publishing a collection of papers entitled *JINR Rapid Communications* which is a section of the JINR Communications and is intended for the accelerated publication of important results on the following subjects:

- Physics of elementary particles and atomic nuclei.
- Theoretical physics.
- Experimental techniques and methods.
- Accelerators.
- Cryogenics.
- Computing mathematics and methods.
- Solid state physics. Liquids.
- Theory of condensed matter.
- Applied researches.

Being a part of the JINR Communications, the articles of new collection like all other publications of the Joint Institute for Nuclear Research have the status of official publications.

JINR Rapid Communications will be issued regularly.

