

ВЛИЯНИЕ АЛГОРИТМА СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ И ПАРАМЕТРОВ
УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОННО-ФОТОННОЙ
И МЮОННОЙ КОМПОНЕНТЫ ШАД

Н. М. Никольская, И. Н. Стаменов

УДК 537.591

Методом симуляции ливней исследовано влияние управляющей системы, геометрии расположения детекторов Тянь-Шаньской комплексной установки и применяемого алгоритма обработки данных на характеристики электронно-фотонной и мюонной компоненты в ливнях величиной $10^5 < N_e < 10^7$.

Геометрия расположения детекторов электронно-фотонной и мюонной компоненты, их основные параметры, а также логика управляющей системы, отбирающей ливни на Тянь-Шаньской комплексной установке ШАД, достаточно подробно описаны в работах /1,2/. Для этой конкретной детекторной конфигурации разыграны "искусственные" ливни в следующих основных предположениях:

- а) Пространственное распределение потока заряженных частиц в ливне аксиально-симметрично /3/.
- б) Пространственное распределение потока электронов в ливне описывается функцией Нишимура и Камата в аппроксимации Грейзена /4/.

В дальнейшем координаты места попадания оси выбиралось разыгрываем с учетом условия, что плотность попадания осей на единицу площади равномерно распределена в круге радиусом ~ 50 м.вокруг геометрического центра установки. Угловые координаты осей (θ, φ) выбиралось также разыгрываем с учетом того, что зенитное угловое распределение на уровне гор описывается функцией $w(\theta)d\theta \sim \cos^5 \theta d\theta$, а азимутальное $w(\varphi) = \text{const}$. Заданная величина ливня N_{e3} выбиралась с учетом спектра ливней по числу частиц, который представляется степенной функцией $F(>N_{e3}) \sim N_{e3}^{-2.1}$. Рассматривались в

основном два варианта формы этого спектра: а) $x = 1,5$ для $10^5 < N_3 < 10^7$; б) $x_1 = 1,5$ для $10^5 < N < 10^6$ и $x_2 = 2,0$ для $10^6 < N < 10^7$. Величина среднего значения параметра возраста ливня \bar{s} могла принимать значения: 0,8; 1,0; 1,2; 1,4. При этом предполагалось, что распределение параметра возраста s описывается достаточно хорошо распределением Гаусса с $\sigma_s = 0,15$. В некоторых вариантах принималось и $\sigma_s = 0,30$ с целью исследования чувствительности остальных параметров к изменению этой величины.

После выбора основных параметров ливня: координат оси $(X_3, Y_3, \theta, \varphi)$, возраста S_3 и числа частиц N_{e3} рассчитывались средние ожидаемые плотности потока электронов в каждом из детекторов установки по формуле NKG:

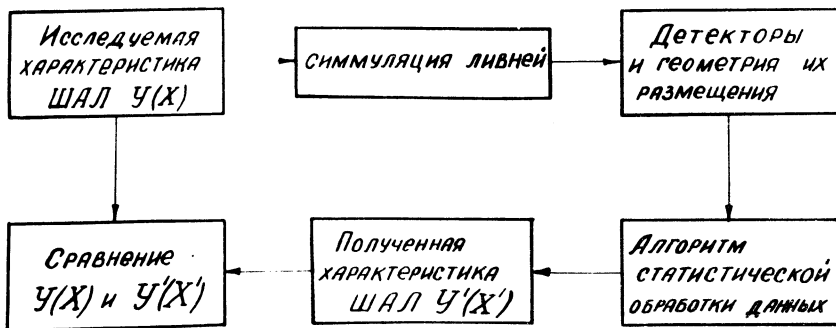
$$\bar{\rho}_{eiz} = \left[\frac{N_3}{r_M^2} \right] c(s) x_1^{s-2} (x_1 + 1) S_3^{-4,5}; \quad \text{где } x_1 = \frac{r_i}{r_M}.$$

Далее принималось, что регистрируемые детектором числа частиц $n_i = \rho_i S_i$ распределены вокруг ожидаемого среднего значения $\bar{n}_{i3} = \bar{\rho}_{i3} S_i$ по закону Гаусса. При этом зависимость $\sigma(\bar{n}_i) = \sqrt{\bar{n}_i} + 0,15\bar{n}_i$ является результатом экспериментального изучения особенностей применяемых детекторов.

Из симулированных таким образом ливней отбирались те, которые удовлетворяют условиям управляющей системы, после чего они записывались на стандартную магнитную ленту. Впоследствии эти искусственные ливни подвергались обработке с помощью стандартного алгоритма статистической обработки экспериментальных данных /2/, в результате чего получался аналогичный набор "полученных" характеристик ливней $(X_{\Pi}, Y_{\Pi}, \theta, \varphi, \rho_i, N_{e\Pi}, S_{\Pi})$.

Для ливней, удовлетворивших мастерным условиям и критериям алгоритма обработки, рассчитывались "ожидаемые" средние плотности потока мюонов $\bar{\rho}_{\mu i}$ с $E_{\mu} > 5$ Гэв в каждой i -той детекторной группе подземного мюонного детектора: $\bar{\rho}_{\mu i} = \varphi_{\mu}(r_{\mu z}) \Phi(N_{\mu})$, где $\Phi(N_{\mu}) = K_{\mu} N_{\mu z}^{0,84} w(N_{\mu})$. При этом функция $w(N_{\mu})$ описывает предполагаемые флуктуации числа мюонов в ливне с заданным числом частиц. "Регистрируемые" i -тым детектором числа мюонов $n_{\mu i}$ распределены вокруг ожидаемого среднего по закону Пуассона. Таким образом, после рассмотрения этой информации алгоритмом обработки экспериментальных данных для каждого ливня организуется полный набор

заданных и полученных параметров мюонной и электронной компонент ливня ($X, Y, \Theta, \varphi, N_e, N_\mu, S, P_{ei}, P_{\mu i}$). Логика сравнения "заданных" и "полученных" характеристик ливней иллюстрируется рис. I.



