



РОСАТОМ



ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»

Влияние замены конструкционной стали ТВС на запас реактивности в реакторе БН-600

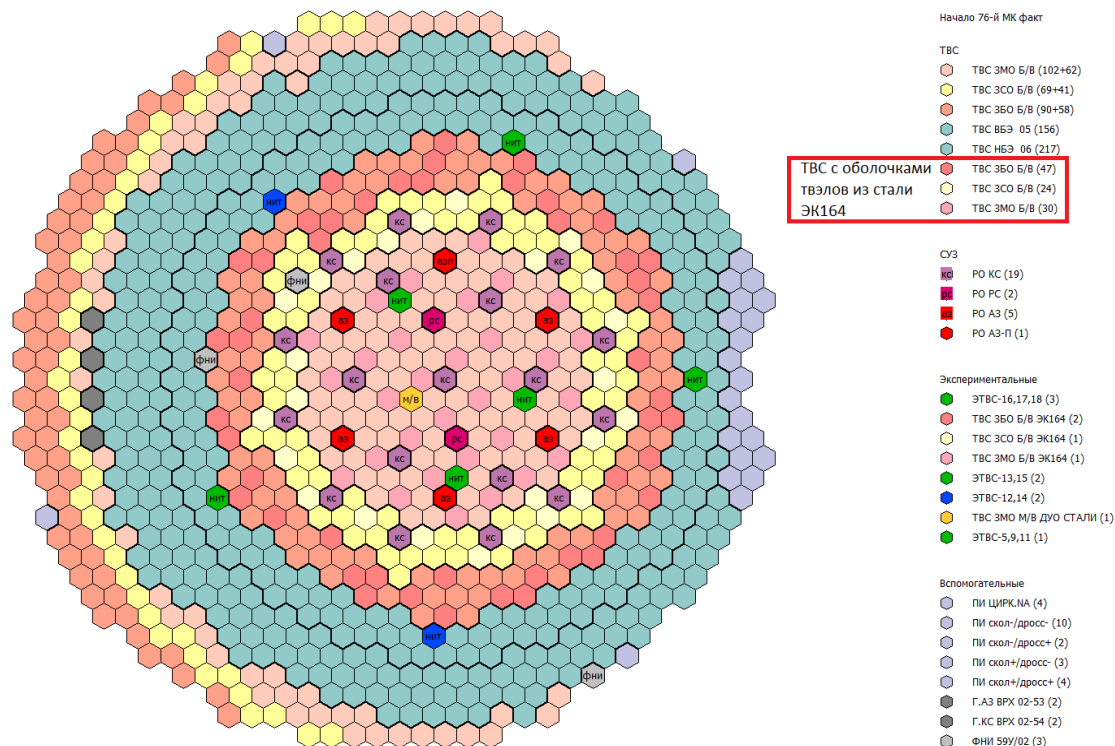
В.А. Мишин, Л.В. Коробейникова, В.Ю. Стогов, О.С. Гурская
АО «ГНЦ РФ-ФЭИ», г. Обнинск

27.11.2019

Актуализированная система сопровождения.

В настоящий момент система расчётного сопровождения реактора БН-600 актуализирована под текущее состояние реактора. В ней описываются различных ЭТВС, в т.ч. со СНУП топливом, различные конструкционные материалы, в т.ч. на оболочках ТВЭЛ.

На БАЭС был зафиксирован дефицит реактивности реактора БН-600 в конце 76 МКК, соответствующий 2 суткам работы на номинальной мощности



Актуализированная картограмма активной зоны для 76 МКК реактора БН-600

Влияние отдельных факторов на запас реактивности.

На запас реактивности в конце микрокампании влияют следующие факторы:

- Назначенная схема перегрузок активной зоны;
- Вариации паспортных характеристик ТВС;
- Вариации графика несения нагрузки;
- Наличие и расположение экспериментальных ТВС;
- Изменение конструкционных сталей.

Скорость падения реактивности за МКК.

