

КАЛИБРОВКА И СТАБИЛИЗАЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ШКАЛЫ НЕЙТРОННОГО СПЕКТРОМЕТРА С ДИСКРИМИНАЦИЕЙ ГАММА-ФОНА ПО ФОРМЕ ИМПУЛЬСА

С. С. Вербицкий, Б. С. Ратнер

УДК 539.1.07

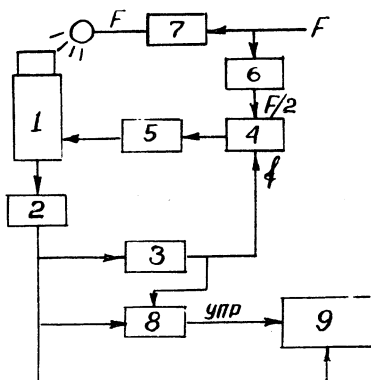
Приведены результаты калибровки нейтронного спектрометра и описана система стабилизации его энергетической шкалы.

Спектрометр на основе монокристалла стибьбена предназначен для измерения выхода реакции  $(\gamma, n)$  с возможностью регулировать нижнюю границу энергии регистрации протонов отдачи и для измерения энергетического спектра фотонейтронов /1/. В спектрометре осуществлена стабилизация энергетической шкалы с помощью источника реперных импульсов, позволяющая получить суммарную нестабильность за длительное время  $\sim 1\%$ .

Калибровка шкалы спектрометра производилась с помощью нейтронов от  $\text{PoBe}$  источника. Для контроля точности калибровки был измерен также спектр энергичных фотонейтронов из реакции  $^{16}\text{O}(\gamma, n)^{15}\text{O}$ .

Стабилизация коэффициента усиления. Использование в спектрометре дискриминации по форме импульса /2/ и работа его с импульсным источником излучения, каким является синхротрон, налагают определенные требования на способ стабилизации. Один из способов стабилизации коэффициента усиления нейтронного спектрометра, описанный в /3/, основан на поддержании постоянным отношения скоростей регистрации  $\gamma$ -квантов в двух разных участках загружающего  $\gamma$ -спектра. Спектр фоновых  $\gamma$ -квантов от синхротрона, однако, изменяется в процессе измерений, что затрудняет применение данного способа. Использование в качестве источника реперных сигналов линии монокроматических  $\gamma$ -квантов или  $\alpha$ -частиц приведет к возрастанию фона. В случае использования полупроводниковых светодиодов, обладающих значительной температурной зависимостью /4/, необходимо термостатирование.

Однако термостатирование спинтблока с монокристаллом стиблена затруднено из-за опасности растрескивания его при включении и выключении системы термостатирования. В качестве источника реперных световых импульсов был выбран поэтому



Р и с. 1. Блок-схема спектрометра нейтронов. 1 - ФЭУ XPI020; 2 - формирователь биполярного сигнала; 3 - дифференциальный дискриминатор ДД; 4 - схема сравнения частот; 5 - высоковольтный выпрямитель ВС-22; 6 - делитель частоты; 7 - схема питания и поджига тиратрона ТХ4Б; 8 - дискриминатор частиц по форме импульса; 9 - анализатор амплитуд импульсов АИ-128

тиратрон ТХ4Б, обладающий достаточной долговременной стабильностью /5/. Чтобы реперные импульсы не влияли на работу спектрометра, тиратрон поджигался в начале каждой паузы между импульсами излучения от синхротрона. При работе ускорителя на разных режимах происходило изменение частоты реперных вспышек, связанное с изменением длительности цикла синхротрона. Чтобы исключить влияние изменения частоты и снизить чувствительность к другим факторам, был выбран следующий вариант стабилизации.

