

КАЛИБРОВКА НА КОСМИЧЕСКОМ ИЗЛУЧЕНИИ СВИНЦОВО-СЦИНТИЛЛЯЦИОННОГО МОНИТОРА С ВНУТРЕННИМ ТРИГГЕРОМ

В. А. Басков, Б. Б. Говорков, В. В. Полянский

Калибровка на космическом излучении 4-х канального свинцово-сцинтилляционного монитора с внутренним триггером показала, что учет только совпадающих сигналов счетчиков, находящихся в глубине монитора и регистрирующих конечную часть ливня от высокоэнергичных фотонов, с сигналами любых других счетчиков в начале монитора, регистрирующих как начальную часть ливня от высокоэнергичных фотонов, так и низкоэнергетичные фотоны фона, уменьшает число регистрируемых совпадений в 2-4 раза. Увеличение числа таких совпадений даёт возможность, при использовании монитора в установке по изучению процессов фоторождения нейтральных пионов на ядрах на фотонном пучке системы мечения ускорителя ФИАН "ПАХРА", выделить высокоэнергетический электромагнитный ливень из низкоэнергетичного фона и контролировать энергию фотонов пучка.

Ключевые слова: монитор, спектрометр, триггер, электромагнитные ливни, космическое излучение.

На ускорителе ФИАН "ПАХРА", на выведенном пучке электронов с энергией 100–500 МэВ созданы высокоинтенсивная система мечения фотонов интенсивностью 10^6 фотон/сек и экспериментальная установка, предназначенная для изучения процессов фоторождения π^0 -мезонов вблизи порога на ядрах [1]. Экспериментальная установка состоит из двух одинаковых плеч, представляющих собой набор детекторов, расположенных последовательно друг за другом вплотную на расстоянии 30 см от мишени (рис. 1).

Отдельным элементом установки является 4-х канальный свинцово-сцинтилляционный монитор частиц, находящийся от мишени также на расстоянии 30 см [2].

