



«УТВЕРЖДАЮ»
Ректор ИИЯУ МИФИ
д-р физ.-мат. наук
Шевченко В.И.

«22» июля 2026 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Пановой Дарьи Владимировны

«Программный комплекс ИСИДА для подготовки и внедрения групповых констант БНАБ-РФ22 в практику расчетов реакторов БН-600 и БН-800», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.9 – ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность

Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа посвящена актуальной проблеме по обеспечению согласованности оцененных ядерных данных и групповых констант для решения задач сопровождения реакторов БН-600 и БН-800 по прецизионным и диффузионным кодам с учетом современных требований.

Цель диссертационной работы

Целью диссертационной работы является формирование новой библиотеки групповых констант БНАБ-РФ22 с учетом следующих критериев:

- учет данных для изотопов и естественных смесей в формате БНАБ-93 в групповом (28 групп) и мультигрупповом (299 групп) приближениях;
- использование апробированных оценок нейтронных сечений топливных и конструкционных материалов;
- обеспечение точности на уровне проектной библиотеки БНАБ-93.01a при переходе от урановой загрузки активной зоны на полную загрузку уран-плутониевым топливом;
- обеспечение преемственности файлов оцененных данных и новой библиотеки констант. Непротиворечивость результатов расчета НФХ с результатами, полученными при использовании БНАБ-93.01a;

- возможность оценки методической составляющей погрешности, связанной с групповым представлением нейтронных сечений, при расчете основных функционалов БН-600 и БН-800;

Выполнение цели работы позволит перейти от библиотеки констант БНАБ-93.01а к более современной версии (БНАБ-РФ22) при расчетном сопровождении эксплуатации реакторов БН-600 и БН-800.

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

- создание ПК ИСИДА, реализующего цикл работ с ядерными данными – от их подбора до создания групповых констант (формат БНАБ) и констант с поточечным слежением за энергией нейтрона (формат ACE) для применения при расчете НФХ реакторов на быстрых нейтронах;

- подготовка наборов библиотек по различным современным оцененным ядерным данным в формате ACE для проведения кросс-верификационных расчетов;

- создание системного архива результатов расчета бенчмарк экспериментов и тестовых моделей для проведения верификационных тестов в обоснование точности предсказания реакторных характеристик на основе отобранных или вновь созданных файлов нейтронных данных;

- формирование новой версии библиотеки групповых констант БНАБ-РФ22;

- оценка методической составляющей погрешности величины критичности, эффективности стержней СУЗ и энерговыделения при расчете по новой библиотеке групповых констант для РУ БН-600 и РУ БН-800;

- внедрение новой версии библиотеки групповых констант в практику расчетов активных зон реакторов БН-600 и БН-800 при расчетном сопровождении эксплуатации для решения задачи согласованности констант, используемых при расчете по инженерным и прецизионным кодам.

Научная новизна

- впервые для сопровождения реакторов БН-600 и БН-800 создана групповая версия библиотеки констант, с помощью которой удалось решить

задачу согласованности констант, используемых при расчете по инженерным и прецизионным кодам.

- создан программный комплекс, объединяющий цикл работ по константному обеспечению расчетов реакторов на быстрых нейтронах: включая отбор библиотеки исходных файлов ОЯД, их переработку в различные форматы для практического использования, проведение верификационных расчетов для определения расчетных погрешностей. Создание программного комплекса позволяет сохранить накопленный за долгие годы опыт формирования групповых констант, ускоряет процедуру их подготовки, снижает ошибку, связанную с человеческим фактором.

- с использованием новой библиотеки групповых констант БНАБ-РФ22, проведены верификационные расчеты и обоснованы методические расчетные погрешности для величины критичности, эффективности стержней СУЗ и энерговыделения.

Практическая значимость

- с использованием программного комплекса ИСИДА сформирована и верифицирована библиотека групповых констант БНАБ-РФ22 для расчета нейтронно-физических характеристик активных зон реакторов БН-600, БН-800;

- библиотека групповых констант БНАБ-РФ22 включила в себя проверенные современные оценки нейтронных сечений для топливных и конструкционных материалов, а также мультигрупповые зависимости для всех материалов;

- с использованием подготовленных групповых констант БНАБ-РФ22 оценена методическая составляющая погрешности, связанная с групповым представлением нейтронных сечений;

- библиотека констант БНАБ-РФ22 прошла кросс-верификацию с проектной библиотекой БНАБ-93.01а;

- новая версия групповых констант БНАБ-РФ22 внедрена в практику расчетов реакторов БН-600 и БН-800 с использованием расчетных кодов TRIGEX, ММККЕНО и коду Белоярской АЭС ГЕФЕСТ-М. Получен Акт внедрения от 23.12.2024 № 224/2.2-34/365.

