

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



4/7-77

P1 - 10456

Б-12

2533 / 2-77

Ц.Баатар, И.А.Ивановская, Т.Канарек, Р.Тогоо,
Б.Чадраа

АНАЛИЗ ДИСПЕРСИЙ
РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ЧАСТИЦ ПО БЫСТРОТЕ
В П - р-ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ 40 ГЭВ/С

1977

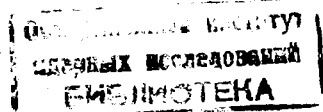
P1 - 10456

Ц.Баатар, И.А.Ивановская, Т.Канарек, Р.Тогоо,*
Б.Чадраа*

АНАЛИЗ ДИСПЕРСИЙ
РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ЧАСТИЦ ПО БЫСТРОТЕ
В П - р-ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ 40 ГЭВ/С

Направлено в ЯФ

* Институт физики и техники АН МНР.



Баатар Ц. и др.

P1 - 10456

Анализ дисперсий распределений частиц по быстроте
в π^-p -взаимодействиях при 40 ГэВ/с

Исследуются распределения по продольным быстротам, дисперсии этих распределений и зависимость их от множественности заряженных частиц, рожденных в π^-p -взаимодействиях при импульсе 40 ГэВ/с. Проводится сравнение экспериментальных результатов с предсказаниями мультипериферической кластерной модели. Показано, что зависимость дисперсии от множественности заряженных частиц неудовлетворительно описывается выбранным вариантом модели, который хорошо описывал все до сих пор рассматривавшиеся экспериментальные распределения.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

Baatar Ts. et al.

P1 - 10456

Analysis of the Dispersions of the
Particle Distributions on Rapidity
in π^-p Interactions at 40 GeV/c

Distributions on longitudinal rapidities are discussed as well as dispersions of these distributions and their dependence on the multiplicity of charged particles produced in π^-p interactions at 40 GeV/c. The experimental results are compared with the predictions of the multiperipheral cluster model. It is shown that the dependence of the dispersion on the multiplicity of charged particles is unsatisfactorily described by the chosen variant of the model which was quite suitable for all previously considered experimental distributions.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1977

1. ВВЕДЕНИЕ

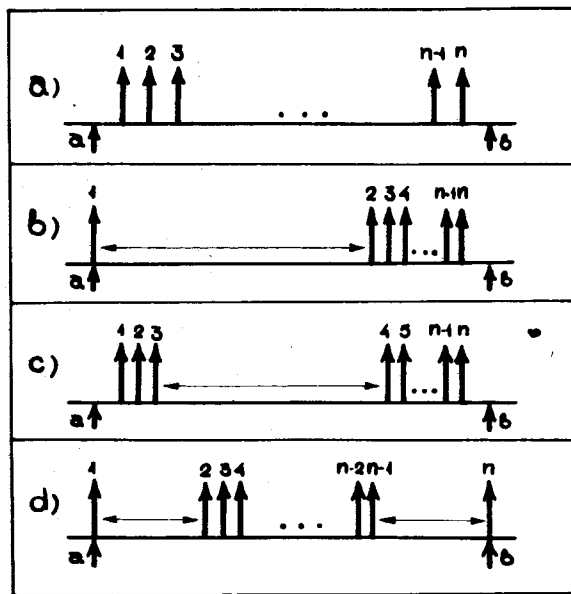
Поиск простых критериев для выделения различных механизмов рождения частиц при взаимодействии адронов высоких энергий является одним из важных вопросов исследования множественного рождения частиц.

В настоящей работе в качестве такого критерия рассматривается дисперсия распределений частиц по продольной быстроте. Некоторые характерные особенности, связанные с динамикой сильных взаимодействий, подобные кластеризации вторичных частиц, могут проявляться в распределениях частиц по быстроте и в дисперсиях этих распределений. Мультипериферические и фрагментационные модели множественного рождения частиц дают совершенно разные предсказания для распределения вторичных частиц по продольной быстроте. Простейшие мультипериферические модели, в которых предполагается обмен однотипными частицами между узлами мультипериферической цепочки, предсказывают равномерное распределение частиц по продольной быстроте.

