

наиболее оптимальной можно считать композицию Pb — CH₂ — Fe (1 см).

(№ 894/8736. Поступила в Редакцию 5/IV 1976 г. Полный текст 0,45 а. л., табл. 2, список литературы 6 наименований).

УДК 621.039.514.25

Оптимальный режим эксплуатации исследовательского реактора

ГЕРАСИМОВ А. С.

В статье рассматривается задача оптимизации циклического режима работы исследовательского реактора с учетом ксенонового отравления. Продолжительность каждого периода 24 ч, в начале его в течение заданного времени τ мощность реактора $U(t)$ равна нулю (плановая стоянка). В остальное время (рабочий режим) $U(t)$ есть функция времени, и концентрация ксенона не должна превышать заданной величины, связанной с запасом реактивности на отравление. Требуется так изменить мощность в рабочем режиме, чтобы полное энерговыделение за цикл было максимальным.

При решении задачи использован принцип максимума Понтрягина. Особенность данной задачи по сравнению с другими, ранее рассмотренными ксеноновыми оптимизационными задачами состоит в том, что оптимизируется циклический режим работы. В связи с этим состояние реактора в начале рабочего режима является существенно нестационарным и, кроме того, возникает связь конечного и начального состояний рабочего режима (обратная связь), что приводит к специфическим условиям трансверсальности на сопряженные функции.

В зависимости от конкретных свойств реактора, периода T , времени остановки τ оптимальный рабочий режим является либо трехфазным:

$$U(t) = U_{\max}, \quad \tau \leq t \leq t_1; \quad U(t) = U_{\text{кл}}(t),$$

УДК 621.039.51

Об условиях электронного равновесия при внутриреакторном облучении гетерогенных объектов

БРИСКМАН Б. А., САВИНА В. П., ПОПОВА Л. В., БОНДАРЕВ В. Д.

Цель настоящей работы — изучение перераспределения поглощенной энергии γ -квантов реакторного излучения за счет ее переноса выбитыми электронами в системе, состоящей из нескольких элементов. В качестве расчетной модели рассматривалась система из трех коаксиальных бесконечных цилиндров. Внешний цилиндр ($d_{\text{вн}} = 33$ мм, $\delta = 2,5$ мм) выполнен из алюминия, внутренний сплошной цилиндр ($d = 5$ мм) — из магния. Промежуточный цилиндр ($d_{\text{вн}} = 16$ мм, $\delta = 1$ мм) изготавливался из Zn, Zr, Sn, Pb. Расчеты проводились для трех типов спектров реакторного γ -излучения, полученных методом Монте-Карло для легководного реактора в отражателе ($\Phi_{\gamma 1}$ и $\Phi_{\gamma 2}$) и в

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Суворов А. П., Федоренко Р. П. В сб.: Вопросы физики защиты реакторов. Вып. 3, М., Атомиздат, 1969, с. 6.
2. Тюфяков Н. Д. и др. В сб.: Радиационная техника. Вып. 5, М., Атомиздат, 1970, с. 90.
3. Тюфяков Н. Д. и др. В сб.: Прикладная ядерная спектроскопия. Вып. 1, М., Атомиздат, 1970, с. 24.

$$t_1 \leq t \leq t_2,$$

$$U(t) = U_{\max}, \quad t_2 \leq t \leq T,$$

либо четырехфазным:

$$U(t) = U_{\max}, \quad \tau \leq t \leq t_1; \quad U(t) = U_{\text{кл}}(t), \quad t_1 \leq t \leq t_2;$$

$$U(t) = U_R(t), \quad t_2 \leq t \leq t_3; \quad U(t) = U_{\max}, \quad t_3 \leq t \leq T,$$

где U_{\max} — максимальная мощность; $U_{\text{кл}}$ — мощность, соответствующая так называемому классическому режиму; U_R — мощность, при которой концентрация ксенона равна максимально допустимой величине. Трехфазный режим реализуется в случаях, когда продолжительность рабочего режима $T - \tau$ относительно невелика и концентрация ксенона не выходит на ограничение. При больших временах рабочего режима оптимальным является четырехфазный режим. Как показывает численный расчет для конкретных примеров, энерговыделение в оптимальном режиме примерно вдвое превышает энерговыделение в простом циклическом режиме без оптимизации.

