

АБСОЛЮТНАЯ КАЛИБРОВКА КАМЕР ДЕЛЕНИЯ КНТ-8

В.М.Дьяченко, В.М.Назаров, А.Ф.Мартынов, К.Д.Толстов,
Г.А.Юдина*

Представлены результаты измерения относительной эффективности камер деления КНТ-8 с использованием реактора БР-1 и источника ^{252}Cf , а также данные абсолютной калибровки на нейтронном пучке реактора ИБР-2. Получено, что при площади радиатора камер 2 см^2 эффективная для регистрации нейтронов масса ^{238}U составляет $(1,5 \pm 0,2)$ мг.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Absolute Calibration of the KNT-8 Fission Chambers

V.M.D'yachenko et al.

The results of the measurement of the relative efficiency of the KNT-8 fission chambers with the use of the BR-1 reactor and the ^{252}Cf source as well as the data of absolute calibration on the neutron beam of the IBR-2 reactor are presented. At the radiator square being 2 cm^2 , the effective mass of natural uranium in the fission chambers for the neutron detection has been found to be (1.5 ± 0.2) mg.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Введение

Импульсные камеры деления, радиаторы которых содержат делящиеся изотопы (^{232}Th , ^{235}U , ^{237}Np , ^{238}U , ^{239}Pu и др.), характеризуются широким (до 10^{14} нейтр./ $(\text{см}^2 \cdot \text{с})$) диапазоном измерения плотностей потоков нейтронов при внутриреакторных и других исследованиях. Используются они для абсолютных и относительных измерений нейтронных полей, для измерения сечений деления ядер, для изучения свойств осколков деления и для решения других задач.

Одними из достоинств камер КНТ-8 являются их малые размеры (диаметр 7 мм, длина 7 мм), что позволяет проводить измерения плотностей потоков нейтронов с незначительным их возмущением (не более 0,3% для тепловых нейтронов)^{/1/}, а также тот факт, что

*Физико-энергетический институт, Обнинск

их радиаторы, представляющие природную смесь изотопов урана предназначены также для оценки вклада в измеряемые спектры тепловых и быстрых нейтронов. Технологический разброс в толщине радиатора и другие причины приводят к разбросу чувствительности камер, поэтому для ряда задач необходима их абсолютная калибровка.

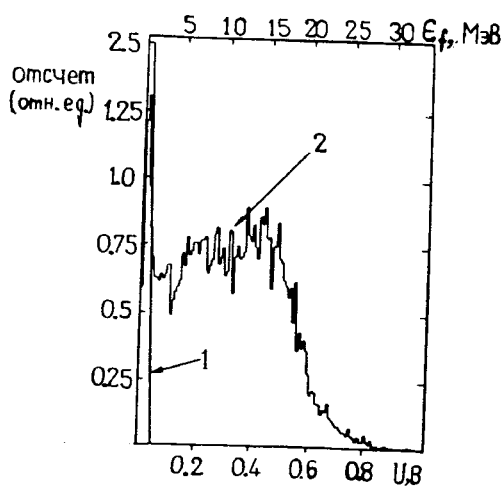
Методика эксперимента

Для регистрации импульсов от осколков деления, возникающих под действием нейтронов в камерах КНТ-8, используется 56-канальный блок зарядово-чувствительных усилителей ЗЧУ, с коэффициентом передачи $5 \cdot 10^{12}$ В/Кл. Длительность электронного импульса на выходе ЗЧУ 1 мкс, время нарастания 0,1 мкс. С ЗЧУ сигналы через формирователи импульсов поступают на счетверенные двоичные счетчики, считывание информации с которых осуществляется в ЭВМ.

Согласно паспортным данным, толщина активного слоя радиатора 5 мг/см^2 , масса ~ 10 мг. Следовательно, суммарная α -активность, обусловленная основными компонентами радиаторов КНТ-8 — изотопами ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U , составляет ~ 250 расп./с.

Пробег α -частиц, испускаемых естественным ураном, в материале радиатора равен $\sim 18 \text{ мг/см}^2$, поэтому практически все они попадают в чувствительный объем камер. Трехкратное наложение импульсов от α -частиц может создать импульс, сравнимый по амплитуде с импульсом от осколка деления, однако число таких наложений пренебрежимо мало и составляет $8 \cdot 10^{-6}$ имп./с.

Для выбора оптимальных режимов работы снимались счетные ха-



рактеристики камер, которые в диапазоне $100 \div 800$ В входят на плато. В качестве рабочего напряжения выбрано 500 В.

