

Некоторые экспериментальные нейтроннофизические характеристики размножителя СО-1

Л. В. КОНСТАНТИНОВ, В. А. НИКОЛАЕВ,
А. И. ЕФАНОВ, А. А. УСТИНОВ

В конце 1967 г. в Москве был введен в строй действующих ядерных установок нейтронный размножитель типа СО-1 [1]. Нейтронный размножитель является подкритической системой, предназначенной для проведения различного рода работ по активационному анализу.

На рис. 1 представлен общий вид установки. Активная зона размножителя набирается из уран-полиэтиленовых дисков диаметром 240 мм, общая высота активной зоны ~230 мм. В качестве горючего используется двуокись урана с обогащением по U^{235} до 36%, гомогенно диспергированная в полиэтилене. В активной зоне имеется центральный канал (ЦК) диаметром 23 мм, который служит для размещения регулирующего стержня-поглотителя с источником нейтронов. Активная зона окружена комбинированным графит-полиэтиленовым отражателем общей толщиной 150 мм. В боковом отражателе расположены три вертикальных экспериментальных канала (ВЭК-1, ВЭК-2, ВЭК-3) и два горизонтальных экспериментальных канала (ГЭК-1, ГЭК-2), кроме того, в боковом отражателе расположены два канала, предназначенные для контрольных ионизационных камер. Торцовые отражатели набраны из тонкого полиэтилена (~10 мм) и толстого слоя графита (~100 мм). Биологическая защита состоит из слоев свинца, смеси парафина с бором и воды.

Мощность контролируется по двум токовым каналам. Регулирование мощности производится путем перемещения стержня с источником нейтронов. Пульс управления показан на рис. 2 (справа на рисунке изображено управление пневмопочтой, которой оборудованы экспериментальные каналы).

При физическом пуске первого образца нейтронного размножителя решались следующие основные задачи: выбор оптимального торцового отражателя; исследование влияния на реактивность залива установки водой; заполнение экспериментальных каналов различными веществами; определение температурного коэффициента реактивности; измерение абсолютных

коэффициента реактивности; измерение абсолютных



Рис. 1. Общий вид нейтронного размножителя.

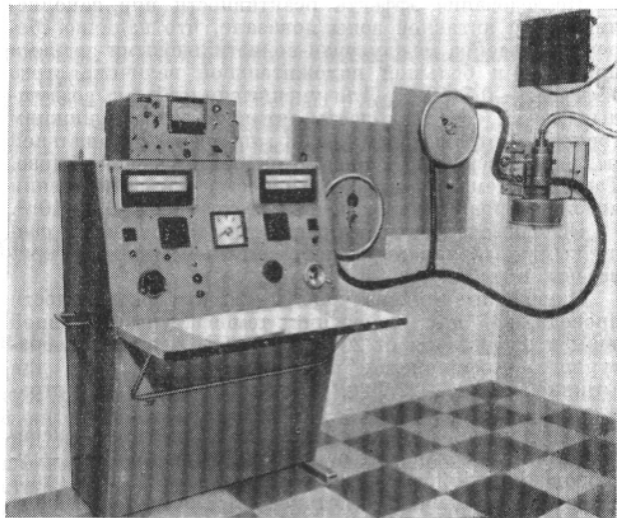


Рис. 2. Пульс управления нейтронным размножителем.

потоков тепловых нейтронов в экспериментальных каналах; выбор оптимальной композиции стержня с источником; определение рабочей загрузки установки.

Для измерения эффектов реактивности использовался известный метод «обратного размножения» нейтронов с применением «эталоны» реактивности, а также метод «сброса» стержня.

«Вес» эталона определялся методом установившегося периода разгона реактора. Учитывая важность измерения эффектов реактивности в абсолютных единицах, была определена эффективная доля запаздывающих нейтронов $\beta_{эфф}$ в разномножителе. С этой целью проводился анализ шумов мощности установки на электронном анализаторе случайных процессов (ЭАСП-С). Расчет эффективного времени жизни нейтронов l проводился по двухзонной модели Коэна [3]. Экспериментальное значение $\beta_{эфф}/l$ составило $(160 \pm 13) \text{ сек}^{-1}$. «Вес» эталона реактивности, представляющего собой графитовый стержень диаметром 50 мм и длиной 600 мм, при помещении в ВЭК-1 был равен $(0,14 \pm 0,01) \cdot 10^{-2}$.

