

Препринт ЕФИ-885(36)-86

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

А.С.АЛЕКСАНЯН, А.В.ВОСКАНЯН, А.О.ГАСПАРЯН
А.Ж.КЕТИКЯН, А.Ж.ПЕТРОСЯН, Р.Н.ПИХТЕЛЕВ

СТАБИЛИЗАЦИЯ И КАЛИБРОВКА ГОДОСКОПИЧЕСКОГО
ЧЕРЕНКОВСКОГО СПЕКТРОМЕТРА

ЦНИИатоминформ

ЕРЕВАН-1986

ՈՒՆԵՔՍՈՆՅԱՆ Հ.Ս., ՈՍԿՈՆՅԱՆ Հ.Վ., ԳՄՍՊՈՐՅԱՆ Բ.Հ.

ԿԵՔԻԿՅԱՆ Ա.Ճ., ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ Բ.Ճ., ՊԻՏԵԼԵՎ Ռ.Ն.

ՀՈԳՈՍԿՈՊԻԿ ԶԵՐԵՆԿՈՎՅԱՆ ՍՊԵԿՏՐՈՉՈՒԹԻ ԿՐՑՈՒՆԱՑՈՒՐՆ

ՈՒ ՉԱՊՐԿՈՒՄԸ

Ոչխատանքում նկարագրված է 70-կանալային չերենկոմյան սպեկտրաչափի պարամետրերի կայունացման և հսկողության գործողությունը՝ ազդեցություն լազերում ստացված որոշակի ազդանշանների վերլուծության օգնությամբ: Բոլոր ազդանշանները համեմատվում են ելակետային ռադիոլուսային ճառագայթման հետ: Փորձի ընթացքում կայունացվող պարամետրերի համախմբի համարումն ու նրանց արագ մշակումը տևում է էՆՄ-ի վրա 1 բոպե: Փնթերը հարյուրամոր մոլտ սնուցող լարման և լազերի հրգորության 2÷3 անգամ փոփոխությունը հանգեցնում է շափող էներգիայի $\leq 2\%$ փոփոխմանը:

Երևանի Ֆիզիկայի ինստիտուտ

Երևան 1986

A.S. ALEKSANYAN, A.O. GASPARYAN,
A.Zh. KETIKYAN, A.Zh. PETROSYAN, R.N. PIKHTEL'EV,
A.V. VOSKANYAN

STABILIZATION AND CALIBRATION OF
HODOSCOPIC CERENKOV SPECTROMETER

A procedure of stabilization and drift control of parameters of a 70-channel Cerenkov spectrometer by means of analysis of reference-signals generated by a nitrogen laser is described. All the reference-signals are bound to a scintillation from an α - source on a single reference element. The full assembly cycle of stabilizing parameters together with their express processing makes ~ 1 minute of the experiment time. Photomultiplier power supply drift of hundred volts and a 2 - 3 fold drift of the laser power lead to a change in the calculated energy of less than $\leq 2\%$.

Yerevan Physics Institute

Yerevan 1986

УДК 66.081:539.125.5.164.078

А.С.АЛЕКСАНИАН, А.В.ВОСКАНИАН, А.О.ГАСПАРИАН
А.Ж.КЕТИКЯН, А.Ж.ПЕТРОСЯН, Р.Н.ПЙХТЕЛЕВ

СТАБИЛИЗАЦИЯ И КАЛИБРОВКА ГОДОСКОПИЧЕСКОГО
ЧЕРЕНКОВСКОГО СПЕКТРОМЕТРА

В работе описана процедура стабилизации и контроля дрейфа параметров 70-канального черенковского спектрометра с помощью анализа реперных сигналов, генерируемых азотным лазером. Привязка всех реперных сигналов производится к световой вспышке от α - источника на одном опорном элементе. Полный цикл набора стабилизирующих параметров совместно с их экспресс-обработкой ЭВМ производится за время ~ 1 мин в процессе экспериментов. Дрейф напряжения питания ФЭУ на сотни вольт и мощности лазера в 2 + 3 раза приводит к изменению величины вычисляемой энергии $\leq 2\%$.

