

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

профессора кафедры «Теоретическая и экспериментальная физика ядерных реакторов» Национального Исследовательского Ядерного Университета «МИФИ», доктора физико-математических наук Шукина Николая Васильевича на диссертацию Абрамова Бориса Дмитриевича «Актуальные методы математического моделирования в задачах теории переноса нейтронов и теории ядерных реакторов», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.18 - Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Диссертация посвящена актуальным проблемам развития и дальнейшего совершенствования методов расчета ядерных реакторов. Решение этих проблем важно для повышения уровня безопасности и эффективности как отечественной, так и мировой атомной энергетики.

В диссертации рассмотрены и математически строго обоснованы следующие не только традиционные, но и новые, впервые предложенные автором методы:

- - методы декомпозиции области, лежащие в основе методов распараллеливания вычислений по подобластям на многопроцессорных компьютерах;
- - методы граничных интегральных уравнений (методы ГИУ) редукции краевых задач к ГИУ по границам раздела однородных подобластей;
- - методы эквивалентных разностей редукции краевых задач к системам нелинейных алгебраических уравнений (СНАУ);
- - обобщения известного многогруппового метода Г.И.Марчука на неоднородные и нестационарные задачи;
- - методы расчета локальных возмущений полей нейтронов и сопутствующих им эффектов реактивности;

- - методы точечной и многоточечной нейтронной кинетики реактора;
- - методы идентификации реактивности и других коэффициентов уравнений точечной кинетики по измеряемой зависимости потока нейтронов от времени;
- - методы грубой сетки решения многогрупповых конечно-разностных диффузионных уравнений реактора в трехмерной гексагональной геометрии;
- - методы расчета флюенса и коррекции констант отражателя.

Эти методы могут рассматриваться в качестве обобщения, уточнения и дальнейшего развития соответствующих известных методов решения нейтронно-физических задач частного вида на задачи с общего вида энергетической, угловой и пространственной зависимостью сечений и подобластями.

В частности, упомянутые методы декомпозиции области могут рассматриваться в качестве обобщения и дальнейшего развития известных методов Шварца, Смелова, Агошкова и др., методы ГИУ - в качестве обобщения и дальнейшего развития известных методов Кейза, Лалетина и др.

К несомненным достоинствам диссертации следует отнести то, что предлагаемые в ней методы подвергаются строгому математическому обоснованию. Их обоснование проведено автором, следуя основополагающим трудам Владимира, Шихова, Красносельского и др., методами теории нелинейных положительных операторов в полуупорядоченных банаховых пространствах. Это позволило получить ряд новых важных результатов, касающихся вопросов положительной разрешимости рассматриваемых в диссертации линейных или нелинейных операторных уравнений, методов отыскания их решений и т.п.

На этом пути были получены следующие важные результаты теоретического и прикладного характера.

1. *Развиты теория и алгоритмы метода декомпозиции области для задач с общего вида энергетической зависимостью и подобластями, включая:*

- новую постановку краевых задач в системах смежных подобластей;
- новые дифференциальные, интегральные и альбедные алгоритмы метода итераций по подобластям;
- новые алгоритмы методов прогонки и распараллеливания по подобластям;
- новые алгоритмы метода граничных интегральных уравнений.

2. *Разработаны и обоснованы новые нелинейные методы расчета функционалов на решениях краевых задач, включая:*

- методы эквивалентных разностей редукции однородных, неоднородных и нестационарных задач к системам нелинейных алгебраических уравнений;
- обобщения многогруппового метода Марчука на неоднородные и нестационарные задачи теории переноса нейтронов;
- модификации многосеточного метода Askew-Takeda.

3. *Разработаны новые алгоритмы математического моделирования прямых и обратных задач нестационарного переноса нейтронов, включая:*

- уравнения распределенной кинетики с учетом зависимости постоянных распада предшественников запаздывающих нейтронов от энергии;
- уравнения точечной и многоточечной кинетики, обобщающие и уточняющие известные уравнения Усачева, Henry и Avery;
- алгоритмы метода обратной кинетики измерения реактивности;
- критерий выбора данных по запаздывающим нейтронам;
- методы идентификации коэффициентов уравнений нейтронной кинетики.

4. *Развиты новые методы расчета возмущений полей нейтронов и обусловленных ими эффектов реактивности, включая:*

- методы расчета локальных возмущений полей нейтронов;
- методы расчета эффектов реактивности по точной теории возмущений;
- методы расчета эффектов при термических деформациях ячеек реактора.

