

**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ –
ФИЗИКО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ имени А.И. Лейпунского»
(АО «ГНЦ РФ – ФЭИ»)**

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обнинск

12.08.2024 № 224/6.06-04/710 **УТВЕРЖДАЮ**

Научно-технического совета
АО «ГНЦ РФ – ФЭИ»



Генеральный директор

А.А. Лебезов

2024 г.

Диссертация Мишина Вячеслава Александровича «Вычислительный комплекс для расчетного сопровождения измерений, выполненных на энергетических быстрых реакторах» подготовлена в лаборатории программно-методического обеспечения и расчетно-экспериментального обоснования безопасности быстрых реакторов Отделения ядерной энергетики (ОЯЭ) АО «ГНЦ РФ – ФЭИ».

В 2019 г. Мишин В.А. окончил Обнинский институт атомной энергетики – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (ИАТЭ НИЯУ МИФИ) по направлению подготовки 14.05.01 – «Ядерные реакторы и материалы».

С 01.10.2019 г. Мишин В.А. обучается на заочном отделении аспирантуры АО «ГНЦ РФ – ФЭИ» по направлению подготовки 2.4.9 Ядерные энергетические установки, топливный цикл и радиационная безопасность. Во время обучения Мишин В.А. сдал следующие кандидатские экзамены: иностранный язык (английский), оценка – отлично; история и философия науки, оценка – отлично; специальная дисциплина (2.4.9. Ядерные энергетические установки, топливный цикл и радиационная безопасность), оценка – хорошо.

Научный руководитель – Перегудов Антон Александрович, кандидат технических наук по специальности 05.14.03. Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации, начальник департамента расчетных исследований безопасности АЭС АО «ГНЦ РФ – ФЭИ».

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Диссертация Мишина В.А. посвящена актуальной проблеме – созданию нового расчетного комплекса для научного сопровождения действующих реакторов БН, включающего в себя наиболее совершенные на данный момент методы математического моделирования и реализующие их компьютерные коды.

Цели и задачи исследования.

Цель данной работы состоит в разработке, аттестации и внедрении вычислительного комплекса для расчетного сопровождения измерений, выполненных на действующем реакторе БН-800. В перспективе разработанный комплекс будет использоваться для сопровождения реактора БН-600 и проектируемого реактора БН-1200М. Разработанный вычислительный комплекс позволяет:

- 1) сделать вывод о точности расчетного прогнозирования нейтронно-физических характеристик активной зоны при эксплуатации реактора БН-800 в переходный период и с полной загрузкой МОКС топливом;
- 2) расширить область применения и завершить процедуру верификации проектных программ TRIGEX, JARFR, ММККЕНО и ММКС для реактора БН-800 с МОКС топливом;
- 3) сохранить и структурировать уникальную экспериментальную информацию по активной зоне, полученную при эксплуатации реактора БН-800;
- 4) проводить независимый расчетный контроль повышенной точности для обоснования безопасности активной зоны в процессе эксплуатации реактора БН-800.

Достижение цели работы будет способствовать повышению точности расчетного прогнозирования нейтронно-физических характеристик и безопасности работы действующих реакторов БН.

Для достижения поставленной цели были решены следующие научно-технические задачи:

– создана универсальная, гибкая вычислительная платформа для оперативной обработки, хранения, расчетного анализа данных нейтронно-физических реакторных экспериментов, позволяющая интегрировать в себя современные нейтронно-физические и теплогидравлические коды;

– осуществлен сбор и анализ информации о выполненных измерениях в реакторе БН-800: структурирование информации, анализ ее достаточности, отбор достоверной информации, заполнение базы данных;

– созданы математические модели различных состояний активной зоны реактора БН-800;

– проведен расчетный анализ измерений, выполненных на реакторе БН-800 с использованием набора программ для ЭВМ (кодов), интегрированных в разработанную платформу;

– проведена оценка полной методической составляющей погрешности нейтронно-физических характеристик для проектных кодов JARFR и TRIGEX при переходе на полную загрузку МОКС топливом;

– осуществлено авторское сопровождение эксплуатации энергоблока № 4 Белоярской АЭС в части работ научного руководителя, а именно: рассмотрена и согласована эксплуатационная и проектная документация на ТВС и активную зону; согласован объем перегрузок топлива перед началом каждой микрокампании с проведением подтверждающих расчетов.

Научная новизна работы.

Впервые создан инструмент, позволяющий организации научного руководителя проводить независимые от эксплуатирующей организации высокоточные прогнозные расчеты нейтронно-физических характеристик активной зоны реактора БН-800 с МОКС топливом для обоснования его

безопасности при эксплуатации на мощности, при проведении измерений в процессе перегрузки топлива, при постановке экспериментальных ТВС, когда возникает необходимость рассмотрения нестандартных расчетных ситуаций повышенной сложности.

Практическая значимость работы:

1. Созданный расчетно-вычислительный комплекс внедрен в подразделения АО «ГНЦ РФ – ФЭИ» для выполнения договорных работ с Белоярской АЭС по авторскому сопровождению эксплуатации энергоблоков № 3 и № 4 в части работ научного руководителя. С его помощью решались оперативные вопросы, возникающие в процессе эксплуатации; рассматривалась и согласовывалась полученная от заказчика эксплуатационная и проектная документация на ТВС и активную зону; согласовывался объем перегрузок топлива перед началом каждой микрокампании с проведением подтверждающих расчетов.

