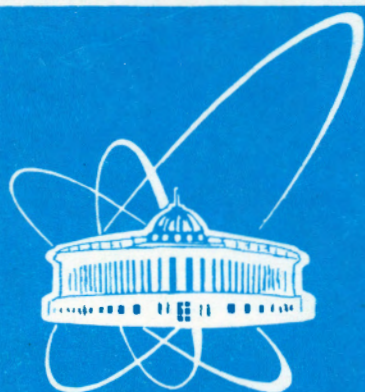


94-260



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P1-94-260

Р.Н.Бекмирзаев, Е.Н.Кладницкая, М.М.Муминов,
С.А.Шарипова

БЫСТРОТНЫЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОТОНОВ
В (p , d , α , C)С-ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ
ПРИ 4,2 ГэВ/с НА НУКЛОН

Направлено в журнал «Ядерная физика»

1994

Проводится анализ распределений протонов по быстрой в зависимости от поперечного импульса для pC -, dC -, αC - и CC -взаимодействий при 4,2 ГэВ/с на нуклон. Эта работа служит продолжением исследований, начатых в [1], где в зависимости от поперечного импульса анализировались быстрое распределения π^- -мезонов для тех же ядро-ядерных взаимодействий.

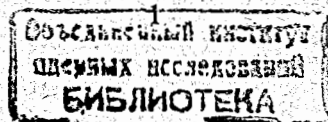
Экспериментальные распределения протонов сравнивают с соответствующими распределениями, полученными по модели кварк-глюонных струн (КГСМ) [2]. В [1] показано, что используемый для сравнения с экспериментом вариант КГСМ [2] удовлетворительно описывает распределение π^- -мезонов, дает хорошо согласующиеся с экспериментом средние множественности π^- -мезонов для pC -, dC - и αC -соударений, но на 10% завышает $\langle n_{\pi^-} \rangle$ для CC -взаимодействий.

Представляет интерес провести сравнение с КГСМ [2] характеристик вторичных частиц разного типа (π , p , Λ , K) для широкого набора атомных весов сталкивающихся ядер, это даст возможность выяснить насколько вариант модели КГСМ [2] близок к истинной картине ядро-ядерных взаимодействий.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ

В работе использован материал, полученный на двухметровой пропановой пузырьковой камере ЛВЭ ОИЯИ, облученной в пучках протонов, дейтронов, α -частиц, ядер углерода с импульсом 4.2 ГэВ/с на нуклон. Неупругие взаимодействия с ядрами углерода отбирались из всех событий в пропане по ранее описанной методике [3,4].

Методические вопросы эксперимента, включая идентификацию протонов, введение поправок на потерю протонов, испущенных под большим углом к плоскости фотографирования, рассмотрены в [5]. При получении распределений использовались все протоны за исключением однозарядных стриппинговых фрагментов сталкивающихся ядер. К стриппинговым фрагментам ядра-мишени отнесены протоны с импульсом $p < 300$ МэВ/с, а ядра-снаряда — положительные частицы с $p > 3$ ГэВ/с и $\theta < 4^\circ$. Следует отме-



тить, что среди частиц, отнесенных нами к протонам, есть примесь дейтронов с $p > 480$ МэВ/с и тритонов с $p > 650$ МэВ/с. По различным оценкам их примесь среди всех однозарядных фрагментов составляет не более 10—15% [6—8].

Полное число событий и средняя множественность протонов по типам взаимодействий представлены в табл. 1.

