

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

1 - 8738

ФР-152

ФАДЕЕВ  
Николай Гаврилович

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИЙ  
В РОЖДЕНИИ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ  
В  $\pi^-$ - $p$ -ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ  
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 энергии  
Объединенного института ядерных исследований.

Научные руководители:

доктор физико-математических наук

профессор

М. И. СОЛОВЬЕВ,

кандидат физико-математических наук

старший научный сотрудник

В. Г. ГРИШИН

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук

В. М. ШЕХТЕР,

кандидат физико-математических наук В. С. ДЕМЬЯНОВ

Ведущее научно-исследовательское учреждение:

Институт физики высоких энергий, г. Серпухов.

Автореферат разослан "\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 1975 года

Защита диссертации состоится "\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 1975 года  
на заседании Ученого совета Лаборатории высоких энергий  
Объединенного института ядерных исследований, г. Дубна, Мос-  
ковской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке лабора-  
тории высоких энергий.

Учёный секретарь Совета  
кандидат физико-математических  
наук

М. Ф. ЛИХАЧЕВ

1 - 8738

ФАДЕЕВ

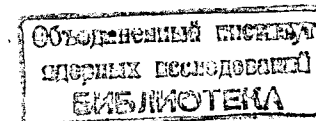
Николай Гаврилович

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИЙ  
В РОЖДЕНИИ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ  
В  $\pi^-$ - $p$ -ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ  
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)



Настоящая диссертация посвящена изучению корреляций в рождении заряженных частиц в  $P$ -взаимодействиях при  $P=40$  ГэВ/с. Экспериментальный материал был получен с помощью 2-метровой пропановой пузырьковой камеры ЛВЭ ОИЯИ, которая облучалась на ускорителе с энергией 76 ГэВ Института физики высоких энергий (г.Серпухов). Имеется свыше 300 тыс. стереофотографий, в обработке которых принимают участие физики из 16 лабораторий 8 стран-участниц ОИЯИ и Пенджабского университета Индии. Для этих целей потребовалось создание методики массовой обработки информации с трековых приборов на ЭВМ.

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения.

В первой главе излагаются основные положения инклюзивного подхода к исследованию взаимодействий частиц при высоких энергиях /1-3/; рассматриваются основные теоретические идеи сильных взаимодействий: гипотеза предельной фрагментации /2/, масштабная инвариантность /3/, Моллер-Реджевский анализ инклюзивных реакций /4/. На примере многокомпонентной и кластерной моделей делается попытка выяснения природы корреляций вторичных частиц. Дается краткий обзор экспериментальных работ по двухчастичным корреляциям продуктов множественного рождения /5/.

Во второй главе описана методика эксперимента: устройство камеры, оптика, величина и распределение магнитного поля, просмотр фотографий, классификация и измерения событий и т.д.

Основное внимание уделялось более точному учёту неоднородности магнитного поля в рабочем объеме камеры и математическому обеспечению всего эксперимента.

Неоднородность магнитного поля в рабочем объеме доходит до 20% по вертикальной оси, параллельной оптическим осям фотоаппаратов. Такая большая неоднородность магнитного поля вызвана конструкцией верхнего полюса магнита /6/. В верхнем полюсном блоке

сделаны два колодца для фотографирования рабочего объема камеры двумя независимыми оптическими системами, каждая из которых состоит из трех фотоаппаратов. Поэтому при обработке фотопленки информации кроме хорошего знания оптических характеристик требуется хорошее знание топографии магнитного поля. При определении параметров следов частиц (импульсов, углов вылета) учёт магнитного поля осуществлялся с помощью специальной таблицы - карты магнитного поля. Особенность карты магнитного поля состоит в том, что в ней используется неравномерный шаг по всем трем координатным осям  $H_x, H_y, H_z$  МГ. Это позволяет обеспечить путем линейной интерполяции точность нахождения величины магнитного поля не хуже 1%, что вполне достаточно для камеры с пропановым наполнением.

