

Распределение продуктов активации ядер теплоносителя по контуру кипящего реактора

А. Я. КРАМЕРОВ, Ю. В. ЧЕЧЕТКИН

УДК 621.039.524.4:621.039.543

Рассмотрена методика расчета распределения продуктов активации ядер теплоносителя по контуру кипящего реактора на примере АЭС ВК-50. Наличие двух фаз в потоке, обладающих разными физическими константами, — основная причина, усложняющая его движение. Уравнения, описывающие поведение двухфазного потока, включают граничные условия взаимодействия одной фазы с другой и твердыми стенками, уравнения механики, сохранения энергии и массы в пределах каждой фазы. Кроме того, необходимо учитывать перераспределение продуктов активации теплоносителя между паром и водой, зависящее от многих величин (степень радиоллиза, рН и температура системы и поверхностей контактирующих сред, время контакта, распределение нейтронов по высоте реактора и т. д.). Система уравнений, учитывающая все эти факторы, настолько сложна, что непригодна для практических расчетов. Более перспективно использование системы уравнений, описывающих двухфазный поток как однородную среду с эффективными локальными свойствами, полученными в результате соответствующего усреднения. Простота и удобство вычислений в этом случае зависят от вида распределения нейтронов по высоте активной зоны Φ_z .

Прирост активности ΔA в активной зоне в общем случае определяется выражением

$$\Delta A = \frac{\lambda N}{3,7 \cdot 10^{10} M} \int_0^h \sigma_{\text{акт}} \Phi_z \gamma_z S_z e^{-\lambda \tau_z} dz, \quad (1)$$

где λ — постоянная распада рассматриваемого изотопа; N — число Авогадро; M — молекулярный вес теплоносителя; $\sigma_{\text{акт}}$ — сечение активации, нормированное на поток спектра деления; h — высота активной зоны; γ_z — плотность паро-водяной смеси в сечении z ; S_z — площадь сечения топливной кассеты в сечении z ;

τ_z — время движения паро-водяной смеси от входа в активную зону до сечения z .

Для расчета активаций теплоносителя можно пользоваться средним значением $\Phi_z = \Phi_{\text{ср}}$, постоянным по длине топливной кассеты; это обычно приводит к некоторому занижению среднего объемного паросодержания φ , но позволяет получить в простой форме выражения для весового паросодержания x через среднее объемное паросодержание и для скорости циркуляции — через x и т. п.

Тогда выражение (1) возможно записать в виде

$$\Delta A = \frac{N}{3,7 \cdot 10^{10} M} \Phi_{\text{ср}} G (1 - e^{-\lambda \tau_{\text{а.з.}}}); \quad (2)$$

$$\tau_{\text{а.з.}} = \frac{h}{w_0} \left\{ \frac{\Delta i_{\text{н}}}{\Delta i} + \frac{r}{b \Delta i} \ln \left[1 + \frac{b \Delta i}{r} \left(1 - \frac{\Delta i_{\text{н}}}{\Delta i} \right) \right] \right\}, \quad (3)$$

где $\tau_{\text{а.з.}}$ — время движения паро-водяной смеси в активной зоне; w_0 — скорость теплоносителя; G — расход паро-водяной смеси через активную зону; $\Delta i_{\text{н}}$ — недогрев на входе в активную зону; Δi — прирост энтальпии в активной зоне; r — теплота испарения; b — коэффициент *.

Получены простые выражения для расчета активности теплоносителя АЭС ВК-50, которые могут быть использованы для аналогичных оценок в других реакторах подобного типа. Показано удовлетворительное совпадение экспериментальных данных с результатами расчетов.

(№ 543/6314. Поступила в Редакцию 11/III 1971 г. Полный текст 0,5 а. л., 1 рис., 1 табл., 6 библиографических ссылок.)

* А. Я. Крамеров, Я. В. Шевелев. Инженерные расчеты ядерных реакторов. М., Атомиздат, 1967.