

## КАЛИБРОВКА СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ ДЕТЕКТОРОВ УСТАНОВКИ "АНИ"

Е.В. Данилова, В.А. Ромахин

*С целью калибровки сцинтиляционных детекторов для измерений плотности потоков частиц широких атмосферных ливней измерено соотношение между наивероятным откликом детектора на неколламированный поток частиц и средним откликом детектора на вертикальный поток частиц из фона космических лучей.*

На создаваемой в настоящее время установке "АНИ" предполагается использовать около  $10^3$  пластических сцинтиляционных детекторов для регистрации широких атмосферных ливней (ШАЛ) космических лучей /1/. Амплитуда импульса фотоэлектронного умножителя (ФЭУ) сцинтиляционного детектора пропорциональна локальной плотности потока частиц ШАЛ при достаточно большом числе частиц, попавших в детектор /2/.

В детекторах, разработанных для установки "АНИ", импульс ФЭУ поступает на логарифмический амплитудно-цифровой преобразователь, создающий серию стандартных импульсов /3/. Увеличение числа импульсов серии — кода  $n$  — на единицу соответствует увеличению амплитуды на 10,5%. Код  $n$  связан с количеством частиц  $i$ , прошедших через сцинтиллятор по вертикали, соотношением  $n = 10 \ln i + n_0$ , где  $n_0$  — отклик детектора на одну частицу.

Вследствие статистического характера всех процессов в сцинтилляторе и геометрических факторов имеет место амплитудное распределение импульсов ФЭУ детектора при регистрации одной частицы. По аналогии с работами /2, 4 — 7/ для характеристики отклика детектора на вертикальную частицу измерялось среднее значение  $\langle n_0 \rangle$  распределения кодов  $n$ . Нестабильности аппаратуры вызывают изменения отклика детектора со временем /8/. По этой причине на установке "АНИ" предусматривается контроль каждого детектора один раз в 20—30 минут. Для этого регистрируется фон космических лучей, а характеристикой отклика детектора является наивероятный код  $n_m$  /8/. Разность откликов  $d = \langle n_0 \rangle - n_m$ , характеризующая отношение путей в сцинтилляторе вертикальных частиц и частиц с угловым распреде-

лением фона космических лучей, по-видимому, не должна зависеть от нестабильностей детектора и от разброса характеристик детекторов одной конструкции. Поэтому измерение величины  $d$  является калибровкой, которая позволит использовать относительно легко измеряемые величины наивероятного отклика детектора на фон космических лучей для определения плотности потоков частиц ШАЛ.

