



НИЦ «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

КУРЧАТОВСКИЙ КОМПЛЕКС АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Оценка радиационной безопасности транспортного контейнера при перевозке отработавшего нитридного уран-плутониевого топлива БН-600 с использованием программы MCSU-FR

Авторы: Белов А.А. (ИБРАЭ РАН)

Бикеев А.С., Дайченкова Ю.С., Шкаровский Д.А.,
(НИЦ «Курчатовский институт»)

Всероссийская научно-техническая конференция «Нейтронно-физические проблемы атомной энергетики» Госкорпорация «Росатом», АО «ГНЦ РФ-ФЭИ»

27 – 29 ноября 2019 года, Обнинск, Россия

Введение

В рамках работ по проектному направлению «Прорыв» разрабатываются модели отдельных технологических процессов ЗЯТЦ реакторов с быстрым спектром нейтронов с целью обоснования безопасности проведения этих процессов.

Одной из таких работ является разработка расчётной модели узла хранения отработавших ТВС на основе 35-местного транспортно-упаковочного комплекта РУ БН-600 для анализа радиационной безопасности с использованием программы MCU-FR.

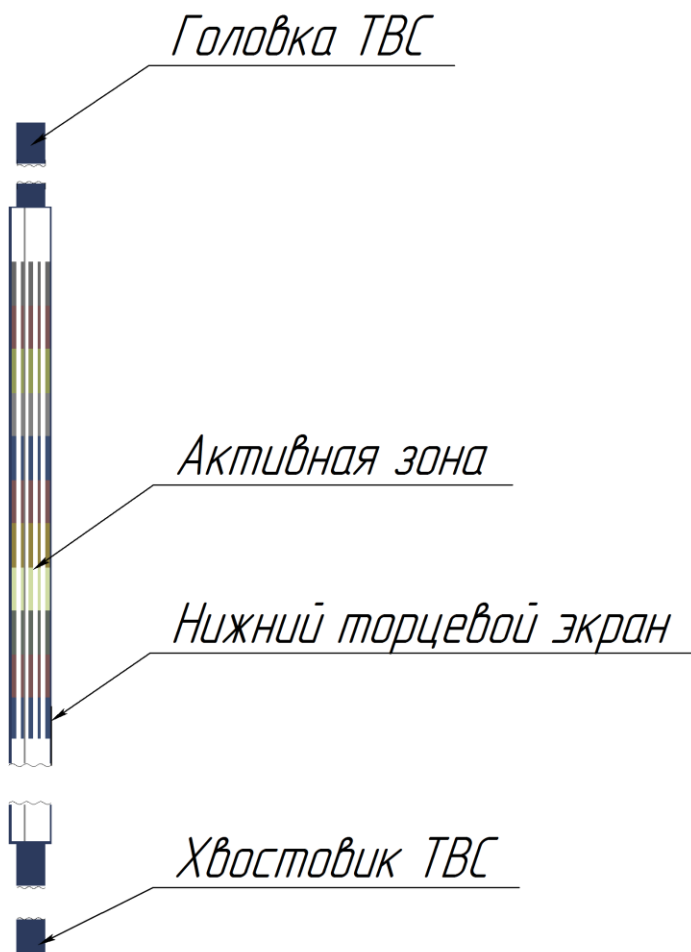
Цель работы

Целью работы является разработка расчётной модели 35-местного транспортного контейнера и проведение тестовых расчётов с использованием реализующей метод Монте-Карло программы MCU-FR для оценки радиационной безопасности при перевозке отработавшего нитридного уран-плутониевого топлива БН-600 и подготовки верификационной базы программы ODETTA.