Ереванский физический институт
Ереван 1986

В настоящее время основным прибором для одновременной регистрации многих электронно-фотонных каскадов становится ливневой детектор годоскопического типа с большим числом каналов. Такие спектрометры предполагают наличие надежной системы светового мониторинга для целей контроля и стабилизации. Во многих лабораториях используются различные методы калибровки и стабилизации черенковских спектрометров, что в основном определяется отсутствием идеального эталонного источника световой вспышки, имитирующего черенковское излучение от каскада, развивающегося в свинцовом стекле. Для согласования импульса черенковского света на каждом элементе и реперных световых сигналов используются световые вспышки от радиоактивных источников в сцинтилляторе [1], сигналы от светодиодов [2,4] или вспышки лазерного излучения [3]. Наиболее широкими возможностями обладает метод лазерного мониторинга спектрометрических систем, который позволяет от одного источника имитировать достаточную амплитуду сигнала в большом числе модулей, а также одновременно контролировать другие спектрометрические узлы установки, удаленные на значительное расстояние друг от друга. Изменение параметров спектрометрических каналов учитывается введением обратной связи

от анализа реперных сигналов [2,5]. В случае отсутствия системы обратной связи необходимо учитывать изменение параметров установки в процессе ее работы. В настоящей работе описана процедура учета дрейфа и контроля параметров черенковского годоскопа с помощью анализа реперных сигналов, генерируемых импульсным азотным лазером.

Спектрометр представляет собой "стенку", составленную из 70 радиаторов (свинцовое стекло ТФ-1) шестигранного типа диаметром и длиной 200, 350 мм. Каждый радиатор просматривается фотоэлектронным умножителем (ФЭУ-49Б). Сигналы с динодов ФЭУ линейно суммируются и включаются в общий триггер установки для отбора событий с выделившейся в спектрометре энергией выше пороговой. Сигналы с анодов поступают на амплитудный анализ, который осуществляется шестью входовыми зарядово-цифровыми преобразователями (ЗЦП) [5] с 256 уровнями преобразования. Длительность строб-импульса составляла ~ 250 нс, так как аналоговые сигналы задерживались на длинном (~ 150 м) кабеле РК 50-1,5-21, и фронт импульсов увеличивался до ~ 100 нс. Информация с ЗЦП по стандартной магистрали КАМАК записывалась в ЭВМ. Дрейф усиления каждого канала контролировался с помощью реперных световых сигналов.

Схема световой стабилизации спектрометра приведена на рис.1. В качестве источника световой вспышки использовался азотный лазер, описанный в работе [6]. Ультрафиолетовое излучение лазера преобразуется в видимую часть спектра пластическим сцинтиллятором и с цилиндрического распределителя [7] разводится по всем модулям с помощью гибких световодов длиной по 5 м. Относительная мощность каждого импульса лазера контролировалась по центру

распределений 100 импульсов в каждом цикле опорным элементом на ФЭУ84-3. Частота лазерных импульсов ~ 10 Гц. Часть светового сигнала от пластического сцинтиллятора через стандартный гибкий световод поступает на опорный элемент. Лазерные вспышки на опорном элементе сравнивались с центром распределений импульсов от α - источника на кристалле $\text{CaF}_2(\text{Te})$, который принимался в качестве квазиидеального эталона световой вспышки. В каждом цикле амплитудное разрешение сигналов от лазера на опорном элементе не превышало 2,5%. На всех модулях спектрометра амплитудные разрешения от лазера аналогичны разрешению на опорном элементе, но центры распределений могут существенно ($\pm 1,5 - 2$ раза) отличаться из-за различия в коэффициенте усиления спектрометрических каналов и светопоглощении отдельных волоконных световодов. Центры этих распределений являются реперными сигналами для стабилизации спектрометра. С помощью калиброванных ослабителей в распределительном устройстве лазера производится одновременный набор массива данных для определения диапазона линейности всех спектрометрических каналов. На рис.2 для нескольких каналов видна область насыщения входных устройств ЗЦП, которая определяет динамический диапазон амплитуд входных сигналов. Интегральная нелинейность в линейной области не превышает 1,5% для всех каналов.

