

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

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обнинск

16.04.2026 № 224/2.2-04/2026
АО «ГНЦ РФ – ФЭИ»

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор



А.А. Лебезов

16.04. 2026 г.

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» на соискание ученой степени кандидата технических наук выполнена в лаборатории программно-методического обеспечения и расчетно-экспериментального обоснования безопасности быстрых реакторов отделения ядерной энергетики (ОЯЭ) АО «ГНЦ РФ – ФЭИ».

В 2022 г. Панова Д.В. окончила 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 01.10.2022 г. Панова Д.В. обучается на очном отделении аспирантуры АО «ГНЦ РФ – ФЭИ» по направлению подготовки 2.4.9 – «Ядерные энергетические установки, топливный цикл и радиационная безопасность». Во время обучения Панова Д.В. сдала 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 – «отлично».

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.

Диссертационная работа Пановой Д.В. посвящена актуальной проблеме – 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.

Цели и задачи исследования.

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

1) учет данных для изотопов и естественных смесей в формате БНАБ-93 в групповом (28 групп) и мультигрупповом (299 групп) приближениях;

2) использование апробированных оценок нейтронных сечений топливных и конструкционных материалов;

3) обеспечение точности на уровне проектной библиотеки БНАБ-93.01a при переходе от урановой на полную загрузку уран-плутониевым топливом;

4) обеспечение преемственности файлов оцененных данных и новой библиотеки констант. Непротиворечивость результатов расчета НФХ с результатами, полученными при использовании БНАБ-93.01a;

5) 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-93.01a 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:

1) 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;

2) обеспечение автоматизации процесса формирования групповых констант для уменьшения затраченного времени и устранения ошибок, связанных с человеческим фактором;

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

4) 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;

5) формирование новой версии библиотеки групповых констант БНАБ-РФ22;

6) 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;

7) 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 работы.

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 работы.

1. 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.

2. 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.

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

4. Библиотека констант БНАБ-РФ22 прошла кросс-верификацию с проектной библиотекой БНАБ-93.01а.

5. 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.

Степень достоверности.

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).

Личный вклад автора.

1. Разработан программный комплекс ИСИДА для подготовки и внедрения библиотеки групповых констант в практику расчетов реакторов БН-600 и БН-800.

2. Создан модуль для сравнения зависимости сечений от энергии для разных типов ядерных реакций на основе графической визуализации.

3. 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.

4. 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 АСЕ для проведения кросс-верификационных расчетов;

– проведены расчеты отобранных бенчмарк-экспериментов и тестовых моделей по подготовленным оценённым ядерным данным.

5. 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.

6. 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.

7. 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.

Основные публикации по теме диссертации изложены в шести статьях в журналах, входящих в перечень ВАК:

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 (авторство не разделено).

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 (авторство не разделено).

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> (авторство не разделено).

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> (авторство не разделено).

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> (авторство не разделено).

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> (авторство не разделено).

Указанные научные публикации достаточно полно отражают содержание диссертации Пановой Дарьи Владимировны.

Работа Пановой Дарьи Владимировны является законченным цельным исследованием, выполненным по актуальной тематике на высоком научном уровне, соответствует паспорту научной специальности 2.4.9 – «Ядерные энергетические установки, топливный цикл и радиационная безопасность» и отвечает требованиям пп. 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.

Диссертационная работа «Программный комплекс ИСИДА для подготовки и внедрения групповых констант БНАБ-РФ22 в практику расчетов реакторов БН-600 и БН-800» Пановой Дарьи Владимировны рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.9 – «Ядерные энергетические установки, топливный цикл и радиационная безопасность».

Диссертационная работа заслушана и Заключение по ней принято на Научно-техническом совете Отделения ядерной энергетики (ОЯЭ) АО «ГНЦ РФ – ФЭИ» (протокол № 2 заседания НТС ОЯЭ от 14.04.2026).

Присутствовало на заседании 18 членов НТС из 34. Результаты голосования:
«за» – 18 человек, «против» – 0 человек, воздержалось – 0 человек.

Председатель НТС ОЯЭ,
Начальник ОЯЭ, к.т.н.



Кузина Ю.А.

Секретарь НТС ОЯЭ



Левченко Ю.В.

СОГЛАСОВАНО:

Председатель НТС
АО «ГНЦ РФ – ФЭИ»,
научный руководитель
АО «ГНЦ РФ – ФЭИ», д.т.н.



Троянов В.М.

14.04.2026