

Многопараметрическая оптимизация АЭС с опреснением морской воды методом базовой точки

Ю. Д. АРСЕНЬЕВ, С. В. РАДЧЕНКО, В. А. ЧЕРНЯЕВ

УДК 621.039.516.338.4

Двухцелевые опреснительные установки с АЭС характеризуются сложными физическими взаимосвязями искомым параметров $\Pi_1 \dots \Pi_n$. Для получения безразмерных комплексов, обобщающих все исходные стоимостные (a_1, \dots, a_p) и технические показатели (l_1, \dots, l_k), определяющие приведенные затраты

$$Z = Z_0 + Z_1 + \dots + Z_m, \quad (1)$$

каждую составляющую затрат Z_i следует аппроксимировать уравнением [1]:

$$Z_i = [a_i + a_{ii} f_i(\Pi_1 \dots \Pi_n)] l_i. \quad (2)$$

Функции физических связей в объекте заменяются на приближенные по методу Брандона [2]:

$$f_i(\Pi_1 \dots \Pi_n) = k \varphi_{i1}(\Pi_1) \dots \varphi_{in}(\Pi_n) j_i, \quad (3)$$

где $\varphi_{i1}(\Pi_1)$ — безразмерная функция только от одного параметра Π_1 ; k — безразмерный корректирующий коэффициент; j_i — индикатор размерности.

Отдельные функции $\varphi_{in}(\Pi_n)$ по стандартной программе для ЭВМ [3] можно представить в виде полиномов (достаточно ограничиться третьей степенью):

$$\varphi_{i1}(\Pi_1) = b_{i10} + b_{i11}\Pi_1 + b_{i12}\Pi_1^2 + b_{i13}\Pi_1^3. \quad (4)$$

Оптимизация проводится по каждому параметру отдельно с последующим уточнением решения методом итераций. Сначала проводим группировку по степеням параметра, потом переходим к приращениям, отнесенным к базовой точке [1], тогда после минимизации получаем аналитическое решение

$$\frac{P^{opt}}{P'} = \Omega'_I + \sqrt{(\Omega'_I)^2 + \Omega'_{II}}, \quad (5)$$

где Ω'_I, Ω'_{II} — безразмерные комплексы, определяемые исходными стоимостными показателями и выбранной базовой точкой.

В работе отмечено, что число безразмерных комплексов Ω на каждый параметр Π_i определяется высшей степенью полинома физических связей (4), уменьшенной на единицу. Например, для полиномов второй степени итоговое уравнение зависит от одного безразмерного комплекса и имеет вид

$$\frac{P^{opt}}{P'} = \Omega'_I. \quad (6)$$

Система итераций построена таким образом, что при оптимизации одного из параметров Π_i оптимизация Π_i^{opt} зависит от базовых значений $\Pi'_1 \dots \Pi'_{i-1}, \Pi'_{i+1} \dots \Pi'_n$, но не зависит от Π'_i .

Разработанная методика была сопоставлена с размерной программой оптимизации на ЭВМ для АЭС с реактором ВВЭР при оптимизации трех параметров опреснительной установки: числа ступеней испарения (5), температуры греющего пара (6) и недогреве морской воды.

Рассмотренные общеметодические положения можно применять при решении многопараметрических задач методом базовой точки в безразмерном или размерном виде: $P^{opt}/P = F_1(\Omega'_I, \Omega'_{II})$, $P^{opt} = F_2(\Omega_I, \Omega_{II})$, при этом $F_2 = F_1 P'$.

(№ 380/5557. Поступило в Редакцию 2/IX 1969 г. Полный текст 0,5 а. л., 3 рис., 3 табл.)

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. Д. Арсеньев. Теория подобия в инженерно-экономических расчетах. М., «Высшая школа», 1967.
2. D. Brandon. ISA Journal, No. 71, 1959.
3. О. Д. Казачковский и др. «Атомная энергия», 27, 183 (1969).

