



ОКБМ
АФРИКАНТОВ
РОСАТОМ

Оценка влияния неравномерности выгорания топлива по группам ТВС на распределение потока нейтронов и эксплуатационные параметры активной зоны реактора БН-800

Игнатьев Владимир Николаевич

Инженер – конструктор

АО «ОКБМ Африкантов»

Н. Новгород, Россия

2024 г.

Введение

- ❑ Проектный режим работы реактора предусматривает равномерно-частичную замену выгоревших ТВС на "свежие" при остановках на перегрузку.
- ❑ В активной зоне находятся ТВС с разным временем облучения.
- ❑ В докладе рассмотрено проектное распределение ТВС, различающихся длительностью облучения, по активной зоне. Представлены расчетные данные по дрейфу основных эксплуатационных характеристик. Выполнена оценка возможности оптимизации проектного распределения ТВС, различающихся длительностью облучения.

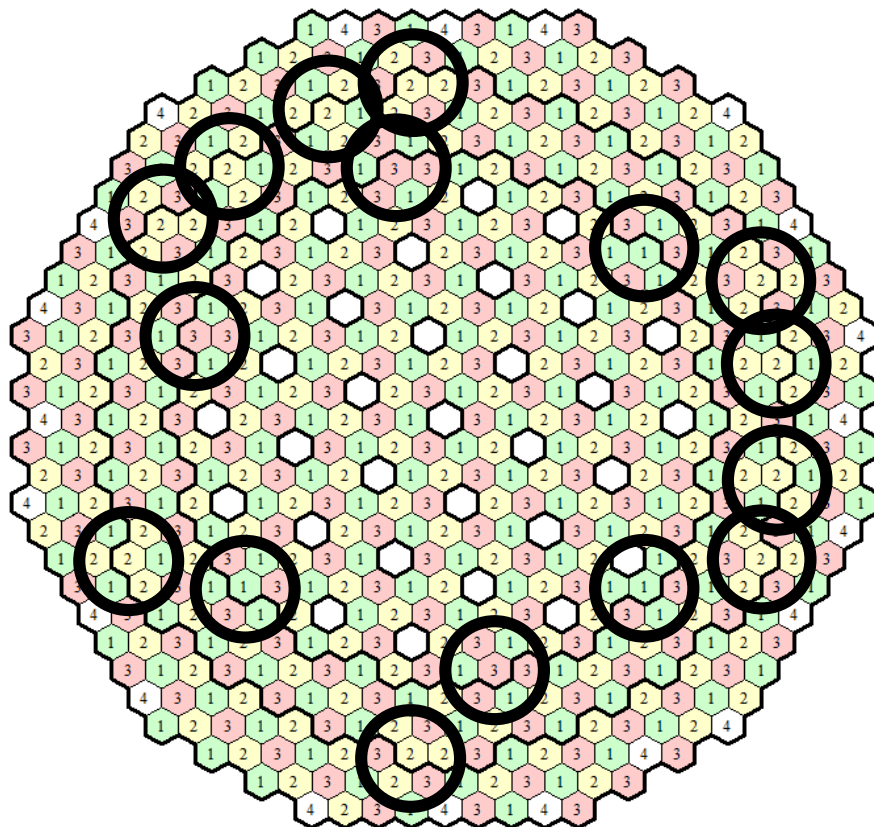
Описание проектной схемы перегрузки (1)

- ❑ Проектным режимом работы реактора является установившийся режим перегрузок, характеризующийся одинаковым количеством ТВС, перегружаемых в одну перегрузку, и одинаковой длительностью интервала между перегрузками.
- ❑ Для ТВС основного массива активной зоны (480 шт.) принята трехкратная схема перегрузок при длительности интервала работы реактора между перегрузками 155 эфф. сут. Из этих сборок сформированы три равные по количеству ТВС группы перегрузки, различающиеся накопленным временем облучения.
- ❑ Для ТВС периферийного ряда (84 шт.) принята четырехкратная схема перегрузки, соответственно, из этих сборок сформированы четыре равные группы, различающиеся временем облучения.
- ❑ Определяющим фактором, ограничивающим ресурс ТВС, является радиационное повреждение материала оболочек твэлов, значение которого для существующей зоны ограничивается величиной 90 сна.

