

2438/2-76

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



A-646

28/01-76

P1 - 9612

Н.Ангелов, К.П.Вишневская, В.Г.Гришин,  
С.В.Джмухадзе, Л.А.Диденко, И.А.Ивановская,  
Т.Я.Иногамова, Т.Канарек, Е.Н.Кладницкая,  
В.Б.Любимов, С.И.Лютков, Н.Н.Мельникова,  
Р.М.Назаргулов, В.Ф.Никитина, В.М.Попова,  
А.Н.Соломин, Х.И.Семерджиев, М.И.Соловьев,  
Д.Тувдендорж, Н.Г.Фадеев, Э.Т.Цивцивадзе,  
Л.М.Щеглова, А.И.Шкловская

КОРРЕЛЯЦИИ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ  
И ГАММА-КВАНТОВ  
В ПОЛУИНКЛЮЗИВНЫХ ПР-ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ  
ПРИ ИМПУЛЬСЕ 40 ГЭВ/С

**1976**

Н. Ангелов, К. П. Вишневская,<sup>1</sup> В. Г. Гришин,  
С. В. Джмухадзе,<sup>2</sup> Л. А. Диденко,<sup>1</sup> И. А. Ивановская,  
Т. Я. Иногамова, Т. Канарек, Е. Н. Кладницкая,  
В. Б. Любимов, С. И. Лютов,<sup>1</sup> Н. Н. Мельникова,  
Р. М. Назаргулов, В. Ф. Никитина, В. М. Попова,<sup>1</sup>  
А. Н. Соломин,<sup>1</sup> Х. И. Семерджиев, М. И. Соловьев,  
Д. Тувдендорж, Н. Г. Фадеев, Э. Т. Цивцивадзе,<sup>2</sup>  
Л. М. Щеглова,<sup>1</sup> А. И. Шкловская

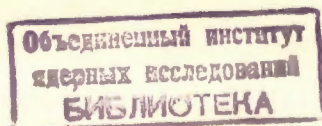
КОРРЕЛЯЦИИ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ  
И ГАММА-КВАНТОВ  
В ПОЛУИНКЛЮЗИВНЫХ П-Р-ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ  
ПРИ ИМПУЛЬСЕ 40 ГЭВ/С

*Направлено в ЯФ*

---

<sup>1</sup> Физический факультет и Научно-исследовательский институт ядерной физики МГУ.

<sup>2</sup> Тбилисский государственный университет.



Ангелов Н. и др.

P1 - 9612

Корреляции заряженных частиц и гамма-квантов  
в полунклюзивных  $\pi^-p$ -взаимодействиях при импульсе 40 ГэВ/с

Приводятся экспериментальные данные по двухчастичным корреляционным функциям  $R^{(n)}(Y_1^*, Y_2^*)$  и  $C^{(n)}(Y_1^*, Y_2^*)$  для  $(\gamma ch)$ ,  $(\gamma \pi^-)$ ,  $(\gamma \pi^+)$  и  $(\gamma\gamma)$ -систем в полунклюзивных  $\pi^-p$ -взаимодействиях при импульсе 40 ГэВ/с. Показано, что  $R^{(n)}(0,0)$  и  $C^{(n)}(0,0)$  в пределах двукратных ошибок равны нулю при различных множественностях вторичных заряженных частиц. В азимутальных корреляциях при  $\Phi \rightarrow 0$  наблюдается эффект для  $(\gamma\gamma)$ -пар, связанный с тождественностью частиц.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований  
Дубна 1976

Angelov N. et al.

P1 - 9612

Charged Particle and Gamma-Quantum Correlations  
in Semiinclusive  $\pi^-p$ -Interactions at 40 GeV/c

Experimental data on the two-particle rapidity correlations  $R^{(h)}(Y_1^*, Y_2^*)$ ,  $C^{(h)}(Y_1^*, Y_2^*)$  for  $(\gamma ch)$ ,  $(\gamma \pi^-)$ ,  $(\gamma \pi^+)$  and  $(\gamma\gamma)$ -combinations in  $\pi^-p$ -interactions at 40 GeV/c.

