

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 02.1.003.04, СОЗДАННОГО НА  
БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КУРЧАТОВСКИЙ  
ИНСТИТУТ» (ПРИНАДЛЕЖНОСТЬ – ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ), ПО ДИССЕРТАЦИИ НЕРСЕСЯНА НАРЕКА СААКОВИЧА  
**«МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕРЕНИЯ РЕАКТИВНОСТИ НА  
КРИТИЧЕСКОМ СТЕНДЕ С БЫСТРЫМ СПЕКТРОМ НЕЙТРОНОВ»**  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 18.03.2025, № 4

О присуждении НЕРСЕСЯНУ Нареку Сааковичу, гражданину РФ, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Моделирование измерения реактивности на критическом стенде с быстрым спектром нейтронов» по специальности 2.4.9. – «Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность», на соискание ученой степени кандидата технических наук, принята к защите 14.01.2025 (протокол № 1) диссертационным советом 02.1.003.04, созданным на базе федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» (Правительство РФ) (далее – НИЦ «Курчатовский институт»), 123182 г. Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1 (утверждён приказом Минобрнауки России № 1736/нк от 13.12.2022).

Соискатель – Нерсисян Нарек Саакович, дата рождения 20 ноября 1992 года.

В 2016 г. Нерсисян Н.С. с отличием окончил магистратуру «Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого» (ФГАОУ ВО «СПбПУ») по направлению подготовки 03.04.02 Физика, по специализации «Физика ядра и элементарных частиц» (диплом магистра с отличием 107819 0021637, регистрационный номер 92/34 от 22 июня 2016 года).

С 2016 г. по 2020 г. Нерсисян Н.С. проходил обучение на очном отделении аспирантуры ФГАОУ ВО «СПбПУ» по направлению подготовки 14.06.01 «Ядерная, тепловая и возобновляемая энергетика и сопутствующие технологии». В сентябре 2020 г. Нерсисян Н.С. с отличием окончил образовательную программу высшего образования – программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре ФГАОУ ВО «СПбПУ» с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-

исследователь» (диплом об окончании аспирантуры 107824 4283579, регистрационный номер 2020/93 от 29 сентября 2020 года).

Кандидатские экзамены Нерсисян Н.С. сдал по специальности 05.14.03 – Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации. И получил следующие оценки: История и философия науки – «отлично», иностранный язык (английский) – «отлично», специальная дисциплина – «отлично» (справка № СК24/137 от 22.10.2024). В 2024 году Нерсисян Н.С. был прикреплен к аспирантуре ФГАОУ ВО «СПбГУ» для сдачи кандидатского экзамена по специальности 2.4.9. Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность, который сдал на оценку «отлично» (справка № СК24/122 от 03.10.2024).

С 2017 г. и по настоящее время Нерсисян Н.С. работает в отделении нейтронной физики (ОНФ) ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова» в должностях инженера 3 категории и с 2021 г. научного сотрудника.

**Научный руководитель** – Артемов Владимир Георгиевич, кандидат технических наук по специальности 20.02.14 – Вооружение и военная техника, комплексы и системы военного назначения, ведущий научный сотрудник ОНФ ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова», г. Сосновый Бор.

**Официальные оппоненты:**

– Зизин Михаил Николаевич доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник лаборатории динамики реакторов отделения быстрых и высокотемпературных реакторов Курчатовского комплекса перспективной атомной энергетики ФГБУ «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», г. Москва;

– Попыкин Александр Иванович кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник отдела экспертизы программ для ЭВМ ФБУ «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности», г. Москва

дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация:** – Акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт им. А.И. Лейпунского» (АО «ГНЦ РФ – ФЭИ»), г. Обнинск, в своём положительном заключении, подписанном начальником лаборатории департамента физики реакторов отделения ядерной энергетики (ОЯЭ), кандидатом технических наук

Михайловым Г.М., начальником департамента физики реакторов ОЯЭ, доктором физико-математических наук Гулевичем А.В., и утверждённом научным руководителем, доктором технических наук Трояновым В.М., указала, что диссертационная работа Н.С. Нерсесяна посвящена выявлению и оценке факторов, влияющих на результаты экспериментальной оценки эффективности рабочих органов системы управления и защиты быстрой критической сборки, на основе моделирования измерений реактивности для корректного сопоставления с результатами проектных расчетов.

Актуальность работы заключается в том, что при сопоставлении измеряемых в процессе испытаний нейтронно-физических характеристик и проектных данных реакторной установки, возникает методическая неопределенность, которая может существенно превышать и погрешность расчета, и погрешность эксперимента.