Из этих моделей следует, что плотность распределения образующихся частиц по продольной быстроте постоянна и не зависит от скорости налетающей частицы. Это означает, что мультипериферическая генерация является процессом независимого образования вторичных частиц, при котором отсутствуют корреляции по быстроте между частицами. Во фрагментационной модели налетающая частица и частица-мишень сохраняют свои кинематические характеристики в процессе взаимодействия. Это обстоятельство приводит к неод-

нородным распределениям частиц по продольной скорости /рис. 1/. Поэтому анализ дисперсии распределений вторичных частиц по продольной скорости при множественной их генерации может служить удобным инструментом разделения процессов, вызванных этими двумя различными механизмами взаимодействия, а также и другими возможными механизмами.

В данной работе анализируются полуинклюзивные распределения по продольной скорости и их дисперсии для частиц, образованных в π^-p -взаимодействиях при импульсе 40 ГэВ/с . Полученные результаты сравниваются с расчетами по мультипериферической модели.



Продольная скорость $u \rightarrow$

Рис. 1. Схематические распределения продольных скоростей для случаев: а/ простейшей мультипериферической модели, в/ диссоциации частицы, в/ диссоциации частиц а и b, d/ образования центрального кластера.

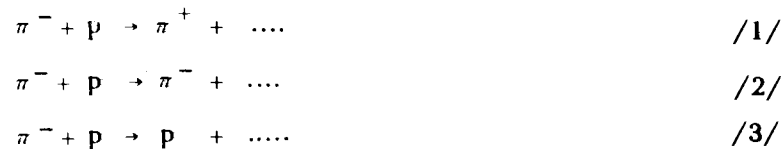
2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

Экспериментальные данные содержат кинематические характеристики ~ 6000 неупругих π^-p -взаимодействий, зарегистрированных в двухметровой пропановой пузырьковой камере ОИЯИ, облученной в пучке π^- -мезонов с импульсом $40,00 \pm 0,24 \text{ ГэВ/с}$ на ускорителе ИФВЭ /Серпухов/. Описание методических особенностей эксперимента и ряд физических результатов приведены в работах /1-3/. В каждом событии измерялись импульсы и углы вылета всех вторичных заряженных частиц, причем все отрицательные и положительные частицы, кроме медленных протонов $P_{\text{лаб}} < 0,7 \text{ ГэВ/с}$, считались пионами.

При такой процедуре примесь K^- -мезонов и Σ^- -гиперонов составляла примерно 4% от числа отрицательных частиц, а примесь K^+ и Σ^+ - около 5% от числа положительных частиц. Кроме того, 15% от числа положительных частиц приходится на долю неидентифицируемых быстрых протонов с импульсом $P_{\text{лаб}} > 0,7 \text{ ГэВ/с}$ /2/.

а/ Распределения частиц по продольным скоростям*

Экспериментальные распределения вторичных частиц по продольной скорости в с.ц.м. в π^-p -взаимодействиях для следующих реакций:



* Продольная скорость, как аддитивная переменная, удобная для анализа кинематики реакций между адронами, рассматривалась в работе /4/.

представлены на рис. 2 для четырех интервалов по множественности заряженных частиц $2 \leq n \leq 4$; $6 \leq n \leq 8$; $10 \leq n \leq 12$; $n \geq 14$. Продольная быстрота в с.д.м.

$$\text{вычислялась по формуле } y = \frac{1}{2} \ln \frac{E^* + p_{||}^*}{E^* - p_{||}^*}.$$

Из представленных распределений видно, что для событий с множественностью, большей или равной средней множественности частиц в π^-p -взаимодействиях при 40 ГэВ/с , т.е. для событий с $n > \bar{n} / \bar{n} = 5,62 \pm 0,04$, распределения как положительных, так и отрицательных пионов практически симметричны относительно $y=0$. В случае, когда $n < \bar{n}$, наблюдается заметная асимметрия относительно $y=0$ в распределениях пионов обоих знаков. При малой множественности (2-4) большая часть отрицательных и положительных пионов концентрируется на краях распределений по y , ближе к значениям быстрот первичных π^- -мезона и протона соответственно, а максимумы распределений хорошо разделяются, что может быть связано с существенным вкладом процесса дифракционной диссоциации первичных частиц. Быстроты всех идентифицированных протонов концентрируются около значения быстроты протона-мишени независимо от множественности. В таблице приведены средние значения продольных быстрот для π^\pm -мезонов и медленных протонов в четырех указанных выше интервалах по множественности.