Описание проектной схемы перегрузки (2)

- ❑ Распределение ТВС на группы перегрузки определено исходя из равномерного размещения в активной зоне сборок, различающихся длительностью облучения, и одинакового для каждой группы количества ТВС, заменяемых на «свежие» в каждую перегрузку (181 шт.), в том числе, близкого количества ТВС каждой зоны обогащения.
- ❑ При таком подходе обеспечивается воспроизведение состояния активной зоны по среднему выгоранию топлива и, соответственно, нейтронно-физических характеристик активной зоны в каждом последующем интервале работы после очередной перегрузки топлива.
- ❑ В связи с принятым подходом по обеспечению близкой номенклатуры ТВС в составе каждой группы перегрузки, а также с учетом размещения ячеек СУЗ и разной кратностью перегрузки ТВС основного массива и периферийного ряда, полная равномерность распределения ТВС не обеспечивается – в отдельных местах вынужденно располагаются сборки с одинаковой длительностью облучения в соседствующих ячейках.

Проектная схема перегрузки



-  - ТВС с наработкой 0 инт.
-  - ТВС с наработкой 1 инт.
-  - ТВС с наработкой 2 инт.
-  - ТВС с наработкой 3 инт.

(Кругами выделены зоны с вынужденным отступлением от равномерности размещения ТВС)

Оценка влияния неравномерности распределения ТВС, различающихся длительностью облучения, на НФХ (1)

- Расчетные оценки выполнены с использованием проектного кода JARFR.
- Рассмотрены 12 последовательных сочетаний групп перегрузки.

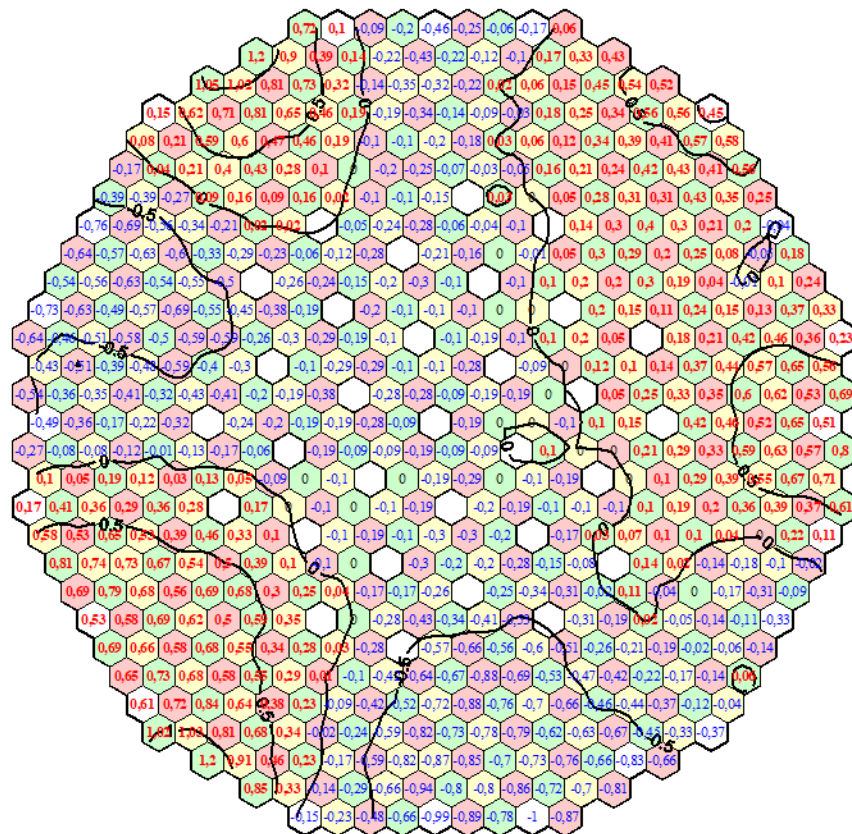
Номер варианта	Номер ГП						
	Трехкратная			Четырех кратная			
	1	2	3	1	2	3	4
1	0	1	2	0	1	2	3
2	1	2	0	1	2	3	0
3	2	0	1	2	3	0	1
4	0	1	2	3	0	1	2
5	1	2	0	0	1	2	3
6	2	0	1	1	2	3	0
7	0	1	2	2	3	0	1
8	1	2	0	3	0	1	2
9	2	0	1	0	1	2	3
10	0	1	2	1	2	3	0
11	1	2	0	2	3	0	1
12	2	0	1	3	0	1	2

