



**НИЦ «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»**

**КУРЧАТОВСКИЙ КОМПЛЕКС АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

**Учет вклада запаздывающих фотонов в  
энерговыведение в программе MCSU-PTR с  
использованием KERMA-факторов**

Калугин М.А., Кузнецов А.Н., Олейник Д.С., Шкаровский Д.А.

Научно-техническая конференция «Нейтронно-физические проблемы атомной энергетики  
(Нейтроника-2019)»  
27-29 ноября 2019 года  
АО «ГНЦ РФ – ФЭИ», Обнинск

# Введение

Энерговыведение – одна из важнейших характеристик реактора, точное знание которой необходимо для безопасной и эффективной работы реакторной установки

Одним из самых распространенных методов расчета радиационного энерговыведения в конструкционных материалах является расчет с помощью нейтронных и фотонных сечений радиационного энерговыведения, так называемых керма-факторов (KERMA - Kinetic Energy Release in Materials)



# Цель

Усовершенствование программы для расчета исследовательских реакторов MSU-PTR, а именно реализация возможности учета вклада запаздывающих фотонов в энергосвечение в MSU-PTR в результате одного нейтронно-фотонного расчета

- Мгновенные (вторичные) фотоны – появляются в результате деления, неупругого рассеяния и радиационного захвата
- Запаздывающие – появляются в результате распада ядер

# MCU-PTR

- Программа «MCU-PTR с банком данных MDBPT50» разработана НИЦ «Курчатовский институт» и аттестована Ростехнадзором (2013, 2016).
- Программа предназначена для прецизионного моделирования процессов переноса нейтронов и фотонов аналоговыми и весовыми (неаналоговыми) методами Монте-Карло на основе оценённых ядерных данных в ядерных реакторах с учётом изменения изотопного состава материалов реактора в процессе кампании.
- Обеспечена возможность расчётного предсказания изотопного состава материалов реактора и его размножающих свойств в зависимости от длительности кампании.
- Обеспечена возможность расчета энерговыделения с помощью KERMA-факторов



# Приближения

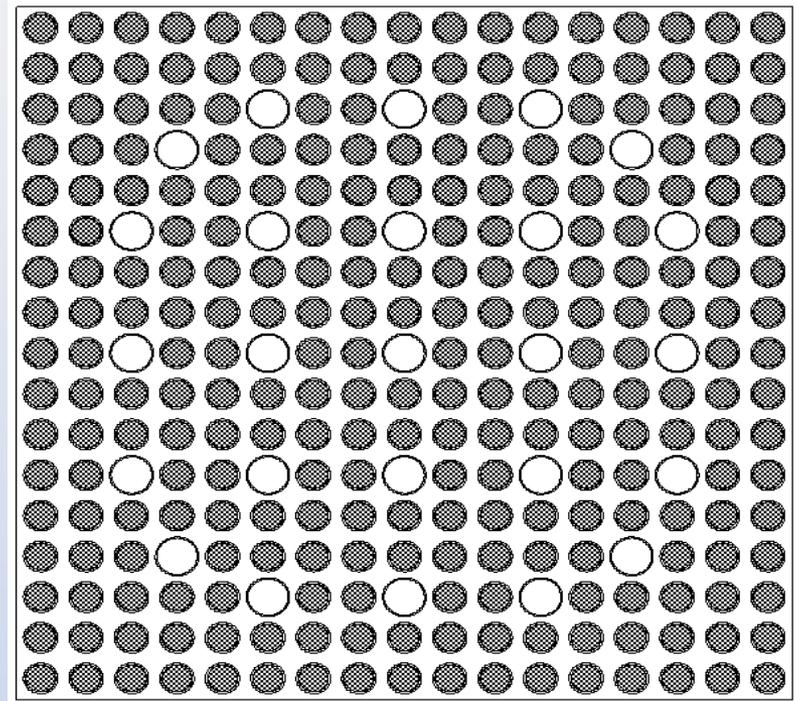
- Мощность запаздывающего излучения равна своему асимптотическому значению



- Время работы рассчитываемой установки на постоянной мощности не менее 5 суток

# Тестирование расчета энерговыделения с учетом запаздывающих фотонов

- Бенчмарк VERA задача 2b.
- Топливная сборка Вестингауз 17x17 с топливом  $UO_2$  обогащением 3,1 % в начале топливного цикла
- Двумерная задача с граничным условием отражения



# Тестирование расчета энерговыделения с учетом запаздывающих фотонов

Статистическая погрешность расчета – менее 0,1 %.

$$\Delta = 100(E_{mcu} - E_{serpent})/E_{mcu}$$

Распределение энерговыделения по материалам системы, %

Материал	MCU-PTR	Serpent (ENDF/B-VII.1)	$\Delta$
Топливо	96,75	96,92	-0,2
Оболочка	0,97	0,91	6,3
Теплоноситель	2,29	2,17	5,4

Доля энерговыделения, приходящаяся на запаздывающее фотонное излучение, %

MCU-PTR	Serpent
3,5	3,2

# Заключение

- Реализована возможность расчета возможность учета вклада запаздывающих фотонов в энергосвечение в MCU-PTR
- Проведено тестирование возможности использования предлагаемого подхода
- Полученные результаты подтвердили возможность использования предложенного подхода на практике
- Модификация позволяет получать в результате одного нейтронно-фотонного расчета полное значение радиационного энергосвечения в ядерном реакторе

**Спасибо  
за внимание!**

