

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



А-646

P1 - 9207

29/11-75

5002/2-75

КОРРЕЛЯЦИИ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ
И ГАММА-КВАНТОВ В π^-N -ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ
ПРИ $P = 40$ ГЭВ/С

Сотрудничество: Алма-Ата - Будапешт - Бухарест -
Варшава - Дубна - Краков - Москва - София -
Ташкент - Тбилиси - Улан-Батор - Ханой - Чандигар

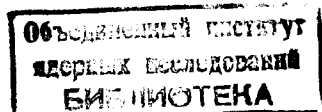
1975

P1 - 9207

КОРРЕЛЯЦИИ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ
И ГАММА-КВАНТОВ В π^-N -ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ
ПРИ $P = 40$ ГЭВ/С

Сотрудничество: Алма-Ата - Будапешт - Бухарест -
Варшава - Дубна - Краков - Москва - София -
Ташкент - Тбилиси - Улан-Батор - Ханой - Чандигар

Направлено в ЯФ



Н. Ангелов, К. П. Вишневецкая, В. Г. Гришин, С. В. Джмухадзе, Л. А. Диденко,¹
И. А. Ивановская, Т. Я. Иногамова, Т. Канарек, Е. Н. Кладнишкая, В. Б. Любимов,
С. И. Лютов,¹ Н. Н. Мельникова, В. Ф. Никитина, В. М. Попова,¹ М. Сабзу, А. Н. Соломин,¹
П. М. Суд,² Х. И. Семерджиев, М. И. Соловьев, Д. Тувлендорж, Н. Г. Фадеев,
Э. Т. Шивцивадзе, Л. Н. Шеглова,¹ Г. Янчо

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

Е. О. Абдрахманов, А. Н. Басина, А. Х. Виницкий, Л. Е. Еременко, Л. Е. Страутман,
И. С. Стрельцов, Ж. С. Такибаев

Институт физики высоких энергий АН КазССР, Алма-Ата

Т. Гемеш, Л. Йеник, Д. Киш, Ш. Красновски, Д. Пинтер, М. Пош, К. Хайду, В. Яноши
Центральный институт физических исследований, Будапешт

О. Балеа, В. Болдеа, Т. Понта, С. Федеа

Институт атомной физики, Бухарест

Е. Биалковски, В. Вуйцик, Я. Гаевски, М. Гурски, Р. Гокиели, Р. Сосновски

Институт ядерных исследований и Институт физики Варшавского
университета, Варшава

Л. Анела, Е. Бартке, А. Квятковска, Г. Рудницка

Институт ядерной физики и Институт ядерной техники, Краков

Н. О. Ахабабян, Л. Грекова, Н. П. Иков, В. Н. Пенев, А. И. Шкловская

Институт ядерных исследований и ядерной энергетики, София

Ш. В. Иногамов, В. Д. Липина, Е. В. Меерзон, Т. М. Усманов, А. А. Юлдашев, Б. С. Юлдашев

Физико-технический институт АН УзССР, Ташкент

Л. Н. Абесалашвили, Н. С. Амаглобели, Д. В. Герсамия, М. А. Дасаева,

Р. Г. Салуквадзе, М. С. Чаргейшвили, Ю. В. Тевзадзе, Н. К. Куциди

Тбилисский государственный университет

У. Баатар, Б. Чадраа

Институт физики и математики МАН, Улан-Батор

Нгуен Дин Ты

Ханойский университет

¹ Физический факультет и Научно-исследовательский
институт ядерной физики МГУ.

² Физический факультет Пенджабского университета

ВВЕДЕНИЕ

Изучение корреляций вторичных частиц представляет большой интерес с точки зрения динамики сильных взаимодействий. Сопоставление двух- и многочастичных корреляций вторичных частиц с расчетами, например, по мультипериферическим моделям позволяет получить сведения о вкладе ветвлений, о характеристиках фэйрболов и т.д. /1, 2/. Систематическое экспериментальное и теоретическое изучение корреляционных явлений при высоких энергиях необходимо для построения теории сильных взаимодействий.

