

АНАЛИЗ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ПОЛЯ ТЕПЛОВЫХ НЕЙТРОНОВ В КОРПУСЕ РЕАКТОРА, В ОБЛАСТЯХ ОКОЛО КОРПУСА НА МОДЕЛИ ВВЭР-1000 (ЧЕХИЯ, ИЯИ, LR-0) И В КАНАЛАХ ИОНИЗАЦИОННЫХ КАМЕР ВВЭР-1000 НА АЭС

С. С. Ломакин (НТЦ ЯРБ), Б. Ошмера (ИЯИ, Чехия)

В настоящее время, в связи с разработкой и сооружением более совершенных реакторов ВВЭР, появилась необходимость в экспериментальном уточнении ряда нейтронно-физических параметров нейтронных полей в областях реакторной установки, в которых работают элементы системы СУЗ. Немаловажное значение для дозиметрии корпусов ВВЭР имеет и экспериментальное определение параметров нейтронного поля в корпусе реактора (КР) и в областях около корпуса реактора (в каналах ИК), проходящих вблизи опорных конструкций реакторов. Эти данные позволяют также уточнить степень влияния тепловых нейтронов на радиационное охрупчивание материалов реакторной установки.

В табл. 1 представлены результаты измерений параметров поля тепловых нейтронов на модели ВВЭР-1000 реактора LR-0 с помощью счетчика тепловых нейтронов в корпусе реактора и в областях около корпуса, а также результаты экспериментальных исследований в каналах ИК на АС с ВВЭР, полученные с помощью активационных детекторов.

Приводятся данные абсолютных и относительных измерений плотности потоков тепловых нейтронов $n\nu_0$, кадмиевые отношения R_{cd} , параметры $r\sqrt{T/T_0}$ и температуры спектра тепловых нейтронов T_n .

Параметры поля тепловых нейтронов определялись с помощью набора активационных детекторов, содержащих Lu, Cu, Mn, Co (в каналах ИК реакторов ВВЭР-1000 на НВАЭС и других российских АС) с использованием формализма Весткотта. На модели ВВЭР-1000 реактора LR-0 использовался счетчик тепловых нейтронов, откалиброванный в эталонном нейтронном поле.

В табл. 1 и на рис. 1 и 2 приведены результаты измерений кадмиевых отношений (R_{cd}) и распределения плотностей потоков нейтронов в каналах модели (позиции 3 - 8), полученные с помощью счетчика тепловых нейтронов при установке макета образцов-свидетелей (ОС) и без макета. В табл. 2 приведены величины $r\sqrt{T_n/T_0}$, T_n и $n\nu_0$, измеренные в каналах ИК ВВЭР-1000 [1] и ВВЭР-440 [2] (для сравнения).

Таблица 1

Результаты измерений на модели ВВЭР-1000

Позиция измерения на модели ВВЭР	R_{cd} с макетом ОС	R_{cd} без макета ОС	Скорость счета, имп/сек	
			С макетом ОС	Без макета ОС
3, перед КР	4,81	6,98	1000,00	845,28
4, в КР	1,89	1,83	127,05	83,36
5, в КР	1,56	1,32	49,10	38,02
6, в КР	1,27	1,27	29,21	23,07
7, за КР	2,37	2,21	48,17	27,36

8, канал ИК	8,27	8,12	106,39	60,20
-------------	------	------	--------	-------

Таблица 2

Параметры поля тепловых нейтронов в каналах ИК ВВЭР

АС	Реактор	№ и расположение канала	Nv_0 , нейтр·см ⁻² ·с ⁻¹	T_n , °К	$r\sqrt{T_n/T_0}$
НВАЭС-5	ВВЭР-1000	№ 8(ИК) $R^* = 310$ см В бетоне	$(1,01 \pm 0,05) + 9$	433 ± 17	$0,16 \pm 0,01$
	ВВЭР-1000	№ 13(ИК) $R = 310$ см в бетоне	$(1,05 \pm 0,10) + 9$	425 ± 16	$0,13 \pm 0,01$
	ВВЭР-440	№ 13 (ИК) в баке с водой	$(1,80 \pm 0,07) + 10$	418 ± 17	$0,082 \pm 0,03$
	ВВЭР-440	№ 18(ИК) в баке с водой	$(1,96 \pm 0,07) + 10$	409 ± 13	$0,08 \pm 0,01$
	ВВЭР-440	ИК в бетоне	$(5,32 \pm 0,05) + 10$	550 ± 14	$0,13 \pm 0,01$