Оценка содержания диссертации и ее завершённости

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения. Общий объем диссертации 162 страницы, в том числе 60 рисунков, 26 таблиц. Список литературы содержит 58 наименований.

Первая глава посвящена описанию архитектуры ПК ИСИДА, приведено описание интерфейсов и принципов работы отдельных программных элементов. Созданный в рамках этой работы ПК ИСИДА обеспечивает работу независимых функционалов.

Вторая глава описывает создание системного архива бенчмарк экспериментов и тестовых моделей программного комплекса ИСИДА. В ходе работы сформирован системный архив результатов расчета бенчмарк-экспериментов и тестовых моделей реакторных установок с целью обоснования применимости файлов констант, подготовленных в ПК ИСИДА, для расчета нейтронно-физических параметров реакторных установок.

В третьей главе приведено описание обоснования выбора исходной библиотеки ОЯД для формирования групповой библиотеки констант применительно к расчету реакторов БН-600 и БН-800. В этой главе описаны параметры содержания библиотек ОЯД, алгоритмы подготовки поточечных и групповых констант, реализованные в ПК ИСИДА.

В четвертой главе описан этап адаптации и внедрения групповых констант БНАБ-РФ22 в практику расчетов реакторов БН-600 и БН-800. Приведено описание методики подготовки файлов с помощью ПК ИСИДА, рассмотрены структура и характеристики библиотеки групповых констант БНАБ-РФ22.

Соответствие содержания диссертации научной специальности

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 2.4.9 – ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность (технические науки). В соответствии с паспортом специальности, решаемая в диссертации проблема относится к п. 1: «Моделирование нейтронно-физических, химических, тепловых, гидравлических и механических процессов, создание программных комплексов, обеспечивающих достоверное расчетное обоснование объектов

ядерной техники и их безопасное функционирование при эксплуатации, а также снятии с эксплуатации».

Достоверность полученных результатов

Файлы констант для расчетов подготавливались с использованием процессингового кода NJOY. Для проверки достоверности полученных данных при подготовке констант применялся пакет программ GRUCON.

Результаты нейтронно-физических расчетов получены с помощью аттестованных Ростехнадзором программ TRIGEX (аттестационный паспорт № 313 от 09.10.2012), ММКК (аттестационный паспорт № 314 от 09.10.2012), ММКС (аттестационный паспорт № 474 от 20.11.2019).

Апробация результатов

Материалы, представленные в диссертации, были доложены на 4 международных и 4 межведомственных конференциях:

1. Научно-техническая конференция «Нейтронно-физические проблемы атомной энергетики (Нейтроника-2022)» (с 31 мая по 3 июня 2022 г., Обнинск, Россия);

2. «Международная научно-практическая конференция молодых специалистов, ученых и аспирантов (Волга-2022)» (с 5 по 9 сентября 2022 г., БО НИЯУ МИФИ «Волга», Тверская обл., Россия);

3. «XVI Международная конференция «Безопасность АЭС и подготовка кадров» (26-27 октября 2023 г., Обнинск, Россия);

4. «XXII научная школа молодых ученых ИБРАЭ РАН» (23-24 мая 2023 г., Москва, Россия);

5. «XXIII научная школа молодых ученых ИБРАЭ РАН» (14-15 мая 2024 г., Москва, Россия);

6. Научно-техническая конференция «Нейтронно-физические проблемы атомной энергетики (Нейтроника-2024)» (28-31 мая 2024 г., Обнинск, Россия);

7. XVII Международная конференция «ЗАБАБАХИНСКИЕ НАУЧНЫЕ ЧТЕНИЯ» (19-23 мая 2025г., г. Снежинск, Россия);

8. I Международная научно-техническая конференция для студентов, молодых ученых и специалистов: «Современные подходы и инновации в атомной энергетике» (23-24 октября 2025 г. Нововоронеж, Россия).

Публикации автора

Основные материалы диссертации изложены в шести статьях в научных рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК по специальности 2.4.9 - ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность:

1. Панова, Д.В. Разработка Интерактивной Системы Использования ядерных Данных (ИСИДА) / Д.В. Панова, Я.В. Дьяченко, М.Ю. Семенов, А.А. Перегудов, С.В. Забродская, К.В. Тыкеева, Д.В. Дмитриев, М.Н. Слюняев, Г.Н. Мантуров, Т.П. Сокол, О.В. Супотницкая // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Ядерно-реакторные константы. — № 3. — 2022. С. 27-38.

2. Панова, Д.В. Состояние разработки баз данных ядерных констант для расчетов быстрых реакторов на основе РОСФОНД и БНАБ-РФ / Г.Н. Мантуров, С.В. Забродская, А.А. Зуйков, Ю.В. Левченко, Н.А. Мелега, В.А. Мишин, Д.В. Панова, А.А. Перегудов, О.О. Перегудова, М.Ю. Семенов, М.Н. Слюняев, К.В. Тыкеева // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Ядерно-реакторные константы. — № 3. — 2022. — С. 19-26.