Таблица 1. Статистика событий и средние множественности протонов

	pC	dC	αC	CC
N соб. —	5284	6735	4852	7327
$\langle N_p \rangle$ эксп.	$1,60 \pm 0,04$	$1,97 \pm 0,04$	$2,96 \pm 0,04$	$4,28 \pm 0,05$
$\langle N_p \rangle$ КГСМ	$1,65 \pm 0,03$	$1,81 \pm 0,02$	$2,58 \pm 0,03$	$3,97 \pm 0,03$

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Получены быстроечные распределения протонов в различных интервалах поперечного импульса для pC -, dC -, αC - и CC -взаимодействий. По рис. 1 можно наглядно проследить характер изменения быстроечных распределений протонов с увеличением поперечного импульса для CC -взаимодействий. Y -распределения протонов с $p_t < 0,5$ ГэВ/с характеризуются явно выраженными максимумами в областях фрагментации ядер углерода (рис. 1а, б) и минимумом в центральной области ($Y^0 = Y_{\text{с.ц.м.}} = 1,1$).

Асимметрия u -распределений протонов с $p_t < 0,5$ ГэВ/с относительно Y^0 обусловлена неравномерной по u примесью дейтронов и тритонов*. По мере роста поперечного импульса протонов минимум исчезает и при $p_t > 0,7$ ГэВ/с быстроечные распределения протонов имеют колоколообразную форму (рис. 1г, д). Таким образом, с увеличением p_t растет доля протонов в центральной области и соответственно уменьшается в областях фрагментации сталкивающихся ядер.

Те же особенности наблюдаются для быстроечных распределений протонов из pC -, dC - и αC -соударений. Из-за неравенства атомных весов взаимо-

* d и t , останавливающиеся в камере, неотличимы от протонов, и им приписывался импульс протона (в соответствии с пробегом). В результате такие d и t концентрируются в узком интервале быстрот (0,1—0,4)

