

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации

ДЕВКИНОЙ ЕЛЕНЫ ВЛАДИМИРОВНЫ

**«ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ РАСЧЁТОВ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ
РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАЗБОРКЕ РЕАКТОРОВ
С ТЯЖЁЛЫМ ЖИДКОМЕТАЛЛИЧЕСКИМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ»**

**представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности «2.4.9 – Ядерные энергетические установки, топливный цикл,
радиационная безопасность».**

Автореферат диссертации Девкиной Е.В. посвящен работе, проделанной автором по верификации и апробация методов понижения дисперсии (метода различной ценности в ячейках и итерационного (MAGIC) метода) для уменьшения статистической погрешности расчётов по обоснованию радиационной безопасности при разборке реакторов с тяжёлым жидкометаллическим теплоносителем (ТЖМТ).

Операция выгрузки ОЯТ реактора является технически сложной, опасной в ядерном и радиационном отношении, требующей строгого соблюдения норм и требований ядерной и радиационной безопасности, чёткой организации работ, высокой квалификации персонала. Для безопасного проведения работ по выгрузке ОЯТ необходима информация по ядерной и радиационной обстановке. Эта информация получается с помощью расчётного анализа на всех этапах выгрузки ОЯТ.

Реакторы с ТЖМТ имеют ряд конструктивных особенностей, которые следует учитывать при утилизации ЯЭУ. К числу таких особенностей относится конструкция активной зоны реактора, которая вместе с защитной пробкой представляет собой единый выемной блок. Кроме того, ядерное топливо реакторов с ТЖМТ имеет повышенное обогащение, что требует обеспечения более строгого режима его сохранности для соблюдения условий нераспространения ядерных материалов.

Кроме актуальности представленной работы, в автореферате отражены направления исследований автора, приведены основные положения, выносимые на защиту, описаны научная новизна результатов исследований и личный вклад автора, а также обоснована практическая значимость, выполненной работы.

Судя по автореферату основной текст диссертации состоит из четырех глав.

В первой главе автором проведён анализ возможности использования различных программных комплексов и алгоритмов для обоснования радиационной безопасности при разборке реакторов с ТЖМТ.

Оценка радиационной обстановки при обращении с ОЯТ имеет ряд особенностей, которые нужно учитывать при выборе расчётных средств:

- сильное ослабление потоков нейтронов и гамма-квантов. Для отдельных задач кратность ослабления может достигать 8–10 порядков;
- сложная трёхмерная геометрия;
- большой объём вычислений.

Кроме того, источниками излучения являются отработавшее ядерное топливо, конструкционные материалы, органы регулирования. Источники сильно отличаются по структуре, объёму и не получается для всех источников задать один расчёт. Также необходимо оценивать вклад каждого вида источника в общую поглощенную дозу, поскольку изотопы, которые вносят основной вклад в дозу, имеют периоды полураспада, отличающиеся в несколько раз.

Сделан вывод о необходимости использования программ на основе метода Монте-Карло, но с применением методов понижения дисперсии.

Во второй главе представлена двумерная тестовая модель защиты ТУК для отработавшего ядерного топлива, имеющий реальный реакторный прототип. В рассматриваемом бенчмарке вычисляются поля гамма-квантов для контейнера с отработавшим ядерным топливом.

В расчётах использовались следующие методы понижения дисперсии:

- моделирование по ценности;
- методы контроля популяций частиц.

Из популяционных методов в расчётах использовались метод задания различной ценности частиц в ячейках и весовые окна.

В данной главе рассчитывалась мощность дозы гамма-излучения от продуктов деления. Мощность дозы рассчитывалась для источника интенсивностью 1 гамма-квант/с. Результаты расчетов показали, что значения мощностей доз, полученные с помощью прямого расчёта и с применением метода вынужденных столкновений – неверные. Методы весовых окон и различной ценности в ячейках понижают статистическую погрешность до допустимых значений.

В третьей главе рассматривается обоснование радиационной безопасности для ОВЧ в ТУКе с выгруженным топливом, то есть источников нейтронов от отработавшего топлива и гамма-квантов от продуктов деления нет. Вклад в формирование мощности дозы от гамма-квантов будут вносить наведённая активность в органах регулирования, которые остались в активной зоне и стальных конструкциях.

Для обоснования радиационной безопасности использовалась расчётная модель с реальными геометрическими размерами и подробным описанием геометрии защиты. Органы регулирования представлены в виде гомогенных цилиндров. Мощности доз рассчитывались в расчётных точках. Расчётные точки расположены на расстоянии 10 см и 2 м от поверхности ТУКа. Для расчёта мощности дозы и дозы нейтронного и гамма-излучения использовалась программа MCNP.