Программа MCU-FR

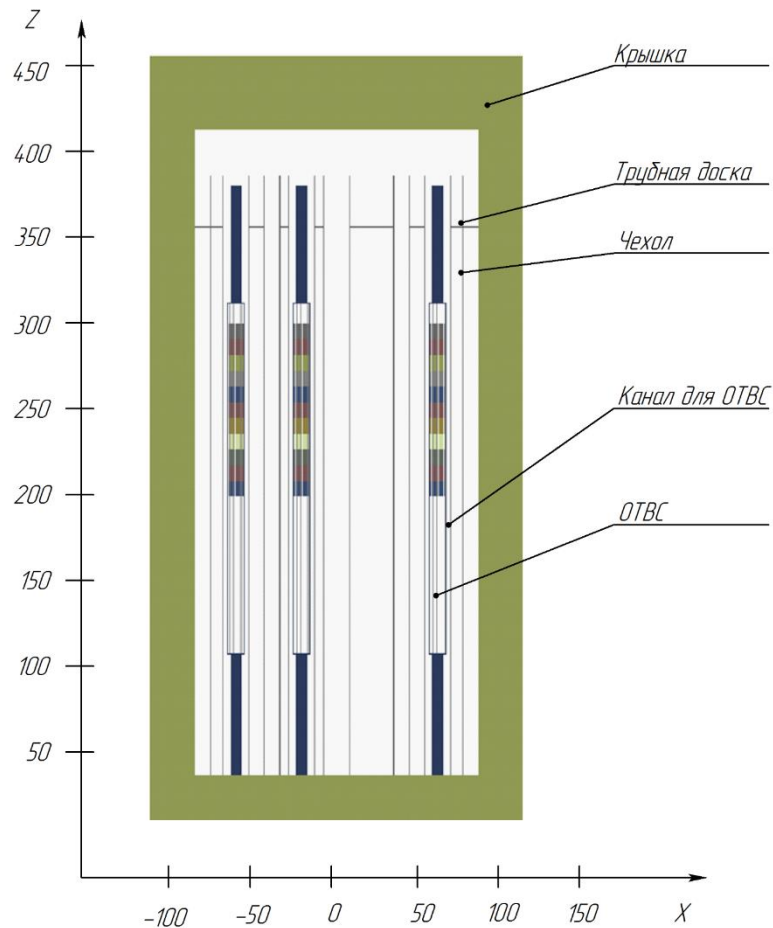
- Аналоговые и весовые методы Монте-Карло
- Однородные и неоднородные уравнения переноса
- Уравнения переноса:
 - нейтронов
 - фотонов
 - электронов
- Трёхмерные системы практически любой сложности
- Подключаемый программный модуль учёта изменения изотопного состава материалов в рассматриваемой системе (выгорание)
- Вычисления на многопроцессорных системах
- Детальное (поточечное) описание законов взаимодействия элементарных частиц с веществом

Разработка 3D модели ТВС

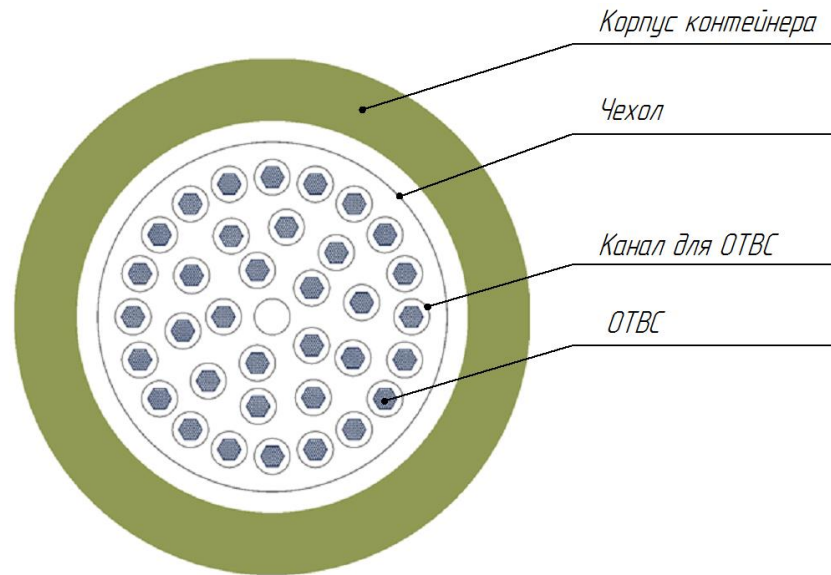


Параметр ОТВС	Значение параметра
Время нахождения в активной зоне, эфф. сут	592
Время выдержки во внутриреакторном хранилище, сут	160
Время выдержки в бассейне выдержки, сут	100