Управление режимами работы спектрометра осуществлялось программно от ЭВМ "Электроника-100/25" через управляемые логические блоки в стандарте КАМАК. В каждом цикле определяются центры распределений амплитуд от: 1) пьедесталов ЗЦП - $\langle \mu_i \rangle$; 2) реперных сигналов на всех модулях с вычтенными пьедесталами - $\langle \mu_i \rangle$ и на опорном элементе - $\langle \mu_0 \rangle$; 3) α - источника на

опорном элементе с вычтенными пьедесталами - $\langle A_\alpha \rangle$. Полный цикл набора этих параметров производится за ~ 30 с. Для учета неоднородности световой вспышки на выходах всех волоконных световодов вычислялись величины:

$$\chi_i = \langle A_{oi} \rangle / \langle A_i \rangle, \quad (1)$$

где A_{oi} - есть реперный сигнал на данном модуле только от калибровочного световода, который механически перемещался перед фронтальной плоскостью всего спектрометра и устанавливался в фиксированных положениях перед каждым модулем. Величины χ_i не зависят от любых долговременных нестабильностей системы (изменения усиления спектрометрических каналов электроники, усиления ФЭУ или мощности лазера) и являются константами спектрометра. Эти константы могут изменяться только от механических повреждений распределительного устройства или отдельных световодов.

Приведенная амплитуда световой вспышки в радиаторе из свинцового стекла любого модуля вычисляется по формуле:

$$\Pi_i = \frac{\langle A_o \rangle / \langle A_\alpha \rangle}{\langle A_i \rangle \cdot \chi_i} \cdot (N_i - \langle n_i \rangle), \quad (2)$$

где $\langle A_o \rangle / \langle A_\alpha \rangle$ - относительная мощность лазера, измеренная опорным элементом; $\langle A_i \rangle$ - реперный сигнал от лазера в i -м модуле; N_i - значение амплитуды в i -м канале ЗЦП от исследуемого сигнала.

Окончательная калибровка спектрометра производится на электронном пучке определенной энергии при сканировании электронным пучком каждого модуля и вычислении величины Π_i^e с пред-

зарительными значениями γ_i из формулы (I). Окончательно константы γ_i^e приводятся к среднему по площади спектрометра значению $\langle \Pi_i^e \rangle$:

$$\gamma_i^e = \gamma_i \cdot \frac{\Pi_i^e}{\langle \Pi_i^e \rangle} . \quad (3)$$

Заметим, что перед каждым измерением Π_i^e производится цикл калибровки от реперных сигналов. С новыми значениями γ_i^e приведенная амплитуда $\Pi_i^e = \text{const}$ по всей площади спектрометра ($\Delta \Pi_i / \langle \Pi_i \rangle \approx 2\%$) для данного значения энергии электронов. Значения же γ_i в формуле (I) дают $\sim 15\%$ - ный разброс величин Π_i^e и могут служить для наладки и предварительной калибровки спектрометра. Эта неоднородность объясняется различием спектрального состава, пространственного распределения и светосбора черенковского излучения и света от калибровочного световода.

Если световая вспышка инициирована черенковским светом от электрона или фотона, то Π_i пропорциональны энергии электронов (или фотонов), попадающих в данный модуль:

$$E = \mu \cdot \Pi_i . \quad (4)$$

Значение μ постоянно для всех модулей при использовании γ_i^e в формуле (2) и определялось в процессе калибровки спектрометра на пучке электронов в области энергий от 0,5 до 4,5 ГэВ в определенной (любой) точке спектрометра. Если ливень от электронов развивается одновременно в нескольких соседних модулях, то коэффициент μ вычисляется по сумме приведенных амплитуд в окрестности точки попадания электрона в спектрометр:

$$E = \mu \cdot \sum_i \Pi_i. \quad (5)$$

Энергетическое разрешение спектрометра при $E = 1$ ГэВ равно 18% (полная ширина на полувысоте). Линейность энергетической шкалы спектрометра приведена на рис.3. Измерения по всей площади показали, что энергия, определенная по формуле (5), не зависит от места попадания электронов в радиатор в пределах $\sim 2\%$.

