

Интегральные потоки быстрых нейтронов в облучательных устройствах реактора СМ-2

А. В. КЛИНОВ, Ю. П. КОРМУШКИН, И. Ф. ПОЛИВАНОВ,
В. В. ФРУНЗЕ, В. А. ЦЫКАНОВ

УДК 621.039.55

Измерение потоков нейтронов было проведено в рамках программы по изучению физических характеристик реактора СМ-2 и возможностей их улучшения [1].

Для регистрации быстрых нейтронов использовалась реакция $In^{115}(n, n')In^{115m}$ с низким энергетическим порогом. Интегральный поток быстрых нейтронов находился с помощью полуэмпирического метода эффективных пороговых сечений [2, 3], в котором связь между интегральным потоком и активационным интегралом дается соотношением

$$\sigma_{\text{эфф}} \int_{E_{\text{эфф}}}^{\infty} \varphi(E) dE = \int_0^{\infty} \varphi(E) \sigma(E) dE.$$

Здесь $\sigma(E)$ — сечение реакции $In^{115}(n, n')In^{115m}$ для нейтронов с энергией E ; $\varphi(E)$ — спектр нейтронов; $\sigma_{\text{эфф}}$ — эффективное сечение реакции; $E_{\text{эфф}}$ — эффективная пороговая энергия.

В работе [3] для этой реакции рекомендуются значения $\sigma_{\text{эфф}} = 0,230$ барн и $E_{\text{эфф}} = 0,85$ Мэв. Показано, что при выбранных $\sigma_{\text{эфф}}$ и $E_{\text{эфф}}$ ошибка метода эффективных пороговых сечений не превышает 10%.

Интегральные потоки быстрых нейтронов измерялись во всех облучательных устройствах реактора на мощности $\sim 1 Mwt$ (номинальная мощность реактора 75 Mwt). Группы экспериментальных каналов, идентичных по конструкции и геометрическому расположению в отражателе, рассматривались как каналы одной категории (см. рисунок). Интегральные потоки измерялись в одном из каналов каждой группы. Для уменьшения вклада тепловых нейтронов в активность детектора индийевые фольги облучались в кадмиевых чехлах толщиной 1 м.м.

Наведенная активность измерялась на однокристальном сцинтилляционном γ -спектрометре с кристаллом NaI(Tl). Из полученного γ -спектра выделялся фотопик, характерный для метастабильного состояния In^{115m} ($E = 335$ кэв, $T_{1/2} = 4,5$ ч). Фотоэффективность $\varepsilon_{\text{ф}}$ спектрометра определялась с помощью источника Au^{198} , абсолютная активность которого измерялась методом $\beta - \gamma$ -совпадений. По известной фотоэффективности для $E_{\gamma} = 412$ кэв рассчитывалась фотоэффектив-

тивность для характерной γ -линии In^{115m} ($E_{\gamma} = 335$ кэв) с использованием зависимости $\varepsilon_{\text{ф}}(E_{\gamma})$ по данным работы [4]. Поправка на схему распада In^{115m} ($R = 0,48$) была взята из работы [5].

Результаты измерений, приведенные к номинальной мощности реактора, даны в таблице. Среднеквадратичные ошибки интегральных потоков быстрых нейтронов складываются из статистических погрешностей измерения активностей фольги, ошибок, возникающих

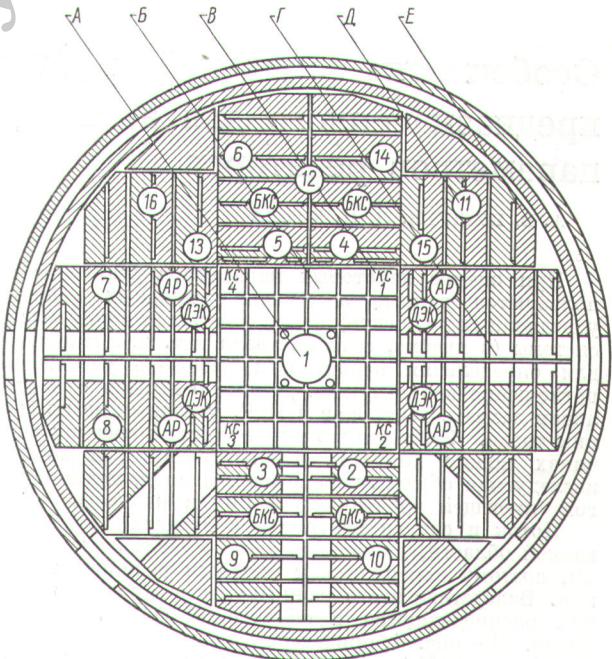


Схема активной зоны реактора СМ-2.

А — центральный канал; Б — топливная сборка; В — компенсирующий стержень (KC); Г — горизонтальный канал; Д — вертикальный канал; Е — бериллиевый отражатель.