Корреляции вторичных заряженных частиц изучались в ряде работ при $E \geq 20 \text{ ГэВ}^{/3-5/}$. Однако данные по корреляциям между гамма-квантами и заряженными частицами практически отсутствуют ^{/6, 7/}. Настоящая работа является продолжением исследований корреляций между вторичными частицами, рожденными в пион-нуклонных взаимодействиях при импульсе $40 \text{ ГэВ}/с^{/5/}$. Здесь приводятся первые данные по корреляциям гамма-квантов и заряженных частиц в инклюзивных процессах. Полученные результаты сравниваются с предсказаниями мультипериферической модели с учетом фэйрболов ^{/ММ/^{/2/}}.

Методические особенности эксперимента были описаны в работах ^{/8/}. В данной статье приводятся результаты изучения корреляционных явлений в инклюзивных реакциях:

$$\pi^- + p \rightarrow ch + ch + X, \quad /1/$$

$$\pi^- + p \rightarrow \gamma + ch + X, \quad /2/$$

$$\pi^- + p \rightarrow \gamma + \gamma + X, \quad /3/$$

$$\pi^- + p \rightarrow \gamma + \pi^- + X, \quad /4/$$

$$\pi^- + p \rightarrow \gamma + \pi^+ + X \quad /5/$$

при $p = 40 \text{ ГэВ/с}$. Для анализа использовалось 4954, 2572, 1241, 2556 и 2475 событий для реакций /1/ - /5/ соответственно. Общая статистика $\pi^- p$ -взаимодействий составляла 5482 события.

Экспериментальные данные сравнивались с расчетами, выполненными методом Монте-Карло, по фазовому объему и по мультипериферической модели с учетом образования фэйрболов^{/2/}. Специальная программа позволяла учесть распад π^0 -мезонов на гамма-кванты и получить их кинематические характеристики. Для анализа по М.М. было использовано ≈ 8000 событий с 20000 гамма-квантами; по фазовому объему было наиграно ≈ 9000 событий с 19000 гамма-квантами^{*/}.

§1. КОРРЕЛЯЦИИ ПО БЫСТРОТЕ МЕЖДУ ЗАРЯЖЕННЫМИ ЧАСТИЦАМИ И ГАММА-КВАНТАМИ

Двухчастичные корреляции вторичных частиц изучались с помощью функций:

$$C(y_1^*, y_2^*) = \frac{1}{\sigma_{in}} \frac{d^2\sigma}{dy_1^* dy_2^*} - \frac{1}{\sigma_{in}^2} \frac{d\sigma}{dy_1^*} \frac{d\sigma}{dy_2^*}, \quad /1/$$

^{*/} Чтобы исключить кинематические корреляции гамма-квантов, связанные только с распадом π^0 -мезонов, в событиях, генерированных по М.М. и фазовому объему, учитывался только один "расходный" гамма-квант.

$$R(y_1^*, y_2^*) = \sigma_{in} \frac{d^2\sigma}{dy_1^* dy_2^*} / \frac{d\sigma}{dy_1^*} \frac{d\sigma}{dy_2^*} - 1, \quad /2/$$

где y_i^* - продольная быстрота в системе центра инерции, σ_{in} - полное неупругое сечение. Для исключения кинематических корреляций, связанных с распадом π^0 -мезонов, при вычислении корреляционных функций в событиях с $n_\gamma \geq 2$ брался только один гамма-квант, если значение эффективной массы $M(\gamma\gamma)$ находилось в интервале /105 ÷ 165/ МэВ.

Следует отметить, что значения R- и C-функций, а также корреляции по азимутальному углу ϕ , полученные с введением этого условия и без него, не отличались друг от друга в пределах однократной ошибки.