3. Панова, Д.В. Формирование системы групповых констант для нейтронно-физических расчетов реакторов на быстрых нейтронах на основе файлов библиотеки РОСФОНД-2020.2 / Е.П. Аверченкова, Я.В. Дьяченко, Г.Н. Мантуров, С.В. Забродская, В.А. Мишин, Д.В. Панова, А.А. Перегудов, М.Ю. Семенов, И.В. Тормышев, Е.П. Ляпин // Известия вузов. Ядерная энергетика. — № 2. — 2024. — С. 155-169 DOI: <https://doi.org/10.26583/npe.2024.2.13>.

4. Панова, Д.В. Программный комплекс ИСИДА для константного обеспечения расчетов объектов использования атомной энергетики / Д.В. Панова, Я.В. Дьяченко, С.В. Забродская, Г.Н. Мантуров, А.А. Перегудов, М.Ю. Семенов, Т.П. Сокол // Известия вузов. Ядерная энергетика. — № 4. — 2024. — С. 155–167. DOI: <https://doi.org/10.26583/npe.2024.4.13>.

5. Панова, Д.В. Программный комплекс ГЕФЕСТ-М / А.М. Болдырев, Е.Ф. Селезнев, Е.П. Ляпин, А.М. Тучков, С.Г. Столяров, Я.С. Гайтанов, И.Ю. Чернышов, А.А. Перегудов, М.Ю. Семенов, И.В. Тормышев, Е.П. Аверченкова, В.А. Мишин, Д.В. Панова, В.В. Лосев // Известия вузов. Ядерная

энергетика. — № 3. — 2025. — С. 217–236. DOI: <https://doi.org/10.26583/npe.2025.3.15>.

6. Панова, Д.В. Верификация библиотеки констант БНАБ-РФ22 для нейтронно-физических расчетов реакторов БН-600 и БН-800 / Д.В. Панова, А.А. Перегудов, Г.Н. Мантуров, М.Ю. Семенов, В.А. Мишин // Известия вузов. Ядерная энергетика. — № 1. — 2026. — С. 134–147. DOI: <https://doi.org/10.26583/npe.2026.1.16>.

Личный вклад

- разработан программный комплекс ИСИДА для подготовки и внедрения библиотеки групповых констант в практику расчетов реакторов БН-600 и БН-800;

- создан модуль для сравнения зависимости сечений от энергии для разных типов ядерных реакций на основе графической визуализации;

- осуществлена автоматизация процесса работы с файлами ядерных данных в рамках ПК ИСИДА: разработаны шаблоны входных заданий NJOY и GRUCON для подготовки групповых и поточечных данных; переработаны постпроцессинговые программы (включая перенос кода с Lahey Fortran на Intel Fortran) для подготовки данных в формате таблиц БНАБ и их конвертации в бинарный вид; создана постпроцессинговая программа формирования служебного файла XSDir для проведения расчетов по MCNP;

- сформирован архив результатов расчета бенчмарк-экспериментов и тестовых моделей реакторов на быстрых нейтронах: отобраны бенчмарк-эксперименты и тестовые модели для верификации библиотек констант применительно к расчетам быстрых реакторов; подготовлены наборы библиотек по различным современным оценённым ядерным данным в формате ACE для проведения кросс-верификационных расчетов; проведены расчеты отобранных бенчмарк-экспериментов и тестовых моделей по подготовленным оценённым ядерным данным;

- создана библиотека групповых констант БНАБ-РФ22 с помощью ПК ИСИДА, включая основные нейтронные сечения, факторы резонансной самоэкранировки, коэффициенты Доплера, спектры деления для основных топливных нуклидов, данные по запаздывающим нейтронам;

- выполнен расчет основных проектных характеристик реакторов БН-600 и БН-800 с использованием библиотек групповых констант БНАБ-93.01а и БНАБ-РФ22, а именно: параметра критичности, запаса реактивности, темпа потери реактивности на выгорание топлива, температурного и мощностного эффектов реактивности, эффективности одиночных и групп ОР СУЗ, эффективной доли запаздывающих нейтронов, распределения поля энерговыделения;

- выполнена оценка методической составляющей погрешности параметра критичности, эффективности групп ОР СУЗ и энерговыделения при расчете по новой библиотеке групповых констант для реакторов БН-600 и БН-800.