Ниже приведено изменение реактивности $\Delta\rho$ в зависимости от толщины Δh полиэтиленовой прослойки между графитовым торцовым отражателем и верхним уран-полиэтиленовым диском активной зоны:

| $\Delta h, \text{ мм}$ | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 70 |
|------------------------------|---|------|-------|-------|-------|-------|
| $\Delta\rho, \times 10^{-2}$ | 0 | 0,04 | -0,08 | -0,22 | -0,45 | -0,48 |

Видно, что толщина полиэтиленовой прослойки, равная 10—15 мм, наиболее эффективна. При оптимальных торцовых отражателях критическая масса составляет $\sim 690 \text{ г U}^{235}$. Рабочая загрузка подкритической системы выбрана равной $\sim 670 \text{ г}$. Была оценена также критическая масса системы, в которой центральный канал заполнен полиэтиленом, а экспериментальные каналы — графитом. Она оказалась равной $\sim 660 \text{ г U}^{235}$.

Исследование эффекта реактивности при заполнении водой активной зоны показало, что наличие сборочных зазоров между уран-полиэтиленовыми дисками приводит к большой положительной величине этого эффекта ($\sim 0,7 \cdot 10^{-2}$). Для уменьшения объема воздушных щелей основная часть активной зоны с нижним торцовым отражателем была заполнена специальной медленно твердеющей смесью на органической основе. Таким путем эффект реактивности при заполнении водой зазоров активной зоны был снижен до $0,05 \cdot 10^{-2}$.

Основные эффекты реактивности от заполнения различными материалами экспериментальных каналов приведены в табл. 1.

Измерения температурного эффекта реактивности проводились при изменении температуры активной зоны и отражателя от 20 до 50° С. Величина температурного коэффициента реактивности составила для активной зоны $-(2,7 \pm 0,5) \cdot 10^{-4}$ на 1° С и для отражателя $-(1,0 \pm 0,2) \cdot 10^{-4}$ на 1° С.

Абсолютные потоки тепловых нейтронов в экспериментальных каналах определялись методом $\beta - \gamma$ совпадений с помощью золотых индикаторов. Для относительных измерений потоков тепловых нейтронов использовались диспрозиевые индикаторы. В табл. 2 приведены экспериментальные и расчетные значения потоков тепловых нейтронов при подкритично-

Эффекты реактивности, измеренные при полном заполнении экспериментальных каналов различными материалами

Таблица 1

| Образец | Расположение образца | Эффект реактивности на объем одного канала, % |
|----------------|----------------------|---|
| Вода | ВЭК-1, ВЭК-2, ВЭК-3 | $0,05 \pm 0,01$ |
| » | ГЭК-2 | $0,05 \pm 0,01$ |
| Графит | ВЭК-1 | $0,150 \pm 0,007$ |
| Кадмий | ВЭК-1 | $0,160 \pm 0,007$ |
| Природный уран | ВЭК-1 | $0,130 \pm 0,002$ |
| Медь | ВЭК-1 | $0,023 \pm 0,002$ |
| Окись железа | ВЭК-1 | $0,020 \pm 0,006$ |
| Вода | ПК | $0,45 \pm 0,05$ |
| Полиэтилен | ПК | $0,44 \pm 0,04$ |
| Графит | ПК | $0,25 \pm 0,03$ |

сти $0,5 \cdot 10^{-2}$ и мощности источника нейтронов $2,3 \cdot 10^8 \text{ нейтрон/сек}$. Расчет проводился в многогрупповом приближении [2].

На рис. 3, 4 приведены относительные распределения потоков тепловых нейтронов в экспериментальных каналах. При заполнении канала ВЭК-1 графитом величина потоков тепловых нейтронов возрастает приблизительно на 10%, а при заполнении водород-

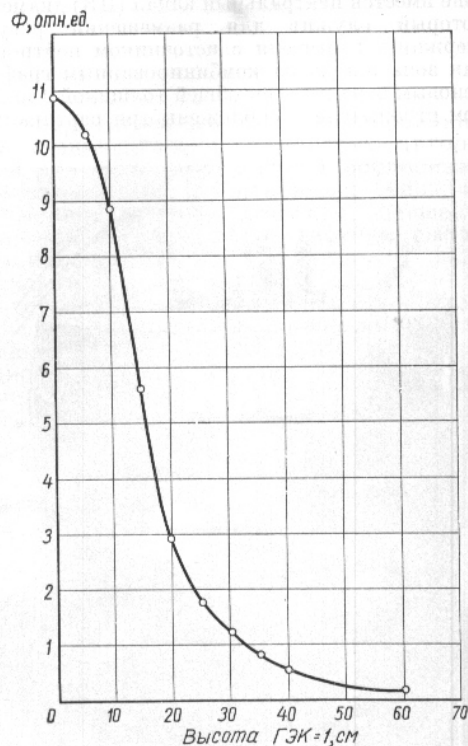


Рис. 3. Распределение потока тепловых нейтронов по длине ВЭК-1.

