

Вероятность вылета нейтрона из сферы

$$q = 1 - p = P(\rho > R) = \frac{R/L}{\text{sh}(R/L)}. \quad (6)$$

Плотность распределения  $\rho$  есть

$$f(x) = Ax \text{sh}\left(\frac{R-x}{L}\right). \quad (7)$$

Можно  $\rho$  выбрать по следующему алгоритму: 1) выбираем пару  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  и вычисляем  $\rho_1 = -L \ln \alpha_1 \alpha_2$ ; если  $\rho_1 > R_c$ , то отбрасываем  $\alpha_1, \alpha_2$  и берем новую пару  $\alpha$ ; 2) если  $(1 - e^{-2[(R-\rho_1)/L]}) \geq \alpha_3 (1 - e^{-2R/L})$ , то  $\rho = \rho_1$ ; в противном случае повторяем процедуру с новыми  $\alpha$ . Описанный алгоритм можно использовать для моделирования координат поглощения теплового нейтрона в многослойных средах.

Пусть  $S$  — минимальное расстояние от источника  $r_1$  до границы среды. Полагая, что  $R_c = S$ , с вероятностью  $p$  (5) разыгрываем равновероятно точку поглощения на сфере радиусом  $\rho$ , который выбирается по описанному выше алгоритму.

С вероятностью  $q$  (6) моделируем траекторию теплового нейтрона до его поглощения. Причем траектория начинается с поверхности сферы радиусом  $R_c$  с начальным направлением  $\Omega_0$  равновероятно вне сферы.

Разыграть начальные координаты  $r_0$  и направление  $\Omega_0$  можно так: 1) равновероятно разыгрываем  $\Omega_n$  — направляющие косинусы нормали к сфере и вычисляем  $r_1 = r_1 + R_c \Omega_n$ ; 2) разыгрываем равновероятно  $\Omega'_0$ , и если  $\Omega_n \Omega'_0 > 0$ , то  $\Omega_0 = \Omega'_0$ , в противном случае  $\Omega_0 = -\Omega'_0$ .

В тех случаях, когда источник удален от границы достаточно далеко ( $S \gg L$ ), то (5) близко к единице, а член  $v_{D_2}(r)$  в (4) будет мал и распределение  $v_D(r)$  будет близко к распределению в однородной среде. Поэтому для получения точек поглощения можно использовать приближенный алгоритм, воспользовавшись плотностью распределения для однородной среды (3).

Вероятность того, что нейтрон поглотится в сфере радиусом  $S$  безграничной однородной среды, равна

$$p_1 = P(\rho < S) = \int_0^S v(x) dx = \int_0^S ax e^{-x/L} dx = 1 - e^{-S/L} (1 + S/L).$$

Можно использовать такой алгоритм: 1) с вероятностью  $p_1$  разыгрываем  $\rho$ , как в однородной среде, но при условии  $\rho < S$ ; если  $\rho > S$ , то берем другие  $\alpha_1, \alpha_2$ ; частице при этом присваивается вес  $p_1$ ; 2) с вероятностью  $q_1 = 1 - p_1$  моделируем траекторию, точке поглощения нейтрона приписывается вес

$$W = \begin{cases} \frac{1}{q}, & \text{если частица поглощается вне сферы;} \\ 1, & \text{если частица поглощается в сфере.} \end{cases}$$

Следует заметить, что, когда  $S$  очень большое, последний алгоритм выгоднее, хотя он и приближенный. Вычислений в нем значительно меньше, чем в алгоритме, использующем решение уравнения диффузии для сферы в вакууме.

Описанными алгоритмами можно получить точку поглощения нейтрона в однородной среде почти в  $\Sigma_s/\Sigma_a$  раз быстрее по сравнению с обычным моделированием траектории. В многослойных средах с размерами области больше длины диффузии выигрыш во времени моделирования также приближается к  $\Sigma_s/\Sigma_a$ .

Поступило в Редакцию 27/XII 1971 г.  
В окончательной редакции 11/V 1972 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. С. А. Денисюк, Р. А. Резванов, Б. Е. Лухминский. В сб. «Ядерная геофизика». М., Гостоптехиздат, 1965, стр. 22.
2. К. Бекуртц, Р. Виртц. Нейтронная физика. М., Атомиздат, 1968, стр. 111, 115.
3. Г. А. Михайлов. «Теория вероятности и ее применения», X, 749 (1965).

## О возможности избирательного контроля содержания примесей в натрий-калиевом теплоносителе с помощью пробкового индикатора

М. Н. АРНОЛЬДОВ, М. Н. ИВАНОВСКИЙ, С. С. ПЛЕНЕЦ, А. Д. ПЛЕШИВЦЕВ

УДК 621.039.564.5

Пробковый индикатор — наиболее распространенное устройство для контроля содержания примесей в жидкометаллических теплоносителях. В литературе неоднократно указывалось на невозможность определения конкретной примеси, вызывающей закивание индикатора. Поэтому до настоящего времени индикатор рассматривался лишь как указатель общего «потенциала закупорки для всей системы» [1].

Однако ясно, что характер закивания и его скорость должны зависеть от свойств примеси, закупоривающей индикатор: удельного веса, скорости кристаллизации и т. п. Поэтому представляет интерес исследовать зависимость скорости закивания индикатора от вида примеси и на этой основе оценить возможность

избирательного контроля содержания примесей с помощью индикатора.

