

ОБНАРУЖЕНИЕ УЗКИХ СТРУЙ В АДРОН-УГЛЕРОДНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ СРЕДНЕЙ ЭНЕРГИИ 0,4 ТэВ

Н.Г.Джаошвили, Д.М.Котляревский, И.В.Пазишвили

Во взаимодействиях адронов космического излучения с мишенью из полиэтилена CH_2 примерно в половине событий обнаружены узкие струи, направленные в системе центра масс налетающего адрона и нуклона мишени в заднюю полусферу. Средняя множественность частиц в струе $4,0 \pm 0,2$, средний поперечный импульс относительно оси струи $-0,16 \pm 0,02$, а средний поперечный импульс струи относительно первичной $-1,8 \pm 0,4$ ГэВ/с.

Узкие струи адронов были обнаружены при просмотре материала, полученного на установке Цхра-Цкаро-1. Детальные характеристики установки подробно описывались ранее ¹⁻³, а методические вопросы отбора, обработки и результаты — в ²⁻⁶. На установке изучались процессы множественного рождения при взаимодействии адронов космического излучения¹⁾ с энергиями 0,1 – 2,0 ТэВ (средняя энергия 0,4 ТэВ) с мишенью из полиэтилена CH_2 . События регистрировались в расположенной под мишенью (толщиной 0,1 ядерного пробега) большой камере Вильсона объемом $2,0 \times 0,5 \times 1,0$ м³, помещенной в однородное магнитное поле напряженностью 7,5 кГс. Энергия измерялась свинцово-железным калориметром, общей толщиной 890 г/см². Точность измерения энергии составляла не хуже 30% при энергии 400 ГэВ, а средняя точность измерения импульсов рожденных частиц $-\Delta p/p \sim 0,03$ p/ГэВ. После отбора событий (подробности в ¹⁻⁶) по отсутствию сопровождения, отсутствию перерасеяния в мишени, измеримости импульсов вторичных частиц и т.п., мы получили 50 событий некогерентного множественного рождения на мишени CH_2 . В отобранных событиях примесь неидентифицированных δ -электронов, e^+e^- -пар, продуктов распада нейтральных странных частиц оценивается величиной менее пяти процентов треков, возможное перерасеяние в мишени — не более, чем в одном событии. Анализ показывает, что потери рожденных частиц (которые мы отождествляем с пионами, и множественность которых обозначаем n_s) в мишени пренебрежимо малы, а большинство нуклонов отдачи не вылетает из мишени. Для исключения из n_s оставшихся нуклонов отдачи, мы принимаем за них любую частицу с положительным зарядом, энергией в лабораторной системе $\leq 1,3$ ГэВ, если при переходе в систему центра масс налетающего адрона и нуклона мишени, для нее фейнмановская масштабная переменная $x_F \leq -0,4$, где $x_F = 2p_{\parallel}^* / \sqrt{s}$, $s \cong 2m_p E_0$, E_0 — энергия начальной частицы, а p_{\parallel}^* — компонента импульса вдоль нее. Некоторые характеристики событий приведены во II – VI столбцах таблицы. Там же для сравнения приведены аналогичные характеристики протон-протонных взаимодействий при энергии 400 ГэВ ⁷. В III графе указано ожидаемое среднее число NV событий адрон-нуклонного взаимодействия на 50 событий взаимодействия с мишенью CH_2 , оцененное из топологических сечений и из сечений неупругого рождения заряженных частиц на водороде и углероде $30,0 \pm 0,2$ и 230 ± 10 мВ ⁷. Таблица приведена отчасти для демонстрации того, что средние характеристики отобранных событий в пределах ошибок совпадают с полученными в других экспериментах ^{7,8}.

Для поиска особенностей в импульсном распределении мы построили для каждого события в системе центра масс налетающего адрона и нуклона мишени, карту распределений потоков энергии в плоскости (θ, φ) — полярного и азимутального углов треков рожденных частиц относительно направления первичной. Примеры таких распределений приведены на рис. 1 и 2. Далее мы будем обсуждать в основном область полярных углов $\theta > 90^\circ$ (задняя

¹⁾ На высоте расположения установки — 2500 м над уровнем моря, состав потока частиц в изучаемом интервале энергий оценивается в ~40% протонов, ~35% нейтронов и ~25% пионов.

