

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
Д 002.070.01 НА БАЗЕ Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Института проблем безопасного
развития атомной энергетики Российской академии наук

ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 8 февраля 2018 года № 1

О присуждении Черновой Ирине Сергеевне, гражданство – Российская Федерация, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Создание и использование программ полномасштабной пространственной кинетики для расчетов реакторов на быстрых нейтронах» по специальности 05.14.03 «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации» принята к защите 21 ноября 2017 года, протокол № 6 диссертационным советом Д 002.070.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук, расположенного по адресу: 115191, Москва, ул. Большая Тульская, д. 52. Диссертационный совет создан приказами Минобрнауки России № 75/нк от 15 февраля 2013 года, № 626/нк от 3 июня 2016 года, № 748/нк от 12 июля 2017 года.

Соискатель Чернова Ирина Сергеевна 1988 года рождения в 2011 году окончила Ульяновский государственный технический университет, в 2016 году окончила аспирантуру, созданную на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук (г. Москва), работает в должности младшего научного сотрудника лаборатории физики реактора Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук.

Диссертация выполнена в лаборатории физики реактора Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук.

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

Официальные оппоненты:

Жемков Игорь Юрьевич, доктор технических наук, эксперт- начальник лаборатории АО «Государственный научный центр Научно-исследовательский институт атомных реакторов»;

Болсунов Андрей Александрович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела математического моделирования АЭС АО «Всероссийский научно-исследовательский институт по эксплуатации атомных электростанций»,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-исследовательский технологический институт им. А.П.Александрова» (г. Сосновый Бор) в своем положительном отзыве, подписанном начальником отдела нейтронно-физических исследований, д.т.н., старшим научным сотрудником Ельшиным Александром Всеволодовичем, заведующим лабораторией, к.т.н. Артемовым Владимиром Георгиевичем и ведущим научным сотрудником, к.т.н. Рассказовым Виктором Васильевичем, утвержденном Генеральным директором д.т.н., профессором Василенко Вячеславом Андреевичем, указала, что диссертация Черновой И.С. является завершённой научно-квалификационной работой, выполненной на достаточном научно-техническом уровне. Таким образом, диссертация по форме и содержанию отвечает п. 9 Положения о присуждении ученых степеней. Чернова Ирина Сергеевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.03 - «ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации».

Соискатель имеет 16 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации – 12 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 4 работы. Из 4 опубликованных работ по теме диссертации 1 работа опубликована в научно-техническом журнале «Известия российской академии наук. Энергетика»

(106 экз.), 3 работы – в научно-техническом и теоретическом журнале «Атомная энергия» (235 экз.).

В опубликованных работах лично автором и при его непосредственном участии приведены результаты:

1. Разработаны программы, предназначенные для решения прямой многогрупповой задачи переноса нейтронов в трехмерной гексагональной геометрии реактора на быстрых нейтронах в диффузионном приближении без использования приближенных схем решения и решения обратной задачи кинетики с учетом пространственных эффектов.

2. При помощи созданных программ и разработанных инструментов по решению задач оптимизации места расположения детектора и места внесения возмущения в реактор проведены расчетные исследования пространственно-временных задач кинетики реактора на быстрых нейтронах.

Наиболее значительные работы:

1. Чернова И.С., Селезнев Е.Ф., Асатрян Д.С. и др. — Комплекс программ ГЕФЕСТ800 для проведения эксплуатационных расчетов нейтронно-физических характеристик БН 800 в нестационарном режиме // Атомная энергия. — Москва. — 2015. — Том 119. — Выпуск 1. — С. 3 – 8.

2. Чернова И.С., Селезнев Е.Ф., Асатрян Д.С. и др. — Комплекс программ ГЕФЕСТ800 для проведения эксплуатационных расчетов нейтронно-физических характеристик БН 800 в стационарном режиме // Атомная энергия. — Москва. — 2015. — Том 118. — Выпуск 6. — С. 303 – 308.

3. Чернова И.С., Селезнев Е.Ф. — Зависимость эффективности стержней СУЗ от начальных условий их движения // Атомная Энергия. — Москва. — 2016. — Том 120 — Выпуск 5. — С. 258 – 261.