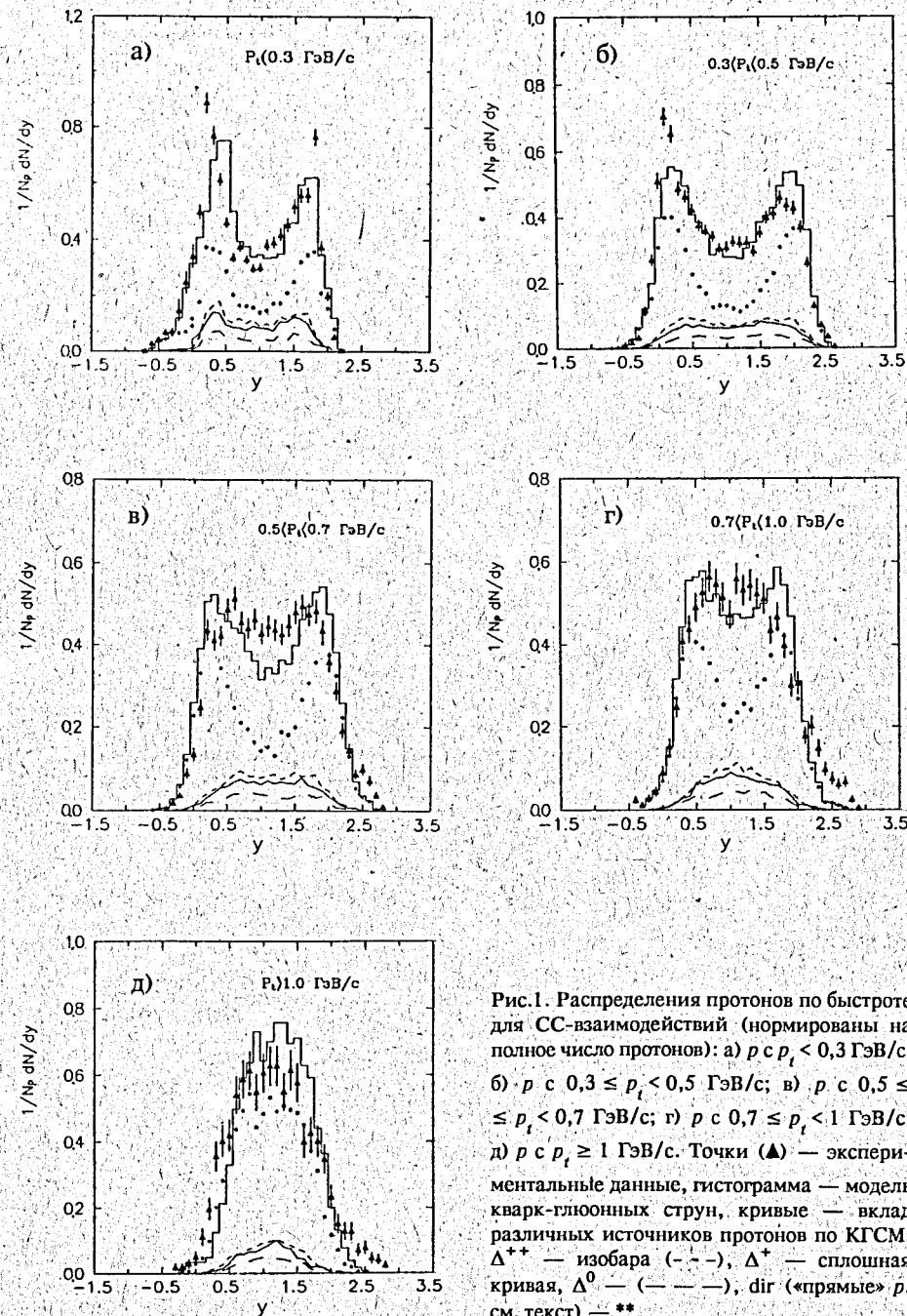


Рис. 1. Распределения протонов по быстрой для CC -взаимодействий (нормированы на полное число протонов): а) p с $p_t < 0,3$ ГэВ/с; б) p с $0,3 \leq p_t < 0,5$ ГэВ/с; в) p с $0,5 \leq p_t < 0,7$ ГэВ/с; г) p с $0,7 \leq p_t < 1$ ГэВ/с; д) p с $p_t \geq 1$ ГэВ/с. Точки (Δ) — экспериментальные данные, гистограмма — модель кварк-глюонных струн, кривые — вклад различных источников протонов по КГСМ: Δ^{++} — изобара (---), Δ^+ — сплошная кривая, Δ^0 — (- - -), dir («прямые» p , см. текст) — **

