

БАКСАНСКИЙ ПОДЗЕМНЫЙ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЙ ТЕЛЕСКОП*

Совместно с Е.Н. Алексеевым, В.В. Алексеенко, Ю.М. Андреевым, В.Н. Бакатановым, А.Н. Будкевичем, А.В. Воеводским, В.И. Волченко, М.Д. Гальпериним, А.А. Гительсоном, В.И. Гуренцовым, В.Л. Дадыкиным, В.А. Догужаевым, Я.С. Еленским, В.Н. Закидышевым, В.А. Козяревским, И.М. Когаем, Н.Ф. Клименко, А.А. Кирюшиным, Ю.Н. Коноваловым, Б.А. Макоевым, В.Я. Марковым, Ю.Я. Марковым, Н.А. Метлинским, Ю.В. Маловичко, С.П. Михеевым, А.Р. Михелевым, Ю.С. Новосельцевым, В.Г. Сборщиковым, Ю.В. Стенькиным, В.И. Степановым, В.В. Скляровым, Ю.Р. Сулла-Петровским, Т.И. Тулуповой

На Баксанской нейтринной обсерватории Института ядерных исследований АН СССР создан подземный сцинтилляционный телескоп, предназначенный для исследования мюонов и нейтрино космических лучей. Установка расположена в горной выработке объемом $12\ 000\ м^3$ на расстоянии $550\ м$ от начала горизонтального тоннеля. Эффективная глубина, на которой находится телескоп, составляет $850\ г\cdot см^2$ [1]. Телескоп представляет собой четырехэтажное здание размером $16\times 16\ м$ и высотой $11\ м$, стены и перекрытия которого собраны из стандартных детекторов. Общий вид телескопа приведен на рис. 1.

Здание телескопа собрано из бетонных блоков толщиной $80\ см$. Для уменьшения фона естественной радиоактивности в качестве наполнителя бетона использованы ультраосновные породы, обладающие низким уровнем собственной активности. Установка состоит из четырех вертикальных и четырех горизонтальных слоев и содержит около 3200 детекторов. Расстояние между горизонтальными плоскостями составляет $3.6\ м$.

Отдельный стандартный детектор [2] представляет собой алюминиевый контейнер размером $70\times 70\times 30\ см$, покрытый изнутри диффузно отражающей белой эмалью и наполненный жидким сцинтиллятором [3] на основе уайт-спирита с растворенными в нем сцинтиллирующей и пересвечивающей добавками. Объем детектора просматривается одним фотоумножителем типа ФЭУ-49 с диаметром фотокатода $15\ см$. Для уменьшения неоднородности светосбора по объему детектора часть пространства непосредственно под фотокатодом занята иллюминатором из оргстекла. Величина светосбора для траекторий частиц, проходящих через край и центр детектора, отличается на 20% .

* Известия АН СССР, сер. физ., т. 44, No 3, 609 (1980).

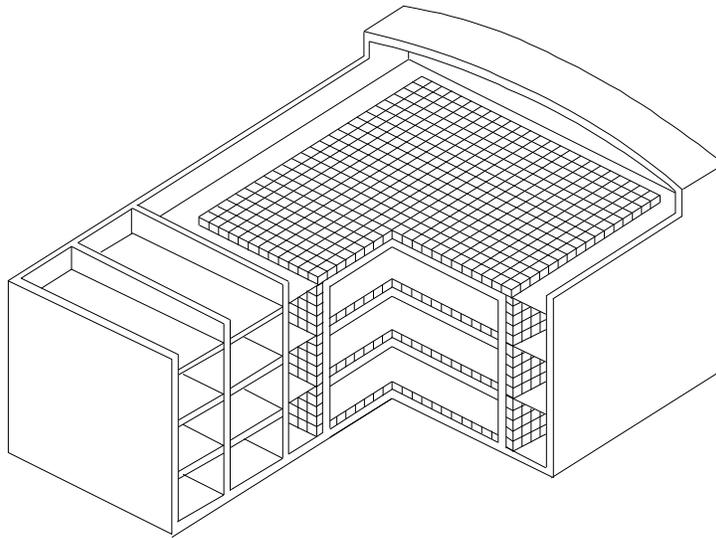


Рис. 1. Общий вид телескопа

В каждом детекторе предусмотрена регулировка коэффициента усиления и времени задержки фотоумножителя. Коэффициент усиления определяется по величине анодного тока при засветке детектора радиоактивным источником, а величина времени задержки - при облучении детектора импульсным рентгеновским источником.