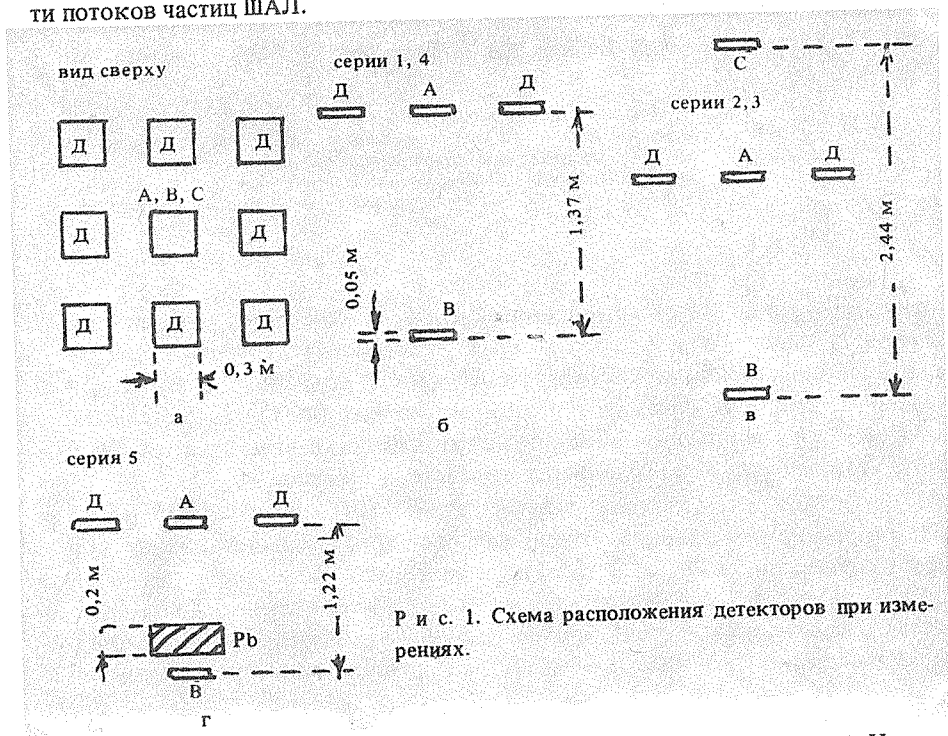
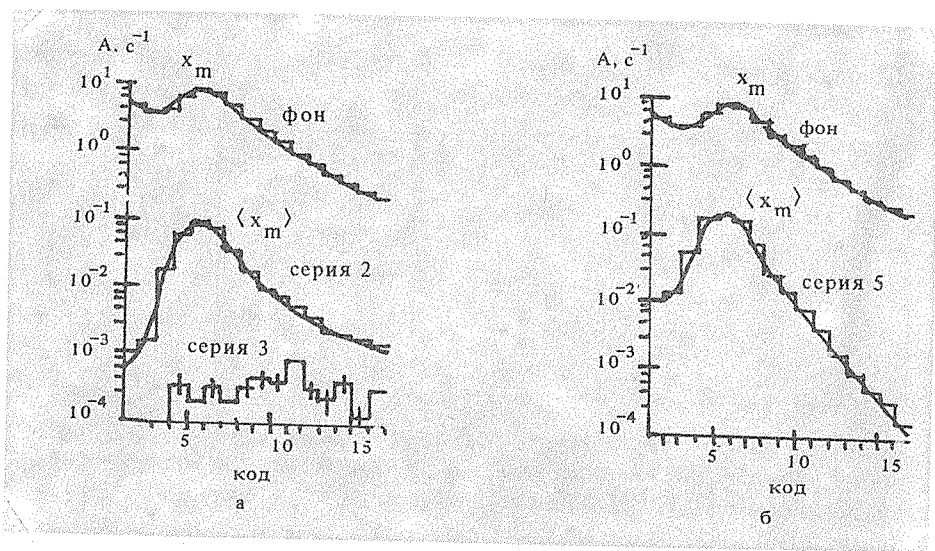


Схема расположения детекторов при измерениях показана на рис. 1. Из детекторов А, В, С составлен вертикальный телескоп. Детекторы Д служат для исключения случаев множественного прохождения ливневых частиц через сцинтиллятор. Для калибруемого детектора А в памяти микро-ЭВМ одновременно накапливаются два амплитудных распределения: фона и сигналов, совпавших во времени с сигналами детекторов В и С и не совпавших во времени ни с одним сигналом детекторов Д. Полученные в нескольких сериях измерений распределения (рис. 2) были аппроксимированы методом кубических сплайн-функций. Для фона вычислялось положение максимума аппроксимации  $p_m$ , для вертикального потока — среднее значение кода по

аппроксимации  $\langle n_0 \rangle$ . Ошибки величин  $\langle n_0 \rangle$  и  $n_m$  были оценены при помощи розыгрыша пуассоновских флуктуаций для всех чисел, составляющих экспериментальное амплитудное распределение.