Отметим, что кинематически разрешенный интервал быстрот для вторичных частиц при 40 ГэВ/с равен $y_{\text{max}} - y_{\text{min}} \sim 6,4$. В то же время экспериментально наблюдаемые распределения по y являются довольно узкими по сравнению с кинематически допустимыми пределами, причем по мере увеличения множественности происходит некоторое сужение распределений. Для того, чтобы количественно оценить величину наблюдаемого сужения, были вычислены дисперсии распределений по y при разной множественности D_y . Результаты представлены на рис. 3 и в таблице. Они показывают, что с уве-

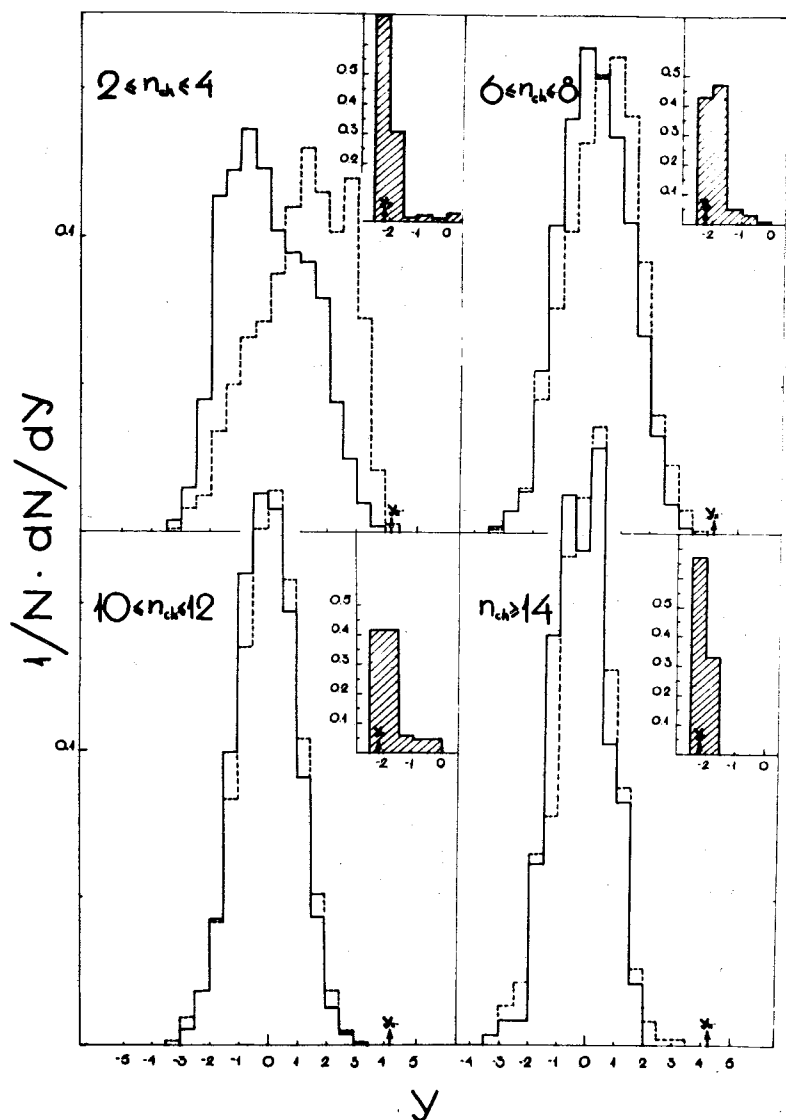


Рис. 2. Распределения продольных быстрот для событий с различной множественностью. Сплошной и пунктирной линиями обозначены распределения положительных и отрицательных пионов соответственно. Заштрихованные гистограммы представляют распределения медленных протонов / $P_{\text{лаб}} < 0,7 \text{ ГэВ/с}$.