Для стабильной работы реактора на 100%-ной мощности изменение реактивности можно описать следующим образом:

$$|\rho_{\text{выгорания}}| = b_1 \cdot \left[1 - e^{-\left(\frac{t}{T_{1/2} \cdot \ln(2)} \right)} \right] + b_2 \cdot t + b_3 \cdot t^2$$

t - время, сут

b_1 - нептуниевый эффект реактивности (0,130±0,0035%dk/k)

b_2 - коэффициент, учитывающий дополнительный вклад от уменьшения k_{eff} - «стационарное» падение реактивности (0,01306±0,0003% dk/k/сут)

b_3 - количества делящихся ядер и от изменения изотопного состава топлива (0,0000023±0,0000008% dk/k/сут/сут)

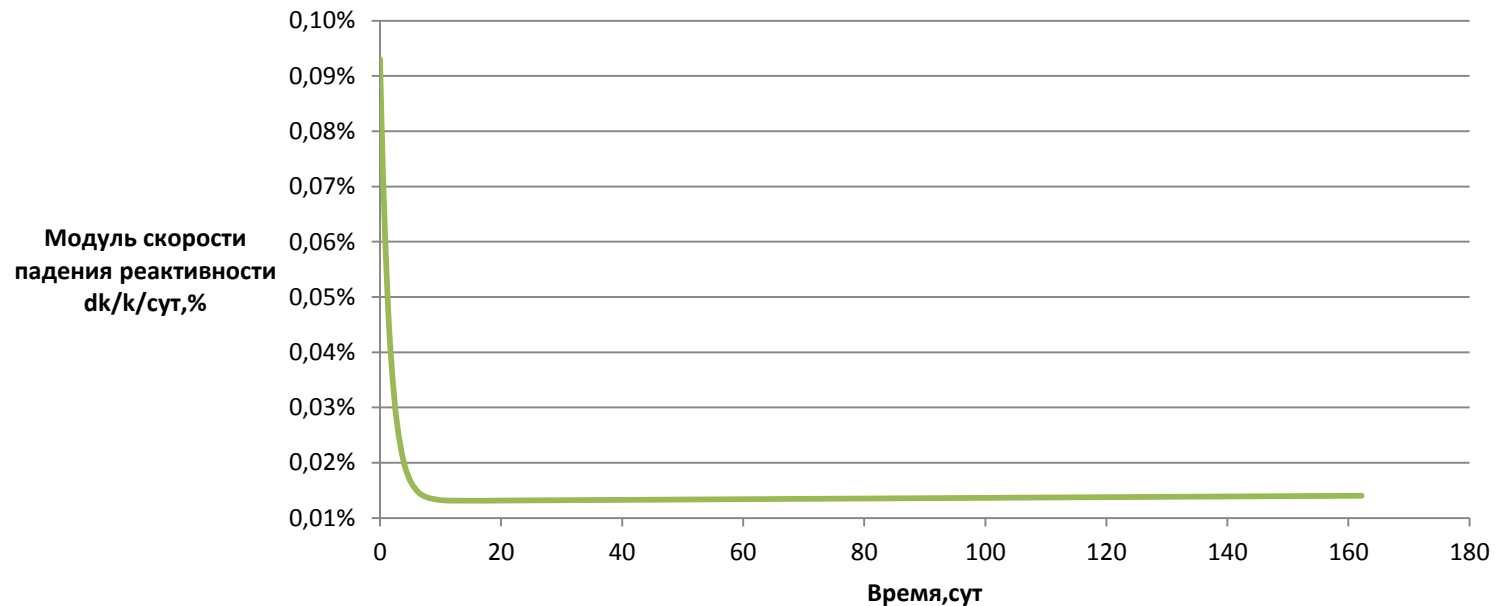
$T_{1/2}$ - период полураспада Np-239 (2,33 суток)

Скорость падения реактивности за 76 МКК.

Для 76МКК:

Скорость падения реактивности на 160-е сутки 0,0136% dk/k/сут.

Для работы в течении двух суток в конце микрокампании требуется около 0,0272% dk/k.