Результаты расчетов различных вариантов защиты показали, что удовлетворяют требованиям НП-053-16 только защита с тремя кольцами или с одним или 2 кольцами, но с дополнительным нейтронным кожухом. Применение одного вида весовых окон позволило получить достоверные результаты и существенно снизить расчётные затраты, так как не нужно было подготавливать весовые окна для каждого из шести вариантов защиты.

В четвёртой главе описана методика расчёта ядерно-опасных зон (ЯОЗ) с применением весовых окон при разборке реакторов с жидкометаллическим теплоносителем.

В соответствии с требованиями федеральных норм и правил (НП-016-05 и НП-063-05) ядерно-опасные участки должны быть оснащены системой аварийной сигнализации о возникновении самоподдерживающейся цепной реакции (САС СЦР). Для обеспечения проектирования САС СЦР определены места возможного

возникновения СЦР и выполнены расчёты полей нейтронов и гамма-излучения при возможной СЦР с целью обоснования:

- границ ЯОЗ;
- мест размещения блоков детектирования САС СЦР;
- порогов срабатывания САС СЦР;
- значений мощности доз нейтронного и гамма-излучения на различных расстояниях от места возникновения СЦР в пределах ЯОЗ.

Расчёт полей нейтронов и гамма-излучения проводился для мест хранения ОВЧ в хранилищах, мест проведения технологических операций с ОВЧ и кассетами с ОЯТ. Особенность данных расчётов заключается в том, что распределение мощности доз нужно получить на всей расчётной области для сложной трёхмерной геометрии, имеющей достаточно большие размеры и сильное ослабление излучения (более 10 порядков). Для всех расчётов задавалась детальная геометрическая модель помещений с реальными размерами, в которых возможно возникновение СЦР. Поглощённые дозы нейтронов и гамма-квантов рассчитывались для всей расчётной области.

По результатам расчетов определены границы ЯОЗ и места расположения блоков детектирования САС СЦР. Расстояние от очага СЦР до блока детектирования составляет 2 м. Расчетная доза гамма-излучения в месте размещения блока детектирования составляет 2 Гр.

В целом, автореферат Девкиной Е.В. оставляет хорошее впечатление и является отражением большого объема работы, выполненной автором по теме диссертации. Изложение материала последовательное и ясное, выводы и заключения обоснованы.

Значимость работы определяется тем, что она носит законченный характер. Пройден путь от разработки расчётных моделей до обоснования применения методов понижения дисперсии при расчётах по методу Монте-Карло и выработке рекомендаций по определению границ ЯОЗ, мест размещения блоков детектирования СЦР и параметры дополнительной радиационной защиты.

Следует указать незначительные замечания по тексту автореферата, скорее редакторского плана:

- на стр. 3 не описан константный компонент в погрешности расчетов;

- для лучшей читабельности текста следовало бы перед первым применением сокращений (ЯОЗ, СЦР, САС СЦР, стр.4) приводить их расшифровку;

- на стр. 6 в личном вкладе указана «разработка расчетных моделей», но не указано моделей чего.

Основные результаты работ автора по теме диссертации изложены в 8 работах: 4 статьи в научных рецензируемых журналах из списка ВАК, 2 доклада на конференциях опубликованы в виде тезисов докладов, 2 препринта АО «ГНЦ РФ – ФЭИ».

Автореферат Девкиной Е.В. удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к авторефератам.

Оценивая по реферату объем, качество и практическую значимость выполненных работ, считаю, что Девкина Елена Владимировна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности «2.4.9 – Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность».

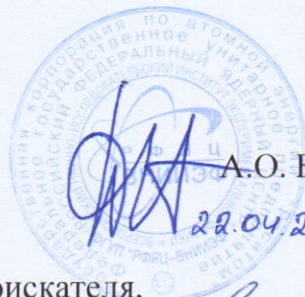
Начальник отдела ФГУП «РФЯЦ – ВНИИЭФ»
кандидат физико-математических наук

С.П. Огнев
22.04.25

Сергей Петрович Огнев

Подпись Огнева С.П. заверяю:

Ученый секретарь ФГУП «РФЯЦ – ВНИИЭФ»
кандидат физико-математических наук



А.О. Бликов

22.04.2025

Согласен на включение отзыва в аттестационное дело соискателя, дальнейшую обработку моих персональных данных и на размещение отзыва на сайте АО «ГНЦ РФ – ФЭИ»

С.П. Огнев
22.04.25

С.П. Огнев

Огнев Сергей Петрович
(83130) 28634, E-mail: spognev@vniief.ru

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский
научно-исследовательский институт экспериментальной физики»
(ФГУП «РФЯЦ – ВНИИЭФ»)
г. Саров, Нижегородская обл., 607188, пр. Мира, д.37,
Факс: (83130) 25638 E-mail: staff@vniief.ru