

## КОЛЬЦЕВЫЕ СОБЫТИЯ В АДРОННЫХ ПРОЦЕССАХ ПРИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЯХ

*И.М.Дремин, А.М.Орлов, М.И.Третьякова*

Среди протон-нуклонных взаимодействий при энергии 400 ГэВ отобраны и изучены события, содержащие плотные группы частиц на шкале псевдобыстроты, соответствующие кольцеобразной структуре мишенной диаграммы. Наблюдается предпочтительность вылета таких групп под углами около  $55^\circ$ ,  $90^\circ$  и  $125^\circ$  в системе центра масс.

В неупругих взаимодействиях адронов вторичные пионы обычно рождаются со средней плотностью равной двум-трем заряженным частицам на единичный интервал быстроты.

Вместе с тем как в космических лучах, так и на ускорителях <sup>1-3</sup> были давно отмечены отдельные события, в которых имелись группы частиц с плотностью более чем втрое превышающей среднюю. Появление группы частиц с близкими псевдобыстродами (т.е. с близкими полярными углами), означает, что на мишенной диаграмме такого события заметно "кольцо"<sup>1)</sup>, образованное частицами этой группы. Поэтому мы будем называть их кольцевыми.

Особый интерес к изучению таких событий вызван тем, что динамический механизм их появления может быть связан с эффектом удержания кварков, приводящим к ограничению на длину испускания глюонов<sup>4</sup>, или же с черенковскими глюонами<sup>5</sup>, возникающими, когда показатель преломления кварк-глюонной среды превышает единицу. В обоих случаях теория указывает, что угол излучения глюонов, а, значит, и порождаемых ими струй должен быть достаточно большим.

В связи с этим нами был предпринят систематический поиск таких событий в протон-нуклонных взаимодействиях при энергии 400 ГэВ в ядерной фотоэмульсии<sup>6</sup>, где, как известно, точности измерения углов наиболее высокие. Поскольку выделение кольцевых событий возможно только при больших множественностях, для анализа были взяты 284 события с числом вторичных заряженных частиц от 12 до 18. Для выделения кольцевых событий использовались разные критерии. Здесь мы опишем лишь два типичных критерия.

Согласно первому критерию кольцевыми назывались те события, в которых имелись группы не менее, чем из шести частиц ( $k \geq 6$ ) таких, что 1) среднее расстояние по псевдобыстроде между частицами групп меньше 0,15; 2) внутри этой группы расстояние между соседними частицами не превышает либо удвоенного среднего при среднем расстоянии в пределах от 0,1 до 0,15, либо значения 0,2 для плотных групп со средним расстоянием меньше 0,1.

Итак, условие 1) отбирает группы примерно втрое плотнее обычных средних событий. Остальные требования не допускают больших разрывов внутри группы, т.е. ее интерпретации как двух отдельных групп.

Этому критерию удовлетворяют 59 из 284 исследованных событий. В каждом из них было определено положение центра (арифметического среднего) быстрое группы. Распределение центров групп по псевдобыстроде приведено на рис. 1. Наблюдается тенденция к более частому появлению групп частиц вблизи углов 55, 90 и 125° в СЦИ (псевдобыстроде около 2,7; 3,34 и 4,0). Сечение генерации кольцевых событий вперед и назад в СЦМ (вблизи углов 55 и 125°) после вычета фона составляет примерно 1 мб.

По второму критерию отбирались группы из семи и более частиц ( $k \geq 7$ ), занимающие интервал быстрое меньше 0,9 (т.е.  $\langle \Delta \eta \rangle < 0,15$ ) с интервалами между соседними частицами (в группе), меньшими 0,2. При этом остается лишь 36 событий. Хотя статистика заметно уменьшается, но структура с тремя максимумами в распределении центров групп по псевдобыстроде все равно остается наиболее правдоподобной гипотезой.