Исследование было проведено на натрий-калиевом теплоносителе, исследуемыми примесями были водород и кислород. Применялся индикатор, устройство которого подобно описанному ранее [1]. Число канавок в индикаторе 60, их размеры  $0,32 \times 0,32$  мм. Скорость охлаждения сплава находилась в интервале  $8-12^\circ \text{C/мин}$ . Первоначальный расход сплава через индикатор был равен  $500 \text{ кг/ч}$ . В процессе исследования все параметры работы стенда и индикатора поддерживались постоянными, кроме содержания примесей кислорода и водорода. Результаты исследования представлены на рис. 1 в виде зависимости скорости заки-

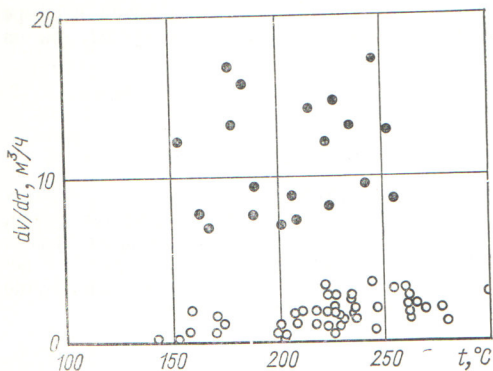


Рис. 1. Влияние вида примеси на скорость за빙ания индикатора: ● — водород; ○ — кислород.

вания индикатора от температуры за빙ания, т. е. от содержания примеси. Из рисунка видно, что существует явное расслоение точек для примесей водорода и кислорода. Если измерить кроме температуры за빙ания также скорость за빙ания индикатора, можно определить вид примеси, выпадающей в осадок в индикаторе. Зная зависимость концентрации этой примеси от температуры насыщения, можно определить ее содержание.

Рассмотрим эту возможность на следующем примере. Как известно, примеси кислорода и водорода взаимодействуют между собой, образуя гидроксильную группу ОН [2]. Эксперимент заключался в следующем: в натрий-калиевый теплоноситель, содержащий около  $1,5 \cdot 10^{-2}$  вес. % кислорода, вводили порциями водород. Образующаяся при этом группа ОН обладает, по-видимому, достаточной растворимостью, поэтому ввод водорода первоначально приводил не к возрастанию температуры за빙ания, а наоборот, к ее падению. При этом скорость за빙ания индикатора оставалась равной кислородной, что свидетельствовало об уменьшении содержания несвязанного кислорода в теплоносителе.

## Измерение энерговыделения в компенсирующем стержне реактора

В. А. КУЗНЕЦОВ, А. И. МОГИЛЬНЕР, В. П. КОРОЛЕВА, Ю. А. ПРОХОРОВ,  
В. С. САМОВАРОВ, С. Н. ФОКИН, Л. А. ЧЕРНОВ

УДК 621.039.51

До настоящего времени энерговыделение в борсодержащих стержнях оценивалось главным образом расчетными методами. Поэтому представляет интерес непосредственное измерение этой величины. Ранее проводившиеся экспериментальные работы [1] не были совершенны в методическом отношении, так как в них использовались активационные детекторы с энергетической зависимостью сечений, отличной от зависимости для сечения захвата  $V^{10}$ . Полное энерговыделение в компенсирующем стержне обусловлено реакцией  $V^{10}(n, \alpha)Li^7$  и поглощением  $\gamma$ - и  $\beta$ -излучений реактора, причем для стержней из карбида бора величина последней части невелика и составляла 8—10% полного энерговыделения.

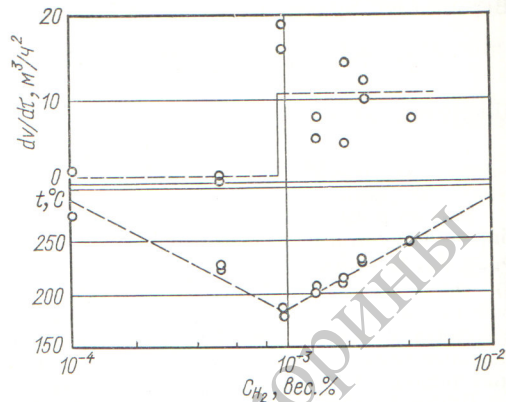


Рис. 2. Изменение скорости и температуры за빙ания в процессе ввода примеси водорода в теплоноситель, содержащий примесь кислорода.

После того как весь возможный при данных условиях кислород был связан водородом, дальнейшие добавки водорода приводили к повышению температуры за빙ания. Характер за빙ания индикатора после этого менялся с кислородного на водородный, что видно из скорости за빙ания (рис. 2). Таким образом, из перераспределения кислорода между свободной и связанной формами следует, что с помощью измерения скорости за빙ания можно контролировать и анализировать достаточно сложные процессы, происходящие в теплоносителе.

Поступило в Редакцию 24/1 1972 г.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Жидкотеталлические теплоносители. Пер. с англ. Под ред. А. Е. Шейндлина. М., Изд-во иностр. лит., 1958.
2. М. Н. Арнольд и др. «Теплофизика высоких температур», 8, № 1, 88 (1970).

Цель данной работы — измерение удельного энерговыделения в борном стержне в результате реакции ( $n, \alpha$ ) на  $V^{10}$  с использованием современных полупроводниковых и трековых детекторов вместе с индикаторными слоями из  $V^{10}$  и  $U^{235}$ .

**Основы метода.** Пусть имеется тонкий слой  $V^{10}$  весом  $\Delta m$  (в граммах), расположенный в фиксированной точке гомогенного реактора ( $\rho_0, \varphi_0, z_0$ ). Тогда удельное энерговыделение в этом слое

$$Q_B^0 = \frac{q_{B^0} \rho_0}{\Delta m W} \frac{M_{эв}}{\text{сек} \cdot \text{г} \cdot \text{см}}, \quad (1)$$