Values of  $R^{(h)}(0,0)$  and  $C^{(h)}(0,0)$  are equal to zero, within two standard deviations.

Azimuthal correlations (at  $\Phi \rightarrow 0$ ) show the effect of identity for  $(\gamma\gamma)$  systems.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research

Dubna 1976

### Введение

В настоящей работе изучаются корреляции между заряженными частицами и гамма-квантами в полунклюзивных  $\pi^-p$ -взаимодействиях. Экспериментальный материал получен с помощью 2-метровой пропановой пузырьковой камеры, облученной  $\pi^-$ -мезонами с импульсом 40 ГэВ/с на серпуховском ускорителе. Методические особенности эксперимента были описаны в работах <sup>/1/</sup>. Полученные результаты основываются на статистике 11809 неупругих  $\pi^-p$ -взаимодействий.

Приводятся данные о зависимости двухчастичных корреляций по скорости между заряженными частицами и гамма-квантами от множественности вторичных заряженных частиц ( $n$ ). Изучено также поведение азимутальных корреляций в зависимости от  $n$  и от разности скоростей между частицами.

Проведено сравнение полученных экспериментальных данных с результатами расчетов по мультипериферической модели /ММ/<sup>/2/</sup> и расчетов методом Монте-Карло по фазовому объему.

В ряде работ исследовались корреляции в образовании вторичных частиц между заряженными частицами <sup>/3-5/</sup>, а также между заряженными частицами и гамма-квантами <sup>/6-9/</sup>. Настоящая работа является продолжением изучения корреляций между вторичными частицами, образованными в  $\pi^-N$ -взаимодействиях при импульсе 40 ГэВ/с.

§1. Полуинклюзивные корреляции по быстроте

Изучение корреляции по быстроте между гамма-квантом и заряженными частицами проводится с помощью корреляционных функций:

$$C^{(n)}(Y_1^*, Y_2^*) = \frac{1}{\sigma_n} \frac{d^2 \sigma}{dY_1^* dY_2^*} - \frac{1}{\sigma_n^2} \frac{d\sigma}{dY_1^*} \frac{d\sigma}{dY_2^*}, \quad /1/$$

$$R^{(n)}(Y_1^*, Y_2^*) = \sigma_n \frac{d^2 \sigma}{dY_1^* dY_2^*} / \frac{d\sigma}{dY_1^*} \frac{d\sigma}{dY_2^*} - 1, \quad /2/$$

где  $\sigma_n$  - сечения образования  $n$  вторичных частиц и  $Y_i^*$  - продольные скорости частиц в системе центра инерции.

В табл. 1 и на рис. 1 представлены экспериментальные значения корреляционных функций /1/ и /2/ для  $(\gamma\pi^-)$ - и  $(\gamma\gamma)$ - систем в зависимости от  $n$ . Значения  $R^{(n)}(0,0)$  и  $C^{(n)}(0,0)$  определялись по интервалу  $-0,25 < Y_1^*, Y_2^* < 0,25$ . Из табл. 1 и рис. 1 видно, что значения  $C^{(n)}(0,0)$  и  $R^{(n)}(0,0)$  в пределах двукратных ошибок равны нулю для  $(\gamma ch)$ -,  $(\gamma\pi^+)$ - и  $(\gamma\gamma)$ - комбинаций.

На рис. 1 показаны также фазовые кривые и расчеты по модели. Отсюда видно, что функция  $C^{(n)}(0,0)$  описывается как ММ, так и фазовым объемом. Функция  $R^{(n)}(0,0)$  удовлетворительно описывается ММ.

На рис. 2-5 приведены значения  $R(Y_Y^*, Y_{\pi^{\pm}}^*)$  - функций в зависимости от  $Y_Y^*$  для  $(\gamma ch)$ -,  $(\gamma\pi^-)$ -,  $(\gamma\pi^+)$ - и  $(\gamma\gamma)$ - комбинаций при  $Y_{\pi^{\pm}}^* = Y_{\pi^{\pm}}^* = Y_{\pi^{\pm}}^* = Y_Y^* = 0$ . Из рисунка видно, что при  $n = ch_2$  имеются положительные корреляции, при остальных множественностях корреляции отсутствуют. Здесь же показаны также кривые, рассчитанные по ММ и по фазовому объему. Мультипериферическая модель удовлетворительно описывает эксперимент.

