Радаев Александр Иванович. Развитие технологий расчетной поддержки эксплуатации и проектных решений по конверсии на низкообогащенное урановое топливо для исследовательских реакторов: диссертация ... кандидата технических наук: 05.14.03 / Радаев Александр Иванович;[Место защиты: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ"].- Москва, 2015.- 174 с.

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Развитие технологий расчетной поддержки эксплуатации и проектных

решений по конверсии на низкообогащённое урановое топливо для

исследовательских реакторов

05.14.03 - Ядерные энергетические установки, включая проектирование,

эксплуатацию и вывод из эксплуатации

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель: доктор физико-математических наук Тихомиров Г.В.

На правах рукописи

Радаев Александр Иванович

Москва, 2015

Содержание

ВВЕДЕНИЕ 4

ГЛАВА 1. Обзор литературы 9

ГЛАВА 2. Обоснование выбора параметров специализированных

прецизионных моделей 42

2Л. Постановка задачи 42

2.2. Выбор оптимального пространственного разбиения при расчете

распределения энерговыделения 45

2.2.1. Оптимальный размер расчетной ячейки с максимальным

энерговыделением 46

2.3. Выбор оптимального пространственного разбиения при расчете

распределения выгорания 54

2.4. Выбор шага по времени при расчёте выгорания 65

2.5. Методика задания изотопного состава выгоревшего топлива для

прецизионной модели на основе данных о выгорании урана-235 72

2.6. Оценка вклада плутония в энерговыделение и удельный расход урана-235

для ВОУ и НОУ топлива 86

2.7. Модель выгорания поглощающего стержня 88

2.8. Выводы к главе 2 106

ГЛАВА 3 Верификация программ нейтронно-физического расчета. Тестовые задачи 108

3.1. Модели и программы 110

3.2. Описание тестовой задачи 112

3.3. Результаты расчета 114

3.3.1. Расчет стационарных нейтронно-физических характеристик 114

3.3.2. Расчет процесса выгорания 118

3.4. Основные результаты расчета тестовых задач 125

3.5. Выводы к главе 3 126

2

ГЛАВА 4. Разработка специализированных прецизионных моделей исследовательских реакторов для обоснования конверсии на использование НОУ топлива и обоснования безопасности 127

4.1. Расчеты реактора ИРТ МИФИ 128

4.1.1 Обоснование перевода реактора ИРТ МИФИ на уран-молибденовое НОУ

топливо. Расчет референтных загрузок 129

4.1.2 Верификация MCU-PTR для расчета ИРТ МИФИ с ВОУ топливом 135

4.2. Обоснование перевода реактора ВВР-К на НОУ топливо 145

4.3. Обоснование перевода реактора МАРИЯ на НОУ топливо 154

4.4. Выводы к главе 4 162

Заключение 163

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 165

Приложение А Акты о внедрении результатов работы 171

Приложение Б Описание ТВС ИРТ-ЗМ 173

3

**Заключение**

Результаты диссертационной работы внесли вклад в совершенствование технологий расчетной поддержки исследовательских реакторов. В частности, разработаны специализированные прецизионные расчетные модели трех исследовательских реакторов, позволяющие проводить многовариантные нейтронно-физические расчеты с достаточной точностью за приемлемое время. Эти модели были использованы для расчетного анализа конверсии исследовательских реакторов на использование низкообогащенного топлива.

Основные результаты диссертационной работы заключаются в том, что:

1. Сформулированы рекомендации по выбору параметров модели расчета методом Монте-Карло для исследовательского реактора бассейнового типа.
2. Выбрано пространственно-временное разбиение для расчета распределения энерговыделения и выгорания исследовательского реактора бассейнового типа, и параметры статистической модели, обеспечивающее достаточную для решения инженерных задач погрешность при минимальном времени счета.
3. Разработаны инженерные методики, дополняющие прецизионную модель, а именно методика оценки изотопного состава выгоревших ТВ С для полномасштабного нейтронно-физического расчета состояния активной зоны по прецизионной модели и методика оценки выгорания поглощающего стержня для реактора типа ИРТ с помощью данных об эксплуатации реактора.
4. Получены новые результаты для кросс-верификации программ MCU-PTR, MCNP+MCREB и SERPENT 2.
5. Разработаны и апробированы специализированные прецизионные модели исследовательских реакторов МАРИЯ, ВВР-К и ИРТ МИФИ для расчета по программе MCU-PTR стационарных задач и процесса выгорания.
6. С использованием разработанных прецизионных моделей проведены исследования возможности конверсии исследовательских реакторов МАРИЯ,

163

ВВР-К и ИРТ МИФИ на использование НОУ топлива и расчетное обоснование испытаний ТВС с НОУ топливом на исследовательских реакторах МАРИЯ, ВВР-К.

Автор принимал участие в разработке ряда расчетных моделей ИР на основе прецизионной программы MCU, используемых ОАО «НИКИЭТ» для обоснования конверсии исследовательских реакторов Российской конструкции за рубежом (ВВР-К, Казахстан и МАРИЯ, Польша). Кроме того, автор принимал участие в разработке расчетной модели на основе программы MCU реактора ИРТ МИФИ, которую НИЯУ МИФИ использовал в процессе обоснования конверсии. Лично автором созданы геометрические модели и проведено большинство расчетов по программе MCU.

Автор выражает искреннюю благодарность:

* научному руководителю Г.В. Тихомирову и М.В. Щуровской за постановку актуальных задач, активное участие в их решении, за ценные рекомендации, многочисленные обсуждения результатов и помощь в выполнении и оформлении работы;
* С.А. Соколову за идеологическую поддержку, помощь, полезные советы;
* коллективу кафедры №5 НИЯУ МИФИ, где получены необходимые знания в области методов расчета ядерных реакторов;
* коллективу ОАО «НИКИЭТ» за дискуссии, полезные советы, помощь в подготовке материалов диссертации и выполнении работ.