Разработка 3D модели ТК



Геометрия модели транспортного контейнера в плоскости OXZ



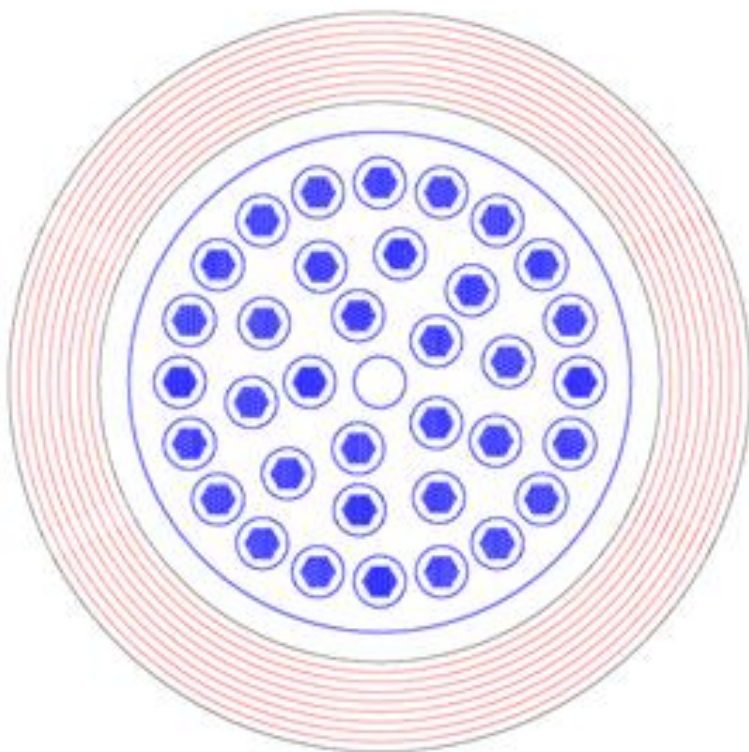
Геометрия модели транспортного контейнера в горизонтальном сечении ($z = 250$ см)

Параметры моделирования

- Рассматривались нейтронно-фотонная и фотонная задачи.
- Проведён расчёт источника нейтронов (299 групп) и фотонов (127 групп).
- Расчёты МЭД проведены на многопроцессорном вычислительном кластере. Использовалось 480 вычислительных ядер для нейтронно-фотонной задачи, 960 ядер – для фотонной задачи.
- Для нейтронно-фотонной задачи моделировалось 480 млн нейтронных историй, для фотонной задачи - 300 млрд фотонных историй.
- Статистическая погрешность (1σ) оценки мощности эквивалентной дозы $<1\%$.

Определение параметров неаналогового моделирования

В работе применялся **метод расщепление/рулетка**.



Расчёт ценностей поверхностей расщепления с использованием метода простых итераций:

$$V_i = \left\| \frac{\dot{E}_1}{\dot{E}_i} \right\|$$

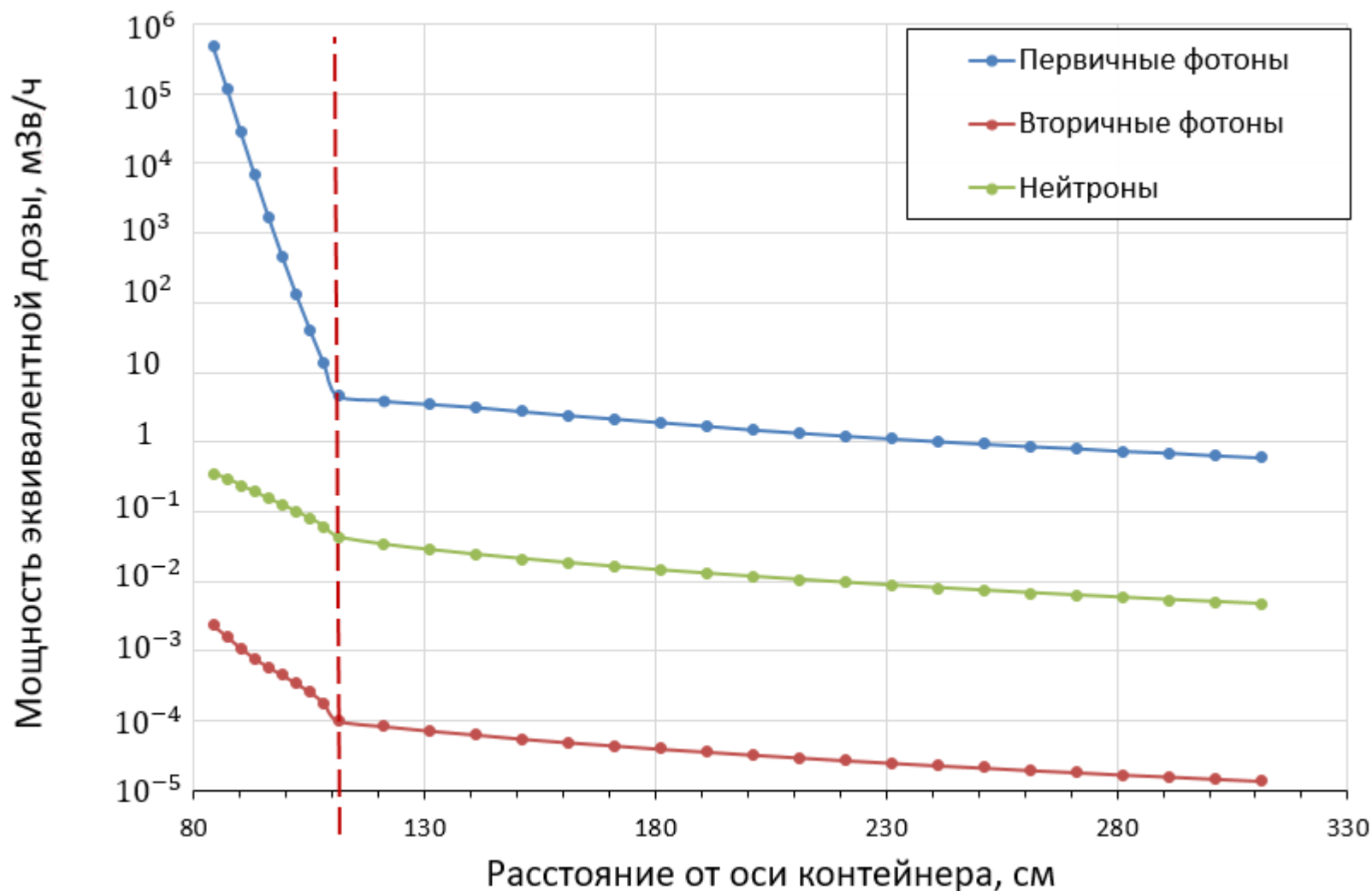
Тестирование модели ТК

Проведено два расчёта:

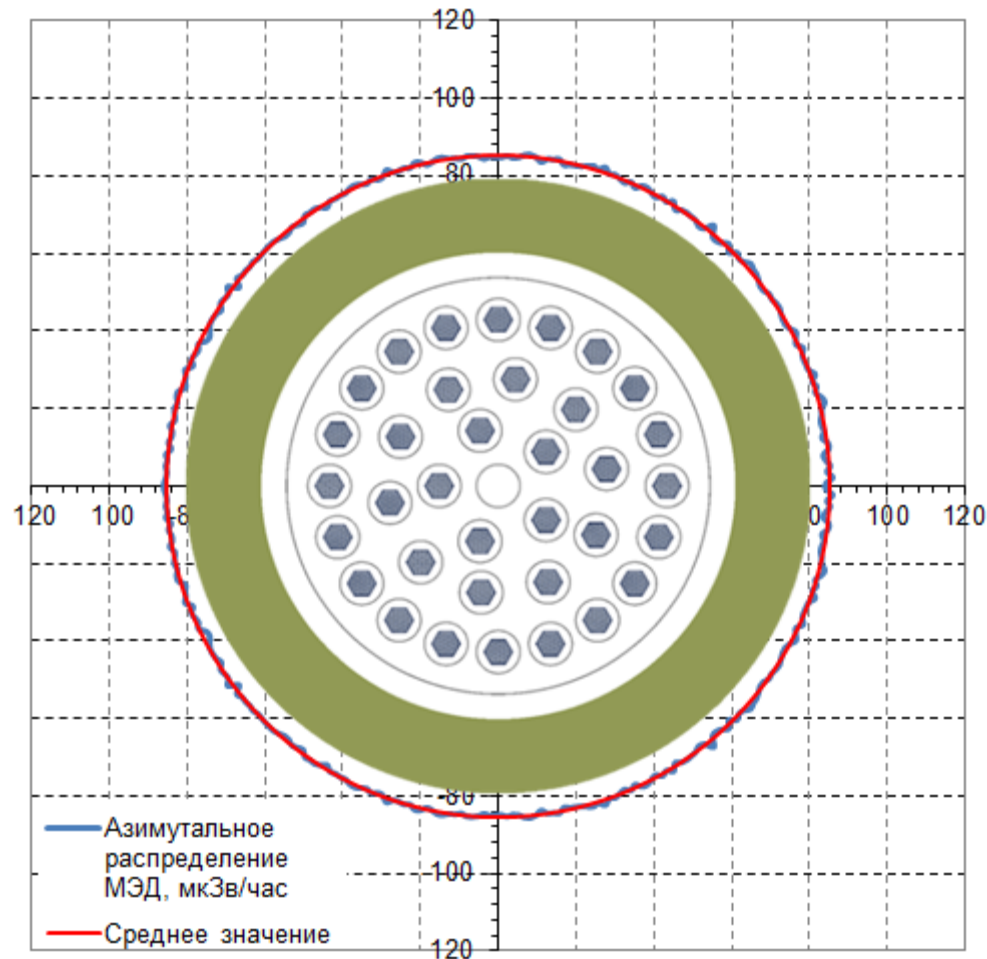
1. Мощность эквивалентной дозы $\dot{E}$ в зависимости от расстояния от оси контейнера.
2. Азимутальное распределение мощности эквивалентной дозы $\dot{E}$ на поверхности ТУК.

Для перевода плотности потока нейтронного и фотонного излучения в мощность эквивалентной дозы использовались переводные коэффициенты из РОСФОНД для изотропного поля излучения.