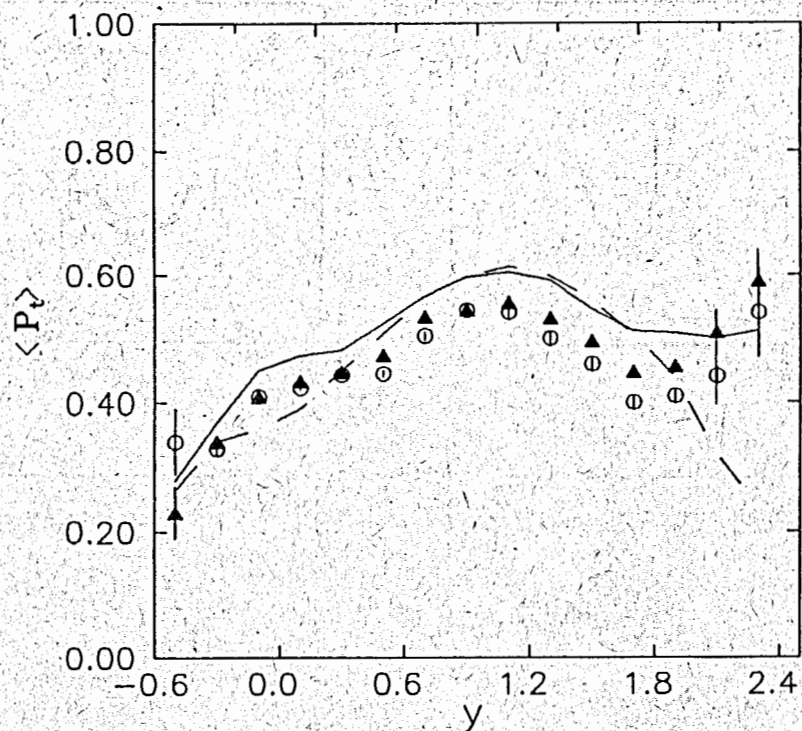


Рис.2. Зависимость среднего поперечного импульса протонов от быстроты для dC- (○) и CC- (▲) -взаимодействий. Сплошная кривая — зависимость $\langle p_t \rangle$ от Y по КГСМ с учетом экспериментальных погрешностей (см. текст), пунктир — то же — без учета погрешностей.

действующих ядер ($A_t > A_p$) быстрое распределение протонов для этих реакций асимметричны, причем в большей степени — распределения протонов с поперечными импульсами $p_t < 0,5$ ГэВ/с (см. табл. 2).

Влияние атомного веса налетающего ядра при данном p_t проявляется в увеличении вклада протонов в область фрагментации этого ядра. На рис.2 показана зависимость среднего поперечного импульса протонов от быстроты для dC- и CC-взаимодействий. Видно, что наибольший, в среднем, поперечный импульс имеют протоны в центральной области быстрой как в dC-, так и в CC-соударениях. Это — либо протоны из налетающего ядра, затормозившиеся в ядре мишени, либо протоны из ядра мишени, получившие большой переданный импульс. Увеличение $\langle p_t \rangle$ в области $Y > 2,0$ обусловлено в основном погрешностями в определении импульсов самых быстрых протонов.

Таблица 2. Средние значения быстрого по интервалам p_t .

		$p_t < 0,3$ ГэВ/с				$0,3 \leq p_t < 0,5$			
		pC	dC	αC	CC	pC	dC	αC	CC
(Y) эксп.		0,75±0,01	0,77±0,01	0,81±0,01	0,99±0,01	0,66±0,01	0,67±0,01	0,80±0,01	0,99±0,01
(Y) КГСМ		0,70±0,01	0,704±0,008	0,858±0,007	1,021±0,005	0,624±0,007	0,641±0,008	0,859±0,008	1,073±0,005
		$0,5 \leq p_t < 0,7$				$0,7 \leq p_t < 1,0$			
		pC	dC	αC	CC	pC	dC	αC	CC
(Y) эксп.		0,85±0,02	0,88±0,01	1,01±0,01	1,15±0,01	0,87±0,02	0,89±0,01	1,03±0,01	1,15±0,01
(Y) КГСМ		0,80±0,01	0,781±0,010	0,968±0,008	1,111±0,006	0,90±0,01	0,89±0,01	1,00±0,01	1,112±0,006
		Все p_t				Все p_t			
		pC	dC	αC	CC	pC	dC	αC	CC
(Y) эксп.		0,85±0,03	0,87±0,02	1,01±0,02	1,15±0,01	0,749±0,007	0,762±0,006	0,876±0,006	1,055±0,004
(Y) КГСМ		0,95±0,01	0,93±0,01	1,042±0,007	1,104±0,007	0,743±0,004	0,749±0,004	0,921±0,004	1,078±0,001

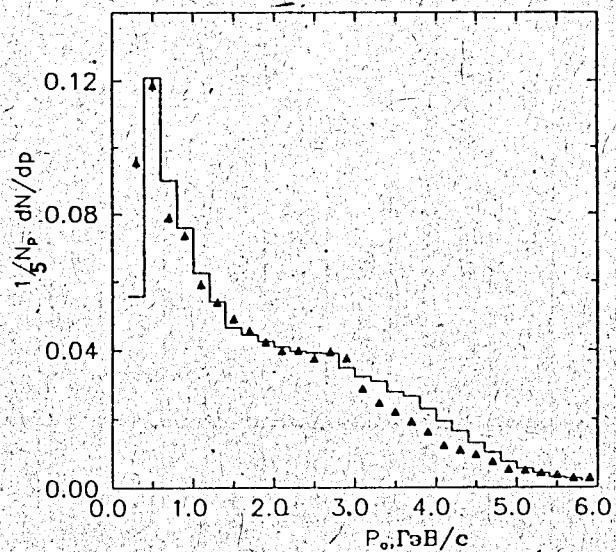


Рис.3. Импульсный спектр протонов для СС-взаимодействий. Точки — экспериментальные данные, гистограмма — КГСМ