Накопление плутония для развития быстрых реакторов

О. Д. КАЗАЧКОВСКИЙ, Е. В. КИРИЛЛОВ

УДК 621.039.526:546.799.4

Интерес к вторичному горючему — плутонию, производимому во все возрастающих масштабах тепловыми энергетическими реакторами, продолжает расти. Как известно, наиболее эффективно применение плутония в быстрых реакторах. И хотя быстрых энергетических реакторов еще не существует, время, которое остается до начала массового ввода их в эксплуатацию, можно

использовать для того, чтобы накопить некоторое количество плутония для применения его в системе быстрых реакторов.

В работе предлагается метод, позволяющий установить максимально возможное (критическое) время $t_{кр}$ хранения плутония перед использованием его в быстрых реакторах. Это время определяется из со-

$$F_{96} = F_{9T} (1 + p)^{t_{KP}}$$

где F_{9T} и F_{96} — цена плутония при использовании его в быстром и тепловом реакторе соответственно 1; p — логарифмический коэффициент приведения. Это соотношение означает следующее: так как $F_{96} > F_{9T}$, полученный в тепловых реакторах, может применяться в быстрых реакторах в течение времени t_{KP} , за которое цена этого плутония F_{96} вырастет за счет начислений до предельно допустимой величины — F_{96} .

Критическое время в зависимости от величины отношения F_{96}/F_{9T} и коэффициента приведения p составляет 3,5—7 лет.

В реальных условиях момент времени, с которого целесообразно начать накапливать плутоний, может измениться до применения его в быстрых реакторах на время, меньшее t_{KP} , и определяется он в зави-

симости от соотношения темпов выдачи плутония тепловыми реакторами и потребления его быстрыми реакторами.

Для нескольких возможных случаев этого соотношения получены уравнения для определения момента времени, с которого нужно начать накапливать плутоний, и момента времени, с которого для обеспечения заданного темпа роста быстрых реакторов необходимо вводить в действие кроме быстрых реакторов-размножителей также и быстрые реакторы-конвертеры.

Численные расчеты, выполненные для одного из типичных случаев, показали, что ввод в систему быстрых реакторов в начальный период ее развития некоторого дополнительного количества плутония позволит в дальнейшем сэкономить значительное количество U^{235} .

(№ 381/5538. Статья поступила в Редакцию 10/VIII 1969 г., аннотация — 8/XII 1969 г. Полный текст 0,6 а. л., 1 рис., 3 библиографических ссылки.)

Электрохимическое поведение тория в расплавленном хлориде натрия и эквимольной смеси хлоридов калия и натрия

УДК 541.122.3-143

М. В. Смирнов, В. Я. Кудяков, Ю. В. Посохин, Ю. Н. Краснов

Измерены относительно хлорного электрода ранее описанным методом [1—3] равновесные потенциалы тория для различных его концентраций и температур в расплавах NaCl и KCl — NaCl (50 мол. % NaCl). Получены эмпирические уравнения изотерм

в расплаве NaCl:

$$\begin{aligned} E_1 &= -2,325 + 6,70 \cdot 10^{-2} \cdot \lg [\text{Th}] \pm 0,003 \text{ в} (814^\circ \text{C}); \\ E_2 &= -2,291 + 7,20 \cdot 10^{-2} \cdot \lg [\text{Th}] \pm 0,003 \text{ в} (860^\circ \text{C}); \\ E_3 &= -2,227 + 8,27 \cdot 10^{-2} \cdot \lg [\text{Th}] \pm 0,003 \text{ в} (966^\circ \text{C}) \end{aligned}$$

и в расплаве KCl — NaCl:

$$\begin{aligned} E_1 &= -2,473 + 5,47 \cdot 10^{-2} \cdot \lg [\text{Th}] \pm 0,002 \text{ в} (680^\circ \text{C}); \\ E_2 &= -2,425 + 6,01 \cdot 10^{-2} \cdot \lg [\text{Th}] \pm 0,002 \text{ в} (750^\circ \text{C}); \\ E_3 &= -2,310 + 7,48 \cdot 10^{-2} \cdot \lg [\text{Th}] \pm 0,002 \text{ в} (900^\circ \text{C}). \end{aligned}$$

Они показывают, что ториевый электрод обратим к смеси его ионов Th^{2+} и Th^{4+} .