полусфера), где неопределенности с измерением импульсов и углов минимальны. Под струей мы будем понимать группу из трех или более треков, попадающих в сферический угол с раствором $\Delta\theta < 36^\circ$ и удовлетворяющих следующим условиям: а) $x_j \equiv |\sum_i x_i| \geq 0,20$,

где
$$x_i = 2|p_i^*| / \sqrt{s}, \quad (1)$$

б) квадраты разностей 4-импульсов p_i и p_j частиц струи удовлетворяют модифицированному условию Балдина, Диденко и др. ^{9,10}

$$t_{ij} \equiv -(p_i - p_j)^2 < 5m_\pi^2, \quad (2)$$

в) если в окрестности струи имеются частицы, удовлетворяющие условиям (1) и (2) с некоторыми из частиц струи, то они также включаются в струю.

За ось струи принимается вектор $p = \sum p_i$, p_i — импульсы частиц струи.

I	II число событий	III NN	IV $\langle n_s \rangle$	V $\langle E_0 \rangle$ ГэВ	VI $\langle p_\perp \rangle$ ГэВ/c	VII n_{jet}	VIII $\langle x_j \rangle$	IX $\langle p_\perp \rangle_j$ ГэВ/c	X $\langle n_{sj} \rangle$
$n_s < 15$	34	9,4	$9,6 \pm 0,6$	410 ± 50	$0,39 \pm 0,04$	5+1+1	$0,48 \pm 0,13$	$0,16 \pm 0,02$	$3,6 \pm 0,3$
$n_s \geq 15$	16	0,7	$17,8 \pm 0,6$	390 ± 50	$0,37 \pm 0,04$	7+5+1	$0,43 \pm 0,07$	$0,16 \pm 0,02$	$4,2 \pm 0,3$
Все	50	10,1	$12,0 \pm 0,5$	400 ± 50	$0,38 \pm 0,03$	12+6+2	$0,45 \pm 0,04$	$0,16 \pm 0,02$	$4,0 \pm 0,3$
pp	—	—	$9,1 \pm 0,2$	400	$0,37 \pm 0,01$	—	—	—	—

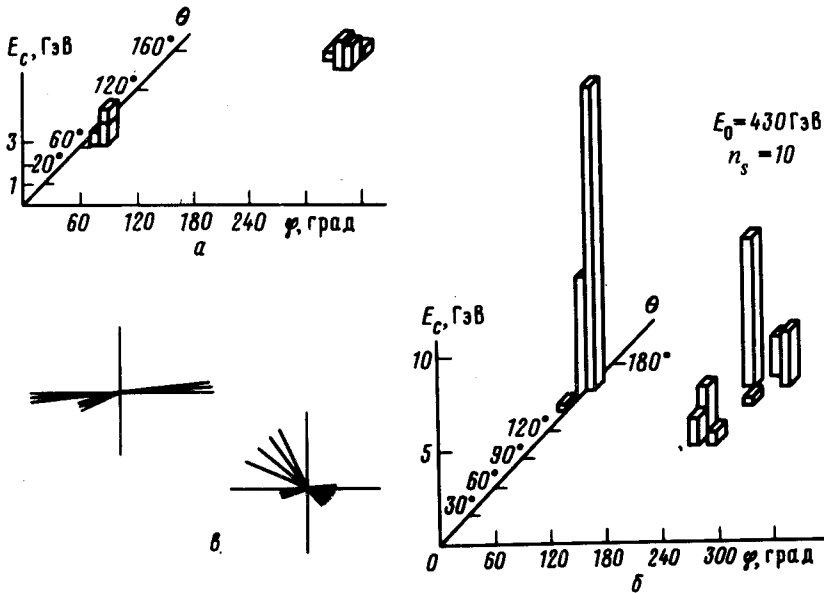


Рис. 1. Примеры распределений потоков энергии по углам для двухструйного (а) и трехструйного (б) событий и примеры распределений треков по азимутальным углам для двух (трех) струйных событий

Некоторые характеристики струй приведены в таблице (столбцы VII – X). В графе VII последовательные слагаемые означают число событий с одной, двумя и тремя струями, $\langle p_{\perp} \rangle_j$ в IX графе означает средний поперечный импульс относительно оси струи, а $\langle n_{sj} \rangle$ – множественность треков в струе.