Таблица

		n	2+4	6+8	10+12	> 14
40 ГэВ/с	\bar{y}	π^-	$1,11 \pm 0,02$	$0,34 \pm 0,01$	$0,06 \pm 0,02$	$-0,14 \pm 0,05$
		π^+	$-0,09 \pm 0,02$	$0,05 \pm 0,01$	$-0,03 \pm 0,02$	$-0,24 \pm 0,05$
		Рмедл.	$-1,98 \pm 0,01$	$-1,85 \pm 0,02$	$-1,78 \pm 0,05$	$-2,04 \pm 0,04$
	D_y	π^-	1,51	1,19	1,04	1,01
		π^+	1,40	1,14	0,99	0,91
		Рмедл.	0,35	0,83	0,53	0,13
303 ГэВ/с	n		4+8	10 + 14	16 + 20	
	D_y	π^-	$1,73 \pm 0,04$	$1,61 \pm 0,03$	$1,47 \pm 0,04$	

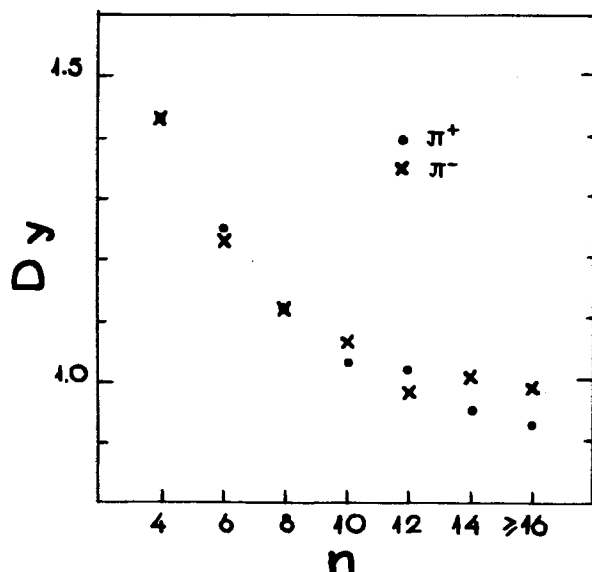


Рис. 3. Зависимость дисперсии распределений по продольной быстрой для π^+ и π^- -мезонов от множественности заряженных частиц в событии.

личением множественности наблюдается заметное сужение распределений по продольной быстрой для пионов обоих знаков. В таблице приведены для сравнения величины дисперсий, полученные при энергии первичных π^- -мезонов $303 \text{ ГэВ/с}^{1/5}$. Они также указывают на сужение распределений по быстрой при увеличении множественности. Общая, при разных энергиях, тенденция сужения распределений по продольной быстрой с увеличением множественности, возможно, является указанием на изменение механизма неупругих π^-p -взаимодействий при переходе от малых к большим множественностям.

б/ Дисперсия быстрой в индивидуальных событиях

Если при множественном рождении вторичные частицы рождаются через некоторую промежуточную систему /кластер/, то естественно ожидать, что частицы, возникающие в результате распада этой системы, будут иметь близкие друг к другу значения быстрой. Отсюда следует, что представляет интерес изучить дисперсию распределения частиц по продольной быстрой в индивидуальных событиях, а не в инклюзивном подходе. В этом случае дисперсия является величиной, характеризующей кинематику отдельного события. В работе^{6/} был предложен метод обнаружения кластеров при помощи анализа дисперсий распределения по продольной быстрой в индивидуальных событиях.