Новизна данной работы заключается в обосновании оригинальной методики подготовки модели быстрой критической сборки на основе комплекса программ САПФИР\_РФ&11С, включая подготовку малогрупповых констант (с учетом пространственной зависимости спектра нейтронов в быстрой критической сборке), разработку и верификацию двухгрупповой трехмерной потвальной модели для расчета плотности потока нейтронов в активной зоне и отражателе и моделирования измерений реактивности методом обращенного решения уравнения кинетики в местах расположения внезонных детекторов. Отмечается, что результаты диссертационной работы будут использованы при испытаниях реакторных установок с быстрым спектром нейтронов на стендах ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова».

Ведущая организация дала положительную оценку диссертации и заключила, что диссертационная работа Нерсесяна Нарека Сааковича является завершенной научно-квалификационной работой по актуальной теме, выполненной на высоком научном уровне. Результаты данной работы являются значимыми для развития атомной энергетики и технологии быстрых реакторов в Российской Федерации. В конце отзыва резюмируется, что диссертационная работа отличается научной новизной и практической значимостью, полностью соответствует требованиям пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013 (в действующей редакции), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Нерсесян Нарека Саакович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.4.9 – Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность (технические науки).

По теме диссертации опубликовано 6 статей в научно-технических рецензируемых журналах из перечня ВАК Минобрнауки России:

1. Артемов В.Г. Подготовка и верификация модели для расчета нейтронно-физических характеристик активных зон реакторов с быстрым спектром нейтронов и газовым теплоносителем / В.Г. Артемов, А.С. Иванов, П.А. Михеев, Н.С. Нерсисян // Технологии обеспечения жизненного цикла ядерных энергетических установок: научно-технический сборник. – 2020. – Вып. №1 (19). – С. 29-39.

2. Артемов В.Г. Моделирование экспериментов по определению эффективности органов регулирования на критическом стенде с быстрым спектром нейтронов / В.Г. Артемов, Л.М. Артемова, Р.Э. Зинатуллин, А.С. Карпов, Н.С. Нерсисян // Технологии обеспечения жизненного цикла ядерных энергетических установок: научно-технический сборник. – 2020. – Вып. №2 (20). – С. 27-40.

3. Артемов В.Г. Исследование факторов, влияющих на результаты измерений реактивности в экспериментах на критическом стенде с быстрым спектром нейтронов / В.Г. Артемов, Н.С. Нерсисян // ВАНТ. Серия: Ядерно-реакторные константы. – 2022. – Вып. №3. – С. 49-61.

4. Артемов В.Г. Сопоставление многогрупповой и малогрупповой нейтронно-физических моделей малогабаритного газоохлаждаемого реактора с быстрым спектром нейтронов / В.Г. Артемов, Н.С. Нерсисян // Технологии обеспечения жизненного цикла ядерных энергетических установок: научно-технический сборник. – 2022. – Вып. №2 (28). – С. 49-60.

5. Артемов В.Г. О сопоставлении рассчитанной и измеренной реактивности в экспериментах на критическом стенде с быстрым спектром нейтронов / В.Г. Артемов, Н.С. Нерсисян // Технологии обеспечения жизненного цикла ядерных энергетических установок: научно-технический сборник. – 2023. – Вып. №2 (32). – С. 10-26.

6. Артемов В.Г. Сопоставление рассчитанной и измеренной реактивности в экспериментах со сбросом и извлечением регулирующих органов на критстенде с активной зоной малогабаритного газоохлаждаемого реактора на быстрых нейтронах / В.Г. Артемов, Н.С. Нерсисян // ВАНТ. Серия: Ядерно-реакторные константы. – 2024. – Вып. №2. – С. 125-138.

По своему содержанию все публикации посвящены вопросам разработки модели быстрой критической сборки для выявления и оценки факторов, влияющих на результаты экспериментальной оценки эффективности рабочих органов системы управления и защиты быстрой критической сборки для корректного сопоставления с результатами проектных расчетов.

На автореферат поступило 5 отзывов, все отзывы положительные.

1. Отзыв из «Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого», г. Санкт-Петербург. Отзыв составил, кандидат технических наук, доцент, директор высшей школы атомной и тепловой энергетики Калютник А.А. Отзыв содержит следующие замечания:

- из информации, представленной в работе, не ясно, является ли способ разбивки активной зоны и отражателя на эффективные зоны, при котором постоянными принимаются в пределах эффективной зоны спектр нейтронов и малогрупповые константы, необходимым или достаточным условием;

- в тексте третьей главы нет пояснения, почему в формулах (3) и (5) при учёте влияния пространственного эффекта отсутствует член, описывающий величину внешнего источника нейтронов;

- не приводятся сведения об аттестации или планах аттестации комплекса программ САПРФИР\_РФ&РС.