В ОИЯИ просмотр стереофотографий с 2-метровой пропановой камеры производился на больших просмотрных столах БПС-1, БПС-2 и просмотрно-измерительных столах САМЕТ / 8 /. Измерения координат следов отобранных событий делались, в основном, на измерительных приборах ПУОС, работающих на линии с ЭВМ БЭСМ-4 / 9 /. События с большим числом следов вторичных частиц измерялись также на САМЕТ. Для учёта конструктивных особенностей в юстировке оптической системы разных типов измерительных приборов был использован алгоритм аффинных преобразований с шестью параметрами, вместо обычно используемого алгоритма с семью параметрами / 10 /:

$$x_i = D x^{(1)} + D x^{(2)} x_{si} + D x^{(3)} y_{si} \quad (I)$$

$$y_i = D y^{(1)} + D y^{(2)} x_{si} + D y^{(3)} y_{si}$$

где  $x_i, y_i$  - координаты точек трека в оптической системе

координат на плёнке,  $x_{si}, y_{si}$  - те же координаты в системе координат измерительного прибора,  $D x^{(i)}, D y^{(i)}, i=1+3$  - параметры преобразования.

Коэффициенты перехода от одной системы координат к другой находятся из условия минимума функционала:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N [(x_{si} - x_{mi})^2 + (y_{si} - y_{mi})^2] \frac{1}{\sigma_i^2} \quad (2)$$

$$\frac{\partial \chi^2}{\partial D x^{(i)}} = 0, \quad \frac{\partial \chi^2}{\partial D y^{(i)}} = 0, \quad i=1,2,3$$

где  $x_{si}, y_{si}$  - заданные (теоретические) координаты реперных крестов в оптической системе на плёнке,  $x_{mi}, y_{mi}$  - измеренные координаты реперных крестов,  $N$  - число реперных меток,

$\sigma$  - среднеквадратичное отклонения.

Анализ результатов обработки событий, измеренных на обоих приборах, показал, что параметры треков в пределах ошибок измерения полностью совпадают.

Обработка измерений и получение физических результатов осуществляется с помощью системы программ на ЭВМ СДС I604A. Основу данной системы составляет программа ГЕОФИТ / 11 /. В действующем варианте этой программы используется карта магнитного поля, реализован алгоритм аффинных преобразований. Внесены также другие дополнения и изменения, которые были продиктованы практикой работы с накоплением большого объема трековой информации и его движением на различных этапах математической обработки на ЭВМ.

При массовых измерениях часто возникает необходимость параметров отдельных следов частиц и их последующего подсчёта. Для анализа событий в условиях 4π-геометрии требуется объединение результатов счёта нескольких измерений (параметров). Эту функцию выполняет специальная программа, в которой предусмотрена также

возможность учёта всех замечаний, сделанных оператором после методического просмотра стареофотографий.

Третья стадия обработки экспериментального материала заключается в отборе событий по различным критериям и формировании ленты суммарных результатов (ЛСР). Формирование ЛСР — для звезд и  $V^0(\gamma)$ -частиц осуществляется соответствующими программами.

С помощью разработанной системы программ было обчислено свыше 20 тысяч взаимодействий, зарегистрированных в 2-метровой пропановой камере, с множественностью до 18 лучей и различным числом  $V^0(\gamma)$ -частиц. Время прохождения одного события через всю систему программ составляет в среднем 2,5–3 минуты.

В третьей главе кратко рассмотрены основные физические представления о явлениях множественного рождения частиц в рамках конкретных моделей, с которыми делалось сравнение экспериментальных данных; приведены результаты экспериментального анализа зарядовой корреляции по множественности, а также корреляции в одночастичных спектрах — зависимость среднего поперечного импульса частиц от продольного.