4. Панова И.С., Селезнев Е.Ф., Белов А.А. и др. — Пространственная кинетика в реакторах на быстрых нейтронах // Известия российской академии наук. Энергетика. — ФГУП Издательство «Наука» — 2013. — №3. — С. 41 – 52.

На автореферат диссертации поступило 9 отзывов из 8 организаций:

1. НИЦ "Курчатовский институт".

Отзыв подписал начальник лаборатории к.т.н. В.Д.Давиденко.

Отзыв положительный. Замечания:

1. При анализе экспериментов по измерению эффективности стержней СУЗ автором сделан вывод, что "на момент окончания обсчета эксперимента реактор еще не достигает своего асимптотического состояния,

соответствующего реактору с новым положением стержней СУЗ", и, по всей видимости, он правильный. Однако подтверждения этого вывода, или объяснения на основании чего он сделан в автореферате нет.

2. На рисунке 1 представлены зависимости реактивности от времени после окончания движения поглощающих стержней. Для полноты картины желательно было бы привести эти зависимости начиная с момента начала движения стержней.

2. НИЦ "Курчатовский институт".

Отзыв подписал главный научный сотрудник д.ф.-м.н. М.Н.Зизин.

Отзыв положительный. Замечания:

1. Для обоснования реализованных алгоритмов не привлекались тестовые задачи.
2. Нет оценки методических погрешностей при анализе движения органов регулирования.

3. НИЯУ «МИФИ».

Отзыв подписали профессор д.ф.-м.н. Н.В.Щукин и ведущий инженер к.ф.-м.н.

А.А.Семенов.

Отзыв положительный. Замечания:

- автор утверждает, что им впервые решена задача оптимизации расположения ионизационных камер. Однако это не так. См., например, Томилин А.А. и др. Алгоритм определения оптимального положения блоков детектирования аппаратуры контроля нейтронного потока по высоте измерительного канала // журнал «Ядерная физика и инжиниринг. - 2013. - Т. 4. - №. 8. - С. 749-757;
- в автореферате на основе анализа описаний программных кодов утверждается, что все современные коды используют квазистатическое или адиабатическое приближение. Однако это неверно. В список кодов не вошли основные программные средства используемые для сопровождения эксплуатации реакторов ВВЭР — БИПР8, NOSTRA. Они не используют указанных приближений. Современные, активно используемые для расчета быстрых реакторов программные средства PARCS, SKETCH, FACT, также не используют этих приближений.
- при оптимизации размещения детекторов, размещенных за пределами активной зоны, необходимо учитывать эффекты, возникающие при переносе нейтронов из активной зоны к месту расположения камер. В автореферате не отражена эта часть расчетной модели детекторов.

4. АО «НИКИЭТ».

Отзыв подписал научный сотрудник к.ф.-м.н. А.В.Баловнев.

Отзыв положительный. Замечания:

1. В автореферате не указаны расчетные коды, использованные для верификации разработанных программ TIME-800 и TIMEINVERSE.
2. В автореферате нет данных об использовании бенчмарк-моделей в обосновании точности расчетов по разработанным программам.
3. На странице 20 приведена ссылка на рисунок 4, который отсутствует в автореферате.

5. ФГУП «ПО «Маяк».

Отзыв подписал руководитель группы физической лаборатории ЦЛЗ

В.П.Борисенко.

Отзыв положительный. Замечания:

Не приведено сравнение результатов расчета по разработанным автором многогрупповым диффузионным программам TIME-800 и TIME_INVERSE с результатами расчета по методу Монте-Карло.

6. АО «ОКБМ Африкантов».

Отзыв подписали начальник отдела к.т.н. М.Р.Фаракшин, инженер-конструктор

А.В.Кисилев.