2. Отзыв из АО «НИКИЭТ», г. Москва. Отзыв составил, кандидат технических наук, заместитель генерального директора по НИОКР Александров С.И. Отзыв содержит следующие замечания:

- как известно, реактивность не является величиной, которая может быть измерена напрямую, а только вычислена по косвенным измерениям. Автору следовало бы в начале работы привести определение понятия «измеренная реактивность».

- почему используется программа MCU-FR, а не программный комплекс MCU-KOSMOS с банком данных MDBKOSMOSRF, созданном на основе информации из библиотеки оцененных ядерных данных РОСФОНД специально для критического стенда? При этом автор использовал в своих расчетах данные библиотеки РОСФОНДа.

- к научной новизне автор, помимо прочего, относит разработку расчетной модели для готовой программы - это скорее типовая инженерная, а не научная работа.

- в тексте не представлено информации о текущем статусе и планах аттестации программных комплексов, использованных в работе.

3. Отзыв из АО «ВНИИАЭС», г. Москва. Отзыв составили, кандидат технических наук, руководитель департамента активных зон канальных и быстрых реакторов Дружинин В.Е., кандидат технических наук, заместитель руководителя департамента активных зон канальных и быстрых реакторов Шмонин Ю.В., кандидат

физико-математических наук, главный эксперт департамента активных зон канальных и быстрых реакторов Моисеев И.Ф. Отзыв содержит следующие замечания:

- кроме данных о выборе разбиения энергетических групп, упоминания о погрешности  $K_{эфф}$  в критических состояниях и отличия в оценке эффективности РО СУЗ в автореферате практически не содержится результатов сравнения с реперными расчетами по MCU-FR. В частности, не упомянуты отклонения оценок потвэльного энерговыделения.

- коррекцию экспериментальных данных в том виде, как она представлена на стр. 11 (формула 7) автореферата не совсем правильно интерпретировать как поправку только на пространственные эффекты. Такая коррекция включает поправки на пространственные эффекты и использование приближения точечной кинетики.

- в автореферате не представлены оценки реактивности для так называемого «интегрального детектора» (при использовании результатов моделирования в каждой расчетной ноде), что позволило бы получить отдельные оценки неопределенности, обусловленной пространственными эффектами и использованием уравнений точечной кинетики.

- предложенный в работе подход для выбора параметров запаздывающих нейтронов, основанный на анализе измерений реактивности, рассчитанной с использованием модели ОРУК по экспериментальным данным и результатам расчетов по инженерной модели пространственной кинетики нейтронов не вполне однозначен. Для его подтверждения необходим анализ отклонения экспериментального и расчетного спада показаний детекторов с использованием различных вариантов параметров запаздывающих нейтронов и выводы по результатам сравнения чисто экспериментальных и расчетных данных.

**4. Отзыв из НИЯУ МИФИ, г. Москва.** Отзыв составил кандидат технических наук, доцент кафедры №5 ИЯФиТ Соловьев Д.А. Отзыв содержит следующее замечание:

- в автореферате указано одно из положений, выносимых на защиту: «Результаты оценки вклада методических погрешностей измерений реактивности методом ОРУК на результаты эффективности РО СУЗ с выделением четырех основных факторов: пространственного эффекта, постоянного внешнего источника нейтронов, эффекта интерференции стержней и неопределенности с выбором параметров запаздывающих нейтронов». При этом в автореферате не приведена

таблица с оценкой вкладов методических погрешностей для каждого из приведенных факторов.

5. Отзыв из АО ОКБ «ГИДРОПРЕСС», г. Подольск. Отзыв составил кандидат физико-математических наук, заместитель начальника отдела вероятностных анализов безопасности и программных средств, начальник группы Увакин М.А. Отзыв содержит следующие замечания:

– в целом, работа соответствует паспорту специальности 2.4.9 по направлению исследований, указанных в пункте 1 и пункте 2 актуальной редакции паспорта. Но в соответствующем разделе автореферата также говорится про пункт 3 и пункт 7, что в дальнейшем по тексту не поясняется, так как автор не рассматривал задачи оптимизации технологических процессов, повышения надежности оборудования и проектирования агрегатов. Возможно, в тексте диссертации этот вопрос раскрыт подробнее.

– для вычислений по формуле (5) требуется решение сопряженной задачи на определение ценности нейтронов. Краткое описание постановки задачи и метода её численной реализации упростило бы понимание физического смысла указанной формулы с точки зрения заявленной цели об оценке влияния пространственного эффекта.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что:

Зизин Михаил Николаевич доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник лаборатории Курчатовского комплекса перспективной атомной энергетики, ФГБУ «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», г. Москва, является одним из ведущих специалистов в области развития современных методов расчета и моделирования процессов в ядерных реакторах.

Попыкин Александр Иванович кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник отдела экспертизы программ для ЭВМ, ФБУ «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности», г. Москва, является признанным специалистом в вопросах, связанных с оценкой методической погрешности при измерениях реактивности методом обращенного решения уравнения кинетики.