Измерения серий 1 и 2 отличались только величиной допустимого угла отклонения от вертикали  $\alpha$ . Сравнивая их, можно выяснить влияние  $\alpha$  на форму амплитудного распределения вертикального потока. Полученные значения  $d = \langle n_0 \rangle - n_m$  хорошо согласуются:  $d = 1,7 \pm 0,2$  (серия 1,  $\alpha = 17,8^\circ$ ),  $d = 1,8 \pm 0,4$  (серия 2,  $\alpha = 10,0^\circ$ ). С целью проверить вклад многочастичных событий в распределение вертикального потока порог регистрации сигналов детектора В в серии 3 был повышен до среднего сигнала от двухчастичных событий. Интенсивность регистрируемых сигналов оказалась в 65 раз меньше, чем в серии 2. Измерения серии 4 повторяли серию 1 с другим детектором. Полученное значение  $d = 1,5 \pm 0,3$  не отличается от приведенных ранее в пределах ошибок, что свидетельствует в пользу применимости калибровки для различных детекторов одной конструкции. За окончательное значение можно принять статистически наиболее обеспеченный результат, полученный в серии 1:  $d = 1,7 \pm 0,2$ .



Р и с. 2. Распределения амплитуд  $A$  сцинтилляционного детектора, полученные при регистрации: а – фона космических лучей и вертикального потока из фона космических лучей в сериях 2, 3; б – фона космических лучей и вертикального потока мюонов из фона космических лучей в серии 5.

Для калибровки детекторов, расположенных в подземной лаборатории и регистрирующих мюоны в составе ШАЛ, в серии 5 над детектором В был установлен свинцовый поглотитель толщиной около 215 г/см<sup>2</sup>. При обработке получен результат  $d = 0,7 \pm 0,1$ .

В табл. 1 представлены значения отношения средней амплитуды  $\langle v_0 \rangle$  сигнала ФЭУ при регистрации вертикальных частиц к наимвероятному значению амплитуды  $v_m$  при регистрации фона, полученные при калибровке сцинтилляционных детекторов на других установках. Для сопоставления с этими результатами полученные значения  $d$  приведены к отношению амплитуд  $\langle v_0 \rangle / v_m = \exp(d/10)$ .

Таблица 1

*Сравнение калибровочных коэффициентов, полученных в различных работах*

Глубина уровня наблюдения, г/см <sup>2</sup>	Толщина детектора, см	$\langle v_0 \rangle / v_m$	$\langle v_0 \rangle / v_m$ для мюонов
935 /6/	0,3	1,11	—
1000 /7/	5	$0,92 \pm 0,02$	—
935 /4/	3,5	$1,05 \pm 0,01$	$0,99 \pm 0,01$
730 /3, 4/	3,5	$1,30 \pm 0,04$	$1,07 \pm 0,01$
700 (данная работа)	5	$1,19 \pm 0,02$	$1,07 \pm 0,02$

Уменьшение соотношения  $\langle v_0 \rangle / v_m$  с ростом толщины сцинтиллятора вероятно обусловлено уменьшением ширины и асимметрии распределения ионизационных потерь. Наблюдается также рост  $\langle v_0 \rangle / v_m$  с уменьшением глубины в атмосфере. Полученные данные не выпадают из диапазона значений, найденных другими авторами.

Данные проведенной калибровки вполне пригодны для определения плотности потоков частиц ШАЛ с точностью около 10%, предполагаемой на установке "АНИ".

## ЛИТЕРАТУРА

1. Д а н и л о в а Т.В. и др. Изв. АН АрмССР, физика, 17, вып. 3—4, 129 (1982).
2. Clark T. et al. Phys. Rev., 122, № 2, 637 (1961).
3. Ромахин В.А., Субботин Б.В. Труды ФИАН, 147, 92 (1981).
4. Nii N., Nakatsuka T. 16th ICCR, Kyoto, 8, 211 (1979).
5. Nii N., Nakatsuka T. 17th ICCR, Paris, 9, 356 (1981).
6. Hatano J. et al. 16th ICCR, Kyoto, 11, 161 (1979).
7. Hata T. et al. 17th ICCR, Paris, 9, 352 (1981).
8. Багдасарян Г.А., Данилова Е.В., Субботин Б.В. Препринт ЕФИ-696(2)-84, Ереван, 1984.

Поступила в редакцию 8 августа 1985 г.