Всё многообразие теоретических моделей множественного рождения в элементарном акте столкновения двух частиц может быть сведено к двум основным типам: 1) непосредственное рождение совокупности вторичных частиц; 2) рождение частиц через промежуточное возбужденное состояние. В соответствии с этим для сравнения с экспериментальными данными выбраны наиболее общие теоретические подходы:

А. Мультиреджонная модель, относящаяся к первому типу механизма множественного рождения /12,17/;

Б. Мультипериферическая модель с однонионным обменом и рождением резонансов и кластеров, содержащая оба характерных признака множественного рождения /13/;

В. Статистическая кластерная модель, относящаяся ко второму типу механизма множественного рождения /14,17/.

Для выделения корреляций динамического происхождения на фоне разрешенных законами сохранения энергии-импульса было проведено моделирование на ЭВМ П-р — взаимодействий при  $P=40$  ГэВ/с по фазовому пространству с учётом экспериментального распределения по множественности вторичных частиц /15/.

На рис. I представлена экспериментальная зависимость ассоциативной множественности  $\Pi^-$ -мезонов от продольных быстрот  $\Pi^+$  и  $\Pi^-$ -мезонов /16/:

$$\langle n_2(\gamma_c) - \delta_{ik} \rangle = \frac{\int d^2\delta / dy_i dy_k dy_c}{d\delta / dy_c} \quad (3)$$

В табл. I значения  $\langle P_2 \rangle$  для  $\Pi^-$ -мезонов сравниваются с расчётами по мультипериферической модели с кластерами (MM).

Табл. I

$P_1^+$ / ГэВ/с /	$\langle P_2 \rangle$ ГэВ/с	
	эксперимент	модель
-3., -2	0.43±0.04	0.59±0.03
-1., -0,5	0.36±0.02	0.46±0.02
-0,5 , 0,5	0.36±0.05	0.35±0.01
0,5, 1	0.38±0.02	0.40±0.02
2. , 3	0.42±0.05	0.64±0.05

Полученные данные свидетельствуют о наличии динамических корреляций в рождении вторичных частиц: рост среднего числа  $\Pi^0$ -мезонов  $\langle n_{\gamma^0} \rangle$  с увеличением числа заряженных частиц  $n_{\pm}$ , зависи-

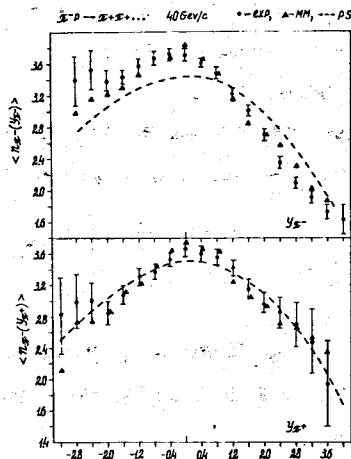


Рис.1. Зависимость ассоциативной множественности  $\Pi^-$ -мезонов от продольных быстрот  $\pi^+$  и  $\pi^-$ -мезонов.

мость ассоциативной множественности отрицательных пионов от продольных быстрот  $\Pi^+$  и  $\Pi^-$ -мезонов и явно выраженная зависимость среднего поперечного импульса заряженных пионов от продольных переменных:  $P_{\perp}^*$ ,  $x$ ,  $y$ .

Сравнение полученных данных с расчётами по ММ указывает на необходимость изменения некоторых параметров модели, ответственных за способы образования частиц (при больших значениях  $P_{\perp}^*$  расчётные величины  $\langle P_{\perp}^* \rangle$  значительно превышают наблюдаемые).

В четвертой главе приводятся результаты экспериментального исследования и сравнения с теоретическими моделями двухчастичных корреляций заряженных пионов по продольным быстротам и азимутальным углам в инклюзивных и полуйнклюзивных  $\Pi$ - $p$ -реакциях при  $P=40$  ГэВ/с /16-19/.