На рис. 1 приведен амплитудный спектр сигналов на выходе ЗЧУ. Там же показана-

Рис. 1. Амплитудный спектр сигналов на выходе зарядово-чувствительного усилителя: 1 — область шумов ЗЧУ и собственного α -фона камер КНТ-8; 2 — область сигналов от осколков деления

ны расчетные значения E_f — энерговыделения в рабочем объеме камер от осколков деления. С целью исключения регистрации шумов усилителей и собственного α -фона камер КНТ-8 порог дискриминации формирователей выставлен на уровне 50 мВ. Как видно из рис.1, средняя энергия, теряемая осколками в объеме камер, равна 10 МэВ, что составляет 5—10% (в зависимости от массы) от средней кинетической энергии осколков деления ^{238}U . Этот результат совпадает с данными ионизационных потерь для легких осколков деления, которые в аргоне при давлении 3 ат равны $5,8 \text{ МэВ/мм}^{1/3}$.

Для проверки идентичности работы ЗЧУ и камер деления первоначальная калибровка осуществлялась на реакторе БР-1 (ФЭИ) при нулевой мощности ($P = 0,03 \text{ Вт}$), а также с использованием нейтронного источника ^{252}Cf , расположенного в парафиновом блоке (рис.2). Активность источника $(3,89 \pm 0,31) \cdot 10^7$ нейтр./с. В ходе измерений осуществлялось вращение центральной цилиндрической части блока на 360° через 45° для устранения асимметрии потока замедляющихся нейтронов, связанной с возможной неоднородностью парафинового цилиндра, а также проверялось влияние взаимной перестановки камер в различные каналы парафинового блока. Во всех измерениях проверялось влияние каналов усиления на показания камер деления.

Полученные при этом данные показали надежность работы измерительных трактов деления и на основании этих измерений были отобраны камеры для окончательной калибровки на реакторе ИБР-2. Часть камер подвергнута химическому анализу калориметрическим методом^{4/} на количественное содержание естественного урана.

В дальнейшем абсолютная калибровка камер осуществлялась на нейтронном пучке канала П в позиции П2 реактора ИБР-2, расположенной в 720 см от активной зоны.

Плотность потока нейтронов в единицах 10^7 нейтр./ $(\text{см}^2 \cdot \text{с})$ составляет: тепловые — (19 ± 2) , резонансные — $(1,3 \pm 0,15)$, быстрые — 49. Спектр тепловых нейтронов имеет эффективную

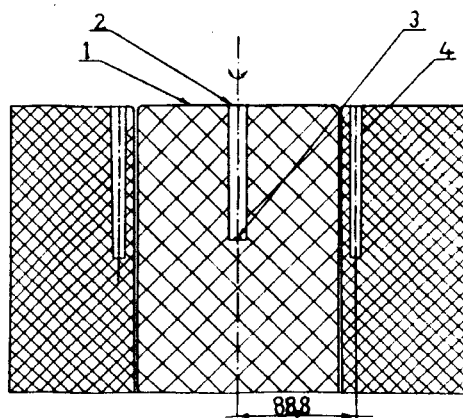


Рис. 2. Парафиновый блок для калибровки камер деления КНТ-8: 1 — центральная вращающаяся часть блока, 2 — канал для размещения источника, 3 — нейтронный источник ^{252}Cf , 4 — каналы для размещения камер деления

длину волны $1,8 \text{ \AA}$ ($0,0253 \text{ эВ}$), а спектр резонансных нейтронов изменяется как $1/E^{0,98}$ ^{15/}.

Для измерения интенсивности нейтронного потока использовалась реакция радиационного захвата в фольгах из естественного урана с образованием ^{239}Pu .

Диаметр урановых фольг $\sim 8 \text{ мм}$, толщина $\sim (1,86 \pm 0,1) \text{ г/см}^2$. Выбор материала фольг определяется целесообразностью использования одного и того же материала как в камерах деления, так и в фольгах, а также наличием большого количества известных с хорошей точностью экспериментальных данных по (n, f) - и (n, γ) -реакциям на уране в широком диапазоне энергии нейтронов.

Экспонирование камер и активационных фольг проводилось на нейтронном канале в течение 3 часов (фактор насыщения $\sim 0,995$) с использованием метода кадмиевой разности, что позволило учесть вклад тепловых нейтронов в общий поток. Толщина кадмиевого фильтра $0,5 \text{ мм}$.

Для уменьшения вклада в измеряемый гамма-спектр короткоживущих осколков деления урана наведенная активность фольг измерялась на полупроводниковом Ge(Li) -детекторе с рабочим объемом 50 см^3 спустя 5 часов после окончания облучения, что, в частности, обеспечивало $99,9\%$ распад ^{239}U .

Энергетическое разрешение детектора — $2,5 \text{ кэВ}$ для линий эталонного гамма-источника ^{60}Co .

Результаты эксперимента

Результаты калибровки с использованием ^{252}Cf нейтронных пучков реакторов БР-1 и ИБР-2 представлены на рис. 3, из которого видно, что чувствительности камер из различных партий отличаются не более чем на 10% . Некоторыми причинами такого отклонения являются следующие: различие в давлении, количестве и чистоте газов (Ar и Ne), наполняющих рабочий объем камер, и неравномерность нанесения уранового покрытия радиаторов ^{11/}.

