

# КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ МЕТОД АНАЛИЗА ГАММА-СЕМЕЙСТВ С ЭНЕРГИЕЙ $\Sigma E_\gamma = 40 - 500$ ТЭВ

*С.А.Азимов, А.Е.Барышнева, Э.Ж.Муллаханов,  
Х.Нуритдинов, Д.А.Талипов, Д.А.Халилов,  
Т.С.Юлдашбаев*

В результате анализа  $\gamma$ -семейств с большими значениями  $\bar{E}R$  обнаружены азимутальные корреляции динамического происхождения.<sup>1</sup>

В настоящей работе проводится исследование зависимости азимутальных эффектов от пространственных характеристик  $\gamma$ -семейств и сопоставление их с расчетами, основанными на различных моделях сильного взаимодействия.

Для изучения азимутальных корреляций использовали предложенный в [1] чувствительный статистический критерий, примененный для анализа  $\gamma$ -семейств в работах [2 – 4]:

$$\alpha = \frac{\beta_2}{\sqrt{n_\gamma(n_\gamma - 1)}}, \text{ где } \beta_2 = \frac{\sum_{i \neq j}^{n_\gamma} \cos 2\epsilon_{ij}}{\sqrt{n_\gamma(n_\gamma - 1)}}$$

$\epsilon_{ij}$  – углы между поперечными импульсами  $i$ -й и  $j$ -й частиц, определяемые как разность между их азимутальными углами  $\phi$  ( $\epsilon_{ij} = \phi_i - \phi_j$ ,  $i = 1, 2, \dots, n_\gamma$ ,  $j = 1, 2, \dots, n_\gamma$ ,  $i \neq j$ ,  $0 \leq \phi < 2\pi$ ,  $0 \leq \epsilon_{ij} \leq \pi$ ) в плоскости, перпендикулярной к направлению первичной частицы. Любая функция от относительных углов  $\epsilon_{ij}$  не будет зависеть от начала отсчета углов  $\phi$ . Величина  $\alpha$  не зависит от множественности  $n_\gamma$  и значение  $\alpha = 1$  соответствует полной компланарности  $n_\gamma$  импульсов частиц в плоскости, перпендикулярной к азимутальной. При изотропном, равномерном азимутальном угловом распределении частиц  $\alpha$  достигает минимального значения  $\sim 0$  (для  $n_\gamma >> 1$ ).

Экспериментальные данные Памирского эксперимента сравниваются с искусственными семействами, рассчитанными сотрудниками Лодзинского Университета на основе трех моделей сильного взаимодействия (*S*-, *WS*- и *HS*-модели [5]).

В первой модели (скейлинговая *S*-модель) масса файрбола была принята равной  $M = 2,6$  ГэВ, а температура распада кластера  $P_o = 0,169$  ГэВ/с, которая соответствовала среднему значению поперечного импульса частиц  $P_\perp = 0,4$  ГэВ/с.

Вторая модель (*WS*) – также скейлинговая с массой файрбола  $M = 5,2$  ГэВ и  $P_o = 0,338$  ГэВ/с. В этой модели поперечные импульсы вторичных частиц вдвое больше, чем в *S*-модели ( $\bar{P}_\perp = 0,8$  ГэВ/с).

В третьей модели предполагается нарушение скейлинга (*HS*-модель), вторичные частицы рождаются через тяжелый кластер с массой  $M = 20,8$  ГэВ, т.е. идет быстрое дробление энергии между вторичными частицами.

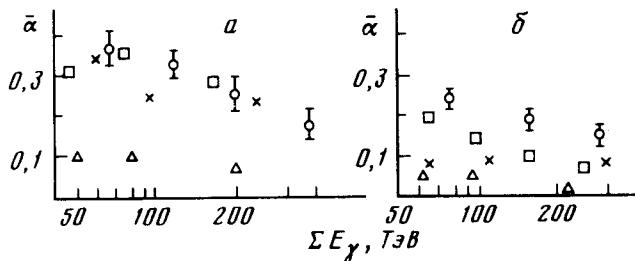


Рис.1.

Для исследования азимутальных эффектов было отобрано 328  $\gamma$ -семейств с энергией  $\Sigma E_\gamma = 40 - 500$  ТэВ и числом частиц  $n_\gamma \geq 4$ , зарегистрированных в радиусе  $R \leq 30$  см от энергетически взвешенного центра семейства. Минимальная пороговая энергия  $\gamma$ -квантов в семействах выбиралась равной  $E_{\text{пор}} \geq 4$  ТэВ.

Экспериментальные данные были разбиты на ряд энергетических интервалов по  $\Sigma E_\gamma$ , для которых определялось среднее значение величины  $\bar{\alpha}$ . На рис.1, *a* нанесены данные о зависимости азимутальных корреляций от энергии семейств (крестики — *S*-модель, квадратики — *WS*-модель, треугольники — *HS*-модель, точки — эксперимент при  $E_{\text{пор}} \geq 4$  ТэВ).