Корреляционные функции для инклюзивных реакций:

$$C(y, y_2) = \rho_{12}(y, y_2) - \rho_1(y) \rho_2(y_2), \quad (4)$$

$$C'(y, y_2) = \rho_{12}(y, y_2) - \frac{\langle n_i(n_i - \delta_{ik}) \rangle}{\langle n_i \rangle \langle n_k \rangle} \rho_1(y) \rho_2(y_2) \quad (5)$$

$$R(y, y_2) = \frac{\rho_{12}(y, y_2)}{\rho_1(y) \rho_2(y_2)} - 1, \quad (6)$$

где  $\rho_1(y_1) = \frac{1}{\sigma_{in}} \frac{d\sigma}{dy_1}$ ,  $\rho_2(y_2) = \frac{1}{\sigma_{in}} \frac{d\sigma}{dy_2}$ ,  $\rho_{12}(y, y_2) = \frac{1}{\sigma_{in}} \frac{d^2\sigma}{dy_1 dy_2}$  (7)

одно и двухчастичные функции плотности распределений вторичных частиц,  $\langle n_i \rangle$  - среднее значение числа частиц сорта  $i$  ( $\pi^+$ ,  $\pi^-$ ,  $\pi^0$ ),

$\sigma_{in}$  - полное неупругое сечение  $\Pi$ - $p$  - взаимодействий при  $P=40$  ГэВ/с. Аналогичные определения корреляционных функций использовались для полуйнклюзивных реакций с фиксированной множественностью заряженных частиц (с соответствующей заменой  $\sigma_{in} \rightarrow \sigma_n$ ,  $\langle n \rangle \rightarrow n$ ,

$\sigma_n$  - топологическое сечение рождения заряженных частиц).

На рис.2 представлены экспериментальные данные для корреляционных  $C$  - функций в зависимости от разности быстрот  $\Delta y = y_1 - y_2$

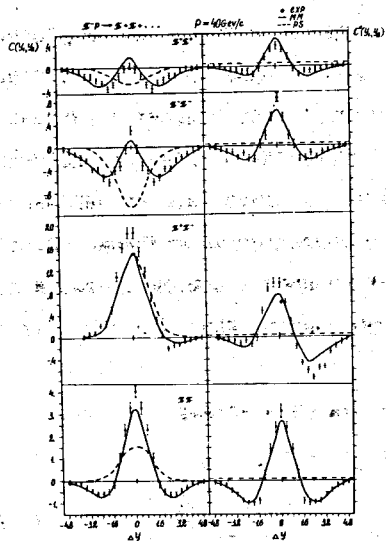


Рис.2. Экспериментальные значения C- функции в зависимости от  $\Delta y = y_1 - y_2$  для различных пар  $\Pi$ -мезонов.

для  $\pi^+\pi^-$ ,  $\pi^-\pi^-$  и  $\pi^+K^-$  пар пионов. Виден резкий положительный максимум при  $\Delta y = 0$ , зависящий от заряда пары:

$C_{\pi^+\pi^+} > C_{\pi^+\pi^-} \approx C_{\pi^-\pi^-}$ . Более детальный анализ показал, что основной вклад в максимум вносят пары частиц из центральной области

$$|y_1, y_2| \leq 1.$$

Близкодействующий характер наблюдаемых корреляций в инклюзивных реакциях обнаруживается при аппроксимации полученных данных зависимостью:

$$R(y_1, y_2) = a \cdot e^{-\frac{|\Delta y|}{L}}, \quad (8)$$

где  $L$  - так называемая корреляционная длина  $/4/$ . На рис.3 приводятся значения  $R$  - функции в зависимости от  $\Delta y: y_1, y_2$  при четырех фиксированных в центральной области величинах  $y_{\pi^-}$ . Численные значения параметров  $a$  и  $L$  представлены в табл. II.