Некоторая асимметрия распределений в переднюю и заднюю полусферы в СЦМ обусловлена спецификой отбора событий в фотоэмульсиях. Подчеркнем, что плотные группы частиц появляются лишь в пионизационной области, а доля кольцевых событий, возрастает при увеличении множественности (от ~5% при  $n_{ch}$  от 12 до 15 до ~30% при  $n_{ch}$  от 16 до 18).

Азимутальное распределение частиц внутри колец отличается для групп частиц, вылетающих под углами 55 и 125°, по сравнению с группами под углом 90°. В первых наблюдается заметно большая изотропия по азимуту.

На рис. 2 мы приводим, в качестве примера, мишенную диаграмму одного из кольцевых событий.

Косвенное подтверждение указанному выше явлению трех максимумов можно усмотреть, если проанализировать данные по парным корреляциям вторичных частиц в  $pp$ -взаимодействиях при энергии  $\sqrt{s} = 31$  ГэВ (что эквивалентно 480 ГэВ в лаб. системе), приведенные в работе<sup>7</sup>. Зафиксировав довольно широкий интервал вылета частицы-триггера

1) Или часть кольца (а в предельном случае — струя, если разброс по азимутальным углам также мал).

$\Delta\eta_1 = 0,5$ , авторы работы <sup>7</sup> приводят данные о корреляциях ( $R_2 = \frac{\sigma_{in} d^2\sigma/d\eta_1 d\eta_2}{d\sigma/d\eta_1 d\sigma/d\eta_2} - 1$ )

второй частицы в зависимости от  $\eta_2$ . Сдвиг центра интервала  $\Delta\eta_1$  по шкале псевдобыстрот позволяет изучить изменение корреляционной функции  $R_2$  при вылете первой частицы в разные интервалы углов. Из рис. 2 работы <sup>7</sup> видно, что корреляции вторичных частиц максимальны вблизи углов  $90$  и  $55^\circ$  в СЦМ, что свидетельствует о стремлении частиц к уплотнениям по псевдобыстротам вблизи этих углов. Для интервалов  $\Delta\eta_1$  СЦМ, расположенных от  $-0,35$  до  $0,15$  от  $0,15$  до  $0,65$  и от  $0,65$  до  $1,15$ , соответствующие максимумы функции  $R_2$  относятся примерно как  $0,48 : 0,42 : 0,58$ , т.е. указывают на тенденцию увеличения коррелированности частиц в двух крайних интервалах даже при столь широкой области псевдобыстрот

$\Delta\eta_1$  СЦМ. Данные, полученные нами и приведенные на рис. 1, показывают, что площади под кривой рис. 1 в тех же интервалах примерно одинаковы. Вместе с тем видно, что структура, наблюдаемая на рис. 1, также указывает на рост корреляций частиц вблизи углов  $90$  и  $55^\circ$ .

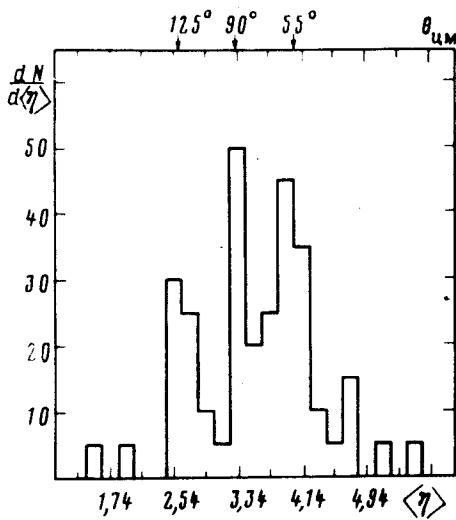


Рис. 1. Распределение по псевдобыстроте центров плотных групп частиц (см. текст)