Измеренные и расчетные значения потоков тепловых нейтронов в установке СО-1, 10^7 нейтр/см²·сек Таблица 2

| Канал | Эксперимент | Расчет |
|-------|---------------|--------|
| ЦК | $3,9 \pm 0,4$ | 3,7 |
| ВЭК-1 | $1,3 \pm 0,1$ | 1,3 |
| ВЭК-2 | $1,3 \pm 0,1$ | 1,3 |
| ВЭК-3 | $1,3 \pm 0,1$ | 1,3 |
| ГЭК-1 | $1,2 \pm 0,1$ | 1,1 |

содержащим замедлителем (оргстекло, полиэтилен) — приблизительно на 40%.

В связи с небольшими размерами активной зоны стандартные изотопные источники нейтронов в ампулах из нержавеющей стали вносят значительную отрицательную реактивность при помещении их в центр активной зоны. Так, эффект реактивности $P_0 - B_0$ источника диаметром 20 мм и высотой 40 мм составил $-(0,46 \pm 0,07) \cdot 10^{-2}$, а источника диаметром 8 мм и высотой 98 мм оказался равным $-(0,26 \pm 0,03) \times 10^{-2}$. Перемещение таких источников по высоте активной зоны вызывает большие колебания реактивности. Экспериментальным путем был подобран состав стержня с источником, обеспечивающий необходимую компенсацию изменений реактивности при

Геометрические размеры и последовательность расположения материалов стержня Таблица 3

| Материал блока | Длина блока, мм |
|--|-----------------|
| Кадмий | 400 |
| Нержавеющая сталь | 70 |
| Полиэтилен | 125 |
| Ампула из нержавеющей стали с источником | 56,5 |
| Полиэтилен | 125 |
| Нержавеющая сталь | 100 |

Установка для растяжения микрообразцов в низкотемпературном канале реактора

И. А. НАСКИДАШВИЛИ, Э. С. ЛАПИАШВИЛИ, А. Н. ЛЕЖАВА, ДЖ. Г. КАЦИТАДЗЕ

УДК 621.039.5.053

В большинстве случаев облучение исследуемых материалов проводится при реакторных температурах [1—6]. Однако известно, что величина радиационного эффекта для некоторых физических и механических свойств металлов сильно зависит от температуры облучения [6—8], в связи с чем необходимы исследования в широком диапазоне температур.

С другой стороны, радиационные дефекты после прекращения облучения начинают отжигаться даже

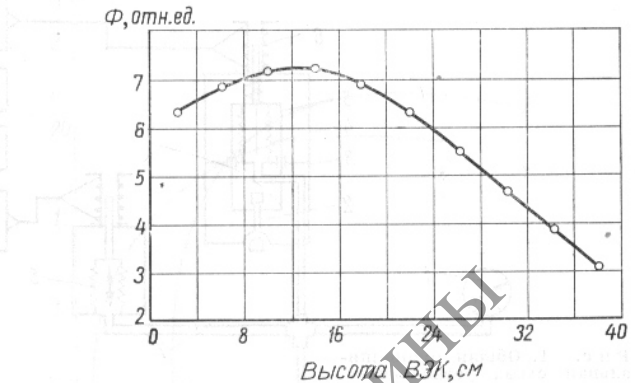


Рис. 4. Распределение потока тепловых нейтронов по длине ГЭК-1.

перемещении источника. В табл. 3 приведены геометрические размеры и последовательность расположения различных материалов, входящих в состав регулирующего стержня.

Положительные изменения реактивности при перемещении выбранного стержня по высоте активной зоны не превышают $0,05 \cdot 10^{-2}$. На основании проведенных исследований были выбраны следующие рабочие параметры установки: подкритичность $0,5 \cdot 10^{-2}$; источник $Pu^{238} - Be$ ($T_{1/2} = 89,6$ года, $Q = 2,3 \cdot 10^8$ нейтр/сек); мощность 0,9 Вт; поток тепловых нейтронов в экспериментальных каналах составлял $1,3 \cdot 10^7$ нейтр/см²·сек.

Полученные параметры нейтронного размножителя позволяют надеяться, что он найдет широкое применение в таких отраслях народного хозяйства, где используются методы активационного анализа.

Поступило в Редакцию 12/III 1969 г.
В окончательной редакции 8/VIII 1969 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. М. Булкин и др. «Атомная энергия», 21, 321 (1966).
2. Марчук Г. И. Методы расчета ядерных реакторов. М., Госатомиздат, 1961.
3. C. Cohen. Nucl. Sci. and Engng, 13, 12 (1962)

при низких температурах [9, 10]. Поэтому измерения физических и механических характеристик твердых тел весьма желательно проводить непосредственно в канале ядерного реактора при одновременном воздействии низких температур и ядерного излучения. Результаты таких измерений особенно ценны для учета низкотемпературной радиационной стойкости материалов. Существующие в настоящее время испытательные машины для снятия кривой растяжения не дают воз-