В табл. 1 приведены значения R(0,0) и C(0,0) - функций для реакций /1/ и /2/^{*/}. Здесь же для сравнения

Таблица I

		R(0,0)		C(0,0)
		ИГР-40 ГэВ	ISR	ИГР-40 ГэВ
y _{ch}	эксп.	.31 _± .08	.62 _± .11	.68 _± .16
	модель	.32 _± .04		
	фаз.об.	.11 _± .03		
ch _{ch}	эксп.	.47 _± .04	.65 _± .05	1.16 _± .08
	модель	.44 _± .04		
	фаз.об.	.09 _± .02		

^{*/} Интервал значений по y^* для вычисления R(0,0) и C(0,0) был равен: $-0,25 \leq y_1, y_2 \leq 0,25$.

приведены аналогичные результаты, полученные на встречных протонных пучках ЦЕРНа в интервале энергий $\sqrt{S} = /23 \div 53/ \text{ ГэВ}$ (I.S.R). Как видно из табл. 1, значение $R_{\text{chch}}(0,0) > R_{\text{ych}}(0,0)$, и мультипериферическая модель в пределах ошибок описывает экспериментальные результаты. Отличие полученных значений $R(0,0)$ по фазовому объему от экспериментальных показывает наличие динамических корреляций между вторичными гамма-квантами и заряженными частицами в центральной области ($y_1^* = y_2^* = 0$). На рис. 1-3 приведены значения $R_{\text{chch}}(y_1^*, y_2^*)$ и $R_{\text{ych}}(y_1^*, y_2^*)$ - функций при $y_{\text{ch}}^* = 0$. Из рис. 1 видно, что формы корреляционных функций $R(y_\gamma^*, y_{\text{ch}}^*)$ в центральной области подобны при разных энер-

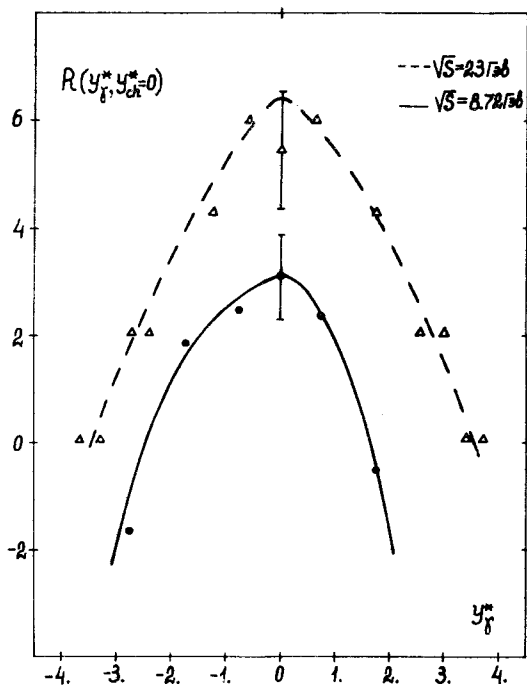


Рис. 1. Зависимость корреляционной функции $R(y_\gamma^*, y_{\text{ch}}^* = 0)$ от y_γ^* при $\sqrt{S} = 23 \text{ ГэВ}$ и $\sqrt{S} = 8,72 \text{ ГэВ}$. Кривые проведены от руки.

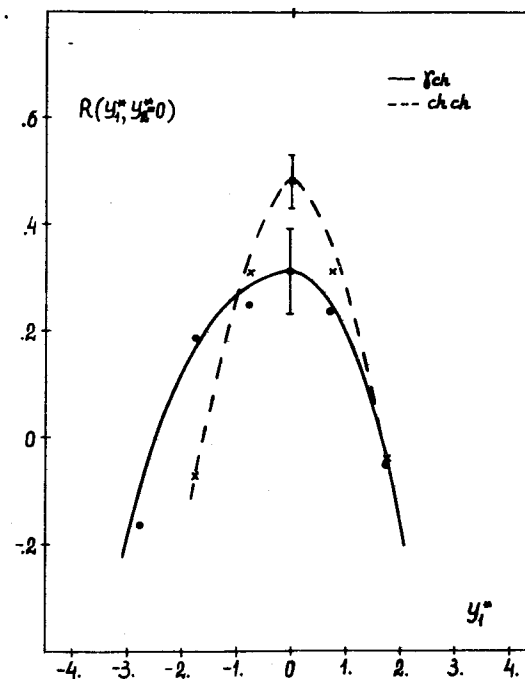


Рис. 2. Зависимость функции $R(y_1^*, y_2^* = 0)$ от y_1^* для (ych) и (chch) - комбинаций.