5. *Разработаны и реализованы в аттестованном комплексе программ АСАДЕМ расчета тепловых реакторов эффективные методы:*

- расчета флюенса быстрых нейтронов на корпус реактора;
- коррекции констант отражателя.

Следует подчеркнуть, что эти методы и подходы непосредственно связаны с обоснованием безопасной эксплуатации АЭС.

Среди этих результатов следует особо отметить результаты по разработке и имплантации в комплексы программ JAFER и АСАДЕМ модификаций метода грубой сетки Askew-Takeda и, соответственно, новых методов расчета флюенса и коррекции констант отражателя, поскольку эти результаты являются, в согласии с требованиями формулы специальности 05.13.18, оригинальными результатами одновременно из трех областей: математического моделирования, численных методов и комплексов программ.

Таким образом, **актуальность** диссертации, ее **научная новизна** и **научная и практическая значимость**, а также соответствие специальности 05.13.18 не вызывают сомнения.

Достоверность и обоснованность результатов работы, а также **полнота изложения материалов в публикациях** подтверждается доказательствами соответствующих теорем, сравнением полученных результатов с результатами других авторов, положительными оценками на российских и международных конференциях, и 32 статьями в рецензируемых научных журналах.

Апробация и внедрение результатов диссертации. Положения работы представлялись на многочисленных российских и международных конференциях и симпозиумах, указанных в автореферате и диссертации.

Полученные в диссертации результаты использовались при разработке алгоритмов и программ расчетов реакторов и, в частности, при:

- анализе методов расчета и измерения эффектов реактивности;

- модернизации схем метода грубой сетки Askew-Takeda в известных комплексах программ JARFR и TRIGEX расчета быстрых реакторов;
- разработке опций вычисления флюенса и коррекции констант отражателя для комплекса программ ACADEM расчета тепловых реакторов.

Отметим, что разработанный в ГНЦ РФ-ФЭИ и аттестованный в 2012 г. комплекс программ ACADEM использовался для расчетов блоков Билибинской, Балаковской и Курской АЭС и применялся в рамках проекта ТВС-КВАДРАТ для расчетов бельгийских PWR Tihange – 1 и Tihange – 2, а также шведского PWR Ringhals-3.

Изложенные в работе методы, подходы, результаты и выводы могут быть рекомендованы к использованию в научных учреждениях и учебных заведениях атомной отрасли и, в частности, в АО «ГНЦ РФ-ФЭИ», НИЯУ МИФИ, НИЦ «Курчатовский институт», АО «НИКИЭТ», ИБРАЭ РАН, ВНИИАЭС и др. Материалы диссертации используются в учебном процессе в НИЯУ МИФИ в курсах лекций «Математическая теория и динамика ЯЭУ», «Алгоритмы и программы для проектирования и эксплуатации ядерных реакторов» и др.

Наряду с несомненными достоинствами диссертации она не лишена и недостатков. К ним можно отнести, вероятно, повышенное внимание к теоретическим исследованиям и, возможно, недостаточное внимание к прикладным аспектам полученных теоретических результатов. Последнее, однако, не влияет на общую положительную оценку работы и объясняется, по-видимому, стремлением автора к устранению отмеченного в диссертации дефицита в области математического обоснования методов решения нейтронно-физических задач.

Заключение

Диссертация Абрамова Б.Д. «Актуальные методы математического моделирования в задачах теории переноса нейтронов и теории ядерных реакторов» является завершенной научно-квалификационной работой, которая соответствует специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» и удовлетворяет всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к докторским диссертациям. Все положения, выносимые на защиту, получены лично автором.

Результаты диссертации являются крупным вкладом в теорию и методы математического моделирования нейтронно-физических процессов. Они обеспечивают развитие и дальнейшее совершенствование математической теории переноса нейтронов и методов расчета ядерных реакторов.

Диссертация Б.Д. Абрамова «Актуальные методы математического моделирования в задачах теории переноса нейтронов и теории ядерных реакторов» рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Данные официального оппонента:

ФИО	Щукин Николай Васильевич
Почтовый адрес:	115409, г. Москва, Каширское ш., 31.
Телефон	+7 906 076 57 25
Email	NVShchukin@mephi.ru
Наименование организации	Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Должность	Профессор

Официальный оппонент,
доктор физико-математических наук,
профессор

Н.В. Щукин

Подпись удостоверяю
Заместитель начальника отдела
документационного обеспечения
НИЯУ МИФИ