Таблица I

n	$R^{(n)}(0,0)$				$C^{(n)}(0,0)$			
	$\gamma ch$	$\gamma\pi^-$	$\gamma\pi^+$	$\gamma\gamma$	$\gamma ch$	$\gamma\pi^-$	$\gamma\pi^+$	$\gamma\gamma$
2	0,83±0,52	0,41±0,67	0,39±0,47	0,61±0,53	0,12±0,08	0,04±0,04	0,08±0,08	0,17±0,34
4	0,12±0,12	0,31±0,18	-0,05±0,14	0,41±0,23	0,08±0,08	0,12±0,08	-0,04±0,04	0,13±0,18
6	0,15±0,09	0,19±0,12	0,10±0,11	0,45±0,20	0,36±0,20	0,20±0,12	0,12±0,12	0,70±0,61
8	0,08±0,10	0,10±0,12	0,06±0,11	0,66±0,28	0,40±0,44	0,24±0,28	0,16±0,28	1,68±0,54
≥10	0,01±0,10	0,02±0,12	-0,01±0,12	-0,17±0,21	0,04±0,88	0,12±0,52	-0,08±0,52	-0,50±1,05

Таблица 2

Значения коэффициентов асимметрии (B)

Т. и П. комбинация	Ограничения по $\Delta Y^*$	$n = 2$	$n = 4$	$n = 6$	$n = 8$	$n = 10$
$\gamma ch$	без ограничения	$0,144 \pm 0,010$	$0,105 \pm 0,005$	$0,074 \pm 0,004$	$0,044 \pm 0,004$	$0,036 \pm 0,004$
$\gamma \gamma$		$-0,081 \pm 0,008$	$-0,006 \pm 0,004$	$0,032 \pm 0,004$	$0,007 \pm 0,005$	$-0,123 \pm 0,006$
$\gamma ch$	$ \Delta Y^*  \leq 0,4$	$0,144 \pm 0,026$	$0,143 \pm 0,012$	$0,101 \pm 0,009$	$0,020 \pm 0,009$	$0,037 \pm 0,009$
$\gamma \gamma$		$-0,228 \pm 0,018$	$-0,162 \pm 0,009$	$-0,092 \pm 0,010$	$-0,004 \pm 0,010$	$-0,338 \pm 0,013$
$\gamma ch$	$ \Delta Y^*  \geq 1,6$	$0,113 \pm 0,015$	$0,083 \pm 0,008$	$0,083 \pm 0,006$	$0,046 \pm 0,007$	$0,030 \pm 0,008$
$\gamma \gamma$		$-0,133 \pm 0,014$	$-0,022 \pm 0,008$	$0,092 \pm 0,008$	$0,012 \pm 0,010$	$-0,034 \pm 0,012$

## §2. Азимутальные корреляции

Исследование азимутальных корреляций обычно проводится по спектрам в зависимости от угла  $\Phi$  между поперечными составляющими импульсов двух частиц:

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

Кроме того, также вычисляется коэффициент асимметрии:

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

На рис. 6 показаны распределения  $\frac{1}{\pi\sigma} \frac{d\sigma}{d\Phi}$  в зависимости от угла  $\Phi$  для тождественных ( $\gamma\gamma$ ) и нетождественных ( $\gamma ch$ ) пар частиц при различных  $n$  без ограничения на продольные скорости вторичных частиц. Видно, что при  $\Phi \rightarrow 0$  имеется заметное увеличение числа пар для ( $\gamma\gamma$ )-комбинаций по сравнению с ( $\gamma ch$ )-комбинациями. Этот эффект был наблюден нами ранее в инклюзивных процессах <sup>18,9/</sup>.