ТАБЛИЦА II

$\bar{p}-40 \text{ ГэВ}$		$R(0,0)$	$C(0,0)$
		инклюзив.	инклюзив
γp^-	эксп.	$.38 \pm .10$	$.40 \pm .08$
	модель	$.29 \pm .05$	$.12 \pm .04$
	фаз.об.	$.11 \pm .03$	$.16 \pm .04$
γp^+	эксп.	$.16 \pm .09$	$.20 \pm .12$
	модель	$.26 \pm .05$	$.12 \pm .04$
	фаз.об.	$.01 \pm .03$	$.04 \pm .04$

гиях первичных частиц. Мультипериферическая модель хорошо описывает поведение $R(y_{\gamma}^*, y_{ch}^* = 0)$ в центральной области /рис. 3/.

В табл. 2 приведены значения $R(0, 0)$ - и $C(0, 0)$ - функций для $(\gamma\pi^-)$ - и $(\gamma\pi^+)$ - комбинаций. Мультипериферическая модель удовлетворительно описывает экспериментальные данные /рис. 4,5/

На рис. 6 приведены значения $R(y_{\gamma}^*, y_{\pi^-}^* = 0)$ для комбинаций тождественных частиц $(\pi^-\pi^-)$ и $(\gamma\gamma)$. В центральной области значения $R(0, 0)$ для обеих комбинаций совпадают в пределах ошибок: $R_{\gamma\gamma}(0, 0) = 0,19 \pm 0,10$ и $R_{\pi^-\pi^-}(0, 0) = 0,25 \pm 0,06$. Значения $R(0, 0)$ по М.М. для $(\gamma\gamma)$ и $(\pi^-\pi^-)$ комбинаций равны $0,16 \pm 0,05$, по фазовому объему - $-0,08 \pm 0,03$.

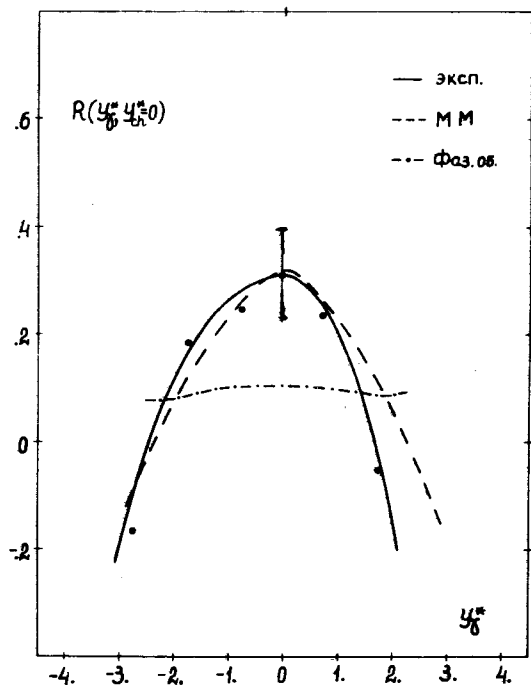


Рис. 3. Сравнение $R(y_{\gamma}^*, y_{ch}^*)$ функции с расчетами по мультипериферической модели и фазовому пространству.