Дифференциальный дискриминатор ДД (см. блок-схему на рис. 1) нормально срабатывал с частотой, равной половине частоты запуска тиратрона  $F$ . Если почему-либо усиление падало, то частота  $f$  срабатываний ДД становилась меньше  $F/2$ , на выходе схемы срав-

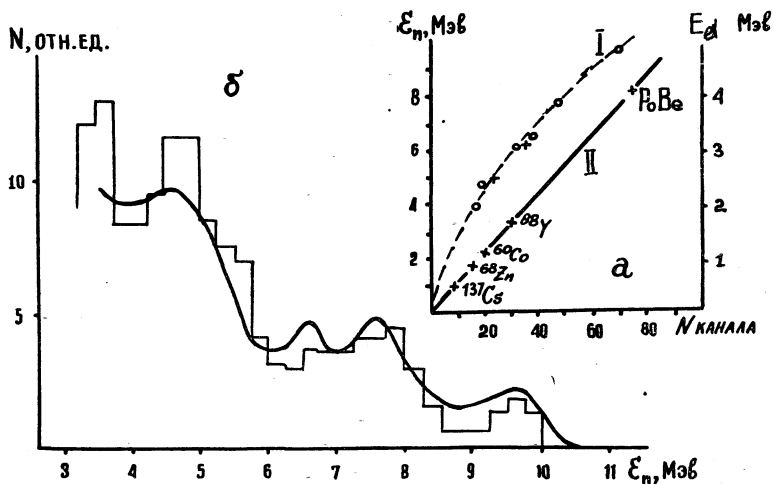
нения частот появлялся сигнал коррекции, увеличивающий выходное напряжение источника питания ФЭУ до тех пор, пока не восстанавливалось исходное усиление.

**Проверка работы системы стабилизации.** Коэффициент стабилизации по отношению к напряжению питания определялся следующим образом. При изменении выходного напряжения источника питания ФЭУ измерялось (на анализаторе ПГА 512) положение пика от реперного источника при отключенной системе стабилизации и с ней. Коэффициент стабилизации составляет  $\sim 40$ . Уход выходного напряжения на 10 в виден на индикаторном приборе ВС-22 и может быть откорректирован вручную. Для проверки стабильности усиления спектрометра в течение дня набирались одновременно амплитудные спектры реперных импульсов и калибровочные спектры от генератора точной амплитуды. Последние использовались для учета дрейфа усиления анализатора. В течение 5 часов уходы положения пика реперных импульсов оставались в пределах  $\pm 0,15\%$ . Кроме этого, энергетический порог контролировался в процессе измерений выхода реакции  $^{54}\text{Fe}(\gamma, n)$  по частоте срабатываний ДЦ при облучении детектора гамма-квантами от источника  $^{60}\text{Co}$ . Нестабильность ото дня ко дню была меньше 1%. Систематический дрейф коэффициента усиления за 6 месяцев составил менее 0,1%.

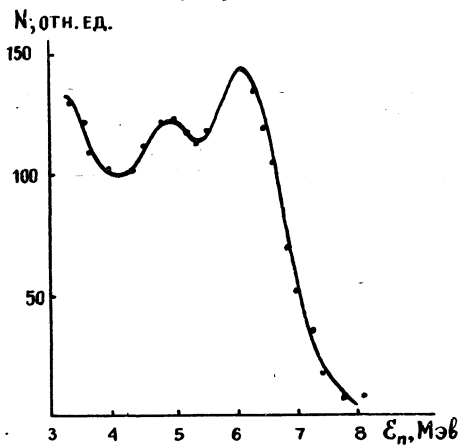
**Калибровка энергетической шкалы.** Калибровка спектрометра производилась по нейтронам от  $\text{PoBe}$  источника. Спектр нейтронов от  $\text{PoBe}$  источников изучен теоретически /6/, с помощью методики ядерных фотоэмulsion /7, 8/, а также спектрометров, регистрирующих протоны отдачи /9, 10/. Амплитудный спектр сцинтилляций, вызванных нейтронами, измерялся анализатором АИ-128. Работа усилителя АИ-128 с короткими импульсами в пределах точности измерений не приводит к появлению нелинейностей, как видно из рис. 2а. Полученные спектры сцинтилляций от протонов отдачи обрабатывались для восстановления нейтронных спектров /11, 12/. Нейтронные спектры получались численным дифференцированием со сглаживанием по формуле

$$N_n(i) = \frac{\varphi(i+1) + \varphi(i+2)}{2} \left\{ \psi(i-2) \sum_{k=i-3}^{k=i-1} N_p(k) - \psi(i+5) \sum_{k=i+4}^{k=i+6} N_p(k) \right\},$$

