

Показатели процесса и основные характеристики битумного компаунда

Характеристика	Без предварительной подготовки пульпы	С предварительной обработкой пульпы
Исходная пульпа:		
концентрация, г/л	50—100	500—650
температура, °С		15—20
Температура чистого битума, °С		110—120
Расчетная степень наполнения (по сухому остатку), %	Не более 15	Не менее 40
Температура, °С:		
массы после смешения исходных компонентов	70—80	90—95
процесса битумирования (остаточная влага менее 1%)		127—135
выгрузки и расфасовки полученного компаунда в тару		105—110
Продолжительность процесса битумирования (цикла в периодическом режиме), ч	2	0,5
Сокращение объема отходов, кратность	До 2	До 5
Фактическая степень наполнения, %	10—15	45—50
Остаточная влажность, %		Менее 1
Температура размягчения, °С	55—60	58—65
Динамическая вязкость при 110—120 °С, Па·с	0,5—1,0	0,7—1,3
Скорость, г/(см ² ·сут):		
выщелачивания радионуклидов		10 ⁻⁵ —10 ⁻⁶
водопоглощения		10 ⁻⁴ —10 ⁻⁵
Термическая устойчивость (температура вспышки/воспламенения), °С		Выше 300/350

Как видно из данных, повышение объемной плотности фильтроперлита в результате предварительной механической обработки позволяет существенно увеличить степень наполнения битумного компаунда, а также производительность битуматора вследствие уменьшения объема испаряемой воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баринов А.С., Ожован М.И., Соболев И.А. О механизмах выноса компонентов жидких радиоактивных отходов в зависимости от заполнения битумных компаундов. — Атомная энергия, 1988, т. 65, вып. 6, с. 403—405.
2. Никифоров А.С., Захарова К.П., Поляков А.С. Физико-химические основы битумирования жидких радиоактивных отходов АЭС с РБМК и свойства образующихся компаундов. — Там же, 1986, т. 61, вып. 3, с. 159—162.
3. Ewers J., Heukelom W. Die Erhöhung der Viskosität von Bitumen durch die Zugabe von Füller. — Straße und Autobahn, 1964, v. 15, S. 2.

Поступило в Редакцию 1.06.94

УДК 621.039.564:539.1.074

ТЕМПЕРАТУРНО-НЕЗАВИСИМАЯ ФОРМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ДЕТЕКТОРОВ ТЕПЛОВЫХ НЕЙТРОНОВ

Кошелев А.С. (ВНИИЭФ), Севастьянов В.Д., Ярына В.П. (НПО ВНИИФТРИ)

Предлагаемый подход к определению чувствительности детекторов тепловых нейтронов в форме, независимой от температуры тепловых нейтронов, ориентирован преимущественно на нейтронные детекторы системы контроля энергетических и исследовательских тепловых реакторов. Но по существу область применения не ограничена, и он может быть легко распространен на контрольно-измерительные детекторы нейтронов вне зависимости от спектральных характеристик нейтронного поля в месте их установки.

В настоящее время общепринято (см., например, работу [1]) независимо от характера функции отклика детектора (ток — для токового, число отсчетов — для импульсного, квадрат переменной составляющей тока или напряжения — для флюктуационного режимов работы и т.д.) определять чувствительность η упомянутых нейтронных детекторов в форме

$$\eta = R/\Phi, \quad (1)$$

где R — отклик детектора; Φ — плотность потока тепловых нейтронов в месте его расположения (калибровки). Очевидный в аспекте функционального назначения детекторов выбор в качестве нормирующей плотности потока тепловых нейтронов не безупречен, однако в плане однозначности метрологического обеспечения с учетом реальных практического использования представляет большой интерес.

По определению (см., например, работы [2, 3]) к тепловым относятся нейтроны, дифференциальная плотность потока (спектр) которых в бесконечной непоглощающей среде описывается распределением Максвелла

$$\Phi(E) = \Phi_{th} [E/(kT)^2] \exp(-E/kT), \quad (2)$$

где $\Phi_{th} = \int_0^{\infty} \Phi(E) dE$; k — постоянная Больцмана; T — температура нейтронного газа, находящегося в термодинамическом равновесии со средой; E — энергия нейтронов.