Р и с. I. Логическая схема сравнения "заданных" и "полученных" характеристик ливней

В результате исследования /5/ влияния применяемого алгоритма обработки данных и параметров управляющей системы на характеристики электронно-фотонной и мюонной компонент ливней, регистрируемых на Тянь-Шаньской комплексной установке, установлено:

1. Управляющая система отбирает с практически 100% эффективностью ливни с осями в круге радиусом $R \leq 5$ м, возрастным параметром $0,6 < S < 1,3$ и величиной $N_e \geq 10^5$. В круге радиусом 10 м ливни с числом частиц $N_e > 1,8 \cdot 10^5$ и $\bar{S} = 0,8 - 1,0$ регистрируются с вероятностью $\xi = 98\%$, при $\bar{S} = 1,2$ - с $\xi = 93\%$, а старые ливни с $\bar{S} \geq 1,4$ несколько дискриминируются установкой ($\xi \approx 80\%$).

2. Детекторная система ливневой части Тянь-Шаньской комплексной установки и применяемый алгоритм обработки статистического материала дают возможность достаточно хорошо определить основные параметры ливня.

а) Точность определения координат оси ливня слабо зависит от величины возрастного параметра, если $\bar{S} \leq 1,2$, при этом средняя абсолютная ошибка Δr не более 1,2 м в области $|X, Y| \leq 7$ м и уменьшается до 0,5 м с ростом числа частиц.

б) Точность определения возрастного параметра в индивидуальном ливне с осью в области $|X, Y| \leq 7$ м и $\bar{S} < 1,4$ не хуже $\Delta S =$

= 0,1. В результате применяемого алгоритма происходит "старение" малых ливней на $\Delta \bar{s} \approx 0,03$, а в больших ливнях ($N_e > 10^6$) систематических искажений \bar{s} практически нет ($\Delta \bar{s} \leq 0,01$).

в) Средняя относительная точность в определении числа частиц ($\Delta N_e / N_e$) в ливнях с $\bar{s} \leq 1,0$ и $|X, Y| < 7$ м не хуже 10% и с ростом мощности ливня улучшается. При этом происходит систематическое завышение числа частиц в ливне величиной $10^5 < N_e < 10^6$ при $\bar{s} = 0,8$ на $\Delta N_e / N_e = (7 + 10)\%$, а при $\bar{s} = 1,2$ на $\Delta N_e / N_e = (10 + 15)\%$.

3. Регистрируемое пространственное распределение потока электронов не искажается алгоритмом обработки данных и управляющей системой в интервале $N_e = 1,78 \cdot 10^5 + 10^7$ и $\bar{s} \leq 1,2$. Максимальное систематическое искажение ($\Delta \rho_e / \rho_{e3}$) в интервале $10 < r < 100$ м не более 10%.

а) Применяемые в некоторых работах /6,7/ способы усреднения плотностей потока электронов в заданном интервале расстояний и разбавка ливней по величине могли бы приводить к результату фиктивному старению ливней на $\Delta \bar{s} \sim 0,30$.

4. Систематические искажения плотности потока мюонов на заданном расстоянии от оси не превышают величины $\Delta \rho_\mu / \rho_\mu = 0,10$ в интервале $6 \text{ м} < r < 80 \text{ м}$ и $1,78 \cdot 10^5 < N_e < 5,6 \cdot 10^6$.

5. Зависимость числа мюонов N_μ от величины ливня N_e не искажается в диапазоне $1,3 \cdot 10^5 < N_e < 10^7$.

6. Разработан алгоритм "варируемых распределений" /5/, позволяющий провести детальное прямое сравнение любого теоретически предсказываемого распределения $w(N_\mu), N_e = \text{Const}$ с соответствующим экспериментально полученным $w(Y_\mu), N_e = \text{Const}$.

В заключение авторам хотелось бы поблагодарить проф. С. И. Никольского за внимание и интерес к работе, а Н. М. Нестерovu, Е. И. Тукиша и В. С. Асейкина за ряд критических замечаний и пожеланий.

Поступила в редакцию
24 сентября 1975 г.

Л и т е р а т у р а

1. Т. П. Аминева, В. С. Асейкин, Ю. Н. Вавилов и др. Труды ФИАН, 46, 157 (1970).
2. V. S. Aseikin, V. P. Bobova, A. G. Duboviy et al. PISCR, München EA 1-13, 1975.
3. Г. Т. Зацепин. Диссертация. ФИАН, 1953 г.
4. К. Грейзен. Физика космических лучей, т.3, ИЛ, Москва, 1958 г., стр. 7.
5. Н. М. Никольская, И. Н. Стаменов. Препринт ФИАН № 124, № 125, 1975 г.
6. В. И. Соловьева. Диссертация. ФИАН, 1964 г.
7. Е. И. Тукиш. Диссертация. ФИАН, 1963 г.