Вся процедура определения констант χ_i^e и коэффициента μ занимает $\sim 15 \div 20$ ч и производится однажды перед экспериментальным сеансом. Последующая стабилизация спектрометра основывается на сравнении мощности лазерной вспышки относительно квазиидеального эталона от α - источника на опорном элементе и реперных сигналов на всех модулях. Ошибки в измерении энергии в процессе эксперимента могут вносить только возможные изменения параметров спектрометрических каналов за время между циклом регистрации реперных сигналов и экспериментальными измерениями. Поэтому в процессе экспериментов производится цикл измерения реперных сигналов либо между импульсами ускорителя, либо в определенные интервалы времени с блокировкой триггера исследуемого процесса. Любые же, даже значительные, флуктуации основных параметров спектрометра вне контролируемого интервала времени практически не влияют на величину энергии, вычисленную по формуле (5). Контрольные измерения на калибровочном пучке на нескольких модулях показали, что изменения высоковольтного напряжения ФЭУ - 49Б на ~ 600 В, опорного ФЭУ - 84 на ~ 200 В и мощности лазера в ~ 3 раза не влияют на величину вычисляемой по формуле (5) энергии электронов в пределах $\pm 2\%$. Следует заметить, что в указанный интервал изменения энергии при этом

вносят заметный вклад ошибки в определении средних величин в формуле (2).

Описанная методика калибровки и стабилизации спектрометра использовалась в эксперименте по исследованию комптон-эффекта на ядрах гелия на выведенном тормозном пучке фотонов Брэванского синхротрона. В процессе многодневного эксперимента циклы стабилизации спектрометра проводились периодически за время ≤ 30 с в начале и в конце каждого 20-минутного цикла набора статистики и брались средние значения величин реперных сигналов. Временной интервал в 20 мин определялся не только возможным минимальным дрейфом параметров, но и объемом массива экспериментальных данных, записываемым в одном файле на внешнем накопителе ЭВМ. Переключение режимов работ производилось автоматически по программе от мини-ЭВМ, работающей "в линию" с установкой.

На рис.4 показан дрейф некоторых параметров на одном из каналов спектрометра. Для иллюстрации специально выбрана часть данных с участком больших флуктуаций мощности лазера, обусловленная его вынужденными частыми отключениями в процессе набора статистики для наладки оптимального режима (участок между стрелками на рис.4а). В данном случае временные интервалы между некоторыми соседними точками на графике могли различаться от десятков минут до нескольких часов. Другие точки на рис.4а и б соответствуют значениям параметров в начале каждого 20-минутного цикла. Как видно из рис.4б, большие флуктуации мощности лазера практически не влияют на величину стабилизирующего коэффициента K ($K = \chi_i^e \langle A \rangle \langle A_\alpha \rangle / \langle A_\beta \rangle$) в формуле (2), медленный дрейф которого ($\sim 6\%$) на данном участке набора статистики обуслов-

лен только изменением усиления всего спектрометрического канала, включая спектрометрическую электронику. С другой стороны, в течение 20-минутных циклов набора статистики флуктуации величины по всему многодневному сеансу не превышали 2,6% (2 σ) (рис.4 с). Так как при вычислении регистрируемой энергии фотона по формуле (5), которая уже учитывает и дрейф усиления спектрометрических каналов с помощью отношения $N_i / \langle A_i \rangle$, берется среднее значение K в начале и в конце цикла, то ошибка в определении энергии при медленных, даже достаточно больших изменениях, используемых для расчета параметров установки, гарантируется на уровне $\sim 1,5\%$. Если по каким-либо другим причинам (аварийным) различие коэффициентов K_1 и K_2 превышает заданный интервал (3 точки в области циклов 140 и 187 на рис.4 с), то такие циклы могут быть исключены из окончательной обработки данных.

После более месячной работы в условиях эксперимента сравнение результатов повторных калибровок спектрометра на пучке электронов показало, что описанная система стабилизации обеспечивает достаточную точность (разброс $\leq 2\%$) измерения энергии по каждому каналу спектрометра.

