

УТВЕРЖДАЮ

Временно исполняющий обязанности  
директора ИБРАЭ РАН

Матвеев Л.В.

2017 г.



## Заключение

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук (ИБРАЭ РАН)

Диссертация «Создание и использование программ полномасштабной пространственной кинетики для расчетов реакторов на быстрых нейтронах» выполнена в лаборатории физики реактора ИБРАЭ РАН.

В период подготовки диссертации соискатель Чернова Ирина Сергеевна работала в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Института проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук в лаборатории физики реактора в должности инженера.

В 2011 г. И.С. Чернова окончила Ульяновский государственный технический университет по специальности «Ядерные реакторы и энергетические установки»

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2017 г. Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Института проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук.

Научный руководитель — Селезнев Евгений Федорович, доктор технических наук, заведующий лабораторией физики реактора Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук.

По итогам обсуждения диссертации на научном семинаре Отделения разработки программного обеспечения для анализа безопасности АЭС ИБРАЭ РАН принято следующее заключение:

Диссертация И.С. Черновой «Создание и использование программ полномасштабной пространственной кинетики для расчетов реакторов на быстрых нейтронах» выполнена на высоком научном уровне, является научно-квалификационной работой, в которой:

- разработаны программы решения прямой пространственно-временной задачи

переноса нейтронов в диффузионном приближении в трехмерной гексагональной геометрии реактора на быстрых нейтронах без использования упрощенных схем решения и обратной задачи кинетики реактора с учетом пространственных эффектов. Приведено их описание, в котором дано представление о назначении программ, физической постановке задач и обоснование выбранных методик решения поставленных задач;

- разработаны методики минимизации пространственных эффектов, заключающиеся в решении оптимизационных задач по месту внесения возмущения в активную зону и по месту расположения детекторов;
- разработаны комбинированные схемы решения нестационарной задачи переноса нейтронов с использованием приближенных схем с последующим обоснованием их погрешностей.

Результаты диссертации используются для проведения расчетов, в том числе и эксплуатационных, РУ БН-800.

Актуальность работы связана с повышением требований к обоснованию безопасности ядерных энергетических установок на быстрых нейтронах с жидкометаллическим теплоносителем. Учитывая тенденцию к уплощению геометрии активной зоны имеющихся и разрабатываемых промышленных реакторов на быстрых нейтронах, существует потребность в разработке расчетных средств, способных качественно учитывать пространственные эффекты.

#### **Личный вклад автора заключается в:**

- реализации алгоритмов решения прямой нестационарной задачи переноса нейтронов без использования приближенных схем (TIME-800) и обратной задачи кинетики с учетом пространственных эффектов (TIME\_INVERSE) в расчетных кодах. Обе программы были разработаны в 2014 г. в рамках договора № 2/586 от 04.02.2014 г.;
- проведении расчетных исследований нестационарных процессов в реакторах на быстрых нейтронах с последующим анализом полученных результатов;
- разработке решения оптимизационных задач по месту внесения возмущения в активную зону и месту расположения детекторов;
- создании комбинированных приближенных схем решения нестационарной задачи переноса нейтронов и проведении стационарных и нестационарных расчетов для обоснования их погрешностей.

#### **Достоверность результатов**

Достоверность результатов расчетов была подтверждена в рамках работ по верификации программно-технического комплекса ГЕФЕСТ800, предназначенного для

сопровождения эксплуатации РУ БН-800, в состав которого включены созданные программы решения прямой пространственной нестационарной задачи переноса нейтронов TIME-800 и решения обратной задачи кинетики TIME\_INVERSE.

Достоверность результатов комбинированных приближенных схем решения прямой задачи кинетики основана на сравнении с реперными расчетами по программе TIME-800.

### **Научная новизна работы**

Впервые был обнаружен и исследован эффект изменения эффективности стержней СУЗ в зависимости от протекающих в реакторе на момент их движения процессов. Показано, что реальные эксперименты по измерению эффективности стержней СУЗ, проведенные по одной и той же методике, могут продемонстрировать различную эффективность одного и того же стержня при его сбросе в активную зону с различной скоростью. Более того, фактическая эффективность стержней аварийной защиты при их вводе в реактор при срабатывании уставки по скорости нарастания плотности нейтронного потока будет меньше рассчитанной из стационарных оценок или экспериментально измеренной при штатных условиях.

Впервые решена задача оптимизации места расположения детектора в реакторе на основе численного решения прямой нестационарной пространственной задачи кинетики реактора без использования упрощенных схем.

Впервые решена задача оптимизации места внесения возмущения в реактор на основе анализа первой гармоники.

Решения прямой нестационарной задачи переноса нейтронов без использования упрощенных схем впервые было применено для обоснования погрешностей различных упрощенных схем (в том числе и разработанных комбинированных схем), основанных на пространственно-временном разделении переменных плотности потока нейтронов.

### **Практическая значимость работы**

Программы решения прямой пространственной нестационарной задачи переноса нейтронов TIME-800 и решения обратной задачи кинетики TIME\_INVERSE входят в состав аттестованного программно технического комплекса ГЕФЕСТ800, предназначенного для сопровождения эксплуатации РУ БН-800.

Решение задачи оптимизации места расположения детектора и задачи оптимизации места внесения возмущения в реактор могут быть использованы при конструировании РУ для минимизации пространственных эффектов в процессе ее эксплуатации, а также при планировании экспериментов.

Диссертация И.С. Черновой является завершенной научно-квалификационной работой, соответствует специальности 05.14.03 «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации» и отрасли наук

«технические науки». Все положения и результаты работы, выносимые на защиту, получены лично автором и с достаточной полнотой отражены в 4 работах, опубликованных соискателем в рецензируемых изданиях из перечня ВАК Минобрнауки России (всего по теме диссертационной работы опубликовано 16 работ). Все основные результаты диссертационной работы были представлены И.С. Черновой на 10 научных семинарах и конференциях.

Диссертация «Создание и использование программ полномасштабной пространственной кинетики для расчетов реакторов на быстрых нейтронах» Черновой Ирины Сергеевны рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.03 «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации».

Заключение принято на заседании научного семинара Отделения разработки программного обеспечения для анализа безопасности АЭС ИБРАЭ РАН.

Присутствовало на заседании 25 чел. Результаты голосования: «за» - 25 чел., «против» - 0 чел., «воздержались» - 0 чел., протокол № 5 от «06» сентября 2017 г.

Заведующий                      Отделением  
разработки                      программного  
обеспечения                      для                      анализа  
безопасности АЭС ИБРАЭ РАН  
к.ф.-м.н.

6.09.2017

Мосунова Настасья Александровна