Дисперсия в событиях с фиксированным числом заряженных частиц определялась следующим образом:

$$D_n = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \right]^{1/2}, \quad /4/$$

где \bar{y} - среднее значение продольной быстрой вторичных заряженных частиц в данном событии:

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i. \quad /5/$$

На рис. 4 приведены распределения событий с разной множественностью по величине дисперсии. Из рисунка

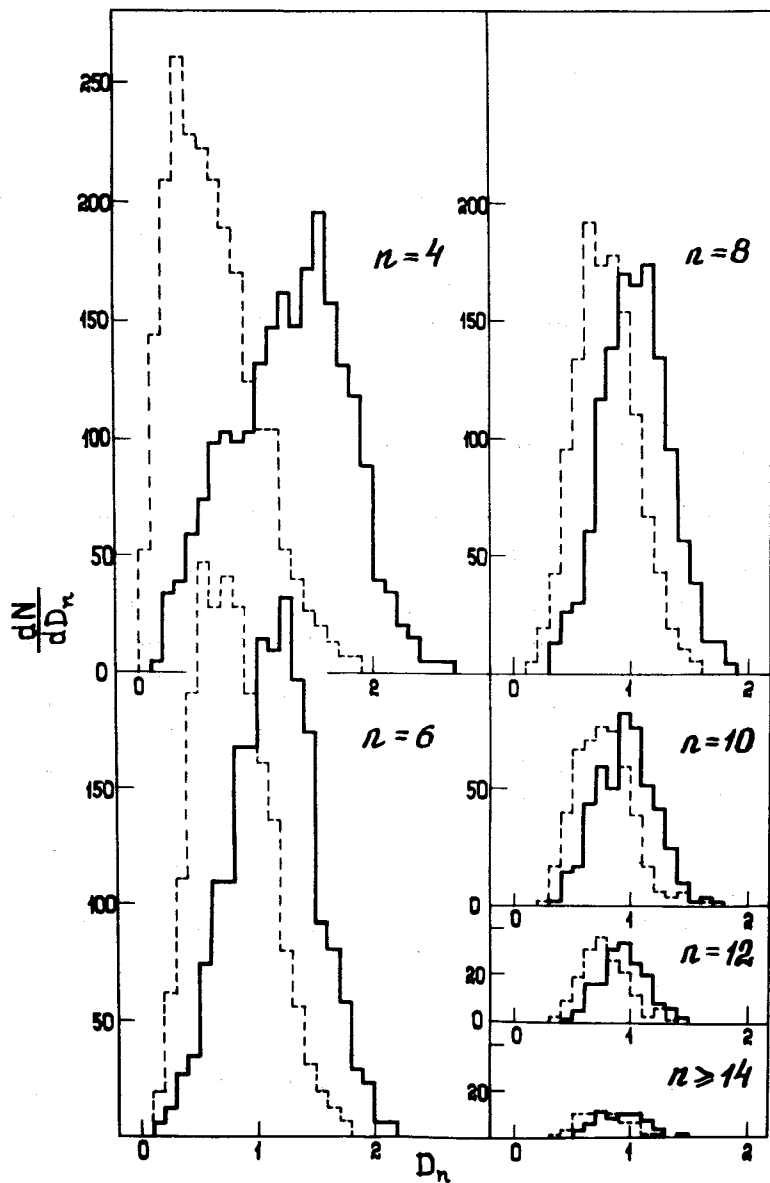


Рис. 4. Распределения дисперсий индивидуальных событий: сплошной линией обозначены распределения с лидирующими частицами, пунктирной - без них.

видно, что дисперсия индивидуального события также уменьшается с увеличением множественности, т.е. происходит сужение распределений по быстройте. Это означает, что при больших множественностях разность значений продольных быстрот вторичных заряженных частиц в индивидуальных событиях уменьшается, т.е. частицы теснее группируются по шкале y . Причиной такого рода группировки может быть рождение возбужденной системы /кластера/.

Следует подчеркнуть, что распределение типа $\frac{1}{N} \frac{dN}{dy}$,

приведенное на рис. 2, суммировано по всем частицам, рожденным в разных событиях с данной множественностью, а это осложняет проведение анализа. Анализ по дисперсиям индивидуальных событий имеет преимущество в том, что характер полученного распределения отражает кинематические особенности не отдельных частиц, а события в целом, причем форма распределения не зависит от места расположения среднего значения быстроты по шкале y . В этом смысле данный анализ является более информативным.