Информация с детекторов снимается параллельно по нескольким каналам. Анодные сигналы всех детекторов одной плоскости суммируются, и этот сигнал используется для измерения времени пролета частицы, величины энергосодержания в плоскости в диапазоне от 25 МэВ до 10 ГэВ (при пересечении детектора одиночной частицей выделяется энергия 50 МэВ), а также для выработки управляющего сигнала. Сигнал с последнего двенадцатого динода ФЭУ поступает на формирователь, находящийся в каждом детекторе, который вырабатывает стандартный сигнал в случае, если энергосодержание в детекторе превышает 10 МэВ . Сформированный сигнал поступает в годоскоп импульсного канала (ГИК). Чтобы расширить диапазон измеряемых энергосодержаний в детекторе, используется сигнал с пятого динода фотоумножителя, который преобразуется в импульс, длительность которого пропорциональна логарифму амплитуды первоначального сигнала. Диапазон измеряемых при этом энергий составляет $0.5 - 500 \text{ ГэВ}$ для каждого детектора. Для записи этого сигнала используется годоскоп амплитудного канала (ГАК), где запоминается длительность импульса. Запись информации в годоскопы происходит при наличии управляющего импульса, формируемого из анодных сигналов.

Измерение пролета частицы производится по стандартным логическим сигналам, формируемым из анодных; передний фронт этих импульсов в динамическом диапазоне более 60 дБ соответствует с погрешностью менее 1 нс уровню 0.15 амплитуды анодного сигнала. Для измерения величины энергосодержания в плоскости суммарные анодные сигналы преобразуются в импульсы, длительность которых пропорциональна логарифму амплитуды.

параллельных мюонов [7]; 5) анизотропия космических лучей; 6) поток мюонов, рожденных нейтрино космических лучей в грунте [8, 9]; 7) наблюдение за нейтринными вспышками, возникающими при гравитационном коллапсе звезды [10]. Для каждой программы вырабатывается управляющий сигнал, включающий необходимую регистрирующую аппаратуру. Большинство перечисленных задач требует длительной и непрерывной эксплуатации установки. Поэтому особую важность приобретает вопрос стабильности и надежности работы телескопа.

Для обеспечения этого непосредственно в процессе работы телескопа производится периодическое автоматическое измерение темновых токов и коэффициентов усиления ФЭУ. Радиоактивным источником облучается группа детекторов, величины их анодных токов записываются в ЭВМ, где сравниваются с эталонными значениями, хранящимися в памяти машины. Отклонения величины токов от эталонных выводятся на магнитную ленту и на ЦПУ. Погрешность измерения коэффициентов усиления ФЭУ не превышает 2%. Относительная стабильность коэффициентов усиления ФЭУ обеспечивается использованием одного высоковольтного источника питания ФЭУ для всех детекторов телескопа, долговременная стабильность которого не хуже 10^{-4} . Стабильность коэффициентов усиления ФЭУ, определяемая рядом факторов (среди которых следует выделить нестабильность питающего напряжения, старение ФЭУ и элементов схем делителя) не менее $\pm 2\%$, что соответствует изменению суммарного темпа счета детекторов не более $5 \cdot 10^{-3}$.

Кроме того, во время работы установки производится непрерывный контроль темпа счета частиц каждого детектора. Данные о темпе счета выводятся на дисплей для оперативного определения отклонений его от нормы, а также периодически - на магнитную ленту. Измерение отклонений темпа счета детектора от среднего значения производится с погрешностью менее 1.5% при выводе результатов монитора два раза в сутки.