Как видно из рис.1, *a*, наблюдается общая тенденция падения азимутальных эффектов с ростом  $\Sigma E_\gamma$ . При этом средняя величина  $\bar{\alpha}$  в *HS*-модели в несколько раз меньше, чем на эксперименте и в других скейлинговых моделях. Значения  $\bar{\alpha}$ , полученные в *S*- и *WS*-моделях близки к экспериментальным результатам.

Как известно,  $\gamma$ -семейства, регистрируемые на уровне гор, формируются в результате сильного каскадного размножения исходных  $\gamma$ -квантов при прохождении через атмосферу. В результате возникает проблема выделения нетривиальных азимутальных корреляций, возникающих за счет динамики сильного взаимодействия, на фоне электромагнитного размножения исходных  $\gamma$ -квантов в атмосфере.

С этой целью в работе была предпринята попытка грубого объединения наблюдаемых квантов в исходные на одной средней высоте их образования в атмосфере (процедура декаскадирования [6]). В качестве параметра декаскадирования принималась величина  $Z = 10$  ТэВ<sup>0.9</sup> мм

На рис.1, *b* представлена зависимость азимутальных эффектов от энергии  $\Sigma E_\gamma$  после проведения процедуры декаскадирования. Ослабление эффекта электромагнитного каскадного размножения исходных  $\gamma$ -квантов привело к уменьшению азимутального параметра  $\bar{\alpha}$ . При этом величина  $\bar{\alpha}$ , полученная из *S*- и *WS*-моделей, оказалась значительно меньше экспериментальной, что указывает на существование в эксперименте нетривиальных азимутальных корреляций динамического происхождения во всем диапазоне энергий  $\Sigma E_\gamma = 40 - 500$  ТэВ.

На рис.2, *a* зависимость азимутальных корреляций от величины  $\langle ER \rangle$ , усредненной по различным интервалам средних значений  $ER$  ( $E$  — энергия  $\gamma$ -кванта,  $R$  — его расстояние от оси семейства), которые пропорциональны средним поперечным импульсам частиц.

Как видно из рис.2, *a*, в области  $ER = 0 - 600$  ТэВ мм величина  $\bar{\alpha}$  из *S*- и *WS*-моделей не противоречит эксперименту, а  $\bar{\alpha}$  из *HS*-модели

значительно меньше экспериментальных. В области  $\bar{ER} > 600$  ТэВ мм величина  $\bar{\alpha}$  существенно возрастает.

Эффект резкого возрастания азимутальных корреляций в области больших значений  $\bar{ER}$  особенно ярко проявляется после проведения процедуры декаскадирования (см. рис.2, б).

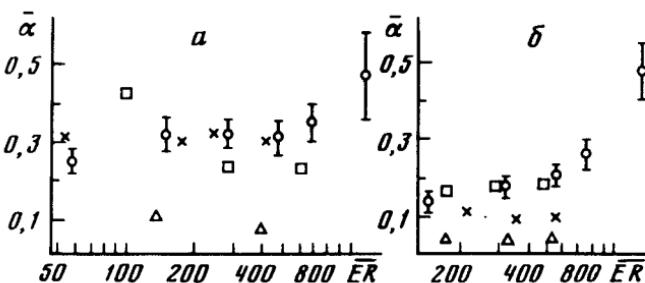


Рис.2.

В области  $\bar{ER} < 600$  ТэВ мм только *WS*-модель согласуется с экспериментом, *S*- и *HS*-модели дают гораздо меньшие величины  $\bar{\alpha}$ . При больших  $\bar{ER} > 800$  ТэВ мм  $\bar{\alpha}$  в  $\sim 3,5$  раза превышает среднее значение, что может указывать на доминирующую роль струйного механизма образования семейств с  $\bar{ER} > 600$  ТэВ мм.

Если избыток семейств с большими, чем в *WS*-модели значениями азимутального параметра  $\bar{\alpha}$  обусловлен событиями струйного типа, то доля таких событий среди всех  $\gamma$ -семейств с энергией  $\Sigma E_\gamma \geq 90$  ТэВ составляет  $24 \pm 5\%$ .

Физико-технический институт  
им. С.В.Стародубцева  
Академии наук Узбекской ССР

Поступила в редакцию  
26 декабря 1980 г.

После переработки  
2 марта 1981 г.

### Литература

- [1] Ш.Абдужамилов, С.А.Азимов, Л.Н.Чернова, Г.М.Чернов, В.М.Чудаков. ЖЭТФ, 45, 407, 1963.
- [2] S.A.Azimov, E.G.Mulladjanov, H.Nuritdinov, D.A.Talipov, T.S.Yuldashbaev. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Lodzkiego, 60, 281, 1977.
- [3] С.А.Азимов, Э.Ж.Муллажанов, Х.Нуритдинов, Д.А.Талипов, Т.С.Юлдашбаев. Препринт ФИАН №127, 1978.
- [4] S.A.Azimov, E.G.Mulladjanov, D.A.Talipov, T.S.Yuldashbaev. Proc. 16-th Intern. Cosmic Ray Conf., Kyoto, 7, 262, 1979.
- [5] J.A.Wrotniak. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Lodzkiego, 60, 175, 1977.
- [6] Л.Т.Барадзей, Ю.А.Смородин, Е.А.Солопов. Препринт ФИАН №103, 1974.