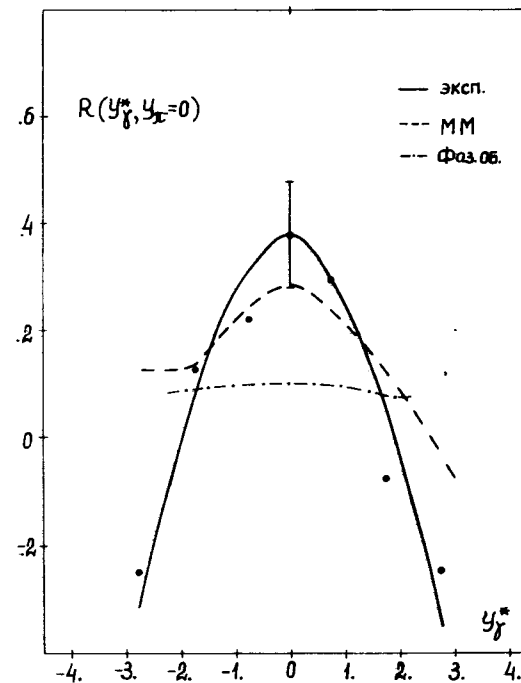


Рис. 4. Зависимость корреляционной функции $R(y_{\gamma}^*, y_{\pi^-}^* = 0)$ от y_{γ}^* .

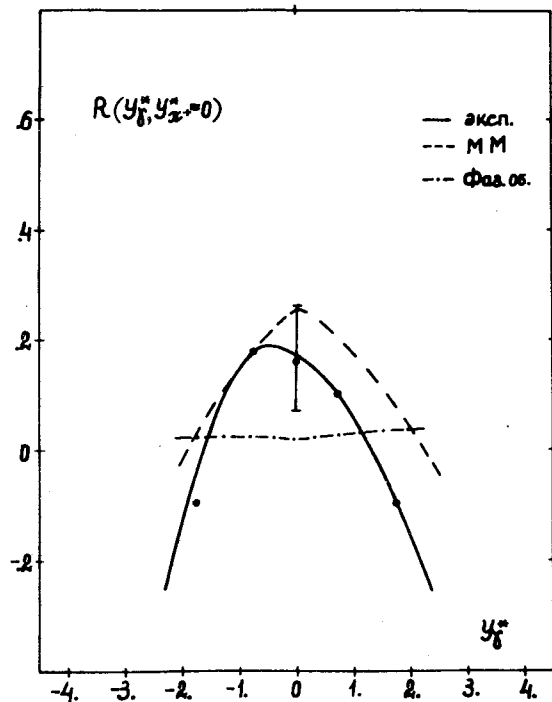


Рис. 5. Зависимость корреляционной функции $R(y_1^*, y_2^* = 0)$ от y_1^* .

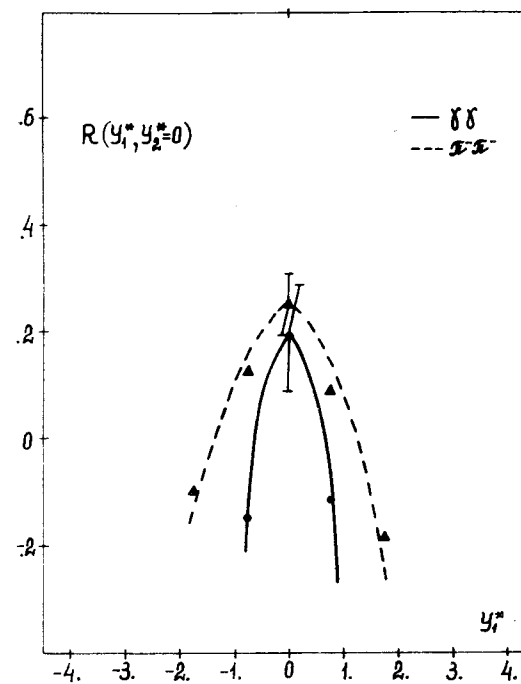


Рис. 6. Зависимость корреляционной функции $R(y_1^*, y_2^* = 0)$ от y_1^* для $(\gamma\gamma)$ и $(\pi^-\pi^-)$ комбинаций.

Таким образом, экспериментальные данные по R -функциям, полученные для π^-p -взаимодействий при $p = 40$ ГэВ/с для различных комбинаций вторичных заряженных и нейтральных частиц удовлетворительно описываются мультипериферической моделью. Из этих данных можно также заключить, что $R_{chch}(0,0) > R_{ych}(0,0) > R_{\gamma\gamma}(0,0)$ и $R_{\gamma\gamma}(0,0) \approx R_{\pi^-\pi^-}(0,0)$.