Замечания к диссертационной работе

1. На рис. 3.1 (стр. 82) некорректно указан модуль, ответственный за уширение резонансов (broadEr), а также в тексте к рисунку не указана роль модуля MODER после работы модуля ACER, где логичнее было бы показать нахождение модуля ACER. В схеме также отсутствует модуль GASPR, усложняя применение поточечных данных в некоторых задачах, например, в оценке накопления трития. Также присутствует модуль для THERMR при подготовке поточечных данных (где он необязателен для модели свободного газа), но отсутствует при подготовке групповых констант (где даже для модели свободного газа он необходим). Это ограничивает применение библиотек для тепловой области, хотя автор и не претендует на неё. В таком случае остается неясным использование THERMR при подготовке ACE файлов.

2. Не объясняется, с чем связан ограниченный набор температур для групповых библиотек: 300 К, 900 К и 2100 К (стр. 102).

3. Автором не прокомментировано, по какой причине БНАБ-РФ10 показывает себя хуже БНАБ-РФ22 согласно рис. 4.3 (стр. 105).

4. Неясно, почему в подразделе 3.1 российская библиотека БРОНД-3.1 обделена вниманием, которая содержит уникальные данные, отсутствующие в других библиотеках. Кроме того, данные из неё были включены в состав РОСФОНД-2.24/БНАБ-РФ22, согласно приложению Г.

5. Автор в тексте придерживается термина «погрешность», но в двух местах появляется «неопределенность» (стр. 73, 79). Стоит придерживаться единой терминологии в тексте или разделять значения этих терминов при их совместном использовании в тексте.

6. Также на стр. 97 указано, что «в модуле CROSSER наряду с традиционным заданием спектра деления может быть использован матричный спектр нейтронов деления в формате БНАБ-93Е», однако не поясняется что такое традиционный и матричный форматы.

7. Было бы интересно в рамках раздела 4 посмотреть не только отличие БНАБ-93 от БНАБ-РФ22, но и представить погрешность самого группового приближения, приведя сравнение БНАБ-РФ22 и РОСФОНД-2.24 в расчётах Монте-Карло.

8. Одним из результатов работы являются поправки для методических составляющих, однако аналогичные поправки также представлены в работе Мишина В.А., на которую автор ссылается несколько раз; чем поправки автора отличаются от работы Мишина В.А.?

Заключение

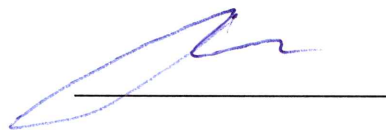
Диссертационная работа Пановой Дарьи Владимировны «Программный комплекс ИСИДА для подготовки и внедрения групповых констант БНАБ-РФ22 в практику расчетов реакторов БН-600 и БН-800», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.9 – ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность (технические науки), является законченной научно-исследовательской работой по актуальной тематике — обеспечение согласованности оцененных ядерных данных и групповых констант для решения задач сопровождения реакторов БН-600 и БН-800 по прецизионным и диффузионным кодам с учетом современных требований.

Диссертационная работа соответствует требованиям п.п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Панова Дарья Владимировна,

заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.9 - ядерные энергетические установки, топливный цикл и радиационная безопасность (технические науки).

Диссертационная работа Пановой Д.В. «Программный комплекс ИСИДА для подготовки и внедрения групповых констант БНАБ-РФ22 в практику расчетов реакторов БН-600 и БН-800» рассмотрена, а отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры «Теоретической и экспериментальной физики ядерных реакторов» (№5) Института ядерной физики и технологий НИЯУ МИФИ, протокол № 525/6 от 24 июня 2026 года. Присутствовало на заседании – 19 чел. Результаты голосования: «за» – 19 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел.

Ученый секретарь кафедры №5
«Теоретической и экспериментальной
физики ядерных реакторов»,
к-т физ.-мат. наук, доцент,
тел.: +7 (499) 324 77 77, доб. 8475
e-mail: TBAleeva@mephi.ru



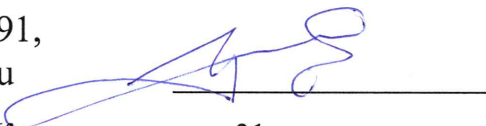
Алеева Т.Б.

Заместитель директора Института
ядерной
физики и технологий НИЯУ МИФИ,
д-р физ.-мат. наук, профессор,
тел.: +7 (499) 324 77 77, доб. 8441,
e-mail: GVTikhomirov@mephi.ru



Тихомиров Г.В.

Председатель Совета по аттестации
и подготовке научно-педагогических
кадров НИЯУ МИФИ,
д-р физ.-мат. наук, профессор,
тел.: +7 (499) 324 77 77, доб. 9991,
e-mail: NAKudryashov@mephi.ru



Кудряшов Н.А.

Почтовый адрес: 115409, г. Москва, Каширское ш., д. 31

Телефон: +7(495) 788 56 99, доб. 9465

Организация: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»;
web-сайт организации: <http://www.mephi.ru>