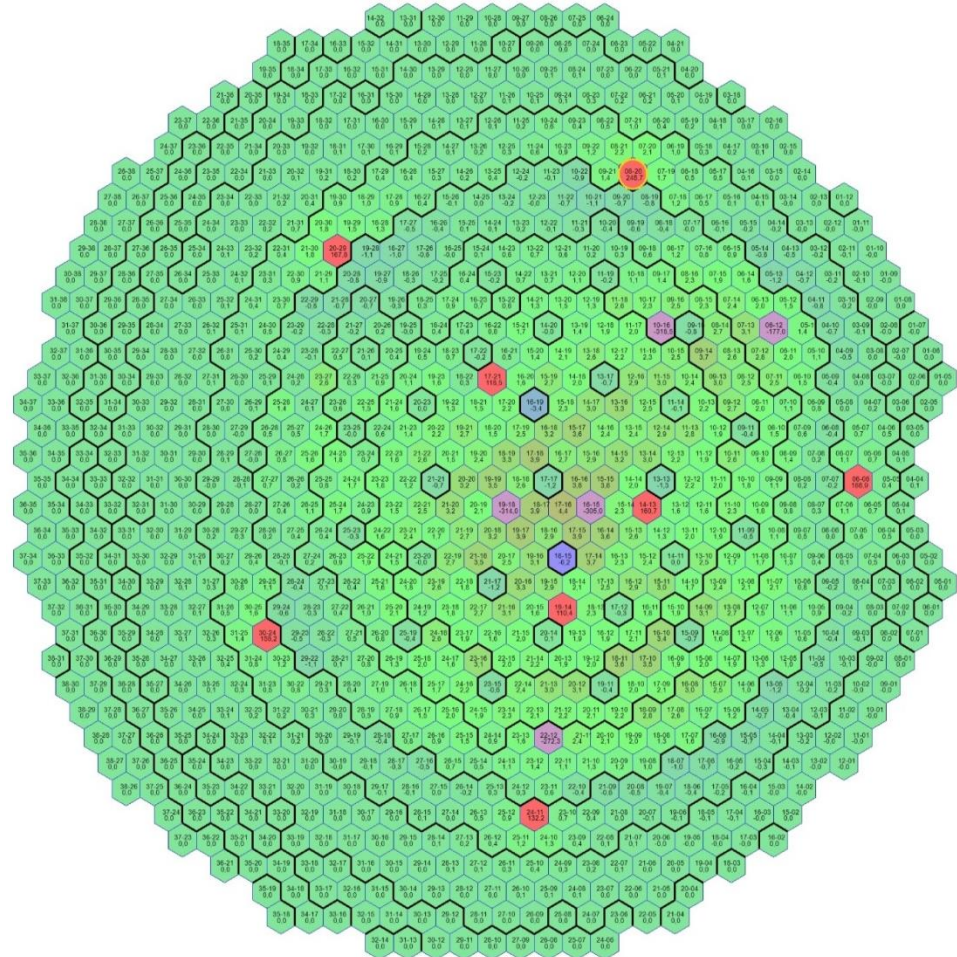


Влияние ЭТВС на запас реактивности.

В 76 МКК в активной зоне находилось 13 экспериментальных сборок, в основном – со СНУП топливом. Рассмотрим влиянием этих сборок на запас реактивности с помощью теории возмущений.

Вклад различных экспериментальных сборок

ЭТВС со СНУП топливом	МС и ЭТВС с оболочками из ЭК164, работающие 5-ю МКК	Осталь ные ТВС	Итого
0,208	-0,155	-0,144	-0,091



Расчёт методом Монте-Карло.