Оценка влияния неравномерности распределения ТВС, различающихся длительностью облучения, на НФХ (2)



- ❑ Отклонения в НФХ оценены относительно расчетного состояния с усредненными по выгоранию концентрациями делящихся материалов в стационарном режиме работы.
- ❑ Отклонение плотности нейтронного потока составляет не более 2,0% отн. для основного массива ТВС и не более 3,0% для периферийных ТВС – менее аттестованной паспортной погрешности JARFR (7% отн.).
- ❑ Отклонение значений флюенса нейтронов за кампанию ТВС не превышает 0,5% отн.
- ❑ Отклонение в величине запаса реактивности не более 0,03 % $\Delta K/K$.

Характер отклонения распределения плотности потока нейтронов дифференцированного и усреднённого по группам перегрузки состава топлива, %отн.



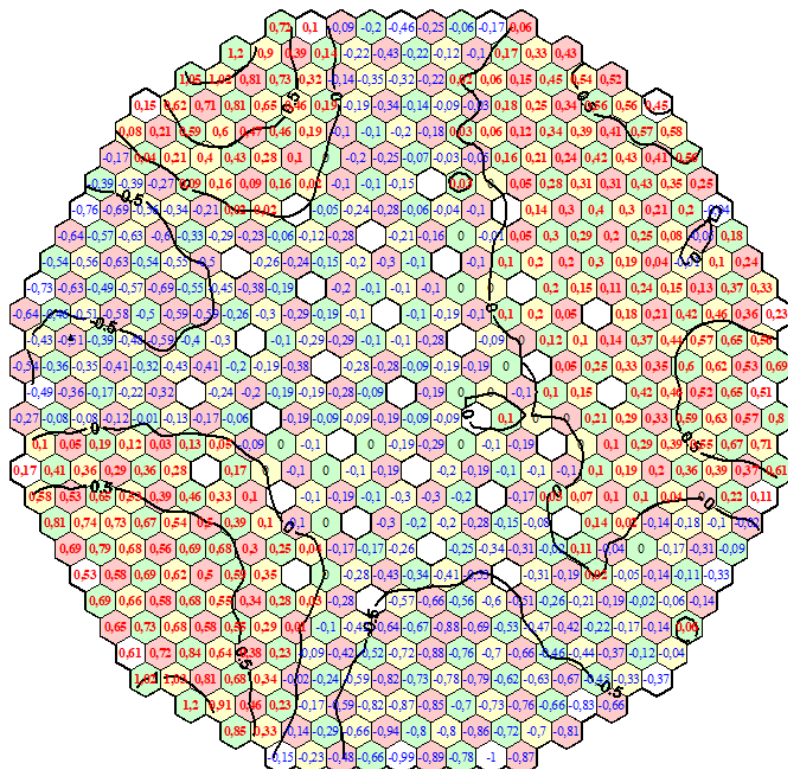
Оценка возможности оптимизации распределения ТВС на группы перегрузки