где  $N_p(k)$  - измеренное число отсчетов в канале  $k$ ,  $\psi$  и  $\varphi$  - функ-



Р и с. 2. а) Соотношение между амплитудой импульса ( $N_{\text{канала}}$ ) и энергией нейтрона (I) и комптоновского электрона (II). о - данные измерений с  $\text{PoBe}$ , х - положение нейтронных пиков в спектре из реакции  $^{16}\text{O}(\gamma, n)^{15}\text{O}$ . б) Спектр нейтронов от  $\text{PoBe}$  источника. Гистограмма - данные из [7], плавная кривая - результаты настоящей работы



Р и с. 3. Спектр нейтронов из реакции  $^{16}\text{O}(\gamma, n)^{15}\text{O}$

ции энергии, характеризующие зависимость светового выхода сцинтилляций в стильбене от энергии протона отдачи и эффективность взаимодействия нейтрона с детектором, соответственно. Вычисления производились на ЭВМ "Урал II Б". На рис. 2 приведен нейтронный спектр, полученный с помощью данного спектрометра, а также, для сравнения, результаты /7/. Спектр фотонейтронов из реакции  $^{16}\text{O}(\gamma, n)^{15}\text{O}$  измерялся при помощи время-пролетной методики /13/, поэтому положение пиков в таком спектре можно считать надежно установленным. Поэтому для проверки точности калибровки спектрометра было предпринято измерение спектра энергичных фотонейтронов при облучении образца  $\text{H}_2\text{O}$  ( $15 \text{ г/см}^2$ ) пучком тормозного излучения с  $E_{\gamma \text{ max}} = 23,0 \text{ МэВ}$ . Полученный спектр фотонейтронов представлен на рис. 3. Поправка на нейтронный фон не вносилась. Положения пиков в нейтронном спектре, измеренные с данным спектрометром, отличаются от приведенных в /13/ менее, чем на 200 кэВ.

Поступила в редакцию  
5 июля 1976 г.

#### Л и т е р а т у р а

1. С. С. Вербицкий, Б. С. Ратнер, А. Н. Сергиевский. Письма в ЖЭТФ, 23, вып. 9, 538 (1976).
2. С. С. Вербицкий. Препринт ИЯИ № 97, 1973 г.
3. В. Г. Бровченко. ПТЭ № I, 98 (1969).
4. М. Н. Омеляненко, В. К. Тюпиков, В. В. Фильченко. ПТЭ № 5, 177 (1968).
5. А. А. Брагин, О. П. Бухало. ПТЭ № 5, 125 (1973).
6. K. W. Geiger and L. Van der Zwan. Nucl. Instr. and Meth., 131, 315 (1975).
7. R. L. Lehman. Nucl. Instr. and Meth., 60, 253 (1968).
8. B. G. Whitmore and W. B. Baker. Phys. Rev., 78, 799 (1950).
9. R. Potenza, A. Rubbino. Nucl. Instr. and Meth., 25, 77 (1963).
10. И. Войтковская, В. С. Евсеев, Т. Козловский, В. С. Роганов. Препринт ОИЯИ Р13-6053, г. Дубна, 1971 г.
11. В. И. Кухтевич, С. А. Трыков, Л. А. Трыков. Однокристалльный сцинтилляционный спектрометр. Атомиздат, Москва, 1971 г.
12. M. E. Toms. Nucl. Instr. 92, 61 (1971).
13. F. W. Firk, K. H. Lokan, P. R. Lett. Phys. Rev., 8, 321 (1962).