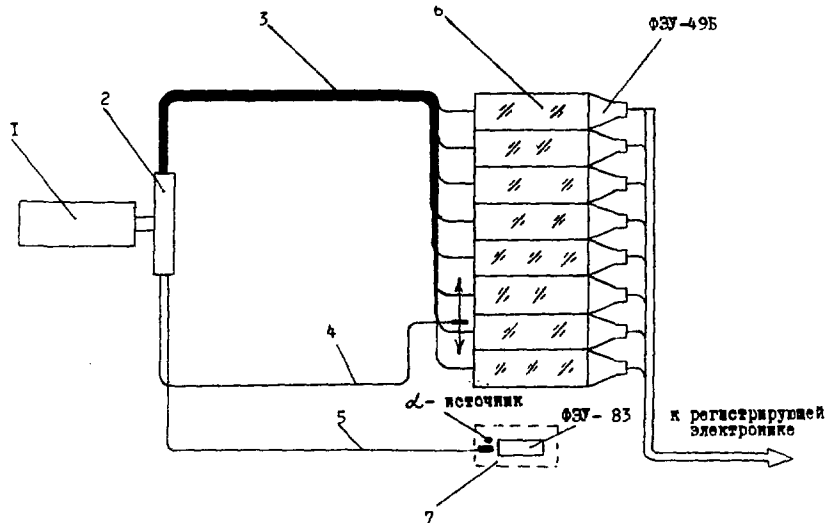


Рис.1 Схема распределения световых сигналов от лазера:

1 - азотный лазер, 2 - распределительное устройство,
 3 - гибкие волоконные световоды (сигналы A_i), 4 - световод для перемещаемого калибровочного сигнала (сигналы A_{oi}), 5 - световод для опорного сигнала лазера (сигнал A_o), 6 - модули спектрометра, 7 - опорный ФЭУ-83

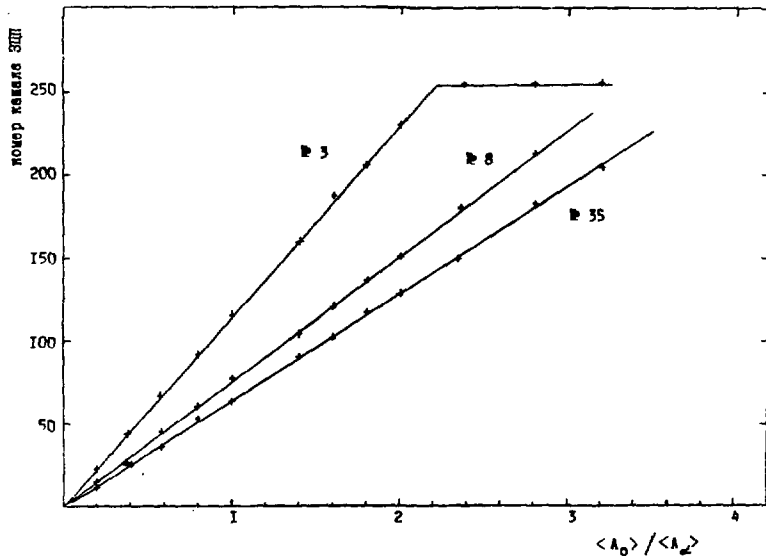


Рис.2 Линейность нескольких спектрометрических каналов, измеренная с помощью реперных сигналов (A_o/A_{oi} - относительная мощность лазера)