Посмотрим теперь, каким образом влияют на дисперсию частицы, которые располагаются на краях распределений по продольной быстройте - так называемые лидирующие частицы. С этой целью из каждого события была выделена частица с максимальным отклонением от \bar{y} : $|y_i - \bar{y}| = \max$. Для остальных частиц определялось среднее значение быстроты

$$\bar{y}' = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} y_i \quad /6/$$

и дисперсия распределения продольных быстрот:

$$D_n' = \left[\frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^{n-1} (y_i - \bar{y}')^2 \right]^{1/2} \quad /7/$$

Распределения дисперсий D_n' показаны на рис. 4 пунктирной линией. Как и следовало ожидать, распределение dN/dD_n' по сравнению с dN/dD_n смещается в сторону меньших значений дисперсии, причем наиболее сильное влияние лидирующих частиц сказывается при

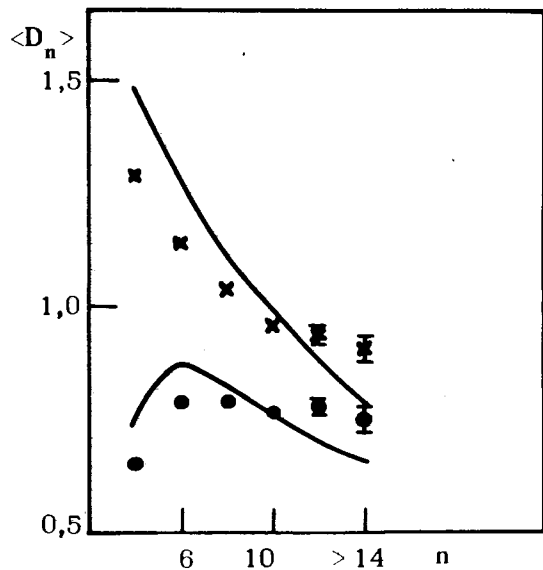


Рис. 5. Зависимость средней дисперсии индивидуальных событий от множественности заряженных частиц: x - с лидирующими частицами, • - без них.

малой множественности ($n = 4$). С увеличением множественности это влияние на величину дисперсии уменьшается. На рис. 5 приведена зависимость средней дисперсии индивидуального события $\langle D_n \rangle$ от множественности заряженных частиц для событий с лидирующими частицами и без них. Из рисунка видно, что после выделения лидирующих частиц средняя дисперсия индивидуального события очень слабо зависит от множественности заряженных частиц. Этот факт отмечался и при импульсе первичных π^- -мезонов 303 ГэВ/с [5].

На рис. 6 показана зависимость ширины распределений по D_n и D'_n от множественности заряженных частиц. Видно, что ширина распределений по индивидуальным дисперсиям /стандартные отклонения w и w' / уменьшается с ростом множественности как для распределений с лидирующими частицами, так и без них.

3. СРАВНЕНИЕ С МОДЕЛЬЮ

Полученные экспериментальные зависимости мы сравнили с предсказаниями мультипериферической модели [7,8], учитывающей рождение резонансов и легких кластеров в узлах мультипериферической цепочки. Обмен между узлами осуществлялся пионами. В ряде работ [7,9] было показано, что эта модель хорошо описывает различные одночастичные инклюзивные и полуинклюзивные распределения и двухчастичные корреляции.

На рис. 5 и 6/а,б/ сплошными линиями приведены зависимости, предсказываемые этой моделью. Из рис. 5 видно, что модель предсказывает более сильную зависимость дисперсии индивидуального события от множественности, чем это наблюдается в эксперименте. В частности, она не описывает постоянства дисперсии $\langle D'_n \rangle$, получаемой после вычитания лидирующих частиц. Зависимости $w(n)$ и $w'(n)$ описываются моделью хорошо, что, по-видимому, указывает на меньшую чувствительность этой характеристики к параметрам модели.