	TRIGEX				ММК	Итого, %dk/k
	ModExSys		Упрощенный		Упрощенн ый	
	Зон	kef	Зон	kef		
Реальный	16709	0,98614	7163	0,99222	0,99829 ±0.0019%	
Стандарти- зованный	16708	0,98581	7149	0,99213	0,99823 ±0.0019%	
Эффект от ввода ЭТВС dk/k, %		0,033		0,009	0,006 ±0.003	0,030 ±0.004

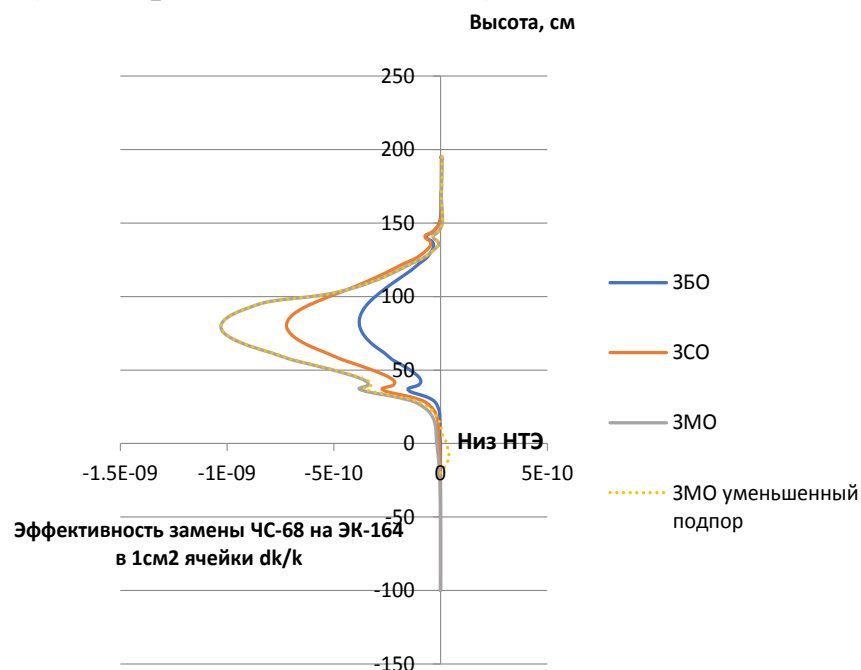
Вывод для ЭТВС.

Полученные результаты показывают, что

1. Влияние различных ЭТВС на характеристики активной зоны оказывается разнонаправленным, поэтому использование различных моделей и расчетных методов приводит к отличающимся результатам;
2. Если предположить, что код ММКК дает правильный результат, то вклад экспериментальных ТВС в реактивность (с учетом упрощения модели активной зоны) положителен и составляет $+0,03\%dk/k$;
3. Прямые расчёты по диффузионному коду TRIGEX достаточно хорошо описывают эффект реактивности от экспериментальных ТВС.

Вклад стали ЭК164.

Переход на сталь ЭК164 дает отрицательный вклад в реактивность, который в основном обусловлен большим содержанием никеля (19% против 15% в ЧС68).



Эффект от замены ТВС с оболочками из ЧС68 на ТВС с оболочками ЭК164

Зона	Кол-во ТВС	Эффект от одной ТВС	Эффект от всех ТВС
ЗМО	136	-0.00047%	-0.064%
ЗСО	94	-0.00035%	-0.033%
ЗБО внутр.	103	-0.00020%	-0.021%
ЗБО периф.	36	-0.00013%	-0.005%
Итого			-0.122%

Эффект dk/k от замены 1 см² ТВС с оболочками ТВЭЛов из стали ЧС68 на ТВС с оболочками ТВЭЛов из стали ЭК164. Начало МКК

Зона	Кол-во ТВС	Эффект от замены одной ТВС, %dk/k	Эффект установленных ТВС, %dk/k
ЗМО	31	-0.00047	-0.0146
ЗСО	21	-0.00035	-0.0073
ЗБО	49	-0.00018	-0.0088
Итого			-0.0307

Заключение.

- Переход на оболочечную сталь ЭК164 в 76 МКК привел к снижению запаса реактивности на $0.035\%dk/k$. Переход на эту сталь для всей активной зоны приведет к снижению запаса реактивности на $\sim 0.12\%dk/k$. Это подтверждено расчётами по ММК с учётом смещения на объединение зон.
- Используемый в ФЭИ код сопровождения достаточно хорошо описывает эффекты реактивности. Полученный расчетный запас реактивности в конце 76 МКК для горячего состояния реактора БН-600 хорошо согласуется с измеренным запасом реактивности

Спасибо за внимание !