

УСТРОЙСТВО ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ЧЕРЕНКОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ  
В СОСТАВЕ ТЯНЬ-ШАНЬСКОЙ КОМПЛЕКСНОЙ УСТАНОВКИ

Б. Н. Афанасьев, С. И. Никольский, В. И. Соколовский,  
Е. И. Туклиш

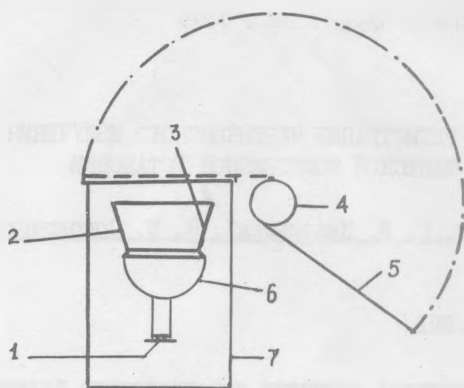
УДК 537.591

Приводится описание черенковского детектора с конусным отражателем и электроники черенковского канала.

В настоящее время в комплексном методе исследования широких атмосферных ливней космического излучения широко используются детекторы черенковского света /1-5/. Это связано с тем, что полный поток черенковского излучения ливня наиболее чувствителен к энергии  $E_0$  первичной частицы. Энергетический порог при регистрации широких атмосферных ливней этим методом определяется эффективной площадью детектора, фоновым свечением ночного неба и необходимым временем интегрирования сигнала /6/.

При разработке устройства была поставлена цель сделать его простым, дешевым и надежным. При этом учитывались два узловых момента. Во-первых, выбор и анализ оптики /7/, которая обеспечивала бы необходимую абсолютную чувствительность детектора. Во-вторых, разработка электроники черенковского канала, которая позволила бы производить амплитудный анализ черенковского сигнала и коррекцию коэффициента усиления всего черенковского тракта, включающего электронику и фотоумножитель.

Черенковский детектор представляет собой фотоумножитель типа ФЭУ-49 (рис. 1) с алюминиевой конусной насадкой, внутренняя поверхность которой полирована и покрыта фтористым магнием с помощью вакуумного напыления. Защитный слой из фтористого магния предохраняет отражающую поверхность конусной насадки от окисления и атмосферной влаги. Конусный отражатель ограничивает угол



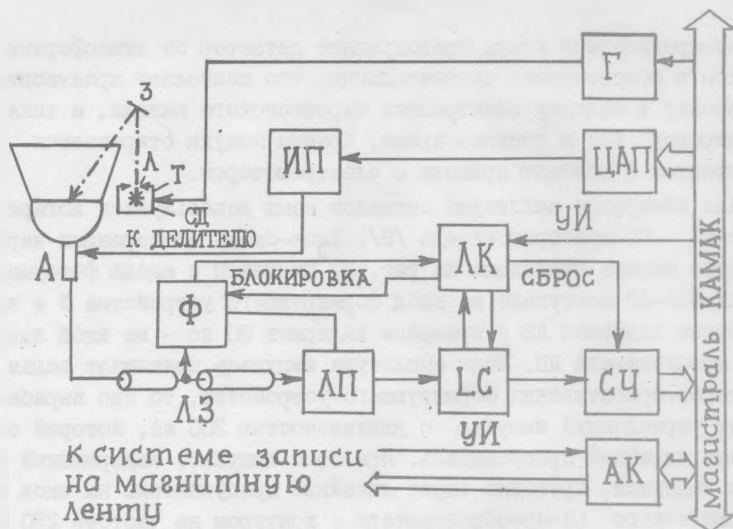
Р и с. 1. Общий вид детектора черенковского излучения: 1 - делитель, 2 - конусная насадка, 3 - отражающая поверхность, 4 - редуктор с электромотором, 5 - крышка кожуха, 6 - ФЭУ-49, 7 - кожух

обзора до  $30^\circ$  и увеличивает эффективную светочувствительную площадь в 1,96 раз по сравнению со светочувствительной площадью фотоумножителя. Поскольку черенковское излучение от широких атмосферных ливней характеризуется относительно быстро спадающей функцией пространственного распределения, т.е. слабой интенсивностью на больших расстояниях от оси, особенно на уровне гор /3,4/, необходимо, чтобы абсолютная чувствительность детектора была достаточно высокой. Чувствительность черенковского детектора, расположенного на расстоянии 200 м от центра установки, для регистрации ливня от первичной частицы с энергией  $2 \cdot 10^{14}$  эВ должна быть не менее  $0,5$  фотон/м<sup>2</sup>. Для достижения такой чувствительности используется детектор с запараллеленными семью фотоумножителями с конусной насадкой. Детектор чувствителен к диапазону длин волн от  $3000 \text{ \AA}$  до  $8000 \text{ \AA}$ , а область максимальной чувствительности лежит в пределах  $3700 - 5000 \text{ \AA}$ . Спектральный коэффициент пропускания защитного покрытия в этом диапазоне длин волн 0,9, а коэффициент отражения полированной поверхности алюминия больше 0,87.