§2. АЗИМУТАЛЬНЫЕ КОРРЕЛЯЦИИ

Азимутальные корреляции вторичных частиц, образованных в π^-p -взаимодействии при $p = 40$ ГэВ/с, анализировались по переменной:

$$\cos \Phi = \frac{(\vec{P}_{\perp 1} \cdot \vec{P}_{\perp 2})}{|\vec{P}_{\perp 1}| |\vec{P}_{\perp 2}|}$$

для различных областей по быстротам $\Delta y^* = y_1^* - y_2^*$ и для поперечных импульсов. Центральная область была выделена условием: $|\Delta y^*| \leq 2$ и $|y_1^*|, |y_2^*| \leq 1$.

Фрагментационные области рассматривались при двух условиях:

а/ $|\Delta y^*| < 2; |y_1^*|, |y_2^*| > 1$, т.е. обе частицы находятся одновременно справа или слева от центральной области.

б/ $|\Delta y^*| > 2$ и $|y_1^*|, |y_2^*| > 1$. При этих условиях изучаются корреляции между частицами, находящимися в разных фрагментационных областях. В нашем случае это области фрагментации протона и пиона.

На рис. 7 приведены распределения $\frac{1}{\pi \sigma_{in}} \frac{d\sigma_{in}}{d\Phi}$ по

Φ для (ch ch), (ych) и (yy) -комбинаций. Здесь же даны предсказания М.М. и результаты расчетов по фазовому объему /пунктир/.

Распределения по Φ удовлетворительно описываются как М.М., так и фазовым объемом для (ch ch) и (ych) -комбинаций, т.е. для нетождественных частиц. Для (yy) -комбинаций распределения по Φ отличаются от теоретических. Особенно это ясно видно для таких событий, когда разность быстрот гамма-квантов $|\Delta y^*| < 2$ /рис. 7/. Эффект увеличения вероятности наблюдения пар тождественных частиц (yy) при $\Phi \rightarrow 0$ наблюдается как в центральной области ($|y_{1,2}^*| < 1$), так и во фрагментационных областях $|y_{1,2}^*| \geq 1$ и $|\Delta y^*| < 2$.

Этот эффект исчезает при увеличении значений Φ или $|\Delta y^*|$ /рис. 7/. Распределения (yy) -пар по Φ при $|\Delta y^*| > 2$ удовлетворительно описываются фазовым объемом.

На рис. 8 приведены те же распределения с ограничением по поперечным импульсам вторичных частиц. Здесь также (ch ch) и (ych) комбинации удовлетворительно описываются теоретическими кривыми. Эффект

^{x/} В этих распределениях гамма-кванты от распада одного π^0 -мезона исключены /см. §1/.

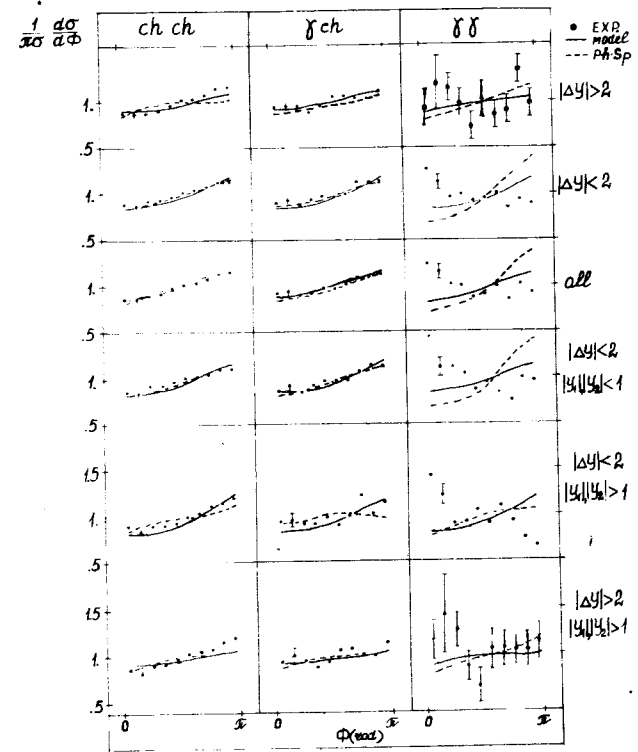


Рис. 7. Распределения по азимутальному углу Φ для (ch ch), (ych) и (yy) систем при различных ограничениях на быстроты.