Таблица II

$y_{\pi^-}$	$a \pm \Delta a$	$L \pm \Delta L$
-0.75	$0.70 \pm 0.10$	$1.6 \pm 0.6$
-0.25	$0.70 \pm 0.09$	$2.1 \pm 0.8$
0.25	$0.64 \pm 0.09$	$1.8 \pm 0.6$
0.25	$0.58 \pm 0.09$	$1.7 \pm 0.6$

Средние значения параметров оказались равными  $a = 0.65 \pm 0.07$ ,  $L = 1.8 \pm 0.2$  (сплошная линия на рис.3). Для  $\pi^+\pi^-$  и  $\pi^-\pi^-$  пар  $a = 0.26 \pm 0.1$ . Эти результаты совпадают с аналогичными данными для  $pp$  - столкновений при энергиях  $FNAL$  и  $ISR$ . В табл. III собраны значения  $R$  и  $C$  - функций для центральной области  $y_1 = y_2 \approx 0$  при двух энергиях.



Табл. III

$R(0,0)$				
Эксперимент	++	+-	--	cc
П-р, 40 ГэВ/с	$0.21 \pm 0.06$	$0.59 \pm 0.08$	$0.27 \pm 0.07$	$0.41 \pm 0.04$
РР, 205 ГэВ/с	$0.25 \pm 0.05$	$0.67 \pm 0.06$	$0.38 \pm 0.06$	$0.50 \pm 0.06$
$C(0,0)$				
П-р, 40 ГэВ/с	$0.13 \pm 0.03$	$0.32 \pm 0.04$	$0.13 \pm 0.03$	$0.90 \pm 0.08$
РР, 205 ГэВ/с	$0.22 \pm 0.04$	$0.47 \pm 0.04$	$0.21 \pm 0.04$	$1.38 \pm 0.16$

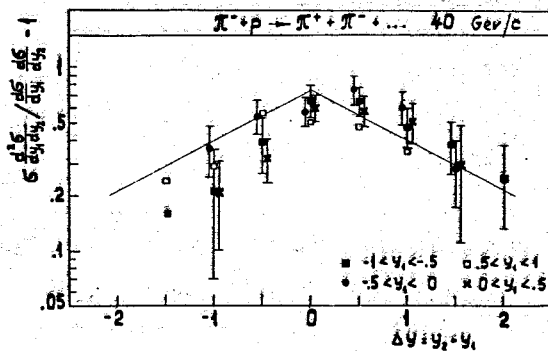


Рис.3. Экспериментальные значения  $R$ -функции и результат их фитирования (сплошные прямые) с помощью функции вида  $a \cdot \exp(-|\Delta y|/L)$ .

Из приведенных данных следует, что максимум  $R$ -функции наблюдается при  $y_1 \approx y_2 = 0$  и, что значения  $R(0,0)$  в широкой области энергий не зависят от энергии столкновения и типа сталкивающихся частиц(П,Р).

Сравнение данных с расчетами по фазовому пространству показывает, что наблюдаемые в эксперименте корреляции обусловлены как динамикой рождения  $n$  частиц, так и сложением событий с разными  $n$  в инклюзивном подходе к анализу взаимодействий.

В этой же главе проводится экспериментальный анализ двух-частичных распределений и корреляционных функций от продольных быстрот при фиксированных значениях множественности заряженных частиц  $n = 4, 6, 8, 10 / 18$ .

На рис.4 представлены данные для  $R^{(n)}(y_1, y_2)$  - функций при  $n = 4$  для  $\pi^+ \pi^+$  и  $\pi^+ \pi^-$  - пар вместе с расчетами по фазовому пространству. Видно, что в точках  $y_1 = y_2$  экспериментальные значения  $R^{(n)}$ -функции для тождественных частиц существенно отличаются от вычисленных по фазовому пространству. Для  $\pi^+ \pi^-$ -пар в области отрицательных значений быстрот пионов (область дифракции протона)  $R_{+-}^{(n)} > 0$  - для экспериментальных точек и  $R_{+-}^{(n)} < 0$  для фазовых. Аналогичное поведение  $R^{(n)}$ -функций наблюдается и при других  $n$ . Таким образом, сравнение экспериментальных данных для  $R^{(n)}$  функций при фиксированном  $n$  с расчетами по фазовому пространству также обнаруживают близкие корреляции ( $\Delta y \approx 0$ ) в рождении заряженных частиц в  $\pi^+ p$ -взаимодействиях при  $P = 40$  ГэВ/с. Резкое отличие экспериментальных значений корреляционных функций от соответствующих фазовых при  $|\Delta y| > 1$  указывает на присутствие также и дальних корреляций по продольной быстроте вторичных частиц.