Если разницу по продольным скоростям  $\Delta Y^* = Y_1^* - Y_2^*$  ограничить  $|\Delta Y^*| \leq 0,4$ , то эффект становится еще более заметным /рис. 7/. Когда  $|\Delta Y^*| \geq 1,6$ , т.е. разность скоростей двух частиц большая, распределения  $\frac{1}{\pi\sigma} \frac{d\sigma}{d\Phi}$  имеют одинаковое поведение, не зависящее от типа комбинации / $\gamma\gamma$  или  $\gamma ch$ / при любых значениях  $n$  /рис. 8/. В табл. 2 приведены значения коэффициентов асимметрии.

На рис. 9-11 показаны значения отношений  $\frac{N(\gamma\gamma)}{N(\gamma ch)}$

в зависимости от азимутального угла  $\Phi$  без ограничения по  $Y_i^*$  при  $|\Delta Y^*| \leq 0,4$  и  $|\Delta Y^*| \geq 1,6$ . Из рис. 9-10 видно,

что  $\frac{N(\gamma\gamma)}{N(\gamma ch)} \approx 1$  и только при  $\Phi \rightarrow 0$  имеется подъем. При

$|\Delta Y^*| \geq 1,6$  этот эффект исчезает. Таким образом, эффект, связанный с тождественностью вторичных частиц, обнаружен в азимутальных корреляциях не только для ( $\pi\pi$ )-систем, но и для ( $\gamma\gamma$ )-комбинаций при фиксированной множественности вторичных заряженных частиц.

### Заклучение

Исследование корреляций между гамма-квантами и заряженными частицами в полуинклюзивных  $\pi^-p$ -взаимодействиях при импульсе 40 ГэВ/с показывает:

а/ в пределах двукратных ошибок функции  $R^{(n)}(0,0)$  и  $C^{(n)}(0,0)$  равны нулю при различных множественностях вторичных заряженных частиц; в то же время в инклюзивных процессах в центральной области значения имеют положительные корреляции <sup>18/</sup>;

б/ в азимутальных корреляциях при  $\Phi \rightarrow 0$  наблюдается эффект увеличения числа пар для  $(\gamma\gamma)$ -комбинаций по сравнению с  $(\gamma ch)$ -комбинациями при  $|\Delta Y^*| \leq 0,4$ . При  $|\Delta Y^*| \geq 1,6$  этот эффект исчезает.

В заключение авторы выражают благодарность участникам Сотрудничества по обработке снимков с 2-метровой пропановой камеры за полезные обсуждения, а также лаборантам группы за помощь в работе.

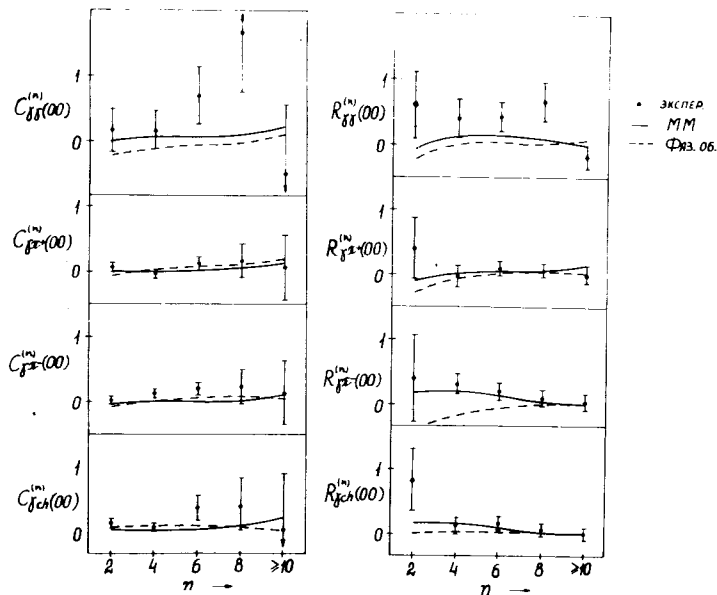


Рис. 1. Значения  $C^{(n)}(0,0)$  и  $R^{(n)}(0,0)$ -функций в зависимости от множественности вторичных заряженных частиц.