Светонепроницаемый кожух предохраняет детектор от атмосферных осадков и обеспечивает светонепроницаемость, что позволяет производить калибровку и отладку электроники черенковского канала, а также "тренировку" ФЭУ в дневное время. Крышка кожуха открывается и закрывается с помощью привода с электромотором.

Для измерения амплитуды сигналов нами используется логарифмический ИС-преобразователь /8/. Блок-схема электроники черенковского канала приведена на рис. 2. Импульсы с анода фотоумножителя ФЭУ-49 поступают на вход формирующего устройства Ф и через линию задержки ЛЗ с временем задержки 80 нс - на вход линейного пропускателя ЛП. Если амплитуда импульса превышает заданный порог срабатывания формирующего устройства, то оно вырабатывает управляющий импульс с длительностью 200 нс, который открывает линейный пропускатель. При этом импульс, задержанный на линии задержки, проходит через линейный пропускатель на вход логарифмического ИС-преобразователя с контуром на частоте 250 кГц. Число импульсов на выходе ИС-преобразователя, пропорциональное логарифму величины заряда импульса ФЭУ, регистрируется семизрядным двоичным счетчиком СЧ. Двоичный код со счетчиков каждого канала по магистрали КАМАК считывается с помощью автономного контроллера АК и передается далее на запись. Отбор и запись информации контролируется логикой канала ЛК и АК. Если в течение 2 мкс после срабатывания формирующего устройства Ф в логику канала поступит управляющий импульс УИ от сцинтилляционных детекторов, то логика канала ЛК блокирует формирующее устройство Ф, исключая тем самым поступление сигналов от детектора во время амплитудного анализа. Блокировка формирующего устройства снимается лишь после опроса данных со всех черенковских каналов. Если в течение 2 мкс после срабатывания формирующего устройства Ф в логику канала ЛК управляющий сцинтилляционный сигнал УИ не поступает, то блокировка Ф не производится, данные с регистров счетчика тотчас же сбрасываются, обрываются колебания ИС-контура и канал снова готов к анализу амплитуды сигнала.

Для коррекции коэффициента усиления ФЭУ и калибровки всего тракта применяется импульсный источник света, в качестве которого используется светодиод СД. Светодиод обладает высокой стабильностью при запуске импульсами от генератора точных амплитуд, если температура поддерживается неизменной /9/.



Р и с. 2. Блок-схема электроники черенковского канала: А - анод ФЭУ, З - зеркало, СД - световой диод, Т - термостат для светодиода, Г - генератор для светодиода, Л - линза, ИП - источник питания ФЭУ, ЛС - логарифмический преобразователь, Ф - формирователь, ЛЗ - линия задержки, ЛП - линейный пропускатель, ЛК - логика канала, ЦАП - цифро-аналоговый преобразователь, СЧ - двоичный счетчик, АК - автономный контроллер, УИ - управляющий импульс

Стабилизация производится следующим образом: на ФЭУ подается стабильный реперный сигнал от светодиода. Исследуемый и реперный сигналы одинаково усиливаются фотоумножителем и усилителями электроники канала, затем реперный сигнал после преобразования в код сравнивается с заданной величиной - эталоном. При этом отклонение кода реперного сигнала от номинального значения создает корректирующее напряжение на цифро-аналоговом преобразователе ЦАП. Коэффициент усиления ФЭУ регулируется изменением в пределах  $\pm 50$  В корректирующего напряжения на его делителе с помощью схемы, управляемой цифро-аналоговым преобразователем.

Перспективность данной работы заключается в ее исполнении в стандарте КАМАК, что позволяет легко видоизменить блок-схему устройства, а также развивать систему до любого требуемого числа каналов.

Возможность адресного обращения и функциональность блоков позволяют управлять ими с помощью автономного контроллера, что соответствует современным требованиям автоматизации измерений, сброса, обработки экспериментальных данных и управления экспериментом.

Поступила в редакцию  
24 октября 1978 г.

#### Л и т е р а т у р а

1. G. Bosia, C. Castagnoli, G. Marangoni, G. Navarra, O. Saavedra, *Lett. of Nuovo Cimento*, **3**, N 11, 373 (1970).
2. G. Marangoni, Q. Raspollini, O. Saavedra, *Proc. 13<sup>th</sup> Intern. Confer. on Cosmic Rays, (Denver)*, **4**, 2754 (1973).
3. А. Е. Чудаков, В. Л. Дадькин, В. И. Зацепин, Н. М. Нестерова, *Труды ФИАН*, **26**, II8 (1964).
4. A. S. Krieger, H. V. Bradt, *Phys. Rev.*, **185**, N 5, 1629(1969).
5. И. Е. Слещов, М. Н. Дьяконов, Т. А. Егоров и др., *Экспериментальные методы исследования космических лучей сверхвысоких энергий*, Якутск, 1974 г., стр. 25.
6. Дж. Джелли, *Черенковское излучение*. Изд. ИЛ, Москва, 1960 г.
7. S. L. Linder, J. E. Jackson, *Review of Sci. Instr.*, **38**, N 5, 709 (1967).
8. В. И. Степанов, *ПТЭ* № 3, II5 (1969).
9. Ю. Н. Кузин, И. Д. Рапопорт, И. А. Савенко, *Сб. Исследования космических лучей*, М., Наука, 1975 г., стр. 289.