2. Созданы бенчмарк модели реальных состояний активной зоны, с применением которых удалось завершить верификацию программ TRIGEX, JARFR, MMKKENO и ММКС для реактора БН-800 с МОКС топливом и перейти к процедуре их аттестации в Ростехнадзоре.

3. Использование максимально точных методов расчетного моделирования при анализе измеренных данных в реакторе БН-800 позволили снизить погрешности прогнозирования нейтронно-физических характеристик его активной зоны, особенно при переходе на полную загрузку МОКС топливом.

4. Полученные данные обладают ценностью для лицензирования реактора БН-800 с активной зоной с энергетическим плутонием, а также перспективного коммерческого реактора БН-1200М.

Степень достоверности

Все результаты нейтронно-физических расчетов получены с помощью аттестованных Ростехнадзором программ, интегрированных в вычислительный комплекс.

Личный вклад автора

- Разработаны программные модули вычислительного комплекса BNcode для обработки, хранения, расчетного анализа данных нейтронно-физических измерений, выполненных на энергетическом реакторе БН-800.
- Осуществлен сбор и анализ информации о выполненных измерениях на реакторе БН-800 – структурирование информации, анализ ее достаточности, отбор достоверной информации, заполнение баз данных.
- Проведен расчетный анализ выполненных измерений на реакторе БН-800.
- Определены для инженерных программ методические поправки нейтронно-физических характеристик в переходный период и при полной загрузке МОКС топлива в БН-800.
- Разработаны серии бенчмарк моделей выполненных измерений в реакторе БН-800 с целью верификации проектных и разрабатываемых кодов нового поколения.
- Согласован объем перегрузок топлива РУ БН-800 перед началом каждой микрокампании с проведением подтверждающих расчетов эксплуатации активной зоны в предстоящей микрокампании с подтверждением соблюдения пределов и условий безопасной эксплуатации.
- Даны рекомендации по использованию методических поправок в программах JARFR и ГЕФЕСТ800 для расчета основных нейтронно-физических характеристик реактора БН-800.

Основные публикации по теме диссертации изложены в 6 журналах, 5 из которых включены в перечень ВАК:

1. Кощев В.Н., Тормышев И.В., Мишин В.А. и др. CROSSER – программный модуль подготовки групповых констант для инженерных расчетов быстрых реакторов. // Сб. Вопросы атомной науки и техники, сер. Ядерно-реакторные константы, № 4, 2020. – С. 16–25.

2. Мишин В.А., Перегудов А.А., Тормышев И.В. и др. BNCODE – код научного руководителя для расчетного сопровождения реакторов БН // Сборник материалов научно-практической конференции. – Нижний Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2022. – С. 39–41.

3. Семенов М.Ю., Михайлов Г.М., Перегудов А.А., Мишин В.А. и др. Сравнительный анализ расчетно-экспериментальных расхождений нейтронно-физических характеристик реактора БН-800 // Сб. Вопросы атомной науки и техники, сер. Ядерно-реакторные константы, № 1, 2022. – С. 30–39.

4. Мантуров Г.Н., Забродская С.В., Мишин В.А., Перегудов А.А. и др. Состояние разработки баз данных ядерных констант для расчетов быстрых реакторов на основе РОСФОНД и БНАБ-РФ // Сб. Вопросы атомной науки и техники, сер. Ядерно-реакторные константы, № 3, 2022. – С. 19–26.

5. Семенов М.Ю., Перегудов А.А., Мишин В.А. и др. Расчетно-экспериментальный анализ нейтронно-физических характеристик активной зоны БН-800 в период перехода на загрузку смешанным оксидным уран-плутониевым топливом // Атомная энергия, том 135, вып. 1-2, 2023. – С. 3–10.

6. Семенов М.Ю., Перегудов А.А., Мишин В.А. и др. Анализ точности расчета распределения энерговыделения в БН-800 // Сб. Вопросы атомной науки и техники, сер. Ядерно-реакторные константы, № 3, 2022. – С. 19–26.

Работа Мишина Вячеслава Александровича является законченным цельным исследованием, выполненным по актуальной тематике на высоком научном уровне, соответствует паспорту специальности 2.4.9 Ядерные энергетические установки, топливный цикл и радиационная безопасность и отвечает требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Вычислительный комплекс для расчетного сопровождения измерений, выполненных на энергетических быстрых реакторах» Мишина Вячеслава Александровича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.9. Ядерные энергетические установки, топливный цикл и радиационная безопасность.

Заключение принято на открытом заседании НТС АО «ГНЦ РФ – ФЭИ». Присутствовало на заседании 15 членов НТС из 29. Результаты голосования: «за» – 15 человек, «против» – 0 человек, воздержалось – 0 человек, протокол № ^{2024/5-06/10} 01 «19» июля 2024 г.

Председатель НТС,
научный руководитель АО «ГНЦ РФ – ФЭИ»
доктор технических наук



Троянов В.М.

05.08.2024

Ученый секретарь НТС,
кандидат экономических наук, доцент



Айрапетова Н.Г.

05.08.2024