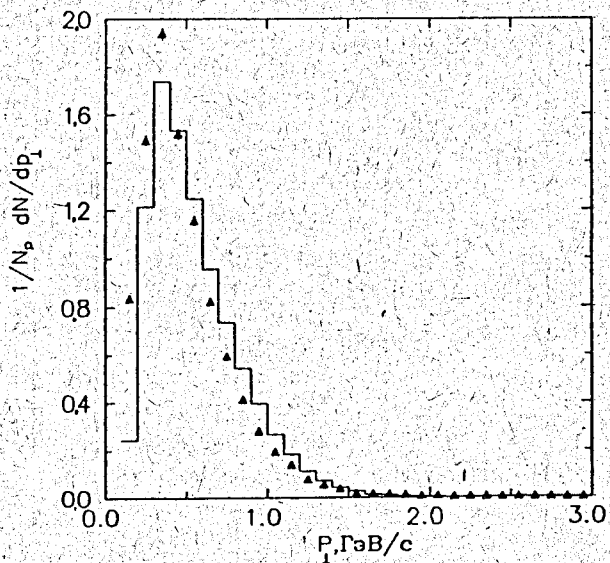


Рис.4. Распределение протонов по поперечному импульсу для СС-соударений. Обозначение, как на рис.3

Использованный вариант модели кварк-глюонных струн [2] удовлетворительно описывает распределения π^- -мезонов по кинематическим переменным для pC -, dC -, αC - и CC -взаимодействий [1]. В настоящей работе есть возможность посмотреть, насколько хорошо модель КГС описывает распределения протонов для тех же типов взаимодействий. В КГСМ в качестве источника протонов фигурируют Δ^{++} -, Δ^{+-} и Δ^0 -изобары, а также первичные и вторичные NN -взаимодействия без образования изобар.

Проведенное сравнение экспериментальных инклюзивных распределений протонов по кинематическим переменным для pC -, dC -, αC - и CC -взаимодействий с соответствующими распределениями, полученными в рамках модели кварк-глюонных струн (моделированные события адаптированы к условиям нашего эксперимента), позволяет сделать вывод о качественном согласии модели КГС с экспериментом (рис. 3—6). В таблице 1 приведены средние множественности протонов, а в таблице 3 величины средних значений $p_{\text{лаб.}}$, $\theta_{\text{лаб.}}$ и p_T для протонов из изучаемых нами типов взаимодействий. Расхождение экспериментальных данных с расчетами по КГСМ не превышает 15%. В [9] показано, что исключение примеси дейтронов улучшает согласие экспериментальных данных с КГСМ.

Таблица 3. Средние значения кинематических переменных протонов для (p , d , α , C) C -взаимодействий

Тип событий		$\langle p_{\text{лаб.}} \rangle$, ГэВ/с	$\langle \theta_{\text{лаб.}} \rangle$, град.	$\langle p_T \rangle$, ГэВ/с
pC	эсп.	$1,258 \pm 0,011$	$37,7 \pm 0,4$	$0,437 \pm 0,003$
	КГСМ	$1,372 \pm 0,007$	$41,3 \pm 0,3$	$0,514 \pm 0,002$
dC	эсп.	$1,290 \pm 0,010$	$38,3 \pm 0,3$	$0,448 \pm 0,003$
	КГСМ	$1,376 \pm 0,008$	$40,6 \pm 0,2$	$0,520 \pm 0,002$
αC	эсп.	$1,556 \pm 0,010$	$34,5 \pm 0,3$	$0,486 \pm 0,003$
	КГСМ	$1,650 \pm 0,007$	$34,0 \pm 0,2$	$0,527 \pm 0,002$
CC	эсп.	$1,885 \pm 0,008$	$28,6 \pm 0,2$	$0,485 \pm 0,002$
	КГСМ	$1,914 \pm 0,006$	$28,5 \pm 0,1$	$0,530 \pm 0,001$