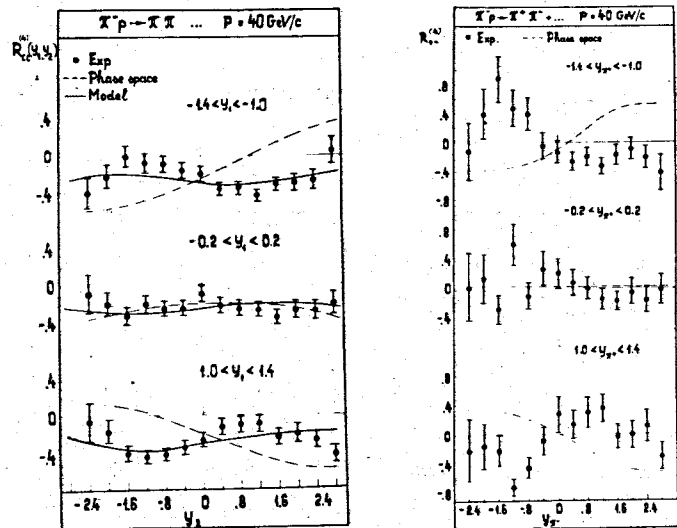


Рис. 4. Значения  $R^{(n)}$  - функции для  $\pi^+\pi^-$  и  $K^+K^-$  пар пионов при  $n = 4$ .

Мультиреджонный подход (с константами связи для обменных траекторий из работы /12/) лишь в пределах трехкратной ошибки не противоречит данным для корреляционных функций в центральной области в инклюзивных реакциях (табл. III), статистическая кластерная модель описывает эти данные /17/. Мультипериферическая модель с кластерами качественно описывает полученные данные и для полуинклюзивных реакций /18/.

В этой главе также приводятся экспериментальные распределения различных по заряду пар пионов по азимутальным углам  $\phi$ :

$$\cos \phi = - \frac{(\bar{P}_{21} \cdot \bar{P}_{22})}{|\bar{P}_{21}| |\bar{P}_{22}|} \quad (9)$$

и коэффициент асимметрии  $B$ :

$$B = \frac{N(\phi > \frac{\pi}{2}) - N(\phi < \frac{\pi}{2})}{N_{tot}} \quad (10)$$

где  $N(\phi > \frac{\pi}{2})$  - число пар частиц, имеющих угол  $\phi > \frac{\pi}{2}$ ,  $N_{tot}$  - полное число пар исследуемых частиц.

Данные по азимутальным корреляциям заряженных пионов получены для инклюзивных и полуинклюзивных реакций при разных условиях отбора частиц /16-19/. На рис. 5 приведены распределения  $dN/d\phi$  для  $\pi^+\pi^-$  и  $K^+K^-$  пар для разных  $n$  и  $\Delta y$  /19/. При малых углах  $\phi$  наблюдается избыток тождественных пар частиц по сравнению с нетождественными парами. Эта разница, как видно из приведенных данных, обусловлена парами с малыми значениями разности  $\Delta y$  ( $|\Delta y| < 0.4$ ). При больших разностях  $\Delta y$  ( $|\Delta y| \geq 1.6$ ) распределения тождественных и нетождественных пар совпадают для всех наблюдаемых  $n$ .

Коэффициент асимметрии при  $\Delta y = 0$  составляет  $B^{\pi^-\pi^+} = 0.12 \pm 0.01$ ,  $B^{\pi^+\pi^-} = -0.25 \pm 0.01$  для инклюзивных реакций, т.е.  $B^{\pi^-\pi^+} > B^{\pi^+\pi^-}$  при  $\Delta y = 0$ . При  $|\Delta y| \geq 1.5$   $B^{\pi^-\pi^+} \approx B^{\pi^+\pi^-}$  и слабо меняется от  $\Delta y$ .