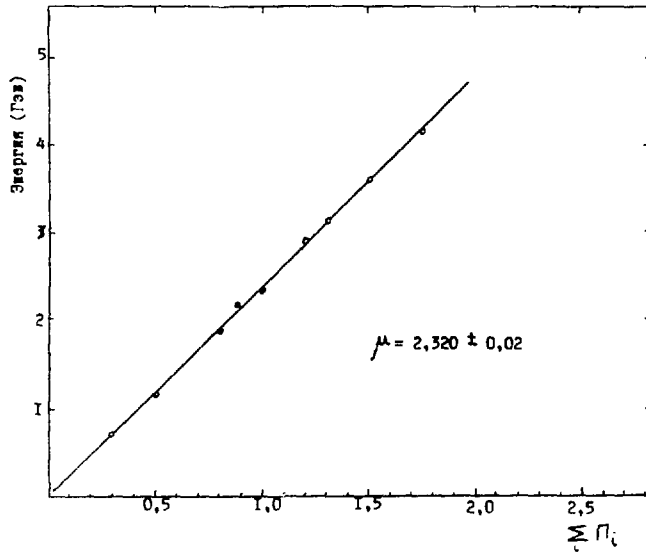


Рис.3 Зависимость энергии от вычисленной суммы приведенных амплитуд

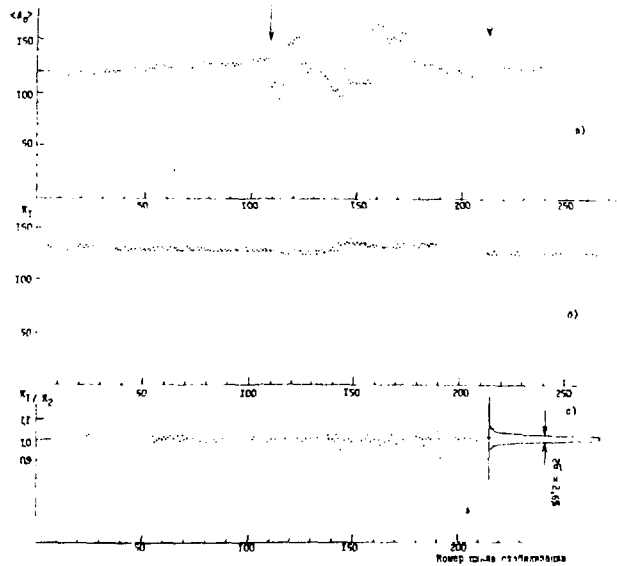


Рис.4 Дрейф мощности лазера (а), стабилизирующего коэффициента K (б) и отношения K_1/K_2 стабилизирующих коэффициентов в начале и в конце цикла набора статистики (с)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Carroll A.S., Chiang I.H., Kycia I.E. et al. A Large Lead Glass Cerenkov Counter Hodoscope. NIM, 1981, vol.179, p. 229-243.
2. Бобров С.В., Вишняков В.Е., Дзюбенко Г.Б. и др. Система стабилизации черенковского радиационного спектрометра. Препринт ИТЭФ-52, Москва, 1980.
3. Powell B., Heller R., Ibold N. et al. The EHS Lead-Glass Calorimeters and Their Laser-Based Monitoring System. CERN/EP 81-144, 1981.
4. Binon F., Bricman C., Davidow V.A. et al. Hodoscope Gamma Spectrometer GAMS-200. NIM 1981, vol.188, N.3, p. 507-516.
5. Басиладзе С.Г., Маньяков П.К. Шестиканальный зарядово-цифровой преобразователь наносекундного диапазона в стандарте КАМАК. ОИЯИ 13-8548, Дубна, 1975.
6. Алексанян А.С., Налбандян Н.А., Петросян А.А., Пихтелев Р.Н. Лазерный источник световых импульсов для калибровки многоканальных фоторегистрирующих систем. ПТЭ, 1983, № 4, с.64-67.
7. Петросян А.Ж., Пихтелев Р.Н., Алексанян А.С. Устройство для калибровки многоканальных фоторегистрирующих систем. А.с. 1094454. - Б.И., 1985, № 3, с.201

Рукопись поступила 19 марта 1986 г.

А. С. АЛЕКСАНИАН, А. В. ВОСКАНИАН, А. О. ГАСПАРИАН, А. Ж. КЕТИКЯН,
А. Ж. ПЕТРОСЯН, Р. Н. ПИХТЕЛЕВ

СТАБИЛИЗАЦИЯ И КАЛИБРОВКА ГОДОСКОПИЧЕСКОГО ЧЕРЕНКОВСКОГО
СПЕКТРОМЕТРА

Редактор Л. П. Мукаян

Технический редактор А. С. Абрамян

Подписано в печать 22/У-86г.

ВФ-05537 Формат 60x84/16

Офсетная печать. Уч. изд. л. 0,5

Тираж 299 экз. Ц. 8к.

Зак. тип. 289

Индекс 3624

Отпечатано в Ереванском физическом институте

Ереван 36, Маркарян 2

индекс 3624



ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