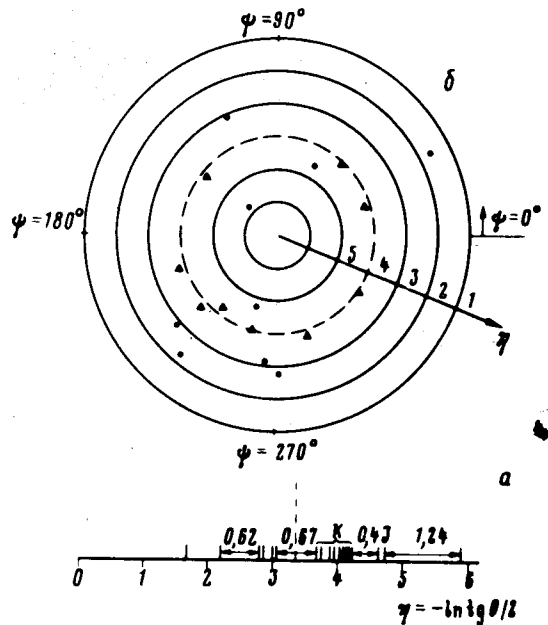


Рис. 2. Распределение по псевдобыстроте  $\eta$  (а) и мишенная быстротнo-азимутальная диаграмма (б)  $pN$ -события типа  $0 + 0 + 18p$  (кольцо:  $k = 9$ ;  $\langle \eta \rangle = 4,02$ ,  $\langle \Delta\eta \rangle = 0,066$ ). Треугольниками отмечены частицы кольца, точками — остальные частицы

Немонотонная зависимость максимума корреляции частиц от угла вылета частицы-триггера представляется нам весьма нетривиальной.

Выбор событий с большой множественностью и появление корреляционной структуры под большими углами в СЦМ показывает, что такую структуру не удастся объяснить неупругими процессами дифракционного типа.

Интерпретация плотных групп частиц как проявления перекрытия партонных лесенок, скорее всего, должна приводить к монотонной зависимости с одним широким максимумом около  $90^\circ$ .

Более естественно результаты этого эксперимента описывает модель тормозного излучения глюонов на конечной длине <sup>4</sup>, которая и инициировала соответствующую обработку данных. Согласно модели <sup>4</sup> максимум излучения вперед в СЦМ приходится на угол в лабораторной системе порядка

$$\theta_{\text{лаб}} \cong \sqrt{2\pi/\omega l} > \sqrt{2\pi/E l}, \quad (1)$$

где  $\omega$  — энергия испущенного глюона (группы частиц),  $E$  — первичная энергия,  $l$  — длина формирования излучения, которая определяется характером удержания кварков.

Если максимумы под  $55^\circ$  и  $125^\circ$  в СЦМ интерпретировать как обусловленные глюонным излучением кварков из первичных нуклонов, летящих вперед и назад соответственно, то положение этих максимумов указывает, что длина формирования глюонного излучения порядка размера адрона или больше, так как из (1) следует

$$l \gtrsim 2 \Phi. \quad (2)$$

Максимумы под  $90^\circ$  можно было бы попытаться объяснить как перекрытие двух колец, испускаемых одновременно (в одном и том же событии) обоими сталкивающимися нуклонами. Узость этого максимума служит серьезным препятствием при попытках объяснения его за счет фоновых событий.

В заключение подчеркнем, что обнаруженная нами структура угловых корреляций вторичных частиц в неупругих процессах при высоких энергиях, видимо, может служить важным источником сведений о характере удержания кварков и заслуживает дальнейшего подробного изучения в экспериментах с большой статистикой и хорошим угловым разрешением.

#### Литература

1. Апанасенко А.В., Добротин Н.А., Дремин П.М., Котельников К.А. Письма в ЖЭТФ, 1979, 30, 157.
2. Arata N. Nuovo Cim., 1978, 43A, 455.
3. Марутян Н.А. и др. ЯФ, 1979, 29, 1566.
4. Дремин И.М. Письма в ЖЭТФ, 1981, 34, 617; ЯФ, 1983, 37, 649.
5. Дремин И.М. Письма в ЖЭТФ, 1979, 30, 152; ЯФ, 1981, 33, 1357.
6. АГМТ — сотрудничество. ЯФ, 1979, 29, 678.
7. Cavasinni V. et al. Z. Phys. C, 1984, 21, 299.