

Э. Г. БООС, Т. ТЕМИРАЛИЕВ, М. ИЗБАСАРОВ,  
В. В. САМОЙЛОВ, А. И. ФЕДОСИМОВА

(Физико-технический институт, г. Алматы)

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИИ *СФЕРИСИТИ* СОБЫТИЙ С ПАРЦИАЛЬНЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ НЕУПРУГОСТИ В АНТИПРОТОН-ПРОТОННЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ 22.4 ГЭВ/С

**Аннотация.** Установлено, что во всех каналах реакции большие значения сферисити наблюдаются при больших значениях  $K_{\pi^{\pm}}$ . Распределение парциального коэффициента неупругости для заряженных мезонов в неаннигиляционном канале  $\bar{p}p$ -взаимодействий находится в области  $K_{\pi^{\pm}} < 0.5$ , в то время как в аннигиляционном канале распределение  $K_{\pi^{\pm}}$  сосредоточено в области  $K_{\pi^{\pm}} > 0.5$ .

**Ключевые слова:** антипротон-протонное взаимодействие, мезон, поперченость.

**Тірек сөздер:** антипротон-протон әрекеттестігі, мезон, көлденең.

**Keywords:** antiproton-proton interaction, meson, across.

Установление связи между коллективными переменными *сферисити*  $S$  и парциальным коэффициентом неупругости  $K_{\pi^{\pm}}$  для разных каналов реакций в антипротон-протонных взаимодействиях представляет определенный интерес для выяснения динамики множественных процессов.

Распределение частиц в импульсном пространстве в индивидуальных взаимодействиях количественно описывается *сферисити*  $S$  [1-3]

$$S = \frac{3}{2} \min \sum_{i=1}^{n_{\pi^{\pm}}} p_{\perp}^2 / \sum_i^n \vec{p}^2,$$

а парциальный коэффициент неупругости  $\pi^{\pm}$  – мезонов определяется выражением

$$K_{\pi^{\pm}} = \sum_{i=1}^{n_{\pi^{\pm}}} E_{\pi^{\pm}} / E_0,$$

где  $p^2, p_{\perp}^2, n_{\pi^{\pm}}, E_{\pi^{\pm}}$  и  $E_0$  соответственно квадраты импульса, поперечного

импульса, количество мезонов, энергия мезонов и полная энергия взаимодействия в системе центра масс.

В работе анализируются антипротон-протонные взаимодействия, зарегистрированные в водородной пузырьковой камере ОИЯИ «Людмила» при облучении антипротонным пучком с импульсом 22.4 ГэВ/с на ускорителе У-70 в Серпухове (Россия).

По разработанной ранее методике [4] были выделены следующие каналы неупругих реакций:

$$\bar{p}p \rightarrow m(\pi^+\pi^-)x^0 \quad (1)$$

$$\bar{p}p \rightarrow \bar{n}nm(\pi^+\pi^-)x^0 \quad (2)$$

$$\bar{p}p \rightarrow \bar{p}pm(\pi^+\pi^-)x^0 \quad (3)$$

$$\bar{p}p \rightarrow \bar{n}p\pi^+m(\pi^+\pi^-)x^0 \quad (4)$$

$$\bar{p}p \rightarrow \bar{n}p\pi^-m(\pi^+\pi^-)x^0 \quad (5),$$

где  $m$  – число  $(\pi^+\pi^-)$  пар и  $x^0$  – вклад нейтральных частиц.

На рис. 1 показаны корреляции между *сферисити*  $S$  и парциальным коэффициентом неупругости  $K_{\pi^{\pm}}$ , а также распределения по переменной  $S$  и  $K_{\pi^{\pm}}$ , относящихся к аннигиляционному каналу  $\bar{p}p \rightarrow m(\pi^+\pi^-)x^0$  в трех группах, соответствующих множественностям  $n \geq 2$  (рис. 1 а),  $n \geq 6$  (рис. 1 б) и  $n \geq 8$  (рис. 1 с).

