

УДК 621.039.544

С.А. Пискарев (5 курс, ИЯЭ (филиал) СПбГТУ в г. Сосновый Бор)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕАКТОРА ВВЭР-640 ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТОПЛИВА С ВЫГОРАЮЩИМ ПОГЛОТИТЕЛЕМ

Целью данной работы является сравнение характеристик активной зоны (АЗ), полученных при использовании топлива с выгорающим поглотителем на основе гадолиния и естественного бора.

Основные параметры для сравнения были выбраны:

1. Концентрация борной кислоты и ее изменение в ходе одного цикла.
2. Неравномерность энерговыделения.
3. Глубина выгорания топлива.

ВВЭР-640. Реактор ВВЭР-640 является новым этапом развития водоводяных реакторов корпусного типа в России. При его проектировании особое внимание было уделено повышению безопасности и надежности. Надо отметить, что данный реактор является перспективным, поскольку на российском и мировом рынках наблюдается потребность в реакторах повышенной безопасности средней мощности.

Выбор выгорающего поглотителя (ВП). При выборе выгорающего поглотителя двумя основными контрольными параметрами были:

1. Постоянство кривой  $K_{inf}$  в начале кампании;
2. Скорость выгорания ВП.

Борным ВП при любой концентрации бора характерно долгое время выгорания ВП, большое времени одного цикла, что уменьшает глубину выгорания топлива. Так как у всех трех рассмотренных на этапе расчета ячейки вариантов борных ВП характер зависимости коэффициента размножения от глубины выгорания почти одинаков, было решено оставить для дальнейших расчетов только один ВП с концентрацией бора  $0,05 \text{ г/см}^3$ . Среди ВП на основе гадолиния для сравнения были взяты поглотители с концентрацией 5 и 8 %.

Концентрация борной кислоты. В процессе расчета борная кампания выбиралась из условия критичности для каждой расчетной точки по времени. Было выявлено явное преимущество топливной загрузки с ВП на основе гадолиния. Наименьшая концентрация  $\text{Gd}_2\text{O}_3$  8%. Гадолиниевая загрузка с концентрацией 5 % выигрывает у борной в начале цикла, но к концу, когда гадолиний полостью выгорает и возникает необходимость компенсации избыточной реактивности, концентрация борной кислоты превышает таковую для топливной загрузки с борным ВП.

Глубина выгорания топлива. Расчет показал, что наибольшая глубина выгорания имеет место в кампании с гадолиниевым выгорающим поглотителем. Это объясняется большим временем кампании, достигаемым за счет большей по сравнению с борным СВП топливной загрузкой урана (СВП с гадолинием в отличие от борных содержат топливо) и меньшим вредным поглощением нейтронов. Максимальная глубина выгорания получена в топливной загрузке с концентрацией гадолиния 5 %: 47,08 МВт-сут/кг, что на 12,7 % больше чем в случае в борном СВП.

Неравномерность энерговыделения. Было получено, что неравномерность энерговыделения в случаях использования гадолиниевого СВП сравнима (концентрация Gd 8 %) чем при использовании борного выгорающего поглотителя.

*Выводы.* Проведенные расчеты и сравнения дают основание сделать вывод о том, что использовании топлива с выгорающим поглотителем на основе гадолиния дает ряд преимуществ. Как самое весомое достоинство топливной загрузки с выгорающим поглотителем на основе гадолиния надо выделить рост длительности цикла до 333 суток и увеличение глубины выгорания до 44,71 МВт·сут/кг (в случае с концентрацией гадолиния 5 %). Это на 10,5 и 7 % больше соответствующих параметров для топлива с выгорающим поглотителем на основе бора.

Кроме того, с гадолиниевого топливной загрузкой борная кампания становится менее активной (уменьшается концентрация борной кислоты). Несмотря на большее время кампании неравномерность энерговыделения в случаях использования гадолиниевого СВП сравнима (концентрация Gd 5 %) или меньше (концентрация Gd 8 %), чем при использовании борного выгорающего поглотителя.

Если сравнить топливную загрузку с выгорающим поглотителем на основе гадолиния с концентрациями 5 и 8 процентов, я бы отдал предпочтение первой, так как при несколько большей неравномерности энерговыделения и концентрации борной кислоты длительность цикла увеличивается на 17 дней и достигаемая глубина выгорания топлива выше 5,2 %.