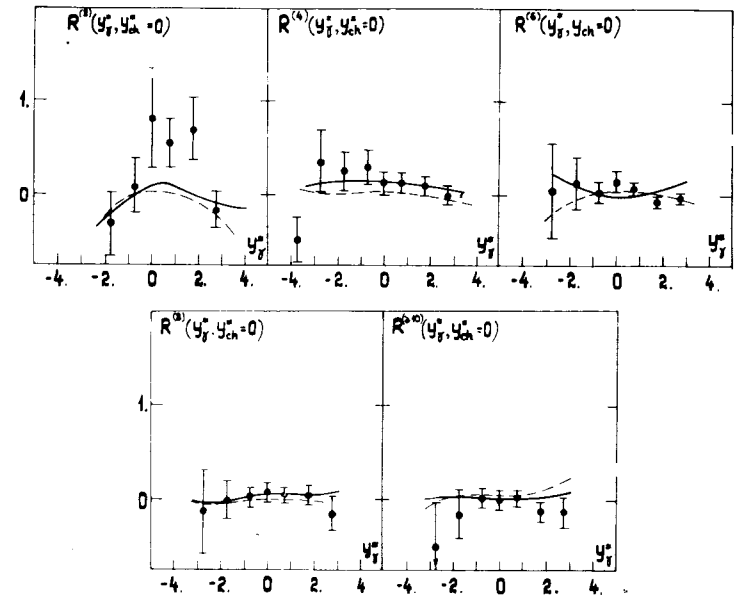


Рис. 2. Зависимость функции  $R(Y_{\gamma}^*, Y_{ch}^* = 0)$  от  $Y_{\gamma}^*$  для  $(\gamma ch)$ -комбинаций.

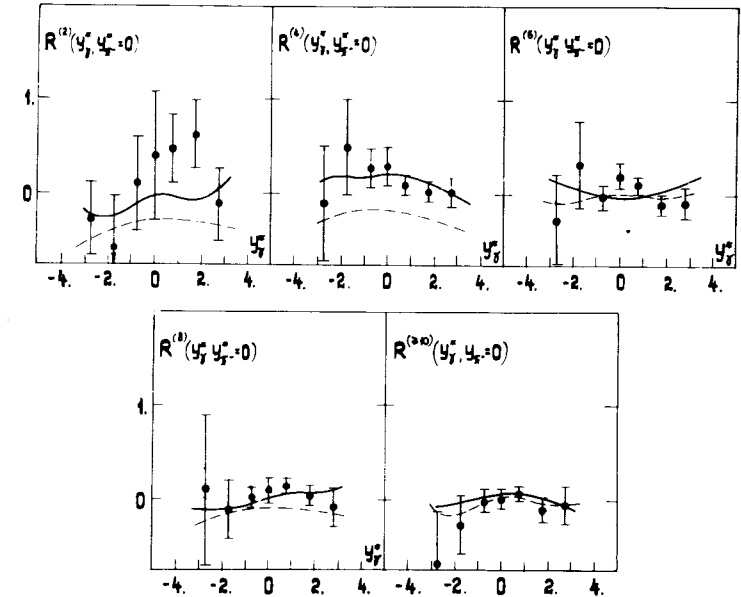


Рис. 3. Зависимость функции  $R(Y_{\gamma}^*, Y_{\pi^-}^* = 0)$  от  $Y_{\gamma}^*$  для  $(\gamma\pi^-)$ -комбинаций.