Однако даже при наличии слабого поглощения выражение (2) принимает вид

$$\Phi(E) = \Phi_{th} \{ [E/(kT_{эф})^2] \exp(-E/kT_{эф}) + \lambda [\Delta(E/kT_{эф})] \}, \quad (3)$$

где $\lambda = (\sqrt{\pi}/2) [\Sigma_a(kT_{эф})/\Sigma_s] \{1/[1 - \Sigma_a(kT_{эф})/\xi\Sigma_s]\}$; $T_{эф} = T_0 \{1 + [1,46 \Sigma_a(kT_0)/\xi\Sigma_s]\}$; Σ_a , Σ_s — макроскопические сечения поглощения и рассеяния нейтронов соответственно; ξ — средняя логарифмическая потеря энергии; $\Delta(E/kT_{эф})$ — функция переходной области к эпитепловым нейтронам.

Из соотношения (3) следует, что наличие поглощения в замедляющей среде приводит к необходимости введения эффективной температуры нейтронов $T_{эф}$, тем большей равновесной температуры T_0 , чем больше поглощение в среде. Так как замедляющие среды реакторов, как правило, в различной степени являются и поглощающими, то реальные поля тепловых нейтронов характеризуются значительным разнообразием температуры $T_{эф}$.

Отклик детектора в поле тепловых нейтронов определяется в основном сечением взаимодействия материала радиатора с нейтронами, которое связано с температурой нейтронов соотношением

$$\sigma(T) = g(T) (\sqrt{\pi}/2) \sqrt{T_0/T} \sigma(v_0), \quad (4)$$

где T_0 — температура, принимаемая равной 293,6 К (20,4 °С); $\sigma(v_0)$ — сечение при скорости нейтрона 2200 м/с; $g(T)$ — параметр, учитывающий отклонение сечения от закона $1/v$.

Из соотношений (2), (3), (4) следует, что однозначность использования параметра η возможна только при выполнении условия $T_k = T_x$, где T_k — температура нейтронов при калибровке детектора; T_x — температура нейтронов в месте его расположения. Строго говоря, данные о чувствительности должны содержать указания на T_k , так как действующий ГОСТ 26995-86 «Детекторы ионизационные газоразрядные. Технические условия» не устанавливает температуру тепловых нейтронов, воздействующую на детектор при калибровке чувствительности.

Очевидная необходимость учета температуры тепловых нейтронов в процессе калибровки и применения детекторов тепловых нейтронов на практике выливается в решение крайне сложной задачи экспериментального определения этого параметра как для калибровочного, так и реального поля нейтронов, что для последнего в большинстве практических случаев экономически не оправдано. Возможно, этим и обусловлено отсутствие в упомянутом ГОСТе требований к форме определения абсолютной чувствительности соответствующих детекторов.

Наличие развитых методов прецизионных измерений детекторами с делящимися радионуклидами (с использованием твердотельных трековых детекторов [4], специальных ионизационных камер деления для научных исследований [1, 5], детекторов деления, число делений в которых определяется по γ -активности идентифицированных продуктов деления [6], и т.д.) позволяет подойти к решению задачи оценки чувствительности детекторов тепловых нейтронов с принципиально иной нетрадиционной стороны. В основе предлагаемого подхода лежит определение чувствительности нейтронных детекторов по соотношению

$$\eta = R/F(^{235}\text{U}), \quad (5)$$

где R — отклик детектора, аналогичный используемому в уравнении (1); $F(^{235}\text{U})$ — интенсивность или полное число делений в 1 г ^{235}U , реализуемые в месте его установки при соответствующем R .

Выбор в качестве нормирующей величины, связанной с делением на 1 г ^{235}U , обусловлен в первую очередь преимущественным использованием в контрольно-измерительных детекторах нейтронов именно ^{235}U (промышленные камеры типа КИТЗ1, КИТ54, КИК15 и др. [1]) и наличием методов и средств пре-

цизионного измерения интенсивности или полного числа делений ^{235}U в нейтронных полях при неограниченных пределах изменения плотности потока и флюенса нейтронов в присутствии мощного фона сопутствующего γ -излучения.

