

# **Сравнение моделей радиального отражателя реактора типа ВВЭР-1200 для расчета нейтронно-физических характеристик первой топливной загрузки**

К.И. Ушева

Научно-исследовательское учреждение "Институт ядерных проблем" Белорусского государственного университета

XXVII Международный семинар «Нелинейные явления в сложных системах»,  
Минск, 19-22 мая, 2020

# Детерминистический анализ безопасности

Для проведения независимого нейтронно-физического анализа безопасности АЭС с реактором типа ВВЭР-1200 применяется крупносеточный код DYN3D, основанный на решении уравнения переноса в диффузионном приближении. Для проведения моделирования с помощью кода DYN3D необходимо создать библиотеку малогрупповых констант, которая может быть рассчитана с использованием Монте-Карло кода Serpent.

Для выполнения расчетов характеристик топливной загрузки важное место занимает подготовка библиотеки констант для отражателя.

В данной работе проводится сравнение двух моделей радиального отражателя. Одна модель состоит из четверти активной зоны, вторая – из пяти отдельных моделей для каждого типа ячеек радиального отражателя.

# Библиотека констант для отражателя

Константное обеспечение для отражателя в полной модели активной зоны реактора, необходимое для кода DYN3D, определяется следующими характеристиками, которые рассчитываются в двухгрупповом энергетическом приближении:

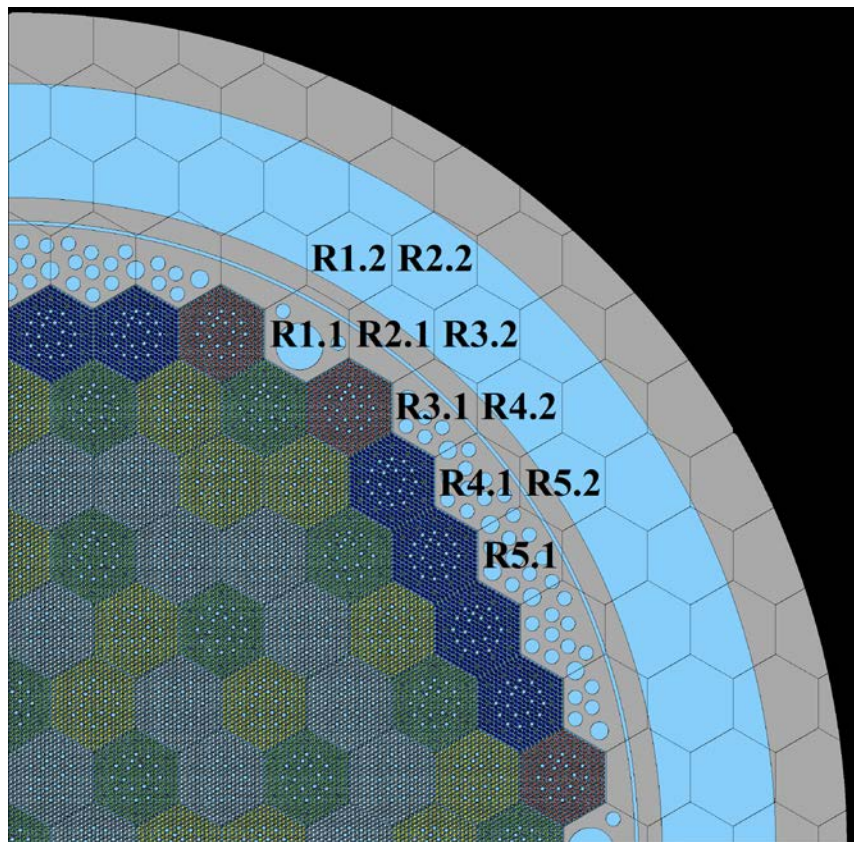
- транспортные сечения ( $\Sigma_{tr1,2}$ )
- сечения поглощения ( $\Sigma_{a1,2}$ )
- сечения перехода из одной энергетической группы в другую ( $\Sigma'_{s12}$ ):

$$\Sigma'_{s12} = \Sigma_{s12} - \frac{\Phi_2}{\Phi_1} \Sigma_{s21}$$

- RDF<sub>1,2</sub> (факторы разрывности на границе «ТВС-отражатель»):

$$RDF = \frac{DF_{ref}}{DF_{fuel}} ADF$$

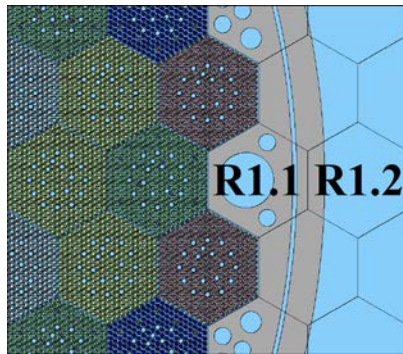
# Модель радиального отражателя, состоящая из четверти активной зоны



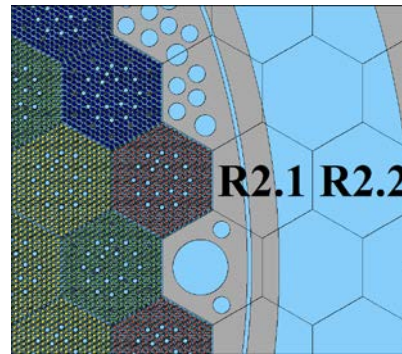
В данной модели радиального отражателя учтены конструкционные особенности выгородки, шахты внутрикорпусной и корпуса реактора ВВЭР-1200.