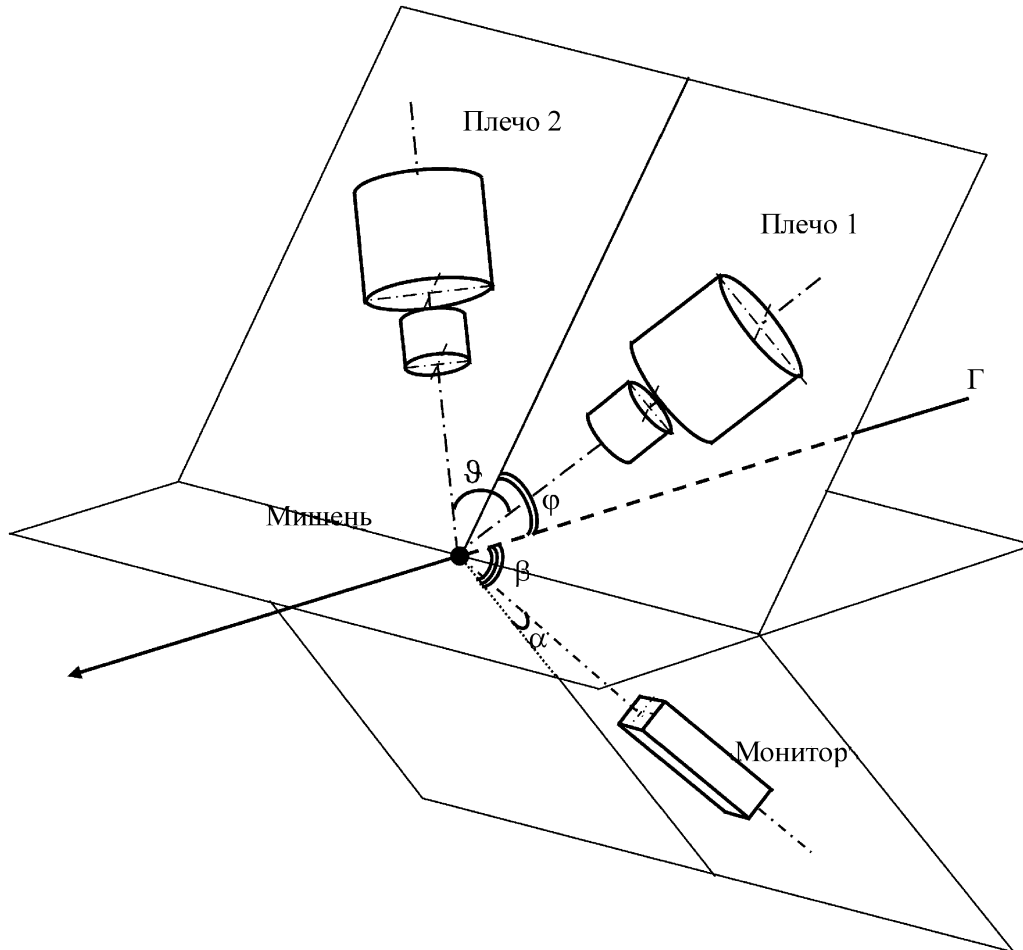


Рис. 1: Общая схема экспериментальной установки по изучению процессов фоторождения нейтральных пионов вблизи порога на ядрах различных элементов ($\alpha = 30^\circ$, $\beta = 70^\circ$, $\theta = 120^\circ$, $\varphi = 60^\circ$).

Основным назначением монитора является контроль энергии фотонов и интенсивности пучка, взаимодействующих с экспериментальной мишенью. Работа монитора основана на регистрации электромагнитных ливней от фотонов, возникающих от распада π^0 мезонов, которые в свою очередь рождаются от взаимодействия фотонов пучка с мишенью.

Сутью метода мониторинга является независимая регистрация частей ливня как от одного из фотонов от распада π^0 мезона с энергией ≥ 30 МэВ, так и от частиц

низкоэнергетичного электромагнитного фона, сопровождающего первичный фотонный пучок и взаимодействующего с экспериментальной мишенью; регистрация разных комбинаций совпадений сигналов с разных счетчиков монитора с целью выделения наиболее проникающей вглубь монитора части ливня и, тем самым, выделения фотона из электромагнитного фона [3]. Ливень от энергетичного фотона от распада π^0 мезона проникает вглубь детектора, а низкоэнергетичный фон $\ll 30$ МэВ поглощается в первых счетчиках монитора. Отсутствие совпадений счетчиков, находящихся в глубине монитора, с совпадениями со счетчиками, регистрирующими начальную часть ливня, служит сигналом отсутствия π^0 мезонов и наличия только электромагнитного фона. Таким образом, регистрация фотона от распада π^0 мезона даёт возможность в процессе эксперимента вести контроль энергии фотонов, взаимодействующих с мишенью.

Для усиления эффекта разделения ливней, развивающихся от фотонов и фона, в каждом счетчике монитора поднят порог регистрации заряженных частиц ливня путем наращивания количества вещества перед каждым счетчиком.

Схема монитора представлена на рис. 2(а). Монитором является электромагнитный спектрометр, состоящий из четырех независимых счетчиков, расположенных друг за другом в продольном направлении развития ливня. Регистрирующим элементом счетчика является сцинтиллятор размером $60 \times 95 \times 10$ мм³. Пассивным элементом счетчика является поглотитель, расположенный перед сцинтиллятором. Поглотитель состоит из алюминиевого фильтра и свинца. Толщина алюминиевого фильтра для всех счетчиков постоянна и равна 5 мм. Цель фильтра – частичное поглощение наиболее мягкой компоненты электромагнитного фона. Толщина пластин свинца для каждого счетчика подобрана так, чтобы амплитуда сигнала со всех счетчиков была примерно одинаковой: $t_{M1} = 12$ мм, $t_{M2} = 9$ мм, $t_{M3} = 12$ мм, $t_{M4} = 18$ мм (t_{Mi} – толщина свинца перед счетчиком монитора; $i = 1, 2, 3, 4$ – номер счетчика монитора) [4]. Свет от сцинтиллятора через светосборник из оргстекла попадает на ФЭУ-85. Общая толщина монитора составляет 10 радиационных длин. Сцинтиллятор и светосборник каждого счетчика обернуты алюминизированным майларом и (для исключения попадания в счетчик света) сцинтиллятор, светосборник и ФЭУ обернуты черной бумагой.