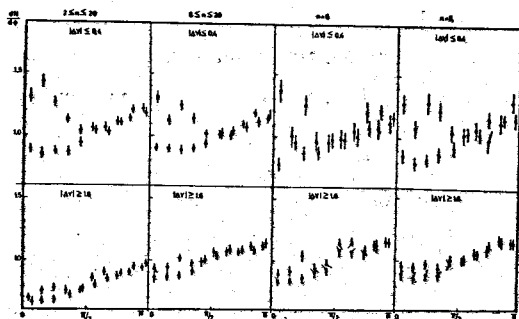


Рис. 5. Распределение  $dN/d\phi$  в зависимости от азимутального угла  $\phi$  для тождественных ( $\phi$ ) и нетождественных ( $\phi$ ) пар заряженных пионов в  $\Pi p$  - реакциях с разной множественностью при  $p=40$  ГэВ/с.

Аналогичные соотношения для коэффициентов  $B$  наблюдаются и в полуинклюзивных реакциях /18-19/.

Качественное объяснение особенностей в азимутальных спектрах находится в хорошем согласии с развиваемой в работах /20/ физической идеей интерференции тождественных частиц.

В заключении перечислены основные результаты диссертации:

1. Введены дополнения и сделаны изменения в главной программе геометрической реконструкции событий и определения параметров следов частиц (программа ГЕОФИТ), в целом обеспечивающие:

- а) более точный учёт неоднородности магнитного поля в камере;
- б) возможность производить измерения как на ПУОСах, так и на САМЕТах;
- в) повышенную эффективность программы и её надёжность при массовой обработке экспериментального материала.

2. На базе ГЕОФИТ создана система программ, обеспечивающая обработку экспериментального материала от накопления его до формирования ленты суммарных результатов.

3. Проведено моделирование на ЭВМ  $\Pi p$  - взаимодействий при энергии 40 ГэВ по фазовому пространству с учётом распределения по множественности вторичных частиц.

4. Впервые для  $\Pi p$  - взаимодействий получены экспериментальные данные по двухчастичным корреляциям заряженных пионов по продольным быстротам и азимутальным углам в инклюзивных и полуинклюзивных реакциях при энергии 40 ГэВ.

5. Экспериментальные данные по корреляциям частиц в инклюзивных и полуинклюзивных  $\Pi p$  - реакциях при энергии 40 ГэВ обнаруживают эффекты ближних и дальних корреляций в распределениях заряженных пионов по продольным быстротам и азимутальным углам.

6. Характеристики близких корреляций по продольным быстройтам совпадают с аналогичными данными для pp-взаимодействий при энергиях  $FNAL$  и  $ISR$ , что указывает на существование единого механизма множественного рождения в широком интервале энергий и разных типов сталкивающихся частиц.

7. Анализ распределений заряженных пионов по азимутальным углам при разных условиях отбора частиц показал, что близкие корреляции в азимутальных спектрах могут быть обусловлены эффектом тождественности частиц.

8. Получена экспериментальная зависимость среднего значения поперечного импульса от продольного и зависимость ассоциативной множественности от продольных скоростей заряженных пионов в инклюзивных  $Pp$  - реакциях при энергии 40 ГэВ.

9. Проведено сравнение экспериментальных данных о корреляционных явлениях в рождении заряженных пионов с расчётами по мультипериферической и кластерной моделям и расчётам по фазовому пространству. Установлено, что наиболее полно экспериментальные данные согласуются с мультипериферической моделью с кластерами.