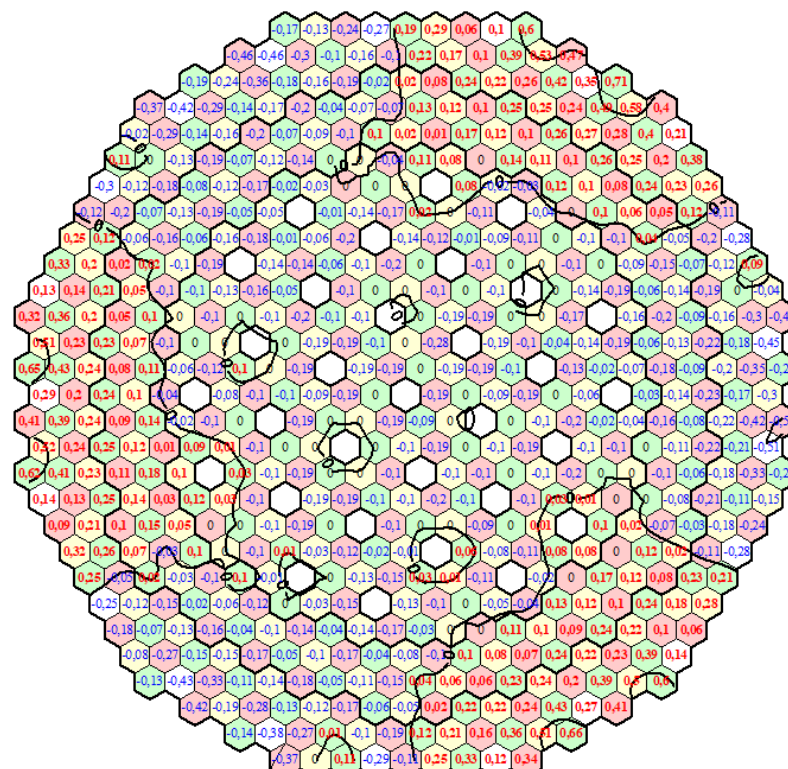
- ❑ Выполнена оценка дрейфа НФХ при реализации «полной» (за исключением сочетания ТВС последнего и предпоследнего рядов с разной длительностью топливной кампании) равномерности распределения ТВС, различающихся длительностью облучения.
- ❑ Количество заменяемых ТВС на свежие за одну перегрузку составит от 177 шт. до 183 шт. (проектное потребление 181 ТВС за перегрузку).
- ❑ Отклонение в величине запаса реактивности не более 0,04 % $\Delta K/K$ (0,03 % $\Delta K/K$ для проектной схемы).
- ❑ Отклонение в плотности потока нейтронов составляет не более 1% отн.

Переход к оптимизированной схеме перегрузки может быть выполнен за **4** микрокампании с использованием промежуточной выдержки и последующего возврата в активную зону **16** ТВС.

Характер отклонения распределения потока нейтронов от распределения при усреднённом по группам перегрузки состава топлива для оптимизированного варианта, %отн.



Проектная схема перегрузки



Оптимизированная схема перегрузки

Заключение

- При проектном распределении ТВС по группам перегрузки (181 шт. в каждую перегрузку) разброс в величине основных НФХ от расчётных значений при усреднённом по группам перегрузки составе топлива составляет:
 - в величине потока нейтронов до 2% отн. для ТВС основного массива (до 3% отн. для ТВС периферийного ряда);
 - в величине запаса реактивности до 0,03 % $\Delta K/K$, - минимизированные возмущения.
- При реализации «полной» равномерности распределения ТВС с разной длительностью облучения по активной зоне:
 - потребление ТВС составит от 177 шт. до 183 шт. за перегрузку;
 - разброс в величине потока нейтронов не более 1% отн., - сведён к незначительному минимуму;
 - разброс в величине запаса реактивности составляет до 0,04 % $\Delta K/K$, - остаётся приемлемо небольшим при существующем запасе реактивности.
- Полученные в рамках выполненной работы результаты целесообразно учесть при разработке перспективных вариантов активной зоны реактора БН-800 с увеличенной кампанией ТВС.

**Спасибо
за внимание**