Монитор относится к детекторам, способным формировать внутренний триггер, то есть комбинировать совпадения сигналов любых каналов детектора [4]. Комбинации совпадений сигналов монитора от электромагнитного фона или ливня от низкоэнергетичной частицы могут быть как “мягкими” (начало, центр и конец ливня: $M_1 \times M_2$, $M_2 \times M_3$, $M_1 \times M_4$, $M_1 \times M_3$, $M_2 \times M_4$), так и “жесткими” при развитии ливня от

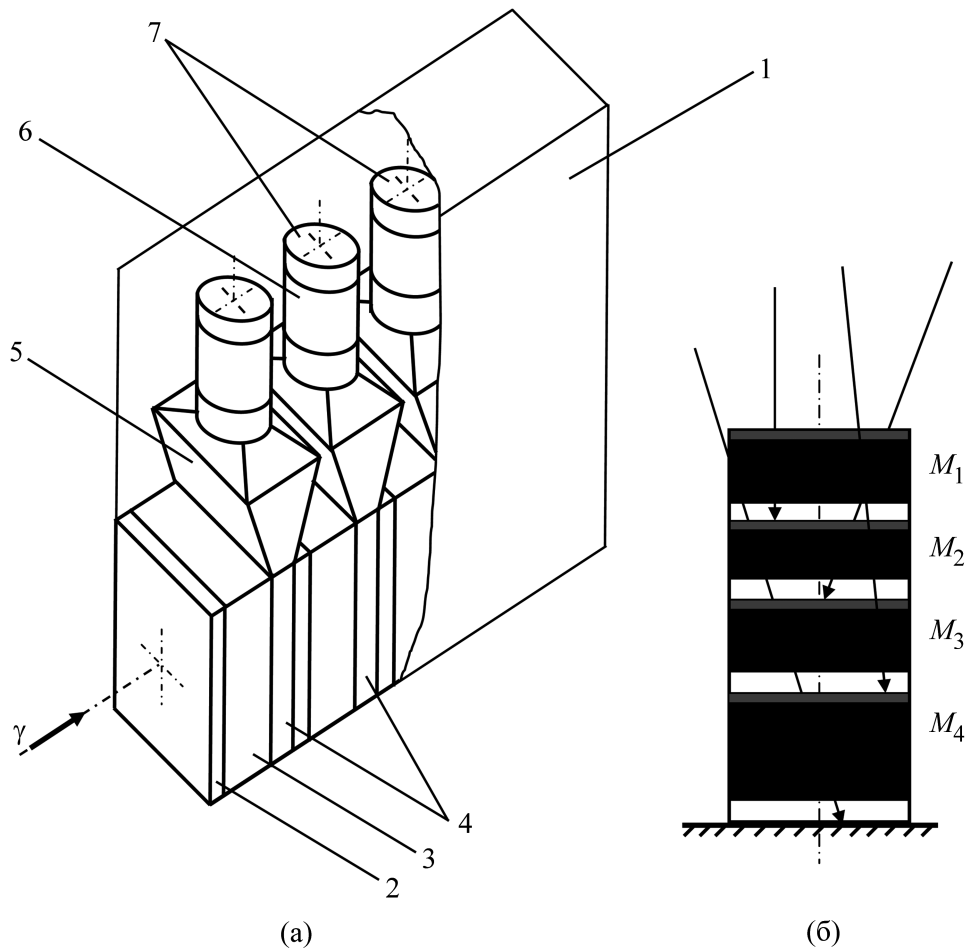


Рис. 2: Схема монитора экспериментальной установки (а) и схема калибровки монитора космическим излучением (б): На рисунке: 1 – корпус, 2 – алюминиевый фильтр, 3 – свинцовый поглотитель, 4 – сцинтилляторы, 5 – светосборник, 6 – ФЭУ-85, 7 – делитель.