Отзыв положительный. Замечания:

1. На стр. 8 автореферата приведён перечень программ по решению прямой задачи кинетики. Как минимум три программы из данного перечня (JARFF, TRIGEX и SYNTES) не предназначены для расчёта нейтронной кинетики реактора. Они могут использоваться для решения данной задачи только опосредованно, в качестве инструментов для расчёта вносимой реактивности. Предлагается дать соответствующие пояснения.
2. На стр. 9 автореферата размерность коэффициента диффузии (D) на см (размерность указана равной см²/сек).
3. По тексту автореферата не хватает чёткости в разделении возможных пониманий термина «реактивность» (мера различия сопоставляемых уровней коэффициента размножения или мера скорости переходных процессов нейтронной кинетики) и в увязке с ним термина «эффективность стержней СУЗ». В связи с этим могут быть неправильно поняты некоторые тезисы, например на странице 5: «фактическая эффективность стержней аварийной защиты ...будет меньше рассчитанной из стационарных оценок или экспериментально измеренной при штатных условиях».
4. Подобного рода нечеткость допущена в формулировке относительно чувствительности определения плотности потока нейтронов и мощности реактора к месту размещения детекторов (см. стр. 16): «Поэтому деформация поля нейтронов при использовании уравнений точечной кинетики приводит к большим ошибкам». В результате здесь оказались

переплетены две разные (действительно очень актуальные) задачи, которые решаются отдельно и разными методами - определение текущей мощности реактора и определение реактивности по показаниям детектора (детекторов). Для полной ясности относительно существа и различия этих задач желательны дополнительные комментарии. Например, в части определения реактивности указанный текст надо было изложить в более корректной редакции: «Поэтому использование обратного решения уравнения точечной кинетики для расчёта переходных процессов с существенной деформацией нейтронного поля приводит к ошибкам в показаниях детекторов»

5. С учётом деформации нейтронного поля рассматриваются две оптимизационные задачи - по размещению детекторов для получения адекватного представления о состоянии активной зоны и по определению места ввода возмущения для обеспечения представительности результатов детектирования. Если первая задача чрезвычайно актуальна, и пути технической реализации её решения вполне понятны, то вторая задача представляет скорее научный интерес, поскольку возможности применить результаты практически очень ограничены. На тему этого объективного противопоставления следовало бы привести комментарии.

7. ИАТЭ НИЯУ МИФИ.

Отзыв подписал профессор д.ф.-м.н. Ю.А.Казанский.

Отзыв положительный. Замечания:

1. Необходимо было бы сформулировать основные отличия разработанных программ от ранее созданных.
2. Автор отмечает, что программа NEXTIME из-за длительного времени счета и требованиям к вычислительным ресурсам сегодня нигде не используется. Поэтому напрашивается вопрос, а какова скорость счета созданных автором программ и каковы требования к вычислительным ресурсам.
3. Для приведенных в автореферате результатов двух расчетных экспериментов необходимо указать граничные значения мощности реактора БН-800, при которых еще нет необходимости принимать во внимание обратные связи.
4. Есть погрешности в тексте автореферата. Например, ссылка на несуществующий рисунок.

8. Димитровградский инженерно-технологический институт НИЯУ МИФИ.

Отзыв подписал профессор д.ф.-м.н. Р.С.Макин.

Отзыв положительный. Замечания:

На стр. 9 автореферата приведена постановка прямой задачи кинетики реактора - система уравнений, описывающих нестационарную задачу переноса

нейтронов в многогрупповом диффузионном приближении с учетом запаздывающих нейтронов с граничными и начальными условиями. Для этой системы не указана область определения - фазовое пространство задачи и краевые условия; не определены следующие величины: Σ_a^g , Σ_a^g , $D^g \psi(\vec{r}, t)$; ν_{zn}^n - число запаздывающих нейтронов деления делящегося нуклида n ; ν_{mn}^n , - число запаздывающих нейтронов деления - вызывает вопросы (стр. 13, вторая строка после формулы). Что такое «фактическая доля запаздывающих нейтронов» (стр. 11, первая строка сверху от Раздел 2.3); откуда брался спектр запаздывающих нейтронов для делящихся нуклидов.