Найдены выражения для температурных зависимостей кажущихся стандартных потенциалов (в вольтах) электродов Th/Th (II) и Th/Th (IV).

в KCl — NaCl:

$$\begin{aligned} E_{\text{Th/Th(IV)}}^* &= -3,093 + 6,42 \cdot 10^{-4} \cdot T; \\ E_{\text{Th/Th(II)}}^* &= -2,946 + 6,39 \cdot 10^{-4} \cdot T \end{aligned}$$

и в NaCl:

$$\begin{aligned} E_{\text{Th/Th(IV)}}^* &= -2,976 + 5,87 \cdot 10^{-4} \cdot T; \\ E_{\text{Th/Th(II)}}^* &= -2,832 + 5,84 \cdot 10^{-4} \cdot T. \end{aligned}$$

С увеличением радиуса r_{R+} катиона щелочного металла значения $E_{\text{Th/Th(IV)}}^*$ и $E_{\text{Th/Th(II)}}^*$ смещаются в отрицательную сторону согласно следующим эмпирическим уравнениям:

$$\begin{aligned} E_{\text{Th/Th(IV)}}^* &= -3,729 + 9,08 \cdot 10^{-4} \cdot T + \\ &+ (0,737 - 3,42 \cdot 10^{-4} \cdot T) \cdot \frac{1}{r_{R+}} \pm 0,005 \text{ в}; \end{aligned}$$

1 См. О. Д. Казачковский, Е. В. Кириллов, «Атомная энергия», 22, 439 (1967).

$$\begin{aligned} E_{\text{Th/Th(II)}}^* &= -3,387 + 7,78 \cdot 10^{-4} \cdot T + \\ &+ (0,534 - 1,82 \cdot 10^{-4} \cdot T) \cdot \frac{1}{r_{R+}} \pm 0,005 \text{ в}. \end{aligned}$$

Выведены уравнения для температурной зависимости кажущейся константы равновесия реакции $\text{Th}_{\text{распл}}^{4+} + \text{Th}_{\text{ТВ}} \rightleftharpoons 2\text{Th}_{\text{распл}}^{2+}$ в исследованных расплавах:

$$K^* = 0,0544 - \frac{2966}{T} \text{ для KCl — NaCl}$$

и

$$K^* = 0,060 - \frac{2888}{T} \text{ для NaCl.}$$

Приводятся выражения для зависимостей равновесного потенциала тория от его суммарной (аналитически определяемой) концентрации: $[\text{Th}] = [\text{Th}^{2+}] + [\text{Th}^{4+}]$.

На основании экспериментальных данных рассчитаны предельные мольнодолевые концентрации возможных примесей железа и циркония, выше которых они еще не загрязняют осаждаемого на катоде тория.

(№ 382/5468. Статья поступила в Редакцию 8/VII 1969 г., аннотация — 17/XI 1969 г. Полный текст 0,5 а. л., 4 рис., 1 табл., 15 библиографических ссылок.)

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Я. Кудяков, М. В. Смирнов, Н. Я. Чукуреев, Ю. Б. Посохин. «Атомная энергия», 24, 448 (1968).
2. М. В. Смирнов, В. Я. Кудяков. В кн. «Труды Института электрохимии УФАН СССР». Вып. 12. Свердловск, 1969, стр. 55.
3. М. В. Смирнов, Н. Я. Чукуреев. Там же. Вып. 3, 1962, стр. 3.