фотонов от π^0 мезонов (весь ливень – $(M_1 \times M_2) \times (M_3 \times M_4)$, $(M_1 \times M_3) \times (M_2 \times M_4)$, $(M_1 \times M_4) \times (M_2 \times M_4)$) (M_i – сигнал от i счетчика монитора; $i = 1, 2, 3, 4$ – номера счетчиков монитора). При работе монитора с высокоэнергетичным фотонным пучком ($E_\gamma \geq 150$ МэВ), взаимодействующем с экспериментальной мишенью, счет “жестких” совпадений указывает на наличие фотонов от распада π^0 мезонов; при их отсутствии существует только счет совпадений любых двух счетчиков монитора или работает “мягкий” триггер, показывающий наличие фоновых частиц с энергиями существенно меньшими ~ 30 МэВ.

Целью калибровки на космическом излучении являлось определение комбинаций совпадений сигналов счетчиков, учет которых наиболее полно исключает электромагнитный фон при работе монитора с экспериментальной мишенью. Схема калибровки монитора с помощью космического излучения представлена на рис. 2(б).

На первом этапе калибровки с помощью стандартной процедуры были определены пороги формирования логических сигналов на формирователях электронной схемы и рабочие напряжения на делителях ФЭУ.

На втором этапе калибровки определялись количества совпадений счетчиков монитора при разных комбинациях совпадений. Результаты счета совпадений, нормированные на телесный угол входа частиц в монитор при соответствующих комбинациях совпадений счетчиков, представлены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Интенсивность регистрации космического излучения свинцово-сцинтилляционным монитором (N) в зависимости от комбинации совпадений счетчиков монитора

1	Совпадения счетчиков	$M_1 \times M_2$	$M_1 \times M_3$	$M_1 \times M_4$
	N , 1/сек·страд	0.025 ± 0.004	0.027 ± 0.006	0.030 ± 0.009
2	Совпадения счетчиков	$M_2 \times M_3$	$M_2 \times M_4$	$M_3 \times M_4$
	N , 1/сек·страд	0.023 ± 0.005	0.015 ± 0.005	0.022 ± 0.004
3	Совпадения счетчиков	$(M_1 \times M_2) \times (M_3 \times M_4)$	$(M_1 \times M_3) \times (M_2 \times M_4)$	$(M_1 \times M_4) \times (M_2 \times M_3)$
	N , 1/сек·страд	0.008 ± 0.005	0.008 ± 0.005	0.008 ± 0.005

Результаты калибровки показали, что регистрация космического излучения совпадениями всех счетчиков монитора (“жесткий” триггер – третья колонка таблицы) приводит к уменьшению счета в 2–4 раза относительно счета совпадений любых двух счетчиков монитора (“мягкий” триггер – первая и вторая колонки таблицы).

Вывод. Учет увеличенного числа совпадений сигналов счетчиков монитора приводит к выделению наиболее проникающей, более энергетичной части излучения, что при работе монитора в составе экспериментальной установки способствует исключению низкоэнергетического электромагнитного фона и дает возможность контроля энергии фотонного пучка, взаимодействующего с мишенью.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- [1] В. А. Басков, Ю. А. Башмаков, А. В. Верди и др., Препринт № 12 (Москва, ФИАН, 1997).
- [2] В. А. Басков, Б. Б. Говорков, В. А. Карпов и др., Препринт № 5 (Москва, ФИАН, 2006).
- [3] В.А. Басков, А. В. Верди, Б. Б. Говорков и др., Препринт № 23 (Москва, ФИАН, 2000),
- [4] В.А. Басков, А. В. Верди, Б. Б. Говорков и др., Препринт № 37 (Москва, ФИАН, 1999).

Поступила в редакцию 23 декабря 2013 г.