Продолжая сравнение модели КГС с экспериментом, вернемся к рис.1, где представлены Y -распределения всех протонов для CC -взаимодействий с данным p_T и протонов от различных источников.

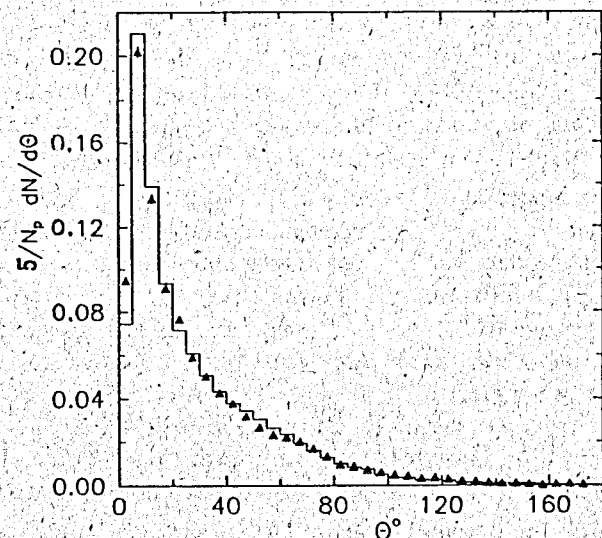


Рис.5. Угловое распределение протонов для СС-взаимодействий. Обозначения, как на рис.3

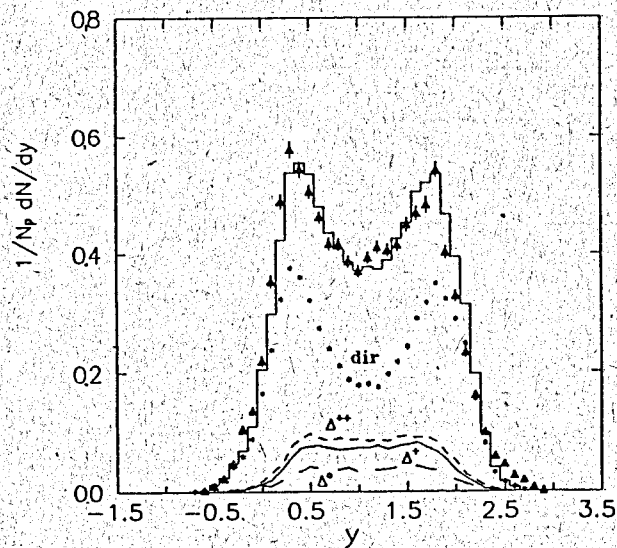


Рис.6. Распределение протонов по быстрой для СС-соударений. Обозначение, как на рис.1

Таблица 4. Вклад протонов от различных источников в выделенные интервалы спектров p по поперечному импульсу в (p, d, α, C)С-взаимодействиях

Тип событий	p_t , ГэВ/с	Δ^{++} , %	Δ^+ , %	Δ^0 , %	«прямые» p , %
pC		15	11	4	70
dC		15	14	6	65
αC	все	13	11	6	70
CC		17	14	7	62
pC		21	14	6	59
dC		18	15	8	59
αC	$< 0,3$	20	17	8	55
CC		22	18	9	51
pC		16	10	4	70
dC		14	10	6	70
αC	$0,3-0,5$	16	13	6	65
CC		19	14	7	60
pC		15	10	3	72
dC		12	10	5	73
αC	$0,5-0,7$	14	12	6	68
CC		16	12	7	65
pC		12	9	3	76
dC		12	10	6	72
αC	$0,7-1,0$	10	8	5	77
CC		14	11	6	69
pC		11	7	2	80
dC		7	6	3	84
αC	$\geq 1,0$	9	8	4	79
CC		11	9	5	75