Как видно из рис. 1, эффективность регистрации осколков деления слабо зависит от порога дискриминации, а следовательно, и от незначительных колебаний коэффициентов передачи ЗЧУ. Так как спектр осколков деления, попадающих в рабочий объем камеры, непрерывный, интегральная счетная характеристика камер КНТ-8 не имеет плато. Ее наклон составляет $0,1\%$ на 1 мВ .

Из того факта, что средний полный пробег осколков деления в уране равен $\sim 2 \text{ мг/см}^3$, следует, что эффективно регистрирующим

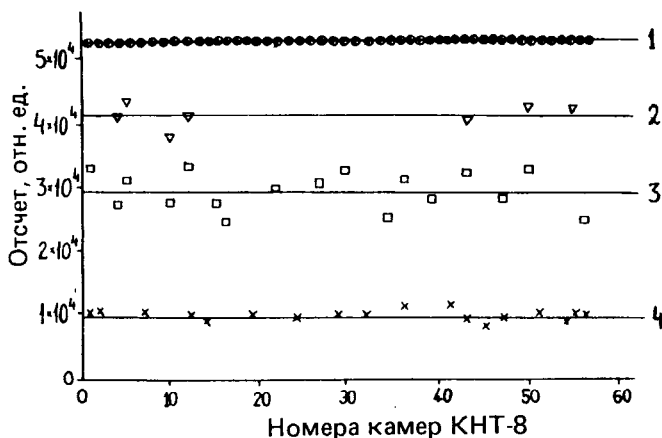


Рис. 3. Результаты калибровки камер деления КНТ-8: 1 — показания ЗЧУ при имитации нейтронной вспышки, 2 — показания КНТ-8 на реакторе ИБР-2, 3 — калибровка с использованием ^{252}Cf , 4 — калибровка камер на реакторе БР-1

является лишь поверхностный слой. На это указывает и анализ данных калориметрических исследований, свидетельствующий о слабой корреляции ($\delta = 0,48$) между толщиной радиатора (см. табл.) и чувствительностью камер (рис.3, кривая 4).

По выходу ядер ^{239}Np значение плотности потока тепловых нейтронов составило $(18,6 \pm 0,1) \cdot 10^7$ нейтр./ $(\text{см}^2 \cdot \text{с})$, что находится в хорошем согласии с характеристиками нейтронного пучка, приведенными выше, причем кадмиевое отношение для КНТ-8 составило $(5,2 \pm 0,2)$, а по активационным измерениям $2,71 \pm 0,3$.

Среднее значение чувствительности камер КНТ-8 к тепловым нейтронам определено $(1,6 \pm 0,2) \cdot 10^{-5}$ имп./ (нейтр./см^2) , что соответствует эффективной массе ^{235}U $(1,1 \pm 0,1) \cdot 10^{-2}$ мг.

Таблица

Номер камеры	Абсолютное содержание урана в камере, мг
7	$15,36 \pm 0,36$
36	$8,45 \pm 0,17$
41	$11,40 \pm 0,23$
45	$7,36 \pm 0,15$
47	$11,44 \pm 0,23$
54	$3,25 \pm 0,06$

Примечание: номера камер соответствуют камерам, указанным на рис.3.

Учитывая соотношение ^{235}U и ^{238}U в естественном уране, получаем для эффективной массы ^{238}U камер КНТ-8 значение $(1,5 \pm 0,2)$ мг. Это соответствует расчетной чувствительности к нейтронам деления $\eta = (2,1 \pm 0,2) \cdot 10^{-6}$ имп./ (нейтр./см²).

Измерения с использованием реактора БР-1 и источника ^{252}Cf дают аналогичные результаты, однако с меньшей точностью. Статистическая точность результатов калибровки составляет 1%.

В заключение авторы выражают благодарность И.И.Марьину за помощь в подготовке аппаратуры, С.С.Павлову и А.В.Стрелкову за содействие в проведении измерений.

Литература

1. Дмитриев А.Б., Малышев Е.К. — Нейтронные ионизационные камеры для реакторной техники. М.: Атомиздат, 1975.
2. Northcliffe L.C., Schilling R.F. — Nuclear Data Tables, 1970, A7, p.233.
3. Mekenzis I.M. — Making Fission Counters for Neutron Monitoring. Nucleonics, 1959, January, p.48.
4. Химия актиноидов. Под ред. Дж.Каца, Г.Сиборга, Л.Морсса. М.: Мир, 1992.
5. Назаров В.М. и др. — В сб.: Современные направления в активационном анализе в ОИЯИ. ОИЯИ, Д14-88-833, Дубна, 1988, с.6.

Рукопись поступила 6 февраля 1992 года.