Оба официальных оппонента имеют публикации по тематике, близкой к тематике представленной диссертационной работы.

Выбор ведущей организации обосновывается тем, что акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический

институт им. А.И. Лейпунского», г. Обнинск, широко известен своими достижениями в области разработки и совершенствования константного обеспечения и экспериментальных исследований реакторов на быстрых нейтронах.

**Диссертационный совет отмечает,** что на основании выполненных соискателем исследований в диссертации:

- предложена и обоснована методика подготовки расчетной модели малогабаритной быстрой критической сборки на основе комплекса программ САПФИР\_РФ&RC;

- оценен вклад методических погрешностей измерений реактивности методом обращенного решения уравнения кинетики в результаты определения эффективности рабочего органа системы управления и защиты с выделением четырех основных факторов: пространственного эффекта, постоянного внешнего источника нейтронов, эффекта интерференции стержней и неопределенности с выбором параметров запаздывающих нейтронов;

- обоснован выбор параметров запаздывающих нейтронов из библиотек БНАБ-78 и РОСФОНД;

- выполнена верификация расчетной модели для реперного расчетного кода MCU-FR, использованного при сопоставлении с откорректированными экспериментальными данными, полученными на малогабаритной быстрой критической сборке.

**Теоретическая значимость** исследований обоснована тем, что в диссертации выявлены и оценены факторы, влияющие на результаты измерений реактивности методом обращенного решения уравнения кинетики на малогабаритном быстром критическом стенде, и даны рекомендации по оценке эффектов реактивности с исключением указанных факторов.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики** подтверждается тем, что количественная оценка влияния методических особенностей на результаты измерений реактивности на рассматриваемом в диссертационной работе критическом стенде позволяет корректно сопоставить результаты расчетов реактивности по прецизионному расчетному коду MCU-FR с экспериментальными данными. Разработанный подход к моделированию и интерпретации результатов экспериментальных данных позволит улучшить расчетное сопровождение экспериментов на малогабаритных быстрых критических сборках.

**Достоверность результатов исследования** подтверждается:

- применением апробированных расчетных методик и программ для ЭВМ;
- результатами многочисленных расчетных исследований;
- согласием с результатами высокоточных расчетов с использованием прецизионного расчетного кода MCU-FR;
- валидацией на экспериментальных данных, полученных на критическом стенде с быстрой критической сборкой;
- согласованностью полученных результатов с современными теоретическими представлениями;
- неоднократным опубликованием результатов работы в реферируемых научных журналах и их апробацией на профильных научных конференциях и семинарах.

**Личный вклад** автора состоит в

- обосновании возможности применения и применении двухэтапного метода расчета нейтронно-физических характеристик быстрой критической сборки с использованием комплекса программ САПФИР\_РФ&RC;
  - разработке и верификации эффективной двухгрупповой расчетной модели быстрой критической сборки для численного моделирования экспериментов;
  - анализе результатов экспериментальных данных;
  - проведении расчетных исследований;
- а также в подготовке публикаций, отражающих результаты диссертационной работы, и представлении большинства результатов исследования на научных семинарах и конференциях.

В ходе защиты диссертации были высказаны критические замечания, в том числе об оригинальности методики подготовки модели быстрой критической сборки и о корректирующих поправках.

Соискатель Н.С. Нерсесян ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы.

Диссертационный совет пришёл к выводу, что диссертация Нерсесяна Нарека Сааковича «Моделирование измерения реактивности на критическом стенде с быстрым спектром нейтронов», представленная на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности «Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность» (2.4.9.), представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении учёных степеней, утвержденным

Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в действующей редакции).

На заседании 18 марта 2025 г. диссертационный совет принял решение за разработку подхода к моделированию и интерпретации результатов экспериментов на малогабаритных быстрых критических сборках, позволяющего улучшить их расчетное сопровождение, что имеет важное значение для развития атомной энергетики и, таким образом, существенное значение для развития страны, присудить Нерсисяну Нареку Сааковичу учёную степень кандидата технических наук по специальности «Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность» (2.4.9.).

При проведении тайного электронного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек (в том числе присутствовали дистанционно 2 человека), из них 7 докторов наук по специальности диссертации, участвовавших в заседании, из 18 человек, входящих в состав совета, проголосовал

**за** присуждение учёной степени – 14,

**против** присуждения учёной степени – 0,

не голосовали – 0.

Протокол о результатах тайного электронного голосования утверждён открытым голосованием – единогласно.

Заместитель председателя

диссертационного совета, д.т.н.

Д.Ю. Ерак

Учёный секретарь

диссертационного совета, к.ф.-м.н.

Д.А. Шкаровский

18.03.2025