Модель четверти активной зоны реактора  
ВВЭР-1200 в коде Serpent

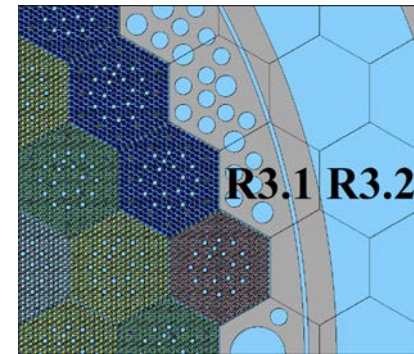
# Модель радиального отражателя, состоящая из пяти отдельных моделей



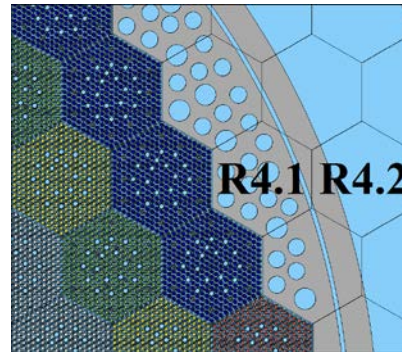
r\_ref1



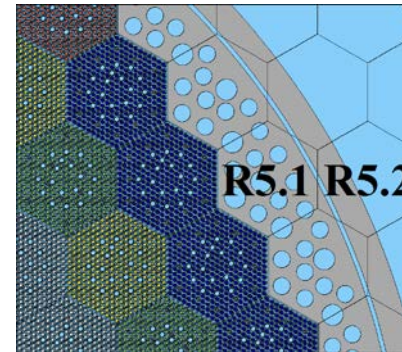
r\_ref2



r\_ref3



r\_ref4



r\_ref5

# Сравнение двух библиотек (1/3)

Проверка библиотеки проведена путем сравнения результатов расчета коэффициентов реактивности и критической концентрации борной кислоты при работе реактора на полной мощности для первой топливной загрузки.

Расчет проводился для начала (ВОС) и конца (ЕОС) первой топливной кампании на номинальном уровне мощности (3200 МВт) при расположении рабочей группы ОР СУЗ на высоте 70% от низа активной зоны.

# Сравнение двух библиотек (2/3)

| Параметр   | Условия                        | Ref_1/4_core |              | Ref_5    |              |
|--|--------------------------------|--------------|--------------|----------|--------------|
|  |                                | Значение     | $\Delta$ , % | Значение | $\Delta$ , % |
| Коэффициент реактивности по температуре теплоносителя, с учетом изменения его плотности, $1/^\circ\text{C}\cdot 10^{-5}$ | - номинальная мощность:        |              |              |          |              |
|  | 1) ВОС                         | -19.03       | 2.91         | -14.00   | 28.57        |
|  | 2) ЕОС (343 эфф.сут.)          | -71.23       | -14.15       | -63.67   | -2.04        |
| Коэффициент реактивности по плотности теплоносителя, $1/(\text{г}/\text{см}^3)\cdot 10^{-2}$                             | - номинальная мощность:        |              |              |          |              |
|  | 1) ВОС                         | 6.27         | 3.53         | 4.13     | 36.46        |
|  | 2) ЕОС (343 эфф.сут.)          | 30.9         | -16.60       | 27.51    | -3.81        |
| Коэффициент реактивности по температуре топлива, $1/^\circ\text{C}\cdot 10^{-5}$   | - номинальная мощность:        |              |              |          |              |
|  | 1) ВОС                         | -2.39        | -13.81       | -2.39    | -13.81       |
|  | 2) ЕОС (343 эфф.сут.)          | -2.60        | 3.70         | -2.64    | 2.22         |
| Коэффициент реактивности по концентрации борной кислоты, $1/(\text{г}/\text{кг})\cdot 10^{-2}$                           | - номинальная мощность:        |              |              |          |              |
|  | 1) ВОС                         | -1.83        | 3.68         | -1.74    | 8.42         |
|  | 2) ЕОС (343 эфф.сут.)          | -1.72        | 4.44         | -1.71    | 5.00         |
| Критическая концентрация борной кислоты ВОС, г/кг  | - номинальная мощность:<br>ВОС | 5.39         | -0.52        | 6.714    | -25.21       |

# Сравнение двух библиотек (3/3)

По результатам расчетов видно, что для начала топливной компании наилучшие результаты дает первая модель, а для конца топливной компании – вторая модель.

По расчету критической концентрации борной кислоты получается, что ближе значение при использовании первой модели радиального отражателя.

Главное отличие этих двух моделей для первой топливной загрузки заключается в значениях коэффициентов поправки на гомогенизацию (RDF-факторы).



# Выводы

Разработаны различные модели радиального отражателя для проведения расчетов и создания библиотеки малогрупповых констант.

Из результатов сравнения видно, что за счет отличий в значениях RDF-факторов, имеются различия в значениях коэффициентов реактивности для начала и конца топливной загрузки.

Модель четверти активной зоны имеет преимущество в части временных затрат и точности учета спектра нейтронного потока в радиальном отражателе.

# Благодарность

Автор работы выражает благодарность за вклад в работу Кутеню С.А. (НИИ ЯП БГУ), Хрущинскому А.А. (НИИ ЯП БГУ) и Бабичеву Л.Ф. (Научное учреждение «ОИЭЯИ – Сосны»).

**Спасибо за внимание!**