(№ 898/8844. Поступила в Редакцию 21/VI 1976 г. Полный текст 0,5 а. л.; рис. 3, табл. 1, список литературы 8 наименований).

активной зоне ($\Phi_{\gamma 3}$). Перераспределение поглощенной энергии γ -излучения в системе из n элементов рассчитывалось по формуле

$$G_m P_m = \sum_i P_{\gamma im} \left(1 - \sum_n F_{im} \Phi_{mn} \right) G_m + \sum_n \sum_i P_{\gamma in} \Phi_{nm} F_{in} G_n,$$

где $G_{m,n} P_{\gamma im,n}$ — поглощенная энергия в m -м элементе от i -й группы энергетического спектра γ -излучения, соответствующая условию электронного равновесия в системе; $G_m P_m$ — поглощенная энергия в m -м элементе, отвечающая конечному распределению;

Значения K для различных наборов коаксиальных цилиндров

Система	Спектр	$\bar{E}_l \approx 1/2 \bar{E}_\gamma$	С учетом спектра выбитых электронов	$K_{\text{эксп}}$
Al—Zn—Mg	Φ_{γ_1}	0,990	0,980	0,98
	Φ_{γ_2}	0,988	0,976	—
	Φ_{γ_3}	1,02	1,03	1,05
Al—Zr—Mg	Φ_{γ_1}	0,940	0,888	0,93
	Φ_{γ_2}	0,960	0,920	—
	Φ_{γ_3}	0,997	0,983	1,00
Al—Sn—Mg	Φ_{γ_1}	0,916	0,954	0,96
	Φ_{γ_2}	0,932	0,951	—
	Φ_{γ_3}	0,967	1,003	1,00
Al—Pb—Mg	Φ_{γ_1}	0,878	0,874	0,91
	Φ_{γ_2}	0,897	0,851	—
	Φ_{γ_3}	0,929	0,872	0,94

$G_{m,n}$ — масса элементов на 1 см высоты, индекс n относится к элементам системы, смежным с m -м элементом; $F_{m,n}$ — доля поглощенной энергии P_γ , выносимая электронами из каждого элемента системы. Для ее определения использовались Φ_{mn}, Φ_{nm} — коэффициенты облученности [1].

Одно из основных условий использования предложенной методики — достоверное определение средней энергии электронов \bar{E}_e , выбиваемых γ -квантами с энергией \bar{E}_γ .

Были проведены две серии расчетов: с использованием приближенного соотношения $\bar{E}_l \approx 1/2 \bar{E}_\gamma$; с помощью спектров вторичных электронов, рассчитанных методом Монте-Карло для исходных спектров γ -излучения. В качестве характеристики меры отклонения от условий электронного равновесия было выбрано значение $K = K_2/K_1$, где K_1 — отношение мощностей поглощенных доз γ -излучения для промежуточного и внутреннего цилиндров в условиях электронного равновесия; K_2 — аналогичное отношение с учетом перераспределения энергии γ -излучения за счет выбитых электронов (таблица).

Спектры γ -излучения расположены в порядке возрастания жесткости. Экспериментальная проверка проводилась с помощью калориметрического спектрометра [2]. Для всех систем с увеличением жесткости спектра γ -излучения отклонение от условий электронного равновесия уменьшается. Чем больше Z материала промежуточного цилиндра, тем больше отклонение от условий электронного равновесия, достигающее 12%, что необходимо учитывать при оценке погрешности детекторов излучений и при передаче дозы от детектора к облучаемому объекту.

Установлено, что перераспределение энергии γ -излучения происходит путем результирующего переноса энергии выбитыми электронами из материалов с большим атомным номером в материалы с меньшим атомным номером. Подавляющий вклад в указанный перенос вносят фотоэлектроны.

(№ 895/8648. Статья поступила в Редакцию 14/IV 1976 г., аннотация 20/VII 1976 г. Полный текст 0,5 а. л., рис. 6, табл. 2, список литературы 12 наименований).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Richards R., Rubin V. «Nucleonics», 1950, v. 6, N 6, p. 42.
2. Брискман Б. А. и др. «Атомная энергия», 1976, т. 41, вып. 5, с. 325.

ПОПРАВКА

В статье Ю. П. Аболмасова «Содержание трития в жидких средах и воздухе рабочих помещений АЭС» (1976, т. 41, вып. 3, с. 215) в таблице (1 строка сверху) следует читать Q , мкКи/л.