увеличения вероятности появления пар тождественных частиц (yy) при $\Phi \rightarrow 0$ наблюдается для гамма-квантов с $P_{\perp} > 0,150$ ГэВ/с и $P_{\perp} > 0,350$ ГэВ/с.

В табл. 3 значения коэффициентов асимметрии

$$B = \frac{\int_{\pi/2}^{\pi} \frac{d\sigma}{d\Phi} d\Phi - \int_0^{\pi/2} \frac{d\sigma}{d\Phi} d\Phi}{\int_0^{\pi} \frac{d\sigma}{d\Phi} d\Phi}$$

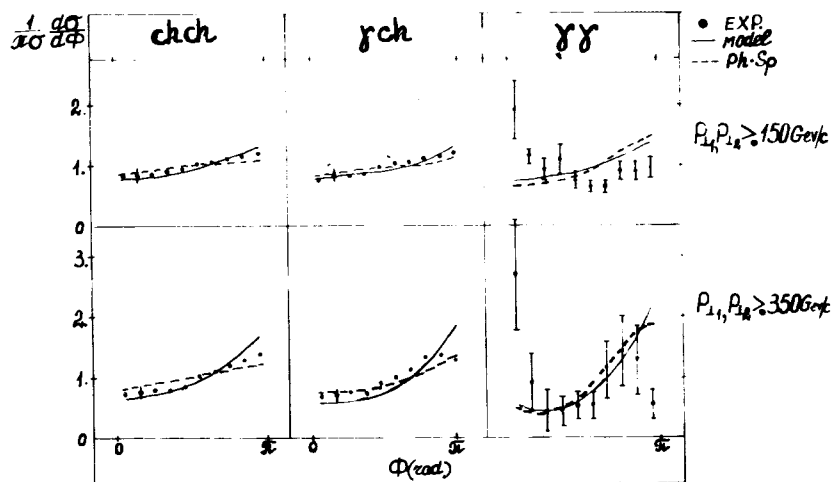


Рис. 8. Распределения по азимутальному углу Φ для $(chch)$, (γch) и $(\gamma\gamma)$ систем при различных ограничениях на поперечные импульсы.

имеют меньшие ошибки, чем сами распределения. Во всех случаях коэффициент асимметрии для $(\gamma\gamma)$ -комбинаций меньше, чем для (γch) и $(chch)$ -комбинаций. Аналогичная ситуация имеет место и для $(\pi^+\pi^-)$ -пар^{/5/}. Наблюденный эффект связан с тождественностью частиц. Его изучение в других переменных позволяет получить пространственно-временные характеристики области взаимодействия^{/10/}.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение инклюзивных корреляций между заряженными частицами и гамма-квантами, рожденными в $\pi^+\pi^-$ -взаимодействиях при $p = 40$ ГэВ/с, показало, что имеются близкодействующие положительные корреляции в центральной области, которые удовлетворительно описываются мультипериферической моделью с учетом рождения фэйр-болов. Величина этих корреляций для (γch) комбинаций