В областях $p_t < 0,5$ ГэВ/с и $p_t \geq 1$ ГэВ/с экспериментальные и расчетные Y -распределения протонов близки между собой по форме, а в интервале $0,5 \leq p_t < 1$ ГэВ/с наблюдается различие Y -распределений. По КГСМ двугорбая форма Y -распределений сохраняется вплоть до $p_t = 1$ ГэВ/с.

Модель КГС, адаптированная к условиям эксперимента, хорошо воспроизводит форму зависимости $\langle p_t \rangle$ от быстроты для СС-взаимодействий (сплошная кривая на рис. 2). Пунктирная кривая показывает зависимость

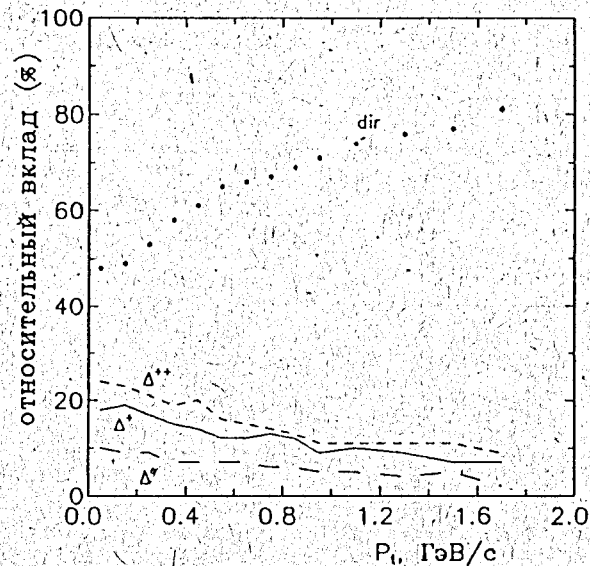


Рис.7. Относительный вклад источников протонов в импульсный спектр (p_t) по КГСМ для СС-взаимодействий

(p_t) от u без учета экспериментальных погрешностей в определении импульсов протонов.

Вклады протонов (в %) от различных источников в выделенные интервалы поперечных импульсов для pC -, dC -, αC - и СС-взаимодействий приведены в табл.4, а для СС-соударений показаны и на рис.7.

Видно, что в КГСМ протоны образуются главным образом в прямых нуклон-нуклонных соударениях (62%), и именно форма Y -распределений «прямых» протонов определяет в основном форму быстротных распределений протонов (рис.1,6).

С увеличением поперечного импульса протонов доля протонов от распада изобар уменьшается с 49% для интервала $p_t < 0,3$ ГэВ/с до 25% при $p_t \geq 1$ ГэВ/с.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование быстротных распределений протонов в различных интервалах поперечного импульса для pC -, dC -, αC - и СС-взаимодействий при 4,2 ГэВ/с на нуклон, а также сравнение этих распределений с моделью кварк-глюонных струн позволяет сделать следующие выводы.

Форма быстротных распределений протонов в $A_p C$ -взаимодействиях существенно зависит от интервала поперечных импульсов. Быстротные распределения протонов с $p_t < 0,5$ ГэВ/с имеют характерные максимумы в областях фрагментации сталкивающихся ядер и минимумы в центральной области. С увеличением поперечного импульса структура Y -распределений исчезает, уступая место плато в центральной области. Таким образом, протоны, претерпевшие жесткие соударения (с большой передачей импульса), перемещаются в центральную область быстрот.

