

## К вопросу об оптимизации цикличности работы исследовательского реактора

КОНОПЛЕВ К. А., СЕМЕНОВ Ю. П.

УДК 621.039

Ядерные реакторы как инструменты для физических исследований являются очень распространенными установками, их мощность и стоимость эксплуатации возрастают, поэтому вопрос о наиболее экономичной эксплуатации реакторов приобретает весьма существенное значение [1, 2].

В настоящей работе предпринята попытка оптимизировать цикличность работы реактора (без решения вопросов улучшения физических параметров и регенерации топлива) и определить параметры цикла, при которых себестоимость единицы выработанной тепловой энергии минимальна. Рассматриваются активные зоны, допускающие покассетную перегрузку.

Под циклом работы реактора подразумевается отрезок времени от пуска до следующего пуска, т. е. сумма времени работы реактора ( $\alpha$  суток) и стоянки его ( $\beta$  суток).

Себестоимость 1 *Мет.сутки* тепловой энергии, выработанной реактором,

$$A = \frac{\gamma(\alpha + \beta) + \beta q}{W\alpha} + \frac{ag}{y} + \frac{Q}{W}, \quad (1)$$

где  $\gamma$  — себестоимость обслуживания реактора без стоимости топлива, электроэнергии и материалов, расходуемых при работе, руб/сутки;  $g$  — стоимость горючего в тепловыделяющей сборке, руб/г;  $W$  — мощность реактора, *Мет*;  $y$  — среднее выгорание выгружаемых из реактора тепловыделяющих сборок в конце каждого рабочего цикла;  $Q$  — расходы на электроэнергию и материалы при работающем на мощности реакторе, руб/сутки;  $q$  — расходы на электроэнергию и материалы при остановленном реакторе, руб/сутки;  $a$  — количество делящегося материала, необходимое для выработки 1 *Мет.сутки*, слабо зависящее от типа горючего и нейтронного спектра, принятое равным  $1,3 \text{ г } ^{235}\text{U}/\text{Мет.сутки}$ .

Для анализа себестоимости  $A$  как функции  $\alpha$  необходимо задать зависимость среднего выгорания выгружаемого топлива  $y$  от среднего выгорания топлива в зоне  $\kappa$ . Принято, что

$$y = \frac{2k}{k+n} \kappa,$$

где  $k$  — число тепловыделяющих сборок, которые составляют активную зону;  $n$  — число тепловыделяющих сборок, перегруженных в конце цикла. Причем

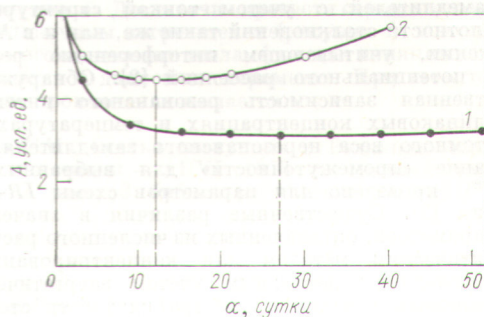
$$n = \frac{aW\alpha}{by}.$$

Можно показать, что существует оптимальное значение  $\alpha_{\text{опт}}$ , при котором затраты на эксплуатацию реактора минимальны, и что

$$\alpha_{\text{опт}} = \frac{2bk\kappa\beta}{aW \left( \frac{gbk}{\gamma+q} - \beta \right)} + \sqrt{\left[ \frac{2bk\kappa\beta}{aW \left( \frac{gbk}{\gamma+q} - \beta \right)} \right]^2 + \frac{4b^2k^2\kappa^2\beta}{a^2W^2 \left( \frac{gbk}{\gamma+q} - \beta \right)}}, \quad (2)$$

где  $b$  — количество граммов  $^{235}\text{U}$  в одной тепловыделяющей сборке.

Зависимость  $A$  от  $\alpha$  при  $\beta = 3$  для реактора ВВР-М Ленинградского института ядерной физики приведена на рисунке. Аналогичные зависимости показаны для ряда значений входящих в выражение (2) параметров.



Зависимость  $A = f(\alpha)$  ( $\alpha_{1\text{опт}} = 27$  суток;  $\alpha_{2\text{опт}} = 12,3$  суток):

1 —  $\kappa = 0,27$ ;  $k = 78$ ; 2 —  $\kappa = 0,14$ ;  $k = 62$ .

Для реакторов типа ВВР-М величина  $A$  наиболее существенно изменяется при увеличении длительности цикла в пределах до двух недель. При удлинении рабочего периода от четырех до одиннадцати суток в определенных условиях себестоимость тепловой энергии может уменьшаться на 20%.

(№ 693/7007. Поступила в Редакцию 21/VII 1972 г. Полный текст 0,5 а. л., 2 рис., 6 библиографических ссылки.)

### ЛИТЕРАТУРА

1. Коченов А. С. «Атомная энергия», 1966, т. 21, вып. 2, с. 97.
2. Цыганов В. А. «Атомная энергия», 1971, т. 31, вып. 1, с. 15.