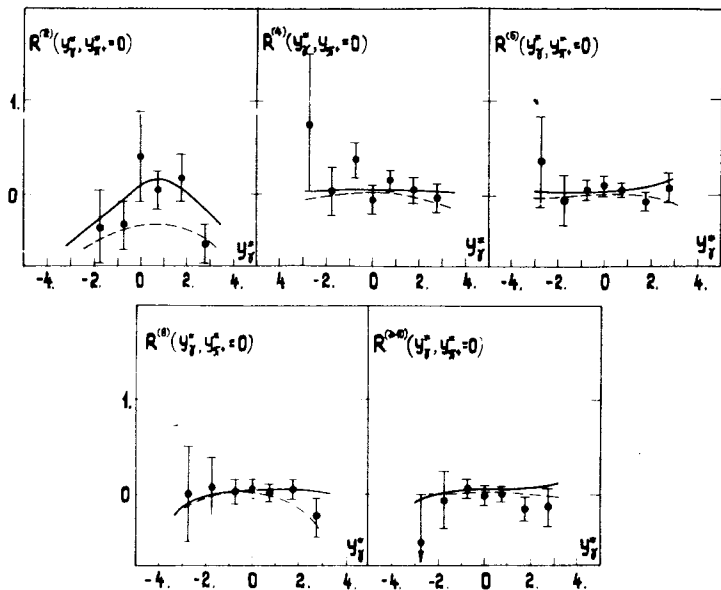


Рис. 4. Зависимость функции  $R(Y_{\gamma}^*, Y_{\gamma}^* = 0)$  от  $Y_{\gamma}^*$  для  $(\gamma\pi^+)$ -комбинаций.

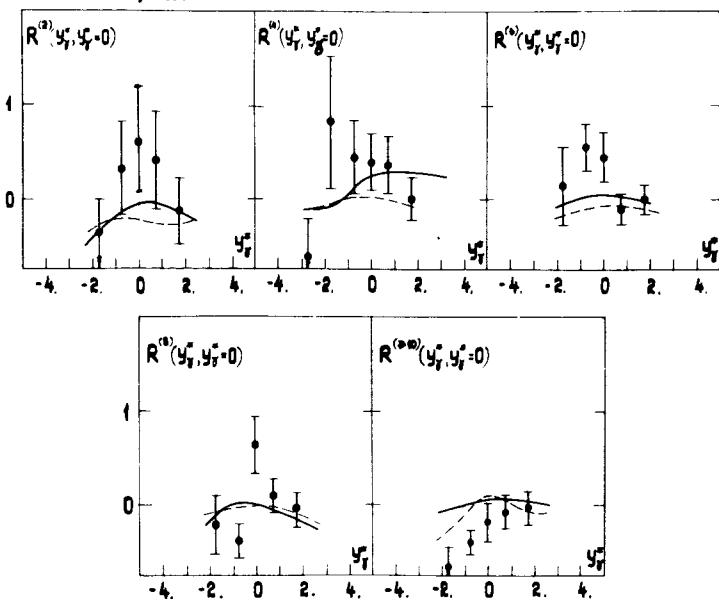


Рис. 5. Зависимость функции  $R(Y_{\gamma}^*, Y_{\gamma}^* = 0)$  от  $Y_{\gamma}^*$  для  $(\gamma\gamma)$ -комбинаций.

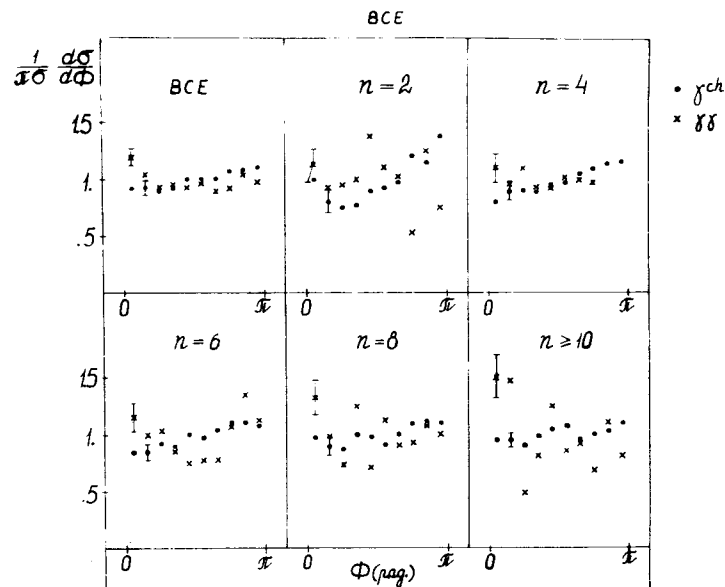


Рис. 6. Распределения по азимутальному углу  $\Phi$  для  $(\gamma ch)$ - и  $(\gamma\gamma)$ -систем с разной множественностью вторичных заряженных частиц.