Основные результаты настоящей работы докладывались на международных конференциях по физике высоких энергий в Батавии (1972 г.) Экс-ан-Провансе (1973 г.), Лондоне (1974 г.), на сессиях ОЯФ АН СССР (1972, 1973, 1974 г.г.) и опубликованы в работах /16-19/.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

- I. A. A. Логунов, М. А. Мествиришвили, Нгуен Ван Хьей  
Phys. Lett. 25B, 611 (1967)  
ТМФ 9, 3 (1971), 9, 153 (1971)
2. J. Benecke, T. T. Chon, C. N. Yang, E. Yen.  
Phys. Rev. 188, 215 (1959)  
T. T. Chon, C. N. Yang. Phys. Lett. 25, 1072 (1970)
3. R. Feynman. Phys. Rev. Lett. 23, 1415 (1969)
4. A. H. Mueller. Phys. Rev. 2D, 2963 (1970); R. C. Arnold,  
ANL/HEP 7139, Argonne. (1971)
5. R. Singer et. al. Phys. Lett., 49B, 481 (1974)  
S. R. Amendolia et. al. Phys. Lett. 48B, 359 (1974)
6. M. P. Balandin, N. G. Borisov et. al. N. I. M. 20, 110 (1963)
7. A. У. Абдурахимов, Ш. В. Иногамов, Т. Канарек и др. препринт ОИЯИ,  
I3-6448, Дубна (1972)
8. В. Я. Алмазов, А. С. Буров, А. А. Горянов и др. Препринт ОИЯИ,  
IO-4I72, Дубна (1968)  
А. Я. Алмазов, В. В. Ермолаев, В. И. Зайцев и др. Препринт ОИЯИ,  
DIO-6I42, Дубна (1972)
9. Д. А. Каржавин, И. В. Чувило, С. С. Кирилов и др. ПТЭ 5, 54 (1963)
- IO. В. А. Загинайко, В. Н. Шигаев, препринт ОИЯИ 2527, Дубна (1965)
- II. А. У. Абдурахимов, Нгуен Дин Ты, В. Н. Пенев, сообщение ОИЯИ  
I-5I40, Дубна (1970)
12. R. F. Amann, K. Geer. Lett. Nuovo Cim. 8, 417 (1973)  
R. F. Amann, R. Blackman. Phys. Lett. 44B, 266 (1973)

13. И. Н. Дрёмин, И. И. Ройзен, Р. Б. Уайт, Д. С. Чернавский, *ЭЭФ* 48, 952 (1965)  
И. Н. Дрёмин, И. И. Ройзен, Д. С. Чернавский, *УФН* 101, 385 (1970)  
Е. И. Волков, И. Н. Дрёмин, А. М. Дунаевский, И. И. Ройзен, Д. С. Чернавский, *ЯФ* 17, 407 (1973); *ИЭ*, 437 (1973); *ЯФ*, 20, 149 (1974)  
Е. И. Волков, Т. И. Канарек, сообщение ОИЯИ I-8035, Дубна (1974)
14. G. Ranft, J. Ranft. *Nucl. Phys.* 22B, 217 (1973)  
*Phys. Lett.* 45B, 43 (1973)
15. А. У. Абдурахимов, Н. Ангелов и др., сообщение ОИЯИ PI-6326, Дубна (1972); *ЯФ* 16, 989 (1972)
16. А. У. Абдурахимов, Н. Ангелов, Н. Г. Фадеев и др., препринт ОИЯИ PI-7543, Дубна (1973)
17. В. Г. Гришин, Н. Сабзу, А. Н. Соломин, Н. Г. Фадеев и др. Препринт ОИЯИ PI-7854, Дубна (1974)
18. А. У. Абдурахимов, Н. Ангелов, Н. Г. Фадеев и др. Препринт ОИЯИ PI-8269, Дубна 1974.
19. М. Сабзу, А. Н. Соломин, Н. Г. Фадеев, Г. Ранфт, И. Ранфт. Препринт ОИЯИ I-8385, Дубна, 1974.
20. Г. И. Копылов, М. И. Подгорецкий. Международный семинар по глубоконеупругим и множественным процессам при высоких энергиях, Дубна, *П*, 2-74II (1973)

Рукопись поступила в издательский отдел  
27 марта, 1975 года.