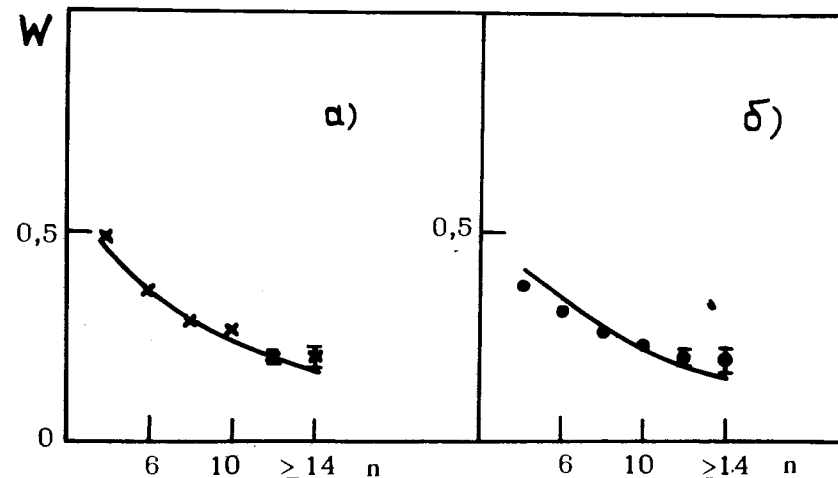


Рис. 6. Зависимость ширины распределения по индивидуальным дисперсиям от множественности заряженных частиц: а/ для распределений с лидирующими частицами, б/ без них.

4. ВЫВОДЫ

Исследование распределений частиц по продольным скоростям в индивидуальных событиях показало:

1/ дисперсии распределений частиц по продольным скоростям уменьшаются с ростом множественности заряженных частиц в событии;

2/ после удаления лидирующих частиц дисперсии распределения остальных частиц не зависят от множественности;

3/ отмеченные закономерности одинаковы при энергии первичных частиц 40 и 303 ГэВ/с;

4/ мультипериферическая модель в рассмотренном варианте неудовлетворительно описывает зависимость дисперсии распределений частиц по продольным скоростям от их множественности. Таким образом, эта характеристика события является наиболее чувствительной к параметрам модели из всех рассмотренных до сих пор.

Авторы выражают благодарность М.И.Соловьеву, В.Г.Гришину и Д.Тувендоржу за обсуждение результатов и полезные советы, а также всем участникам Сотрудничества по обработке снимков с двухметровой пропановой камеры за предоставление экспериментального материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сотрудничество: Будапешт - Бухарест - Варшава - Дубна - Краков - Москва - Сурпухов, - София - Ташкент - Тбилиси - Улан-Батор - Ханой. *Phys.Lett.*, 1972, 39B, №4, p.571; *ЯФ*, 1972, 16, с.989.
2. Сотрудничество: Алма-Ата - Будапешт - Бухарест - Варшава - Дубна - Краков - Москва - София - Ташкент - Тбилиси - Улан-Батор - Ханой. *ЯФ*, 1973, 18, с.545; *ЯФ*, 1973, 18, с.1251.
3. Сотрудничество: Алма-Ата - Будапешт - Бухарест - Варшава - Дубна - Краков - Москва - София - Ташкент - Улан-Батор - Ханой. *ЯФ*, 1975, 21, с.323.
4. Бубелев Э.Г. ОИЯИ, P1-1320, Дубна, 1963.

5. Dao F.T. et al. *Phys.Lett.*, 1975, 45B, p.73.
6. Berger E.L., Tox G.C., Krzywicki A. *Phys.Lett.*, 1973, 43B, p.132.
7. Волков Е.И., Дремин И.М., Дунаевский А.М., Ройзен И.И., Чернавский Д.С. *ЯФ*, 1973, 17, 407. *ЯФ*, 1973, 18, с.437; *ЯФ*, 1974, 20, с.149.
8. Chermavsky D.S., Kanarek T.I., Volkov E.I., P.N.Lebedev Physical Institute. *Preprint 53*, 1975.
9. Волков Е.И., Канарек Т.И. ОИЯИ, 1-8035, Дубна, 1974; *Препринт ФИАН*, №115, 1975.

Рукопись поступила в издательский отдел
23 февраля 1977 года.