Контроль за стабильностью порога формирователя сигнала с двенадцатого динода ФЭУ каждого детектора производится периодически по результатам монитора системы с управлением ГИК сигналом, вырабатываемым при прохождении частицей двух или более плоскостей.

Комбинация перечисленных форм диагностики, а также введение автоматического контроля времени задержки детекторов и параметров логарифмических преобразователей сигналов с пятого динода ФЭУ каждого детектора позволяют в процессе набора информации непрерывно диагностировать каждый детектор.

Диагностика работы системы управления производится с помощью ЭВМ посредством измерения темпа счета управляющего сигнала по каждой из программ, суммарного темпа счета каждой плоскости телескопа и различных комбинаций совпадений плоскостей. Кроме того, вводится система непрерывного автоматического контроля напряжений, питающих детекторы, регистрирующую и управляющую электронику.

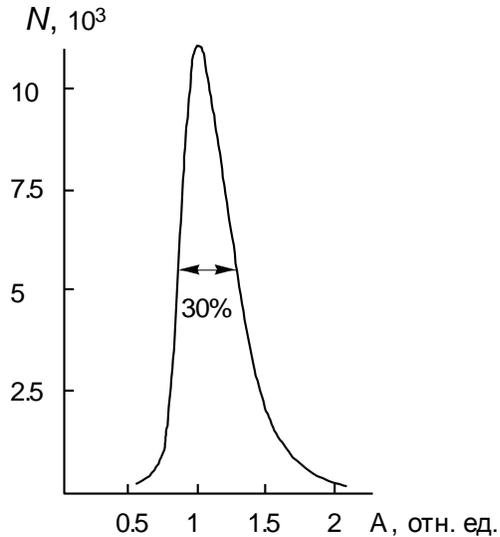


Рис. 3. Амплитудное разрешение телескопа

Угловое разрешение телескопа определяется размером детектора и составляет 2° при длине траектории в телескопе 10 м. Измерение временного разрешения телескопа, которое оказалось равным 3.5 нс [11], показало возможность определения направления вектора скорости частицы. Амплитудное разрешение телескопа, измеренное по четырем горизонтальным плоскостям, равно 25% (рис. 3). Такое разрешение, связанное в основном с распределением Ландау, в принципе достаточно, чтобы измерить число частиц, прошедших через детектор.

Подземный сцинтилляционный телескоп позволяет проводить широкие исследования мюонов и нейтрино космических лучей. При этом имеется почти полная информация о каждом событии: траекторная, амплитудная и временная. Регистрирующая и управляющая системы телескопа рассчитаны на долговременный и параллельный набор информации.

Литература

1. А. Е. Chudakov, Cosnews, No 7, 1977.
2. В. Н. Бакатанов, В. Л. Дадыкин, Тр. V Конф. по сцинтилляторам, ч. 11, Харьков, 1969, стр. 43, 119.
3. А. В. Воеводский и др., Приборы и техн. эксперим., № 1, 85 (1970).
4. E. N. Alexeyev et al., Proc. 16th ICRC, Kyoto, **10**, 12 (1979).
5. V. N. Bakatanov et al., Proc. 16th ICRC, Kyoto, **10**, 175 (1979).
6. V. N. Bakatanov et al., Proc. 16th ICRC, Kyoto, **10**, 179 (1979).
7. А. Е. Chudakov et al., Proc. 16th ICRC, Kyoto, **10**, 188 (1979).
8. Yu. M. Andreyev et al., Proc. 16th ICRC, Kyoto, **10**, 184 (1979).
9. А. Е. Chudakov et al., Proc. 16th ICRC, Kyoto, **10**, 287 (1979).
10. E. N. Alexeyev et al., Proc. 16th ICRC, Kyoto, **10**, 282 (1979).
11. Ю. М. Андреев и др., Известия АН СССР, сер. физ., **44**, 613 (1980).