Насколько можно понять из автореферата (Подраздел 4.2.3, стр. 16), для решения оптимизационной задачи использовались результаты теории нестационарной газокинетической теории переноса. Можно только заметить, что в приведенном в автореферате для функции разложения $\psi(\vec{r}, E, \vec{\Omega}, t)$ в ряд по собственным (возможно, присоединенным) функциям, не учтены вклады (члены) от запаздывающих нейтронов и непрерывной части спектра. Из автореферата не совсем ясно, каким образом можно применить результаты газокинетической теории переноса к системе уравнений кинетики реактора в многогрупповом диффузионном приближении. При обосновании погрешности приближенных методов расчета реактивности использовались собственные числа двух условно-критических состояний реактора (стр. 21, второй абзац сверху). Заметим, что соответствующая условно-критическая задача в общем случае является несамосопряженной (как задача на собственные значения). Такой подход подразумевает, что собственные числа этих состояний являются простыми и вещественными. Можно ли указать, где это установлено (разумеется, численные методы не являются доказательством).

9. ФБУ «НТЦ ЯРБ».

Отзыв подписали начальник отдела к.ф.-м.н. Н.Н.Хренников, инженер В.С.Иванов.

Отзыв положительный. Замечания:

- на рисунке 3 следует пояснить, что обозначают безразмерные величины σ ;
- на странице 20 описания раздела 4.3 имеется ссылка на неприведенный далее по тексту рисунок 4;
- подраздел 4.2.3 лучше дополнить пояснением, что оптимальное положение стержней СУЗ должно выбираться исходя из максимальной скорости достижения асимптотического состояния для соответствия основным положениям результатов работы;
- основные результаты работы получены с использованием математической модели, не учитывающей обратные связи, характерные для работающей на мощности РУ. Хотя данное упрощение несущественно для анализа стендовых и реакторных экспериментов по измерению эффективности стержней СУЗ, влияние данного упрощения лучше проанализировать при формировании обобщенных выводов.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что д.т.н. Жемков Игорь Юрьевич и к.т.н. Болсунов Андрей Александрович являются известными учеными и признанными специалистами в нейтронно-физической области атомной науки и техники, Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-исследовательский технологический институт им. А.П.Александрова» является крупным научным центром в области ядерной энергетики. Кроме этого, выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается списком публикаций оппонентов и сотрудников ведущей организации, подготовивших заключение по диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что представленные в диссертационной работе результаты являются новыми, научно обоснованными. Их использование позволит внести значительный вклад в проведение расчетных исследований на стадии проектирования и сопровождения эксплуатации реакторов на быстрых нейтронах.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, разработанные программы вносят вклад в расширении возможностей исследования нестационарных процессов в реакторах на быстрых нейтронах. В диссертации выполнена постановка прямой и обратной задач кинетики; разработаны нейтронно-физические программы по решению прямой (TIME-800) и обратной (TIME_INVERSE) нестационарных задач; приведено описание программ, используемых в них алгоритмов, методик и приближений; по созданным

программам проведены расчетные исследования различных нестационарных задач; проанализированы упрощенные схемы решения нестационарных задач, основанных на предположении о пространственно-временном разделении переменных аргументов плотности потока нейтронов на базе решения, полученного без данного предположения. На основе данного анализа предложена комбинированная схема решения.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что разработанные 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. Разработанные инструменты решения 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.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

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.

Личный вклад соискателя состоит в:

– Разработаны и реализованы алгоритмы решения прямой нестационарной задачи переноса нейтронов без использования приближенных схем в программе

TIME-800 и обратной задачи кинетики с учетом пространственных эффектов в программе TIME_INVERSE.

– По разработанным программам проведены расчетные исследования нестационарных процессов в реакторах на быстрых нейтронах с последующим анализом полученных результатов.

– Разработаны инструменты решения оптимизационных задач по месту внесения возмущения в активную зону и месту расположения детекторов;

– Проведены стационарные и нестационарные расчеты для обоснования погрешностей приближенных схем решения. На основе анализа результатов данных расчетов созданы комбинированные приближенные схемы решения нестационарной задачи переноса нейтронов.

На заседании 08 февраля 2018 года диссертационный совет принял решение присудить Черновой И.С. ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.14.03 «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 7 докторов наук по специальности 05.14.03, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 17, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель
диссертационного совета
академик РАН



Большов Л.А.

Ученый секретарь
диссертационного совета
к.т.н.

Калантаров В.Е.

9 февраля 2018 года