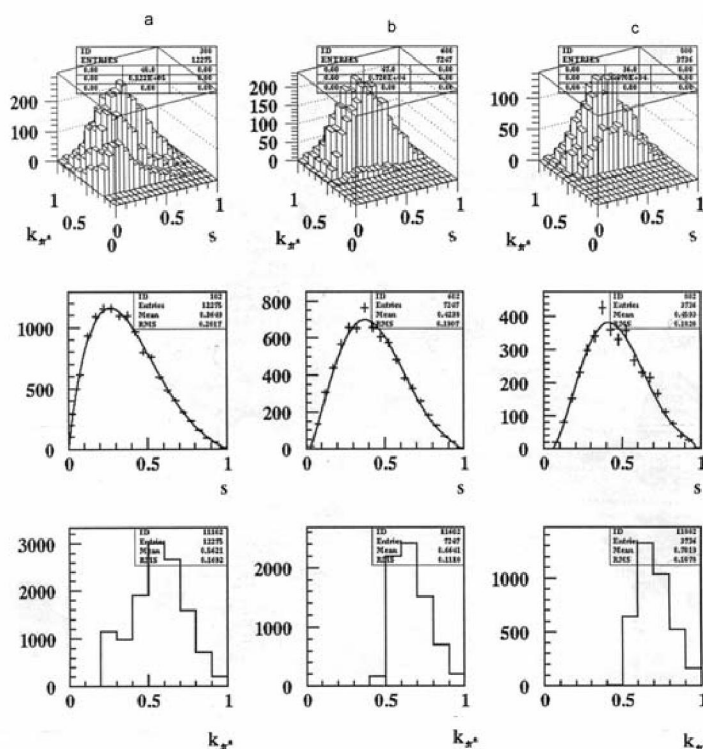


Рисунок 1 – Реакция антипротон-протонной аннигиляции  $\bar{p}p \rightarrow m(\pi^+\pi^-)x^0$

Жесткая корреляция между *сферисити* мезонов  $S$  и парциальным коэффициентом неупругости  $K_{\pi^\pm}$  не наблюдается во всех вышерассмотренных трех группах взаимодействий, тем не менее наблюдаются преимущественно большие значения *сферисити* при больших значениях  $K_{\pi^\pm}$ . Максимум распределений  $S$  и само распределение смещаются в сторону больших значений  $S$ , при этом распределение *сферисити* становится симметричным с ростом числа рожденных частиц. Кривые, приведенные на рис. 1 для групп с  $n \geq 2$ ,  $n \geq 6$  и  $n \geq 8$ , получены аппроксимацией полиномов пятой степени.

Распределение парциального коэффициента неупругости  $K_{\pi^\pm}$  в основном концентрировано в области  $K_{\pi^\pm} > 0.5$ . Распределение  $K_{\pi^\pm}$  смещается в сторону больших значений  $K_{\pi^\pm}$  с ростом частиц в конечном состоянии. Среднее значение  $\langle S \rangle$ ,  $\langle K_{\pi^\pm} \rangle$ , дисперсии  $\sigma_S^2, \sigma_K^2$ , количество обработанных событий  $N$ , множественность  $n$  и количество заряженных мезонов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Среднее значение  $\langle S \rangle$ ,  $\langle K_{\pi^\pm} \rangle$  и дисперсии  $\sigma_S^2, \sigma_K^2$  при 22.4 ГэВ/с

Реакция	Параметр	$n$	$n_{\pi^\pm}$	$N$	$\langle S \rangle$	$\sigma_S^2$	$\langle K_{\pi^\pm} \rangle$	$\sigma_K^2$
	1	2	3	4	5	6	7	8
$\bar{p}p \rightarrow m(\pi^+\pi^-)x^0$		$\geq 2$	$\geq 2$	12275	0.365±0.007	0.202	0.562±0.010	0.169
		$\geq 6$	$\geq 6$	7247	0.424±0.010	0.191	0.664±0.016	0.111
		$\geq 8$	$\geq 8$	3736	0.459±0.015	0.182	0.702±0.022	0.108
Окончание табл. 1								
	1	2	3	4	5	6	7	8
$\bar{p}p \rightarrow \bar{n}nm(\pi^+\pi^-)x^0$		$\geq 2$	$\geq 2$	12434	0.497±0.009	0.232	0.295±0.005	0.134
		$\geq 6$	$\geq 6$	4133	0.526±0.016	0.191	0.436±0.014	0.077
		$\geq 8$	$\geq 8$	851	0.572±0.039	0.170	0.492±0.034	0.073
$\bar{p}p \rightarrow \bar{p}pm(\pi^+\pi^-)x^0$		$\geq 4$	$\geq 2$	10470	0.374±0.008	0.262	0.226±0.004	0.104
		$\geq 6$	$\geq 4$	1679	0.434±0.022	0.224	0.318±0.016	0.098
		$\geq 8$	$\geq 6$	167	0.492±0.078	0.197	0.419±0.065	0.103
$\bar{p}p \rightarrow n\bar{p}\pi^+m(\pi^+\pi^-)x^0$		$\geq 2$	$\geq 1$	13337	0.399±0.007	0.269	0.285±0.005	0.168
		$\geq 6$	$\geq 5$	4359	0.458±0.014	0.210	0.442±0.014	0.119
		$\geq 8$	$\geq 7$	891	0.486±0.032	0.192	0.523±0.035	0.112
$\bar{p}p \rightarrow \bar{n}r\pi^-m(\pi^+\pi^-)x^0$		$\geq 2$	$\geq 1$	9641	0.405±0.008	0.268	0.260±0.005	0.168
		$\geq 6$	$\geq 5$	1736	0.411±0.020	0.192	0.449±0.021	0.126
		$\geq 8$	$\geq 7$	356	0.439±0.047	0.171	0.550±0.058	0.125

Нас рис. 2 представлены аналогичные графики, как на рис. 1 для реакции перезарядки протона и антипротона на нейтрон и антинейтрон. Это канал неупругой перезарядки  $\bar{p}p$  – взаимодействий привлекательны тем, что число наблюдаемых заряженных мезонов одинаково в конечном состоянии с каналом антипротон-протонной аннигиляции при определенной множественности.

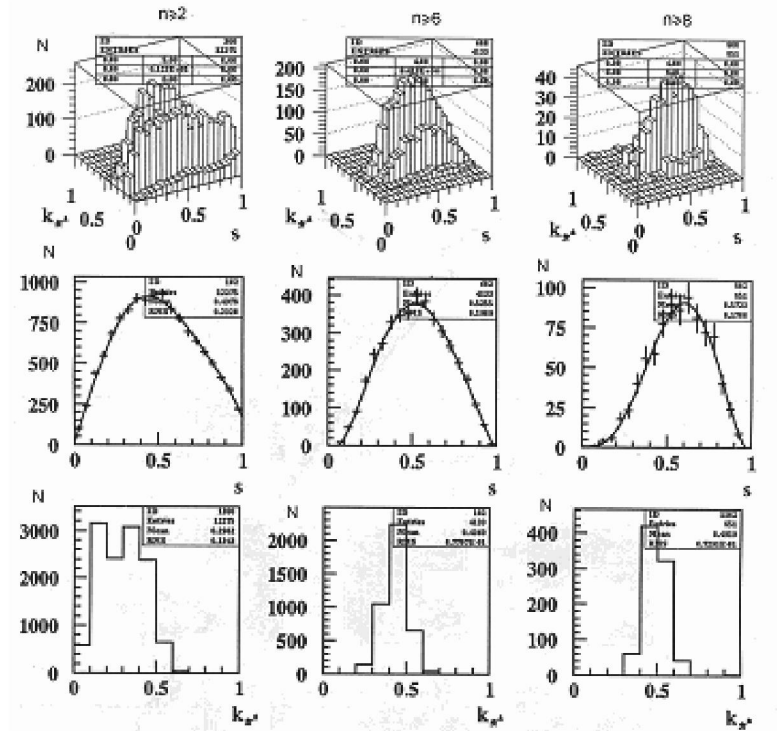


Рисунок 2 – Реакция перезарядки  $\bar{p}p \rightarrow n\bar{n}m(\pi^+\pi^-)x^0$

Прямой зависимости между коллективными переменными  $S$  и  $K_{\pi^\pm}$  не наблюдается, при этом большие значения  $S$  наблюдаются преимущественно при больших значениях  $K_{\pi^\pm}$ . Характер изменения переменных  $S$  и  $K_{\pi^\pm}$  с ростом множественности совпадает с реакцией антипротон-протонной аннигиляции (табл. 1), но вылет мезонов более сферичен в реакции перезарядки, чем в реакции аннигиляции. Распределение *сферисити* мезонов  $S$  хорошо описывается полиномом пятой степени.

На рис. 3 приведена зависимость *сферисити* событий от парциального коэффициента неупругости  $K_{\pi^\pm}$  и дифференциальные распределения этих величин в реакции  $\bar{p}p \rightarrow \bar{p}pm(\pi^+\pi^-)x^0$ .

Распределение *сферисити* событий и среднее значение  $\langle S \rangle$  в реакции  $\bar{p}p \rightarrow \bar{p}pm(\pi^+\pi^-)x^0$  отличаются от соответствующих распределений в реакции перезарядки протона и антипротона при одинаковом числе заряженных мезонов в конечном состоянии (табл. 1).

Распределение  $K_{\pi^\pm}$  в реакции (2) и (3) концентрированы в области  $K_{\pi^\pm} < 0.5$ , тогда как в антипротон-протонной аннигиляции в области  $K_{\pi^\pm} \geq 0.5$ .

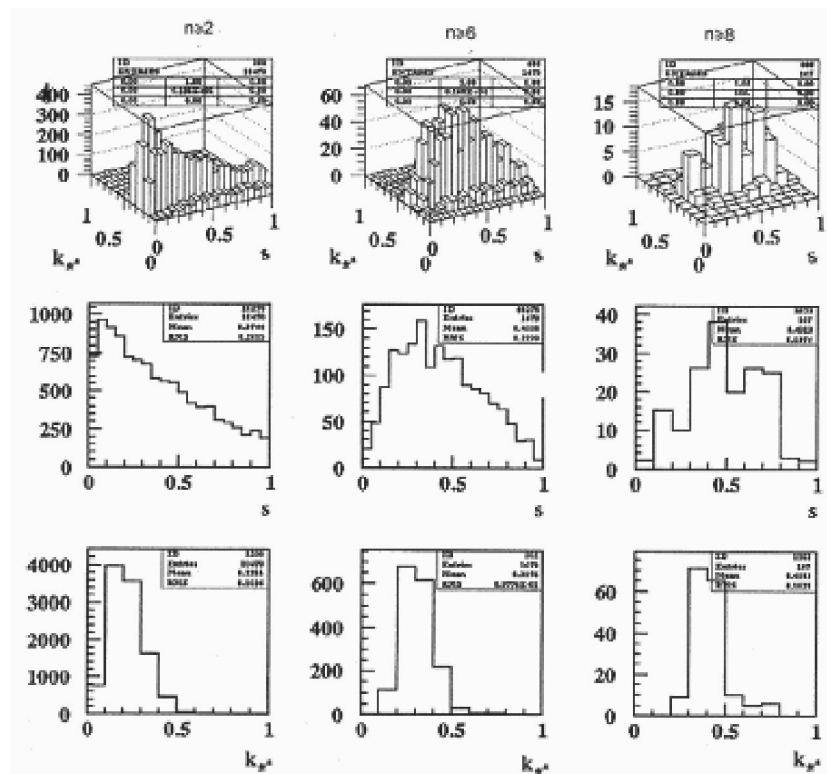


Рисунок 3 – Реакция  $\bar{p}p \rightarrow \bar{p}pt(\pi^+\pi^-)x^0$

На рис. 4 и 5 приведены зависимости *сферисити* от парциального коэффициента неупругости  $K_{\pi^\pm}$ , а также распределения по переменной  $S$  и  $K$  соответственно для реакции  $\bar{p}p \rightarrow \bar{p}p\pi^+t(\pi^+\pi^-)x^0$  и  $\bar{p}p \rightarrow \bar{p}p\pi^-t(\pi^+\pi^-)x^0$ .

Распределение по переменной  $S$  и  $K_{\pi^\pm}$  в реакции перезарядки только протона  $\bar{p}p \rightarrow \bar{p}p\pi^+t(\pi^+\pi^-)x^0$  и в реакции перезарядки только антипротона  $\bar{p}p \rightarrow \bar{p}p\pi^-t(\pi^+\pi^-)x^0$  схожи, а среднее значение совпадает в пределах двухкратной статистической ошибки (табл. 1) при одинаковой множественности.

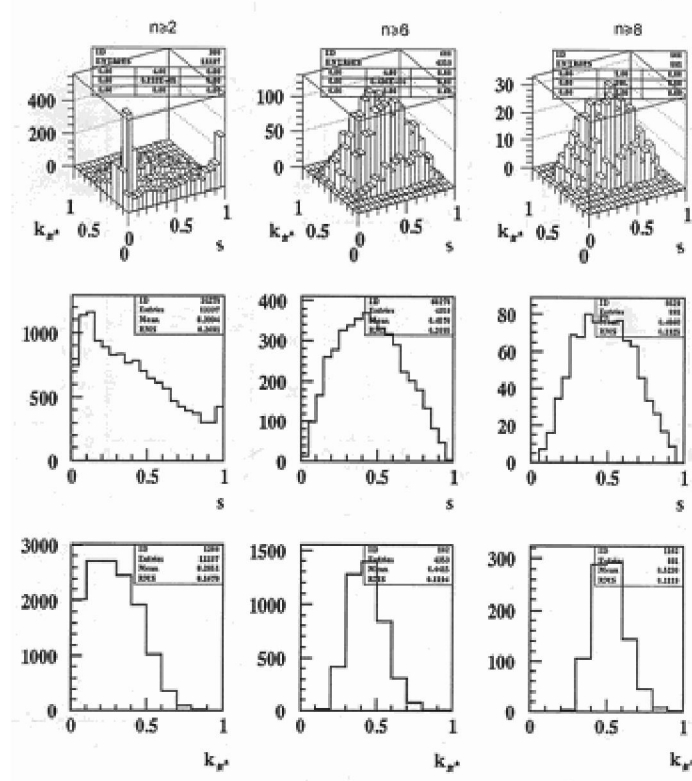


Рисунок 4 – Реакция перезарядки протон на нейтрон  $\bar{p}p \rightarrow \bar{n}\pi^+\pi^-)x^0$

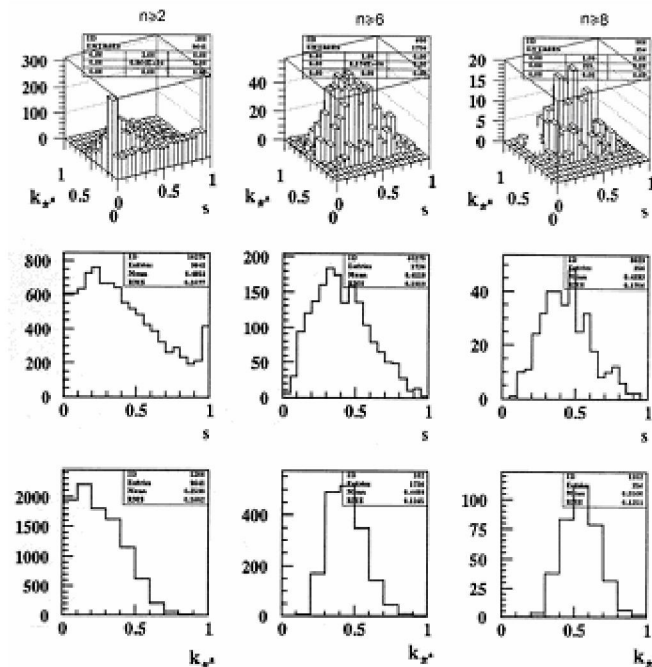


Рисунок 5 – Реакция перезарядки антипротон на антинейтрон  $\bar{p}p \rightarrow \bar{n}\pi^-\pi^+)x^0$

В заключении отметим результаты сравнительного анализа данных:

1. Из корреляционного анализа зависимости  $S$  от  $K_{\pi^\pm}$  следует, что во всех выше рассмотренных реакциях наблюдаются преимущественно большие значения сферисити при больших значениях  $K_{\pi^\pm}$ .

2. Испускание мезонов более сферично в реакции перезарядки протона и антипротона на нейтрон и антинейтрон, чем в событиях антипротон-протонной аннигиляции.

3. Распределение парциального коэффициента неупругости для заряженных мезонов в неаннигиляционном канале  $\bar{p}p$ - взаимодействий находится в области  $K_{\pi^{\pm}} < 0.5$ , в то время в аннигиляционном канале распределение  $K_{\pi^{\pm}}$  сосредоточено в области  $K_{\pi^{\pm}} > 0.5$ .

Эти результаты имеют важное значение при сопоставлении различных теоретических моделей, описывающих процессы «мягкой адронизации».

Работа выполнена благодаря гранту №1471/ГФ2 МОН РК «Исследование динамики многочастичных реакций в экспериментах на ускорителях и в космических лучах на уровне гор» по приоритету «Фундаментальные исследование в области естественных наук».

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Hanson G. et. al. // Phys. Rev. Lett. 35. P.1609, 1975.
- 2 Мурзин В.С., Сарычева Л.И. // В.кн. «Взаимодействия адронов высоких энергий», Изд. «Наука», Москва, 1983.
- 3 Гриппин В.Г. и др. // Ядерная физика. – 1983. – Т.37. С.915.
- 4 Боос Э.Г., Темиральев Т. и др. // Известия МОН-НАН РК. Сер. Физ.-мат.. – 2000. – № 2. – С.35.

#### Резюме

*Э. Г. Боос, Т. Темиральев, М. Избасаров, В. В. Самойлов, А. И. Федосимова*

#### ИМПУЛЬСИ 22.4 ГЭВ/С АНТИПРОТОН — ПРОТОНДЫҚ ӘРЕКЕТТЕСТІКТЕРДЕ ОҚИҒА СФЕРИСИТАСЫНЫҢ ҮЛЕСТІК СЕРПІМСІЗДІК КОЭФФИЦИЕНТІНЕ БАЙЛАНЫСТЫЛЫҒЫН ЗЕРТТЕУ

Реакцияның барлық арналарында сфериситаның жоғары мәндері үлестік серпімсіздік коэффициенті  $K_{\pi^{\pm}}$  – тің жоғары мәндерінде байқалғаны анықталды.  $\bar{p}p$  – әрекеттестіктің аннигиляциялық емес арнасында зарядталған мезондардың үлестік серпімсіздік коэффициентінің таралымы  $K_{\pi^{\pm}} < 0.5$  аймағында орналасқан, ал аннигиляциялық арнада  $K_{\pi^{\pm}}$  таралымы  $K_{\pi^{\pm}} > 0.5$  аймағында шоғырланған.

#### Summary

*E. G. Boos, T. Temiraliev, M. Izbasarov, V. V. Samoilov, A. I. Fedosimova*

#### THE INVESTIGATION OF CORRELATION OF SPHERICITY EVENTS WITH PARTIAL INELASTICITY COEFFICIENT IN ANTIPROTON – PROTON INVESTIGATIONS AT 22,4 GEV/C

It is established that in all channels of reaction big values of sphericity are observed at big values  $K_{\pi^{\pm}}$ . Distribution of partial coefficient of unelasticity for charged mesons in non-annihilation channel of  $\bar{p}p$ -interactions is placed in the area  $K_{\pi^{\pm}} < 0.5$ , at that time in the annihilation channel the distribution  $K_{\pi^{\pm}}$  is concentrated in the area  $K_{\pi^{\pm}} > 0.5$ .

*Поступила 2014 г.*