Таблица 3

ОГРАНИЧЕНИЯ по Y и P_{\perp}	Тип комбинации			
	$chch$	γch	$\gamma\gamma$	
$ \Delta Y > 2$	EXP.	.098 \pm .007	.063 \pm .006	.008 \pm .006
	MODEL	.041 \pm .005	.044 \pm .005	.04 \pm .01
	Ph-Sp	.440 \pm .009	.050 \pm .009	.10 \pm .02
$ \Delta Y < 2$	EXP.	.081 \pm .004	.072 \pm .003	-.105 \pm .003
	MODEL	.108 \pm .003	.097 \pm .003	.117 \pm .007
	Ph-Sp	.094 \pm .003	.089 \pm .003	.228 \pm .007
BCE	EXP.	.085 \pm .003	.069 \pm .003	-.082 \pm .003
	MODEL	.086 \pm .003	.080 \pm .003	.093 \pm .006
	Ph-Sp	.091 \pm .002	.081 \pm .003	.210 \pm .007
$ \Delta Y < 2$ $ y_1 , y_2 < 1$	EXP.	.066 \pm .006	.073 \pm .005	-.123 \pm .005
	MODEL	.097 \pm .004	.092 \pm .004	.113 \pm .008
	Ph-Sp	.095 \pm .003	.094 \pm .003	.236 \pm .008
$ \Delta Y < 2$ $ y_1 , y_2 > 1$	EXP.	.106 \pm .012	.052 \pm .009	-.167 \pm .008
	MODEL	.136 \pm .006	.112 \pm .007	.13 \pm .01
	Ph-Sp	.06 \pm .01	-.003 \pm .014	.09 \pm .03
$ \Delta Y > 2$ $ y_1 , y_2 > 1$	EXP.	.114 \pm .010	.063 \pm .009	-.032 \pm .010
	MODEL	.044 \pm .006	.043 \pm .006	.03 \pm .01
	Ph-Sp	.05 \pm .01	.06 \pm .01	.10 \pm .02
$P_{\perp 1}, P_{\perp 2} > .150$ GeV/c	EXP.	.117 \pm .004	.134 \pm .005	-.180 \pm .008
	MODEL	.128 \pm .004	.137 \pm .005	.17 \pm .01
	Ph-Sp	.07 \pm .01	.114 \pm .004	.26 \pm .01
$P_{\perp 1}, P_{\perp 2} > .350$ GeV/c	EXP.	.215 \pm .008	.114 \pm .004	-.004 \pm .031
	MODEL	.276 \pm .008	.33 \pm .01	.39 \pm .04
	Ph-Sp	.09 \pm .03	.181 \pm .006	.43 \pm .02

меньше, чем для $(ch\ ch)$ -комбинаций. Впервые получены данные по R - и C-функциям для $(\gamma\pi^-)$ и $(\gamma\pi^+)$ -систем.

В азимутальных корреляциях для $(\gamma\gamma)$ -пар впервые наблюдается значительный эффект, связанный с тождественностью частиц.

Нам приятно поблагодарить большой коллектив лаборантов и сотрудников группы двухметровой пропановой пузырьковой камеры за большую помощь в получении экспериментальных данных.

Литература

1. Е.М.Левин, М.Г.Рыскин. ЯФ, 19, 904 /1974/.
4. Е.И.Волков и др. ЯФ, 20, 149 /1974/. ОИЯИ, 1-8039 Дубна, 1974.
3. R.Singer et al. Phys.Lett., 49B, 481 (1974).
4. М.Деррик. ОИЯИ, Д1,2-7411, Дубна, 1973.
5. А.У.Абдурахимов и др. ЯФ, 22, 122 /1975/; ЯФ, 19, 1039 /1974/.
6. G.Ranf et al. Nucl.Phys., 86B, 63 (1975).
H.Dibou et al. Phys.Lett., 44B, 513 (1973).
7. S.R.Amendolia et al. Phys.Lett., 48B, 359 (1974).
8. А.У.Абдурахимов и др. ОИЯИ, 1-6967, Дубна, 1973.
ЯФ, 39B, 571 /1972/; ЯФ, 17, 1235 /1973/; ЯФ, 18, 545 /1973/.
9. L.Foa. Aix-An Provanse Conf. 1973, Journ. de Physique Suppl., 34, C1, p. 317 (1973).
10. В.Г.Гришин, Г.И.Копылов, М.И.Подгорецкий. ЯФ, 13, 1116 /1971/. Г.И.Копылов, М.И.Подгорецкий, ОИЯИ, Д1,2-7411, стр. 483 Дубна, 1973.

Рукопись поступила в издательский отдел
30 сентября 1975 года.