**Интегральные потоки быстрых нейтронов в экспериментальных каналах
реактора СМ-2 [нейтр/см².сек]**

Номер или название экспериментального канала	$\int_{0,85 \text{ MeV}}^{\infty} \varphi(E) dE$	Номер или название экспериментального канала	$\int_{0,85 \text{ MeV}}^{\infty} \varphi(E) dE$
Канал 1, центральная ячейка	$(3,65 \pm 0,99) \cdot 10^{14}$	Канал 9	$(4,49 \pm 0,97) \cdot 10^{12}$
Канал 1, периферийная ячейка	$(3,99 \pm 1,08) \cdot 10^{14}$	Канал 10	$(4,49 \pm 0,97) \cdot 10^{12}$
Активная зона	$(1,46 \pm 0,39) \cdot 10^{15}$	Канал 11	$(3,71 \pm 1,36) \cdot 10^{12}$
Канал 2	$(3,03 \pm 0,63) \cdot 10^{14}$	Канал 12	$(1,24 \pm 0,26) \cdot 10^{12}$
Канал 3	$(2,25 \pm 0,47) \cdot 10^{14}$	Канал 13	$(1,06 \pm 0,22) \cdot 10^{14}$
Канал 4	$(3,64 \pm 0,75) \cdot 10^{14}$	Канал 14	$(3,58 \pm 0,77) \cdot 10^{12}$
Канал 5	$(3,64 \pm 0,75) \cdot 10^{14}$	Канал 15	$(8,24 \pm 1,75) \cdot 10^{13}$
Канал 6	$(3,58 \pm 0,77) \cdot 10^{12}$	Канал 16	$(5,49 \pm 1,91) \cdot 10^{12}$
Канал 7	$(6,36 \pm 1,37) \cdot 10^{12}$	Канал БКС	$(2,34 \pm 0,50) \cdot 10^{13}$
Канал 8	$(4,49 \pm 0,97) \cdot 10^{12}$	Канал ДЭК	$(1,77 \pm 0,37) \cdot 10^{14}$

при пересчете значений интегральных потоков на номинальную мощность, ошибки метода эффективных пороговых сечений, ошибки в значении эффективного сечения реакции $In^{115}(n, n')In^{115m}$ и погрешностей определения эффективности регистрации γ -квантов. Погрешности определения весов индикаторов, значения выхода γ -квантов на распад и константы распада из-за их малости не учитывались.

Поступило в Редакцию 15/IV 1969 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Цыканов и др. Kernenergie, 9, 310 (1966).
2. Н. В. Звонов и др. «Атомная энергия», 12, 116 (1962).
3. Ю. П. Корумушкин и др. Бюллетень информационного центра по ядерным данным. Вып. IV. М., Атомиздат, 1968, стр. 286.
4. Н. А. Вартанов, П. С. Самойлов. Практические методы сцинтилляционной гаммаспектрометрии. М., Атомиздат, 1964.
5. Н. Г. Гусев и др. Радиоактивные изотопы как гамма-излучатели. М., Атомиздат, 1964.

Особенности зональной характеристики детектора γ -излучения, предназначенного для активационных измерений параметров реакторов

А. В. БУШУЕВ, Л. Н. ЮРОВА

УДК 539.1.174.8

При оценке некоторых параметров реакторов используются данные о сечениях ядерных реакций, усредненных по спектру нейтронов в некоторой области системы (в ячейке, сечении твэла и т. д.). Например, для определения вероятности избежать резонансное поглощение используются данные о полном и надтепловом захвате нейтронов в U^{238} , усредненные по сечению твэла. Необходимую информацию о средних величинах можно получить в эксперименте, в котором исследуемая область перекрывается индикатором-фольгой, имеющей идентичную форму и размеры.

Поток и спектр нейтронов в пределах рассматриваемой области, как правило, не остаются постоянными, поэтому изменяются и скорости различных реакций. Вследствие этого радиоактивные продукты реакций распределяются в облученной фольге неравномерно. На рис. 1 приведены распределения реакций $Cu^{63}(n, \gamma)$, $U^{238}(n, \gamma)$, $Rh^{103}(n, n')$ по диаметру твэла. Данные получены при измерениях с фольгами из меди, родия и урана (обедненного в 300 раз по U^{235}). Излучение продуктов реакций — Cu^{64} (энергия 511 кэВ), Np^{239} (энергия 105 кэВ) и Rh^{103m} (20 кэВ) — регистрировалось сцинтилляционным детектором. Активности

различных участков поверхности фольги исследовались с помощью набора кольцевых коллиматоров. Для того чтобы по измеренному распределению активности определить истинный ход реакции в фольге, необходимо провести коррекцию с учетом неодинаковой зональной характеристики поверхности детектора. Величины поправок были получены при измерениях с фольгой, облученной в изотропном потоке нейтронов (продукты реакций распределены в фольге равномерно).

Итак, радиоактивные ядра неравномерно распределены в источнике-фольге, и закон, описывающий их распределение, неизвестен. В этом случае результаты измерений могут быть интерпретированы однозначно, если скорость счета импульсов прямо пропорциональна количеству продуктов реакции в фольге. Условие будет выполнено, если детектирующая система с равной эффективностью зарегистрирует излучение, испускаемое продуктами реакции, образовавшимися в любом элементе объема образца. Известно несколько способов, с помощью которых осуществляется это условие:

1) растворить образец и приготовить гомогенный источник (недостаток такого метода — разрушение об-