Сравнение экспериментальных данных с моделью кварк-глюонных струн показало, что модель неплохо воспроизводит экспериментальные результаты, в частности, по множественности протонов — участников, и средние характеристики протонов, расхождение не превышает 15% (см. табл.1—3).

Имеются некоторые расхождения в форме экспериментальных и расчетных распределений (рис.1в,3,4,).

Если считать использованный вариант модели КГС достаточно близким к истинной картине ядро-ядерных взаимодействий, то можно сказать, что основным источником вторичных протонов являются NN -соударения без образования изобар (см. табл.4, рис.7). В диапазоне малых p_t существенный вклад в среднюю множественность протонов дают Δ -изобары (40—50%). С увеличением p_t вклад протонов от распада изобар уменьшается до 25% в интервале $p_t \geq 1$ ГэВ/с, и соответственно возрастает доля прямых p от NN -взаимодействий.

Авторы благодарят С.Ю. Сивоклокова за предоставление моделированных событий и полезные обсуждения, В.Д. Тонеева за полезные обсуждения и замечания, участников сотрудничества, получивших экспериментальный материал, лаборантов за просмотр пленок и измерения событий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бекмирзаев Р.Н., Кладницкая Е.Н., Шарипова С.А. — Препринт ОИЯИ Р1-93-464, Дубна, 1993.
2. Амелин Н.С. и др. — Препринт ОИЯИ Р2-89-870, Дубна, 1989; ЯФ, 1990, т.52, с.272.
3. Агакишиев Г.Н. и др. — Сообщения ОИЯИ Р1-83-662, Дубна, 1983.
4. Агакишиев Г.Н. и др. — Препринт ОИЯИ Р1-84-35, Дубна, 1984; ЯФ, 1984, т.40, с.1209.

5. Армутлийский Д. и др. — Препринт ОИЯИ P1-86-263, Дубна, 1986; ЯФ, 1987, т.45, с.1047; Z.Phys. A, 1987, v.328, p.455.
6. Nagamiya S. et al. — Phys.Rev. C, 1981, v.24, p.971.
7. Malfliet R. et al. — Phys.Rev. C, 1985, v.31, p.1275.
8. Adyasevich B.P. et al. — Preprint IAE-3973/2, Moscow, 1984; Preprint IAE24148/2, Moscow, 1985.
9. Backovic S. et al. — Phys.Rev. C (to be published).

Рукопись поступила в издательский отдел
12 июля 1994 года.

Бекмирзаев Р.Н. и др.

P1-94-260

Быстротные распределения протонов

в (p , d , α , C) C -взаимодействиях при 4,2 ГэВ/с на нуклон

Анализируются распределения протонов по быстроте в зависимости от поперечного импульса протонов для pC -, dC -, αC - и CC -взаимодействий при импульсе 4,2 ГэВ/с на нуклон. Экспериментальные данные сравниваются с результатами, полученными для событий, генерированных по модели кварк-глюонных струн. Показано, что модель КГС удовлетворительно описывает инклюзивные распределения протонов по кинематическим переменным. С помощью модели КГС определены вклады протонов от распада Δ -изобар и «прямых» протонов в быстротные распределения для различных интервалов поперечного импульса.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1994

Перевод авторов

Bekmirzaev R.N. et al.

P1-94-260

Rapidity Distributions of Protons

in (p , d , α , C) C -Interactions at 4.2 GeV/c per Nucleon

The dependences of proton rapidity distributions on transverse momentum for pC , dC , αC and CC interactions at 4.2 GeV/c per nucleon are studied. The experimental results are compared with the calculations according to the quark-gluon string model. It is shown that QGSM satisfactorily describes the experimental data. The contributions of protons emitted from decays of Δ^{++} , Δ^+ , Δ^0 isobars and of direct ones to multiplicities of protons in different rapidity bins and in different p_t intervals have been determined with the help of above model.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1994