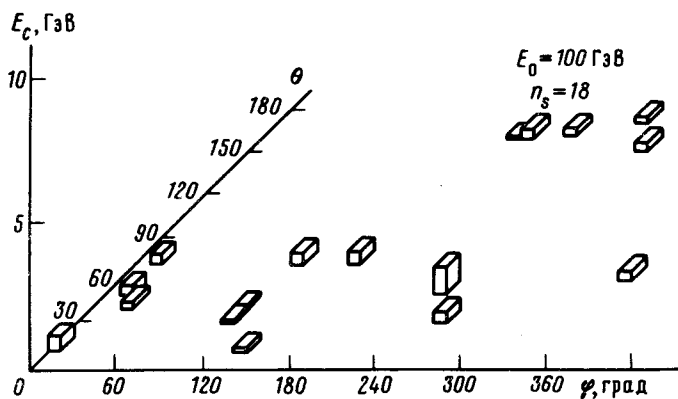


Рис. 2. Пример распределения потоков энергии по углам для неструйного события

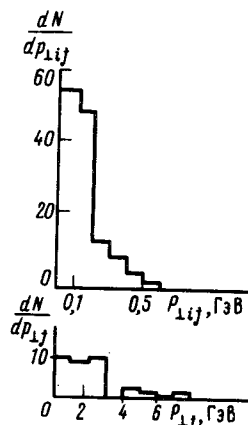


Рис. 3

Рис. 3. Распределения поперечных импульсов частиц относительно оси струи и поперечных импульсов струй относительно направления первичной, $\langle p_{\perp j} \rangle = 1,8 \pm 0,4$ ГэВ/с

Для струй с $x_j \geq 0,75$ ("кумулятивные струи") составила 17% от общего количества струй или 22% от числа струй, ориентированных назад. Для них $\langle x_j \rangle$ составило $1,1 \pm 0,2$, в то время, как для остальных струй, направленных назад $\langle x_j \rangle = 0,36 \pm 0,02$.

Случайный розыгрыш событий, распределение которых по углу φ было равномерным, а по θ – совпадало с экспериментальным, показал, что в среднем на 16 событий типа отобранных с $n_s \geq 15$ может выпасть не более трех одноструйных событий с числом частиц в струе ≥ 3 . Событие с двумя струями по четыре частицы в каждой ожидается реже чем в одном событии на тысячу.

В заключение отметим, что обращает на себя внимание: а) малость среднего поперечного импульса частиц относительно оси струи, б) то, что существенная часть адрон-ядерной лавины реализуется в виде событий струйного типа.

Наблюдаемое явление, по-видимому, требует детального изучения в экспериментах с большей статистикой. Если оно носит общий характер, то оно должно более ярко проявиться в экспериментах с более тяжелыми мишенями, а также в области фрагментации ядра в глубоко-неупругом лептон-ядерном рассеянии при достаточно высоких переданных энергиях, порядка достигнутых в эксперименте ЕМС.

Авторы особенно признательны за интенсивные и весьма полезные обсуждения экспериментальных и теоретических аспектов явления Н.Н.Роинишвили, Т.Т.Барнавели, С.Д.Кананову, Г.З.Штеманетяну, А.А.Тяпкину, Ю.Г.Вербецкому, Е.Г.Гурвичу, Э.В.Гедалину, О.В.Канчели, И.И.Ройзену и М.Г.Рыскину.

Литература

1. Андроникашвили Э.Л. и др. Сб. "Ядерные взаимодействия при высоких энергиях". Тбилиси, изд. "Мецнереба", 1969, с. 88.
2. Роинишвили Н.Н. "Процессы множественной генерации при энергии выше 200 ГэВ". Докторская диссертация, Тбилиси, 1971.
3. Котляревский Д.М. "Исследование взаимодействий адронов с ядрами в интервале энергий 0,05 – 5 ТэВ". Докторская диссертация, Тбилиси, 1981.
4. Бердзенишвили О.Л. и др. Изв. АН СССР, серия физическая, 1970, 34, 1907.
5. Бердзенишвили О.Л. и др. ЯФ, 1971, 13, 779.
6. Атанелишвили М.И. и др. Изв. АН СССР, серия физическая, 1972, 36, 1649.

7. Мурзин В.С., Сарычева Л.И. Взаимодействия адронов высоких энергий. М.: Наука, 1983.
8. De Marzo et al. Phys. Rev., 1982, D26, 1019.
9. Балдин А.М., Диденко Л.А. Сб. Краткие сообщения ОИЯИ, №3-84, Дубна, 1984, с. 5; №8-85, Дубна, 1985, с. 5.
10. Baldin A.M. et al. JINR Prepr., E-1-85-415, 1985; ЯФ, 1986, 44, 1209.

Институт физики
Академии наук Грузинской ССР

Поступила в редакцию
5 февраля 1987 г.
