

УДК 621.039.55

## Исследование выхода облучателя уранового радиационного контура на стационарный уровень мощности

МАРКИНА М. А., СТАРИЗНЫЙ Е. С., БРЕГЕР А. Х.

Радиационно-химические установки с урановыми радиационными контурами (УРК) — один из наиболее эффективных путей крупномасштабной реализации процессов радиационно-химической технологии, решения проблемы комплексного использования энергии ядерного топлива [1]. Создание УРК в последнее время становится реальным в связи с разработкой высокотемпературных ядерных реакторов (ЯР) типа AVR [2] с шаровыми твэлами, циркуляция которых в замкнутой системе активная зона — облучатель принципиально осуществима. Поэтому актуально получение информации о параметрах УРК, необходимых для оценки экономической эффективности энергорadiационного комплекса в целом.

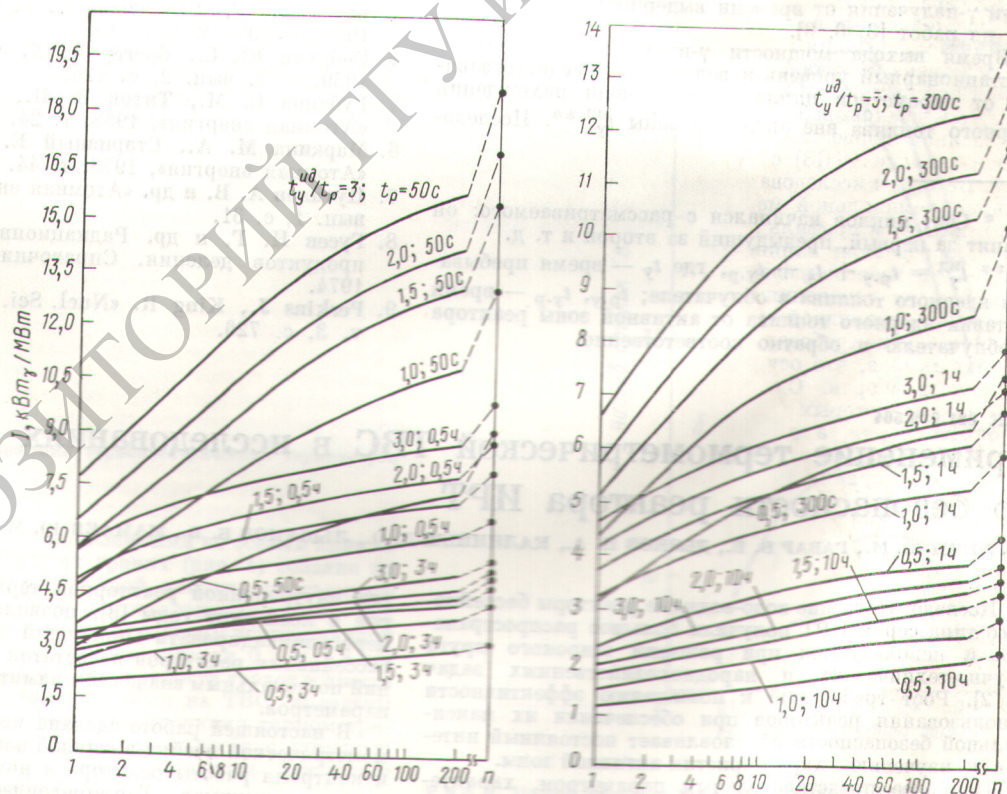
Существенное влияние на эффективность УРК оказывают не только стационарный уровень мощности  $\gamma$ -излучения облучателя [3], но и динамика выхода на этот уровень. Действительно, от характера возрастания этой мощности при выводе контура в рабочий режим зависит полная энергия  $\gamma$ -излучения, которая выделяется в течение кампании в облучателе (следова-

тельно, и производительность установки), а также технологический регламент работы установки. Поэтому очевидна важность получения данных о функции  $W_\gamma(n)$  [ $n$  — число циклов работы установки].

Опубликованные данные [4, 5] получены расчетным путем на основании формулы Вей-Вигнера, дающей большую (до 100%) погрешность в области  $\gamma$ -излучения короткоживущих продуктов деления, аналитические выкладки в указанных работах громоздки, что затрудняет их практическое использование.

Цель настоящей работы — экспериментальное изучение (на физической модели) зависимости мощности  $\gamma$ -излучения облучателя УРК при тепловых ядерных реакторах от числа циклов для различных временных параметров циркуляции ядерного топлива.

Моделирование образования, выгорания и распада продуктов деления в тракте УРК осуществлялось циклическим облучением образца (с известным содержанием  $^{235}\text{U}$ ) с помощью пневмотолы в горизонтальном канале реактора БВР-Ц. В каждом цикле образец находился в активной зоне реактора в течение заданного време-



Зависимость удельной мощности  $\gamma$ -излучения  $I$  продуктов деления в облучателе «идеального» уранового радиационного контура от номера цикла  $n$  (точками показан стационарный уровень)

ни  $t_p$ . Между облучениями измерялась зависимость интенсивности  $\gamma$ -излучения продуктов деления от времени выдержки. Методика облучения, измерений и обработки результатов описаны ранее [6].

Следует отметить, что режимы облучения в настоящей модели и в УРК различны: по мере движения ядерного топлива плотность потока тепловых нейтронов в УРК изменяется, а в модели образец находился в точке поля нейтронов с постоянной плотностью. Однако ранее было показано [7], что учет реальных распределений плотности потока тепловых нейтронов дает значения удельной мощности  $\gamma$ -излучения продуктов деления, слабо (менее чем на 10%) отличающиеся от значений, полученных по средней плотности (в условиях модели). Очевидно, с ростом числа циклов различия будут еще меньше.