Слабая зависимость параметра $g(T)$ для ^{235}U ($g(20^\circ\text{C}) = 0,978$, $g(400^\circ\text{C}) = 0,922$) создает благоприятные возможности установления расчетным путем коэффициентов связи между детекторами с ^{235}U , ^{10}B (КИК53М) и ^3He (КИК54, КИТ57) по соотношению (4) и данным для соответствующих сечений $\sigma(v_0)$.

Определение чувствительности нейтронных детекторов в форме (5) позволяет:

калибровать их в поле нейтронов произвольного спектрального состава с предварительно найденным по соответствующей методике параметром F ;

прогнозировать с высокой точностью их отклик в реальном поле по данным экспериментальных измерений F ;

обеспечивать фактический контроль энерговыделения при внутризонном размещении.

В плане прогнозирования расчет интенсивности (интеграла) делений ^{235}U адекватен расчету плотности потока (флюенса) тепловых (эпитепловых, быстрых) нейтронов в месте планируемого размещения детекторов. В метрологическом плане переход от определения чувствительности нейтронных детекторов в форме (1) к форме (5) означает переход с трудоемко оцениваемой и воспроизводимой нормирующей плотности потока тепловых нейтронов с нестандартизованной температурой к нормирующей интенсивности (интеграла) делений на $1 \text{ г } ^{235}\text{U}$, фиксируемой с помощью надежно стандартизируемых средств измерения.

Предлагаемый переход почти не меняет масштаба численных значений чувствительности детекторов тепловых нейтронов, содержащих ^{235}U , так как плотности потока $1 \text{ с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$ температурой $293,6 \text{ К}$ ($20,4^\circ\text{C}$) соответствует интенсивность делений в $1 \text{ г } ^{235}\text{U}$, равная $1,33 \text{ дел.}/(\text{г} \cdot \text{с})$. Для интегрального варианта определения указанное численное соотношение будет реализовываться между флюенсом нейтронов (см^{-2}) и числом делений ^{235}U в 1 г (дел./г).

В целом переходом к определению чувствительности контрольно-измерительных нейтронных детекторов для энергетических и исследовательских реакторов в форме (5) достигается более высокий уровень метрологического обеспечения при безусловном снижении экономических затрат на практическую реализацию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малышев Е.К., Засадыч Ю.Б., Стабровский С.А. Газоразрядные детекторы для контроля ядерных реакторов. М.: Энергоатомиздат, 1991.
2. Бекуриц К., Виртц К. Нейтронная физика. Пер. с англ. М.: Атомиздат, 1968.
3. Крамер-Агеев Е.А., Трошин В.С., Тихонов Е.Г. Активационные методы спектрометрии нейтронов. М.: Атомиздат, 1976.
4. Борисов Г.А., Севастьянов В.Д., Вершинин В.Г. и др. Прецизионные измерения с делящимися детекторами нейтронов в реакторе БИР-2. — Тез. V Всес. сов. по метрологии нейтронного излучения на реакторах и ускорителях. 3—7 декабря 1990 г. М., ИПО ВНИИФТРИ, 1990, с. 131—133.
5. Chalupka A. A low-mass, fast ionization chamber for detection of fission fragments. — Nucl. Instrum. Meth., 1979, v. 164, p. 105—112.
6. Lammer G., Lammer M. Status of Fission Product Yields Required for Fast Reactor Dosimetry. IAEA-208. Neutron Cross Section for Reactor Dosimetry. Vienna: IAEA, 1978, v. 1, p. 301—318.

Поступило в Редакцию 26.10.94

УДК 621.165:621.438

СИСТЕМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СУДОВЫХ ЯЭУ

Долгов В.Н. (СКБ «Малахит»)

В результате выполнения комплекса исследований можно сформулировать некоторые положения и закономерности, присущие ЯЭУ различных типов:

энергетические установки могут различаться своими показателями и прежде всего массой в 1,5—2,3 раза, габаритами в 1,4—1,9 раза и тепловой экономичностью (на 30—40%);

зависимости массогабаритных показателей ЯЭУ от теплотехнических параметров имеют явно выраженные экстремумы;

минимальные масса и габариты и максимальная тепловая экономичность обеспечиваются при существенно различных теплотехнических параметрах;