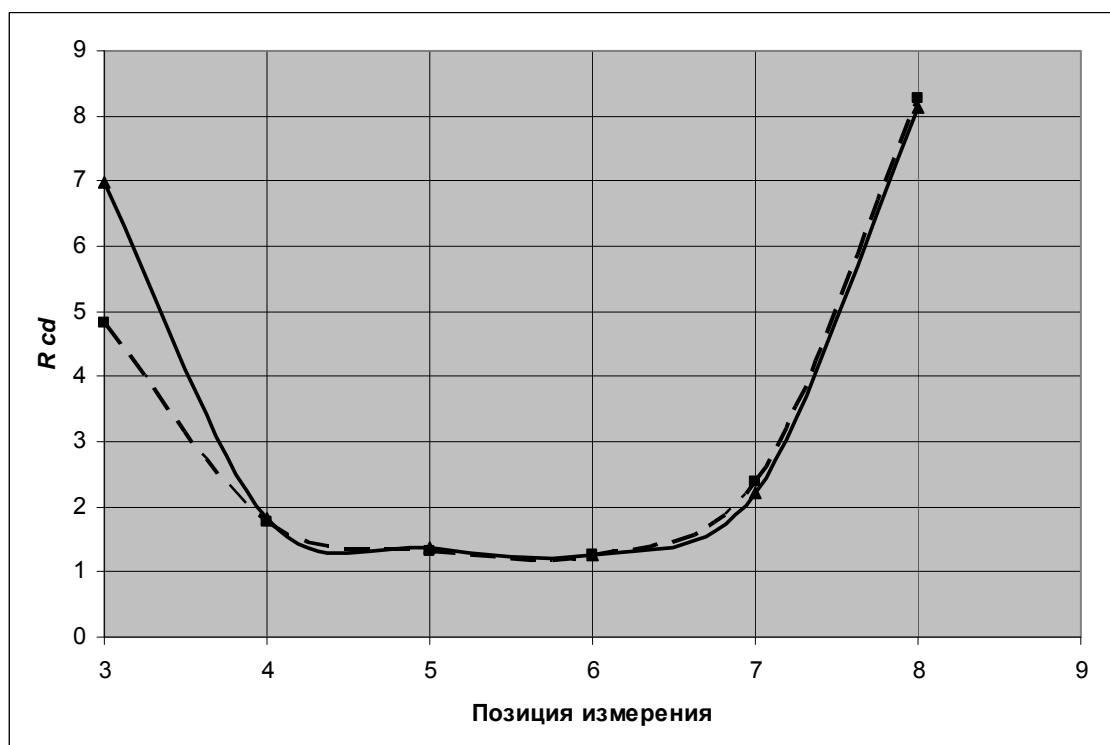


Рис. 1. Кадмиевое отношение (пунктирная кривая – с моделью для ОС,

* R – расстояние от центральной оси реактора

сплошная – без модели для ОС)

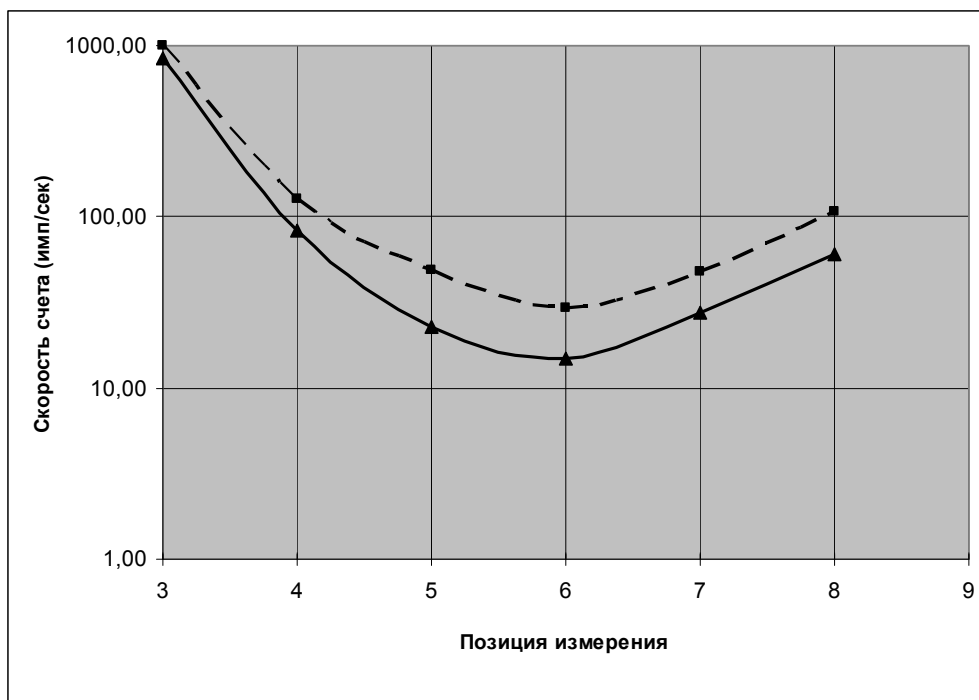


Рис. 2. Скорость счета детектора без кадмия (пунктирная кривая – с моделью для ОС, сплошная – без модели для ОС)

Анализ представленных экспериментальных данных, полученных на модели реактора ВВЭР-1000 и на действующих АС, позволяет сделать следующие выводы.

1. Впервые получены расширенные экспериментальные данные о распределении плотности потока тепловых нейтронов по толщине корпуса реактора, за корпусом реактора и в защите (бетон, каналы ИК).
2. Полученные экспериментальные данные наглядно демонстрируют тот факт, что поле тепловых нейтронов в области расположения каналов ИК формируется путем замедления быстрых нейтронов, прошедших корпус реактора.
3. Спектр тепловых нейтронов имеет большую жесткость в каналах ИК, расположенных в бетонной защите, чем в водяной защите.
4. Приведенные в статье измеренные спектральные параметры поля тепловых нейтронов целесообразно использовать в целях верификации расчетных программ и кодов.

Литература

1. Ломакин С. С. и др. Результаты измерений поля нейтронов в каналах ВВЭР-1000. Атомная энергия, т. 56, вып. 3, 1984.
2. Ломакин С. С. и др. Экспериментальные данные о нейтронных полях ВВЭР-440. Атомная энергия, т. 54, вып. 3, 1983.