

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию А.М. Волощенко «Адаптивные положительные аппроксимации и согласованная КР1 схема ускорения итераций для уравнения переноса в задачах радиационной защиты», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Представленная работа посвящена решению задачи совершенствования вычислительных средств исследований и обоснования безопасности объектов ядерной энергетики. Задачи расчета радиационной защиты являются обязательными для обоснования безопасности и работоспособности не только ядерных реакторов, но и для любых существующих и перспективных объектов ядерной техники, чей принцип функционирования основан на ядерных реакциях. Таким образом **актуальность** работы не вызывает сомнений.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- Разработаны положительные AWDD схемы S_n метода решения уравнения переноса для 1D, 2D и 3D геометрий и адаптивная схема 3-4 го порядка точности, основанная на использовании семейства взвешенных WLD-WLB/QC схем.
- Разработана согласованная с WDD и WLD-WLB/QC схемами КР1 схема ускорения внутренних и внешних итераций по области термализации нейтронов и по источнику деления при решении подкритической задачи
- Разработан алгоритм расчета электронно-фотонного и адронного каскадов в различных приближениях.
- Разработана оригинальная методика распараллеливания вычислений, основанная на использовании OpenMP интерфейса и KBA алгоритма.
- Разработана методика аппроксимации геометрии и источника задачи, основанная на использовании интерфейса между программой, реализующей метод Монте-Карло и S_n кодами, а также VF метода, поддерживающего локальный баланс масс/источников излучения в системе.

- Разработанные алгоритмы реализованы в комплексе из 1D, 2D и 3D кодов РОЗ-6.6, КАСКАД-С и КАТРИН для решения уравнения переноса нейтрального и заряженного излучения в задачах радиационной защиты.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

На основе разработанных методик созданы и тщательно верифицированы коды РОЗ-6.6, КАСКАД-С и КАТРИН, которые используются для проектирования и обоснования безопасности АЭС и других ядерно-энергетических и ядерно-технических установок. Разработанные коды внедрены в основных научных центрах и конструкторских организациях ГК Росатом. Код КАТРИН аттестован Ростехнадзором для расчета реакторов типа ВВЭР.

Достоверность результатов подтверждается: точностью использованных современных библиотек ядерных данных, тщательной верификацией и валидацией расчетных модулей, наличием публикаций и докладов, обсуждением полученных результатов на различных конференциях и семинарах. Дополнительным несомненным подтверждением достоверности результатов является факт прохождения аттестационной процедуры в Ростехнадзоре.

Работа оставляет хорошее впечатление. Во введении содержится общая характеристика работы, дано обоснование актуальности и практической значимости выбранного направления. Сформулированы цель, задачи и новизна диссертационной работы. Приведены сведения об апробации работы и краткое содержание диссертации..

Глава 1 построена как обзор работ, в основном автора, по развитию и эволюции семейства S_n методов, начиная от первых работ и заканчивая настоящим временем, когда S_n методы стали основным инструментом при решении переноса излучений. Достаточно подробно описываются преимущества и недостатки различных приближений, на ряде классических тестовых задач проводится сравнение различных подходов. Итогом является разработка положительной AWDD схемы и положительной адаптивной WLD-WLB/QC схемы для различных геометрий.

В главах 2-4 представлены согласованные схемы ускорения внутренних итераций на основе KPI метода, применительно к различным вариантам расчета в разных

геометриях. Итогом работы является разработанные и верифицированные согласованные с WDD и WLD-WLB/QC схемами КР1 схемы ускорения итераций.

В Главе 5 представлена схема ускорения внешних итераций на основе КР1 метода в области термализации нейтронов и по источнику деления для подкритической задачи.

В Главе 6 представлена схема разностной аппроксимации и итерационные алгоритмы ее реализации для задач переноса заряженного излучения.

Глава 7 посвящена алгоритмам распараллеливания вычислений для S_n метода решения уравнения переноса в 2D и 3D геометриях.

Главе 8 посвящена алгоритмам построения пространственных сеток для расчета сложных промышленных объектов, в частности радиационной защиты реактора ВВЭР-1000. Описаны принципы, положенные в основу построения препроцессора.

По содержанию диссертации имеются отдельные замечания и пожелания.

1. Главы 2, 3, 4 посвящены по сути различным аспектам одного и того же вопроса. Размер глав составляет 12, 12 и 26 страниц соответственно, в то время как Глава 1 содержит 123 страницы. Представляется, что с точки зрения структурирования материала было бы целесообразно объединить три главы в одну.
2. Во введении ко 2-ой Главе упоминается программа РОЗ-6.3 (стр.125), при анализе результатов тестовых задач, говорится о программе РОЗ-6.6 (стр. 138). Чем отличаются эти программы и можно ли переносить сказанное относительно одной из них на другую?
3. На мой взгляд выбор оптимальных параметров ускорения в КР1 методах не достаточно формализован. Хотя это место является сложным для большинства ускоряющих процедур, и параметры ускорения приходится выбирать на основе решения практических задач, тем не менее, было бы полезно автору составить подробную инструкцию по стратегии выбора точностей, числа итераций и т.д., что облегчило бы пользователям освоение разработанных программ.
4. В п.7.3 «Обсуждение результатов» приводится эффективность распараллеливания равная 80%. В то же время, по данным времён расчета, приведенным в табл. 7.2.1 и 7.2.2., получаются значения эффективности порядка 55-60%.

Отмеченные недостатки не снижают научный уровень работы, ее научную и практическую значимость.

Представленная работа является самостоятельным, завершённым, доведенным до практического применения научным исследованием в области математического

моделирования, численных методов, алгоритмизации и создания компьютерных кодов. