

8719

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



8719

P1 - 8719

Экз. чит. зала

Н.Ангелов, Н.О.Ахабабян, Л.Д.Грекова,  
Н.Н.Мельникова, В.Н.Пенев, А.Н.Соломин,  
А.И.Шкловская, Л.М.Щеглова

СКЕЙЛИНГ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ СЕЧЕНИЙ  
ОТНОСИТЕЛЬНО ПРОДОЛЬНЫХ  
И ПОПЕРЕЧНЫХ ИМПУЛЬСОВ

1975

Н.Ангелов, Н.О.Ахабабян,<sup>1</sup> Л.Д.Грекова,<sup>1</sup>  
Н.Н.Мельникова, В.Н.Пенев,<sup>1</sup> А.Н.Соломин,<sup>2</sup>  
А.И.Шкловская,<sup>1</sup> Л.М.Щеглова<sup>2</sup>

**СКЕЙЛИНГ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ СЕЧЕНИЙ  
ОТНОСИТЕЛЬНО ПРОДОЛЬНЫХ  
И ПОПЕРЕЧНЫХ ИМПУЛЬСОВ**

Направлено в ЯФ

---

<sup>1</sup> Институт ядерной физики и ядерной энергетики, София.

<sup>2</sup> Научно-исследовательский институт ядерной физики  
и физический факультет Московского государственного  
университета.

**Научно-техническая  
библиотека  
ОИЯИ**

Ангелов Н., Ахабабян Н.О., Грекова Л.Д.,  
Мельникова Н.Н., Пенев В.Н., Соломин А.Н.,  
Шкловская А.И., Шеглова Л.М.

PI - 8719

Скейлинг топологических сечений относительно продольных  
и поперечных импульсов

Исследовались одночастичные спектры поперечных и продольных импульсов мезонов в с.д.м.  $\pi^-p$ -взаимодействий при 40 ГэВ/с. Полученные экспериментальные данные сравнивались с  $pp$ -взаимодействиями при 300 ГэВ/с и с более низкими энергиями. Показано, что форма распределений в переменных  $\frac{p_{\perp}}{\langle p_{\perp} \rangle}$  и  $\frac{p_{\parallel}}{\langle p_{\parallel} \rangle}$  обнаруживает масштабные свойства независимо от множественности, типа частиц и начальной энергии и может быть описана универсальными функциями.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований  
Дубна 1975

Angelov N., Akhababian N.O., Grekova L.D., PI - 8719  
Melnikova N.N., Penev V.N., Solomin A.N.,  
Shklovskaya A.I., Shcheglova L.M.

Scaling of Topological Cross Sections Relative  
to the Longitudinal and Transverse Momenta

One-particle spectra of longitudinal and transverse momenta of mesons were studied in the c.m.s. of  $\pi^-p$  interactions at 40 GeV/c. The obtained experimental data were compared with those for  $pp$ -interactions at 300 GeV/c and lower energies. It is shown that the form of distribution of variables  $\frac{p_{\perp}}{\langle p_{\perp} \rangle}$  and  $\frac{p_{\parallel}}{\langle p_{\parallel} \rangle}$  reveals the scaling properties independent of multiplicity, type of particles and initial energy and can be described by universal functions.

The investigation has been performed at the  
Laboratory of High Energies, JINR  
Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research

Dubna 1975

В работе /1/ при исследовании полуинклюзивных реакций  $pp$ -взаимодействия было показано, что одночастичные спектры поперечных и продольных импульсов в с.д.м.  $f(p_{\perp}, p_{\parallel})$  обнаруживают следующие масштабные свойства:

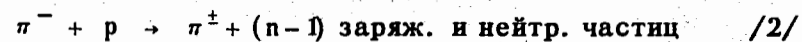
$$\frac{1}{\sigma} \frac{d^2 \sigma}{dp_{\perp} dp_{\parallel}} = \frac{1}{\langle p_{\perp} \rangle \langle p_{\parallel} \rangle} \cdot f\left(\frac{p_{\perp}}{\langle p_{\perp} \rangle}, \frac{p_{\parallel}}{\langle p_{\parallel} \rangle}\right), \quad /1/$$

где  $f$  - функция, не зависящая от начальной энергии и множественности вторичных заряженных частиц. Было показано, что нормированные распределения  $f(p_{\perp}, p_{\parallel})$  для различных полуинклюзивных каналов  $pp$ -взаимодействия и различных начальных энергий сохраняют один и тот

же вид при выборе переменных  $\frac{p_{\perp}}{\langle p_{\perp} \rangle}$  и  $\frac{p_{\parallel}}{\langle p_{\parallel} \rangle}$ , т.е.

вся динамика  $pp$ -взаимодействий может быть заключена в средних значениях  $\langle p_{\perp} \rangle$  и  $\langle p_{\parallel} \rangle$ . Настоящая работа посвящена проверке этого скейлинга для  $\pi^-p$ -взаимодействий. Для анализа использовалось 6275 событий  $\pi^-p$ -взаимодействий при 40 ГэВ/с, зарегистрированных с помощью 2-метровой пропановой пузырьковой камеры ОИЯИ и отобранных согласно критериям, приведенным в работе /2/.

Исследовались одночастичные спектры вторичных частиц в переменных  $\frac{p_{\perp}}{\langle p_{\perp} \rangle}$  и  $\frac{p_{\parallel}}{\langle p_{\parallel} \rangle}$  для полуинклюзивного процесса



Протоны были идентифицированы по ионизации для частиц с  $P_{\text{лаб.}} < 0,8 \text{ ГэВ/с}$ . Все остальные энергичные положительные частицы считались пионами. Все отрицательные частицы считались также пионами. При такой процедуре примесь  $K^-$  и  $\Sigma^-$  составляла  $\approx 4\%$  от числа отрицательных частиц, примесь среди положительных частиц  $K^+$  и  $\Sigma^+$  составляла  $\approx 5\%$ , а неидентифицированных быстрых протонов  $\approx 16\%^{1/3}$ .

Средние значения поперечных и продольных импульсов в с.ц.м. для каждой множественности вторичных заряженных частиц  $\pi^- p^-$ -взаимодействия, приведенные в табл. 1, были получены в результате усреднения поперечных и продольных импульсов в кинематических пределах изменения этих величин, определяемых для каждой множественности, с учетом ошибок измерения.

На рис. 1 представлена зависимость  $\frac{\langle p_{\perp} \rangle}{\sigma_{\text{in}}} \frac{d\sigma}{dp_{\perp}}$  от величины  $\frac{p_{\perp}}{\langle p_{\perp} \rangle}$  для различных каналов реакции /2/ для  $\pi^-$  и  $\pi^+$ -мезонов, соответственно. Видно, что независимо от  $n_{\text{ch}}$  наблюдается подобное поведение распределений. Данные фитировались с помощью функции

$$\phi_{\perp} = a \left( \frac{p_{\perp}}{\langle p_{\perp} \rangle} \right)^c \exp \left[ -b \left( \frac{p_{\perp}}{\langle p_{\perp} \rangle} \right) \right] \quad /3/$$

для получения универсальных параметров  $a$ ,  $b$  и  $c$  /см. табл. 2/. Здесь же для сравнения приведены универсальные параметры функций для  $pp$ -взаимодействий<sup>1/1/</sup>. На рисунке пунктиром изображена кривая, соответствующая данным работы<sup>1/1/</sup>. Сплошная кривая получена при фитировании данных  $\pi^- p^-$ -взаимодействий при 40 ГэВ. Как видно из рисунка, обе кривые в пределах ошибок хорошо описывают экспериментальные данные. Для доказательства этого мы зафиксировали параметры полученной нами универсальной функции вида /3/ и профитировали экспериментальные данные для различных  $n_{\text{ch}}$ . Результаты сведены в табл. 3.

Таблица 1  
Средние значения продольных и поперечных импульсов  $\langle p_{\parallel} \rangle$  для  $p_{\parallel} > 0$  и  $p_{\parallel} < 0$  и  $\langle p_{\perp} \rangle$  для  $\pi^+$  и  $\pi^-$ -мезонов различных мультисистем  $\pi^- p^-$ -взаимодействий при 40 ГэВ.

$n_{\text{ch}}$	$Q$	2	4	6	8	10+12	$\geq 14$	$\Sigma$
$\pi^+$	BACK	980±.038	682±.017	550±.012	479±.012	448±.014	434±.035	569±.007
	FORWARD	949±.062	735±.019	602±.013	454±.012	381±.012	283±.026	559±.007
$\pi^-$	BACK	493±.045	555±.018	503±.013	410±.011	395±.013	684±.236	472±.011
	FORWARD	2006±.047	4121±.021	746±.044	535±.013	423±.013	335±.030	838±.009
$\Sigma$	$\pi^+$	440±.010	401±.005	389±.004	373±.004	363±.006	324±.015	384±.002
	$\pi^-$	399±.010	382±.005	375±.004	362±.005	344±.005	301±.012	367±.002

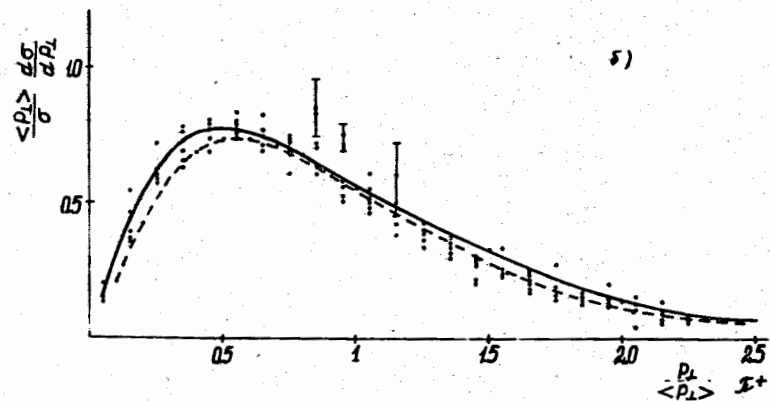
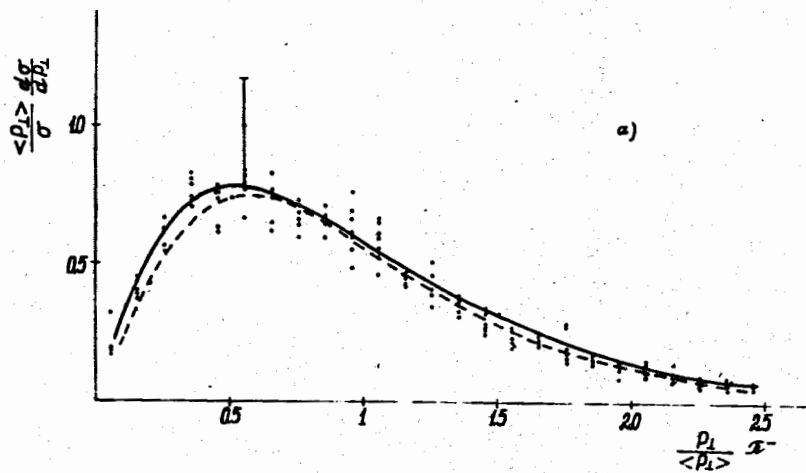


Рис. 1. Спектры поперечных импульсов для  $\pi^-$  /а/ и  $\pi^+$  /б/ мезонов в переменных  $\frac{p_{\perp}}{\langle p_{\perp} \rangle}$  для разных топологий  $\pi^- p$ -взаимодействий при 40 ГэВ. Сплошная кривая - фитирование данных  $\pi^- p$  при 40 ГэВ. Пунктирная - результат фита экспериментальных данных  $pp$ -взаимодействий /1/.

Таблица 2  
Значения параметров универсальных функций, описывающих спектры  $\pi^{\pm}$ -мезонов в переменных  $\frac{p_{\perp}}{\langle p_{\perp} \rangle}$  и  $\frac{p_{\parallel}}{\langle p_{\parallel} \rangle}$ .

$\frac{p_{\perp}}{\langle p_{\perp} \rangle}$	$K$	$\rho$	$q$	$\chi^2/N-M$
$\mathcal{N}_B^+$	$1.14 \pm 0.03$	$1.27 \pm 0.04$	$-0.05 \pm 0.01$	1.14
$\mathcal{N}_F^+$	$1.18 \pm 0.04$	$1.34 \pm 0.05$	$-0.07 \pm 0.01$	1.31
$\mathcal{N}_B^-$	$1.20 \pm 0.04$	$1.36 \pm 0.04$	$-0.07 \pm 0.01$	1.37
$\mathcal{N}_F^-$	$1.17 \pm 0.04$	$1.31 \pm 0.04$	$-0.06 \pm 0.01$	1.89
USA	$0.91 \pm 0.15$	$0.83 \pm 0.04$	$0.03 \pm 0.01$	0.96

$\frac{p_{\perp}}{\langle p_{\perp} \rangle}$	$a$	$c$	$b$	$\chi^2$
$\mathcal{N}^+$	$5.41 \pm 0.29$	$1.14 \pm 0.04$	$2.28 \pm 0.04$	1.06
$\mathcal{N}^-$	$5.21 \pm 0.27$	$1.14 \pm 0.04$	$2.25 \pm 0.04$	1.25
USA	$6.23 \pm 0.52$	$1.37 \pm 0.03$	$2.37 \pm 0.04$	1.34

Таблица 3  
 Величины  $\chi^2$  фитирования спектров  $\pi^-$ -мезонов различной топологии функциями вида /3/ и /4/.

$n_{ch}$	$\pi^+$	$\pi^-$	INCLUSIVE						
			2	4	6	8	10,12	$\geq 14$	
$P_{  }$	BACK		1.19	1.10	1.15	1.41	1.01	1.63	2.54
	FORW		1.20	1.09	1.79	2.47	1.15	0.79	2.07
$P_{\perp}$			1.01	0.76	1.52	1.33	0.60	1.31	1.45
			7.75	8.66	2.20	1.90	0.92	0.61	20.76
	$\pi^+$		1.16	1.29	2.07	1.38	1.30	0.86	3.57
	$\pi^-$		1.51	0.83	1.70	1.86	1.60	0.53	2.76

Для анализа масштабности в распределениях по продольному импульсу мы построили спектры  $\frac{\langle p_{||} \rangle}{\sigma_{in}} \frac{d\sigma}{dp_{||}}$  от-

дельно для областей  $p_{||} > 0$  и  $p_{||} < 0$ . Эти спектры приведены на рис. 2/а,б/ и 3/а,б/ для  $\pi^+$  и  $\pi^-$ -мезонов соответственно. Здесь же приведены универсальные функции, полученные при фитировании данных  $\pi^-p$ -взаимодействий при 40 ГэВ/с /сплошная кривая/ и универсальная функция из работы /1/ /пунктирная кривая/. Экспериментальные распределения при различных  $n_{ch}$  фитировались зависимостью вида

$$\phi_{||} = k \exp \left[ -p \left( \frac{p_{||}}{\langle p_{||} \rangle} \right) - q \left( \frac{p_{||}}{\langle p_{||} \rangle} \right)^2 \right]. \quad /4/$$

Величины параметров  $K$ ,  $p$  и  $q$  приведены в табл. 2.

Как видно из рис. 2,3 и табл. 3, экспериментальные данные для  $\pi^+/p_{||} > 0$  и  $p_{||} < 0$ , а также для  $\pi^-/p_{||} < 0$  /хорошо описываются в пределах ошибок функцией /4/. Отдельные выбросы точек соответствуют событиям с малой множественностью вторичных заряженных частиц или с большими ошибками измерений.

Исключение составляют распределения для  $\pi^- (p_{||} > 0)$  /см. рис. 3/, что можно объяснить вкладом лидирующих  $\pi^-$ -мезонов, для которых не следует ожидать скейлингового поведения в распределении по продольным импульсам.

В табл. 4 приведены параметры собственного фита функций /3/ и /4/ для каждой множественности  $n_{ch}$ , соответственно.

Таким образом, подводя итоги сказанному, можно сделать следующие выводы:

1/ Экспериментальные одночастичные спектры  $\frac{\langle p_{||} \rangle}{\sigma_{in}} \frac{d\sigma}{dp_{||}}$  и  $\frac{\langle p_{\perp} \rangle}{\sigma_{in}} \frac{d\sigma}{dp_{\perp}}$  для различных множественностей  $n_{ch}$   $\pi^-p$

взаимодействий обнаруживают универсальный характер и описываются функциями вида /3/ и /4/;

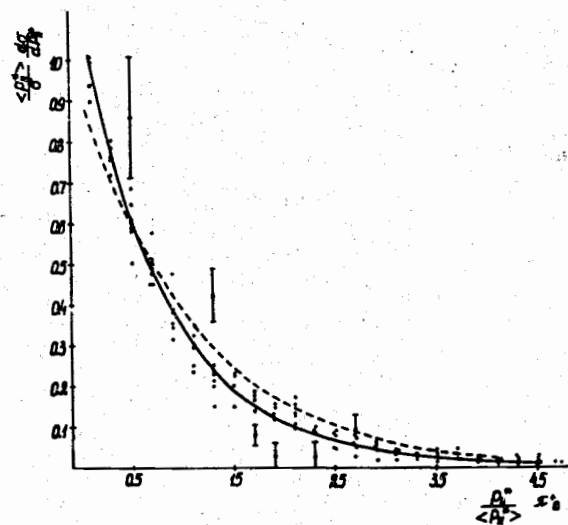
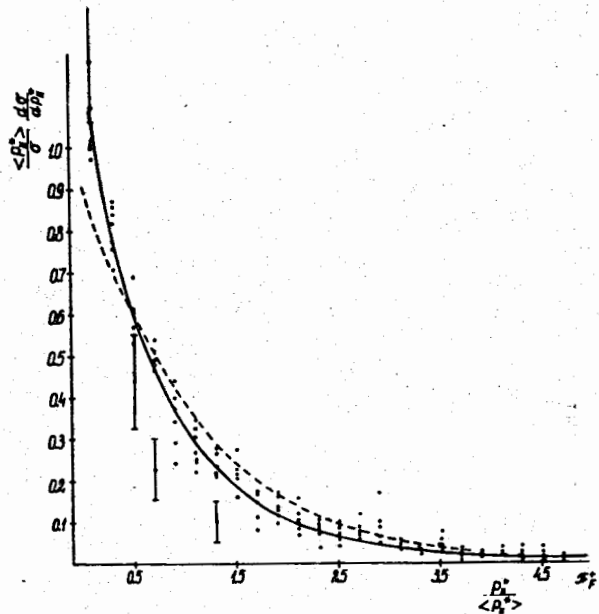


Рис. 2. Спектры продольных импульсов  $\pi^+$ -мезонов для области  $p_{\parallel} > 0$  ( $\pi_F^+$ ) и  $p_{\parallel} < 0$  ( $\pi_B^+$ ) для разных топологий  $\pi^-p$ -взаимодействий при 40 ГэВ. Сплошная кривая - результат фита данных  $\pi^-p$ -взаимодействий при 40 ГэВ. Пунктирная кривая взята из работы /1/.

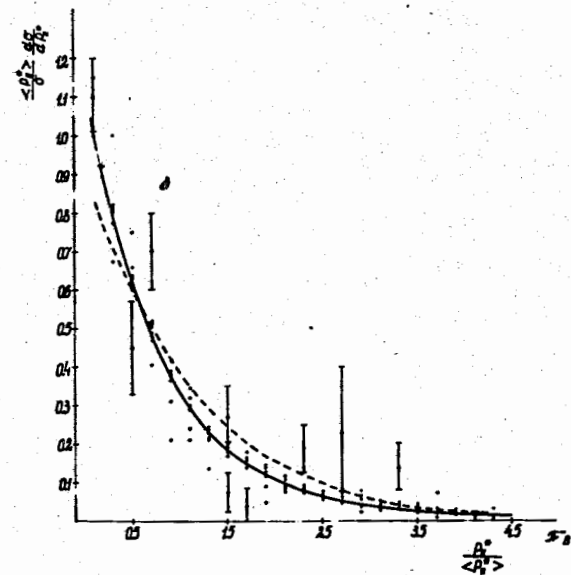
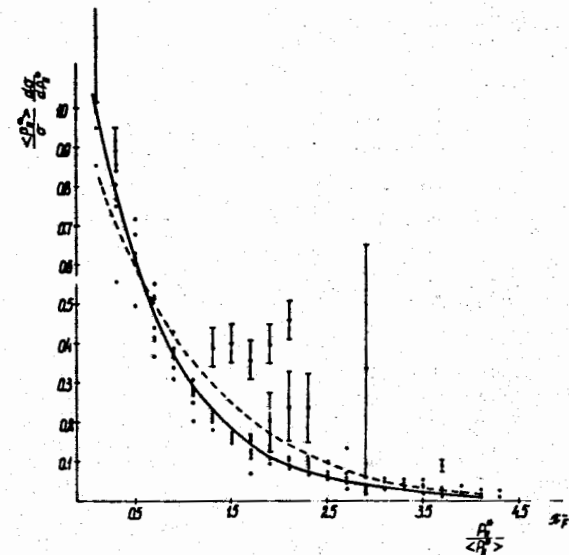


Рис. 3. Спектры продольных импульсов  $\pi^-$ -мезонов для областей  $p_{\parallel} > 0$  ( $\pi_F^-$ ) и  $p_{\parallel} < 0$  ( $\pi_B^-$ ) для разных топологий  $\pi^-p$ -взаимодействий при 40 ГэВ. Сплошная кривая - результат фитирования данных  $\pi^-p$ -взаимодействий при 40 ГэВ/с. Пунктирная кривая взята из работы /1/.

Таблица 4  
Значения параметров и величин  $\chi^2$ , полученные при фитировании спектров  $p_{||}$  и  $p_{\perp}$  для  $\pi^+$ -мезонов, рожденных в процессах с различным числом заряженных частиц  $n_{ch}$ .

$n_{ch}$	2	4	6	8	10 + 12	$\geq 14$	INCL.
$p_{  }$	$\chi^2$	$0.92 \pm 0.08$	$1.03 \pm 0.05$	$1.13 \pm 0.04$	$1.09 \pm 0.05$	$1.19 \pm 0.06$	$1.14 \pm 0.02$
	$\chi^2_{BACK}$	$0.86 \pm 0.15$	$1.06 \pm 0.07$	$1.26 \pm 0.05$	$1.17 \pm 0.07$	$1.34 \pm 0.07$	$1.34 \pm 0.17$
$p_{  }$	$\chi^2$	$0.05 \pm 0.5$	$-0.01 \pm 0.02$	$-0.06 \pm 0.01$	$-0.03 \pm 0.02$	$-0.07 \pm 0.02$	$1.27 \pm 0.03$
	$\chi^2_{BACK}$	$0.88$	$0.74$	$0.94$	$1.33$	$0.96$	$-0.07 \pm 0.01$
$p_{  }$	$\chi^2$	$1.18 \pm 0.14$	$1.13 \pm 0.05$	$1.16 \pm 0.04$	$1.15 \pm 0.05$	$1.16 \pm 0.06$	$1.23 \pm 0.02$
	$\chi^2_{BACK}$	$1.54 \pm 0.19$	$1.28 \pm 0.07$	$1.28 \pm 0.05$	$1.25 \pm 0.07$	$1.25 \pm 0.08$	$1.41 \pm 0.03$
$p_{  }$	$\chi^2$	$0.14 \pm 0.05$	$-0.07 \pm 0.02$	$-0.06 \pm 0.01$	$-0.04 \pm 0.02$	$-0.04 \pm 0.02$	$-0.09 \pm 0.01$
	$\chi^2_{BACK}$	$1.06$	$0.96$	$1.72$	$2.22$	$0.97$	$-0.09 \pm 0.01$
$p_{  }$	$\chi^2$	$1.38 \pm 0.21$	$1.11 \pm 0.06$	$1.16 \pm 0.05$	$1.17 \pm 0.05$	$1.22 \pm 0.06$	$1.19 \pm 0.03$
	$\chi^2_{BACK}$	$1.84 \pm 0.25$	$1.21 \pm 0.08$	$1.26 \pm 0.06$	$1.33 \pm 0.07$	$1.35 \pm 0.08$	$1.33 \pm 0.03$
$p_{  }$	$\chi^2$	$0.18 \pm 0.06$	$-0.05 \pm 0.02$	$-0.04 \pm 0.02$	$-0.07 \pm 0.02$	$-0.06 \pm 0.02$	$-0.07 \pm 0.01$
	$\chi^2_{BACK}$	$0.79$	$0.56$	$1.43$	$1.21$	$0.57$	$-0.07 \pm 0.01$
$p_{  }$	$\chi^2$	$0.60 \pm 0.06$	$1.03 \pm 0.04$	$1.18 \pm 0.04$	$1.20 \pm 0.04$	$1.19 \pm 0.05$	$1.30 \pm 0.02$
	$\chi^2_{BACK}$	$0.09 \pm 0.17$	$1.04 \pm 0.06$	$1.34 \pm 0.04$	$1.38 \pm 0.05$	$1.29 \pm 0.07$	$1.52 \pm 0.02$
$p_{  }$	$\chi^2$	$0.30 \pm 0.07$	$0.03 \pm 0.02$	$-0.08 \pm 0.01$	$-0.08 \pm 0.01$	$-0.05 \pm 0.02$	$-0.00 \pm 0.01$
	$\chi^2_{BACK}$	$5.38$	$5.71$	$1.70$	$1.22$	$0.84$	$-0.00 \pm 0.01$
$p_{\perp}$	$\chi^2$	$6.57 \pm 1.18$	$5.73 \pm 0.47$	$5.84 \pm 0.39$	$5.65 \pm 0.43$	$5.31 \pm 0.45$	$5.32 \pm 0.19$
	$\chi^2_{BACK}$	$1.35 \pm 0.13$	$1.21 \pm 0.06$	$1.23 \pm 0.05$	$1.21 \pm 0.05$	$1.12 \pm 0.05$	$1.16 \pm 0.02$
$p_{\perp}$	$\chi^2$	$2.45 \pm 0.15$	$2.33 \pm 0.07$	$2.34 \pm 0.06$	$2.31 \pm 0.06$	$2.28 \pm 0.07$	$2.26 \pm 0.03$
	$\chi^2_{BACK}$	$1.02$	$1.22$	$1.83$	$1.20$	$1.27$	$2.26 \pm 0.03$
$p_{\perp}$	$\chi^2$	$4.02 \pm 0.55$	$5.20 \pm 0.39$	$5.45 \pm 0.35$	$5.57 \pm 0.42$	$5.20 \pm 0.43$	$4.94 \pm 0.17$
	$\chi^2_{BACK}$	$0.94 \pm 0.09$	$1.13 \pm 0.05$	$1.18 \pm 0.04$	$1.19 \pm 0.05$	$1.12 \pm 0.05$	$1.10 \pm 0.02$
$p_{\perp}$	$\chi^2$	$2.07 \pm 0.21$	$2.24 \pm 0.06$	$2.28 \pm 0.05$	$2.31 \pm 0.06$	$2.26 \pm 0.06$	$2.20 \pm 0.02$
	$\chi^2_{BACK}$	$1.33$	$0.82$	$1.65$	$1.83$	$1.56$	$2.26 \pm 0.02$
$p_{\perp}$	$\chi^2$						$2.66$
	$\chi^2_{BACK}$						$0.52$

2/ Сравнение с универсальной функцией, полученной для описания данных  $pp$ -взаимодействия, позволяет заключить о независимости такого поведения распределений от типа начальной частицы, т.е. сформулировать масштаб-

ные свойства распределения в переменных  $\frac{p_{||}}{\langle p_{||} \rangle}$  и  $\frac{p_{\perp}}{\langle p_{\perp} \rangle}$  независимо от начальной энергии, множественности вторичных заряженных частиц, а также типа реакций.

В заключение авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность В.Г.Гришину за полезные обсуждения, а также коллективу лаборантов группы за помощь в обработке экспериментального материала.

#### Литература

1. F. T. Dao, R. Nahft, J. Lach et al. *Phys. Rev. Lett.*, 33, 389 (1974).
2. А. У. Абдурахимов и др. Сообщение ОИЯИ, 1-6326, Дубна, 1972.
3. А. У. Абдурахимов и др. Препринт ОИЯИ, P1-7267, Дубна, 1973.

Рукопись поступила в издательский отдел 21 марта 1975 года.