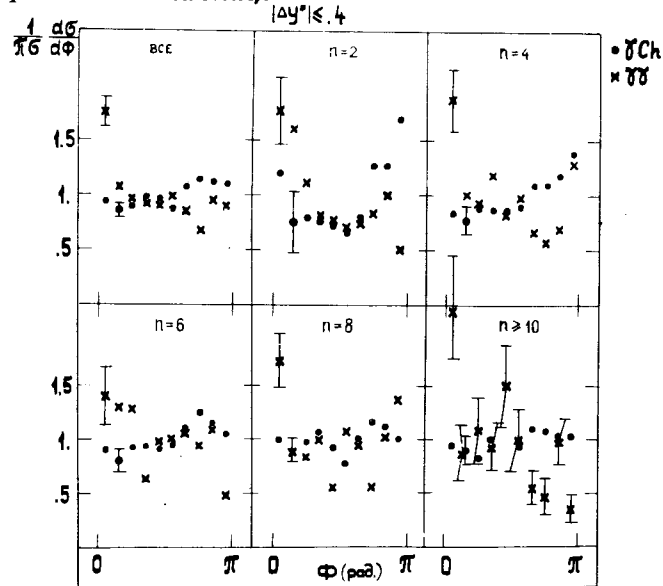


Рис. 7. Распределения по азимутальному углу  $\Phi$  для  $(\gamma ch)$ - и  $(\gamma\gamma)$ -систем в зависимости от  $n$  при  $|\Delta Y_{\gamma}^*| \leq 0,4$ .

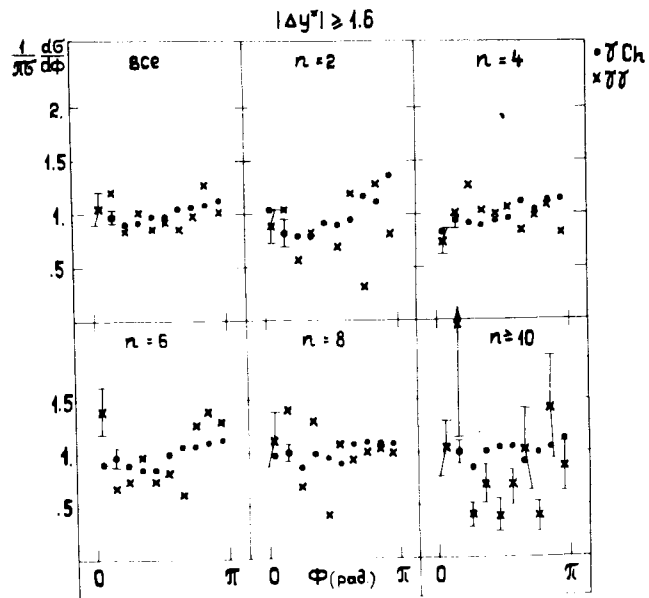


Рис. 8. Распределения по азимутальному углу  $\Phi$  для  $(\gamma\text{ch})$ - и  $(\gamma\gamma)$ -систем в зависимости от  $n$  при  $|\Delta Y^*| \geq 1,6$ .  
BCE

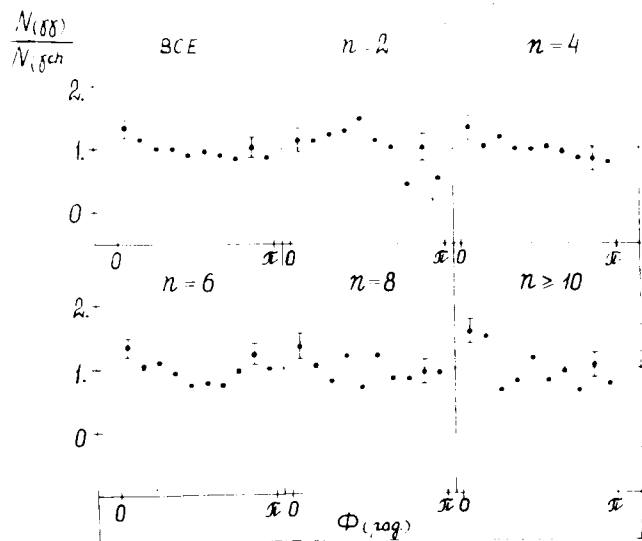


Рис. 9. Значения  $\frac{N(\gamma\gamma)}{N(\gamma\text{ch})}$  в зависимости от азимутального угла  $\Phi$  без ограничения по  $\Delta Y^*$ .