Исследования проведены на модели в течение нескольких (до 10) циклов. Более далекие циклы в прямом эксперименте не учитывались, так как точность измерений не позволяла достоверно зафиксировать вклад в мощность  $\gamma$ -излучения далеких циклов на фоне вкладов первых \*. Вклад далеких ( $\geq 10$ ) циклов был найден суммированием по циклам соответствующих участков кривых, изображающих зависимость мощности  $\gamma$ -излучения продуктов деления от времени выдержки при заданном времени облучения, так как этот вклад определяется  $\gamma$ -излучением долгоживущих продуктов деления с малыми сечениями захвата тепловых нейтронов [8], и, следовательно, выгоранием этих нуклидов при циклическом облучении можно пренебречь. Здесь использованы зависимости удельной мощности  $\gamma$ -излучения от времени выдержки, заимствованные из работ [3, 6, 9].

Время выхода мощности  $\gamma$ -излучения облучателя на стационарный уровень и величина последнего зависят от параметров цикла  $t_p$  и времени нахождения ядерного топлива вне активной зоны  $t_{уд}^{**}$ . Исследо-

\* Счет циклов начинался с рассматриваемого: он принят за первый, предыдущий за второй и т. д.  
 \*\*  $t_{уд}^{**} = t_p \cdot y + t_{y.p} + t_{y.p}$ , где  $t_{y.p}$  — время пребывания ядерного топлива в облучателе;  $t_{p.y}$ ,  $t_{y.p}$  — время доставки ядерного топлива от активной зоны реактора к облучателю и обратно соответственно.

УДК 621.039.564

## Применение термометрической ТВС в исследованиях по безопасности реактора ИРТ

БУЛКИН Ю. М., ГАВАР В. В., ДЬЯКОВ П. А., КАЛНИНЬШ Д. О., ЛЫСИКОВ Б. В., МАМАЕВ Ю. М., ПРОЗОРОВ В. К.

Исследовательские водо-водяные реакторы бассейнового типа серии ИРТ получили большое распространение и используются при решении широкого круга научно-технических и народнохозяйственных задач [1, 2]. Рост требований к повышению эффективности использования реакторов при обеспечении их максимальной безопасности обуславливает постоянный интерес к изучению характеристик активной зоны.

Наиболее представительным параметром, характеризующим работу активной зоны, является максимальная температура поверхности твэлов. Успехи в разви-

вание проводились в области  $50 \text{ с} \leq t_p \leq 10 \text{ ч}$  и  $0,5 \leq t_{уд}^{**}/t_p \leq 3$ .

Результаты работы представлены на рисунке. Видно, что основной вклад в мощность  $\gamma$ -излучения облучателя дают первые циклы: при  $t_p = 50 \text{ с}$  первый цикл дает ~35% полной мощности  $\gamma$ -излучения, при  $t_p = 10 \text{ ч}$  ~60% (для режима  $t_{уд}^{**}/t_p = 1$ ), а пять циклов для тех же режимов дают ~50 и ~75% соответственно.

Мощность  $\gamma$ -излучения облучателя УРК увеличивается при прочих равных условиях с ростом отношения  $t_{уд}^{**}/t_p$  и с уменьшением времени  $t_p$ . Однако увеличение  $t_{уд}^{**}/t_p$  приведет к увеличению количества циркулирующего ядерного топлива и, следовательно, к росту топливной составляющей себестоимости продукции, а снижение  $t_p$  может привести к уменьшению надежности работы установки и к недопустимому уровню выносимых в облучатель запаздывающих нейтронов. Поэтому необходима оптимизация временных параметров цикла, которая возможна при наличии информации, полученной в настоящей работе, в качестве исходной.

Поступило в Редакцию 2.II.78

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисов Е. А. и др. В кн.: Вопросы атомной науки и техники. Сер. Атомно-водородная энергетика. Вып. 2(3). М., изд. ИАЭ им. И. В. Курчатова, 1977, с. 109.
2. Беддинг Д. Газоохлаждаемые высокотемпературные реакторы. М., Атомиздат, 1975.
3. Брегер А. Х., Старизный Е. С. «Докл. АН СССР», 1970, т. 195, № 6, с. 1385.
4. Рябухин Ю. С., Брегер А. Х. «Атомная энергия», 1959, т. 7, вып. 2, с. 129.
5. Рубанов С. М., Титов В. И., Шкорбатова Л. С. «Атомная энергия», 1968, т. 24, вып. 4, с. 375.
6. Маркина М. А., Старизный Е. С., Брегер А. Х. «Атомная энергия», 1978, т. 44, вып. 6, с. 525.
7. Путилов А. В. и др. «Атомная энергия», 1976, т. 41, вып. 1, с. 31.
8. Гусев Н. Г. и др. Радиационные характеристики продуктов деления. Справочник. М., Атомиздат, 1974.
9. Perkins J., King R. «Nucl. Sci. and Engng», 1958, v. 3, с. 726.

тии внутризонной реакторной термометрии, достигнутые в последние годы [3], позволяют в значительной мере ликвидировать присущий системам контроля бассейновых реакторов недостаток — отсутствие сведений по локальным значениям лимитирующих режимных параметров.

В настоящей работе сделана попытка создания термометрической ячейки активной зоны для исследования и контроля работы реактора в номинальных и экстремальных режимах. Термометрическая тепловыделяющая сборка (ТВС) с десятью термоэлектрическими