Тестирование модели ТК

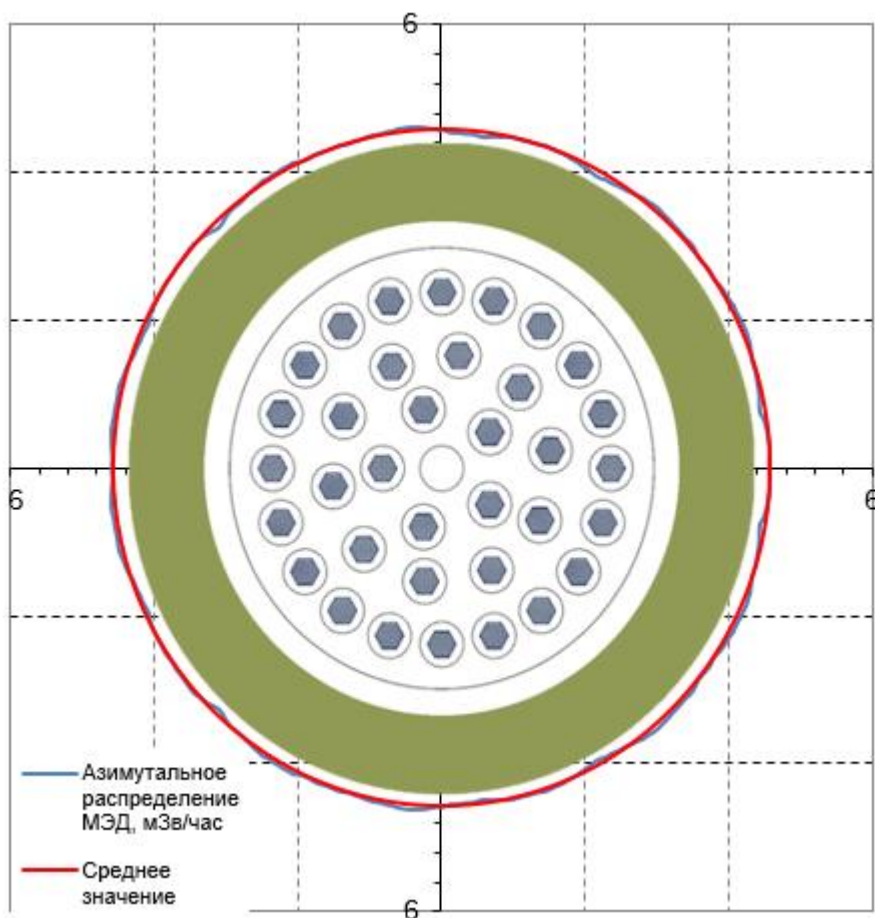


Тестирование модели ТК

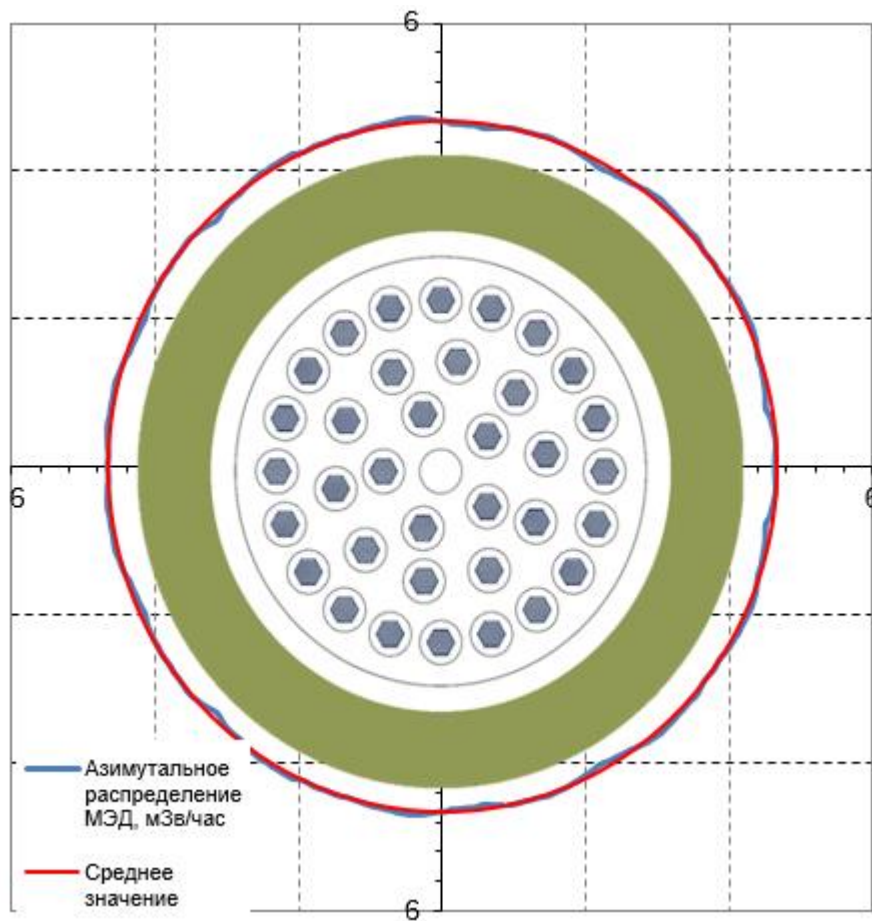


Азимутальное распределение $\dot{E}$ от
нейтронного излучения на поверхности ТК

Тестирование модели ТК



Азимутальное распределение $\dot{E}$ от первичного фотонного излучения на поверхности ТК



Азимутальное распределение суммарной $\dot{E}$ на поверхности ТК

Заключение

1. Разработана трёхмерная расчётная модель экспериментальной ТВС и 35-местного ТК БН-600.
2. С использованием программы MCU-FR проведена оценка радиационной безопасности при перевозке отработавшего нитридного уран-плутониевого топлива БН-600.
3. В нормальных условиях транспортирования ТК максимальные суммарные расчётные уровни МЭД составляют:
 - не более 4,6 мЗв/ч на поверхности ТК, что не превышает установленного ограничения 10 мЗв/ч на условиях исключительного пользования (НП-053-04);
 - не более 0,6 мЗв/ч на расстоянии 2 м от поверхности ТК.
4. Разработанная модель ТК и полученные с использованием программы MCU-FR результаты будут использованы для подготовки верификационной базы расчётного кода ODETTA.

**Спасибо
за внимание!**