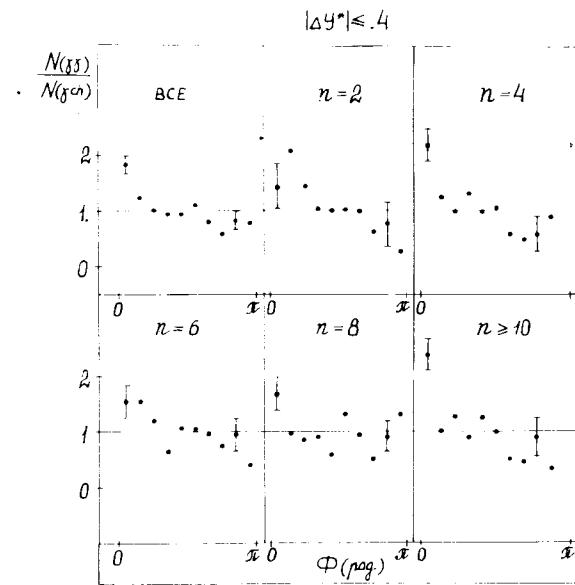


Рис. 10. Распределения  $\frac{N(\gamma\gamma)}{N(\gamma\text{ch})}$  в зависимости от азимутального угла  $\Phi$  при  $|\Delta Y^*| \leq 0,4$ .  
 $\Delta Y^* \geq 10$

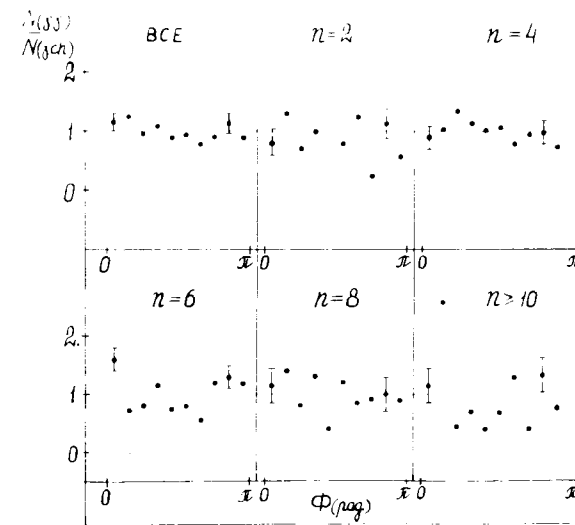


Рис. 11. Распределения  $\frac{N(\gamma\gamma)}{N(\gamma\text{ch})}$  в зависимости от азимутального угла  $\Phi$  при  $|\Delta Y^*| \geq 1,6$ .



Литература

1. А.У.Абдурахимов и др. ОИЯИ, 1-6967, Дубна, 1973; ЯФ, 39В, 571 /1972/; ЯФ, 17, 1285 /1973/; ЯФ, 18, 545 /1973/.
2. Е.И.Волков и др. ЯФ, 20, 149 /1974/; ОИЯИ, 1-8039, Дубна, 1974.
3. R.Singer et al. Phys.Lett., 49В, 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.Ranft et al. Nucl.Phys., 86В, 63 /1975/;  
H.Dibon et al. Phys.Lett., 44В, 513 /1973/;
7. S.R.Ameudolia et al. Phys.Lett., 48В, 359  
/1974/. F.T.Dao. FERMILAB - Conf. - 74/98 -  
EXP.7200.037, 1974.
8. Н.Ангелов и др. ОИЯИ, Р1-9207, Дубна, 1975.
9. Н.Ангелов и др. ОИЯИ, Р1-9585, Дубна, 1976.

Рукопись поступила в издательский отдел  
17 марта 1976 года.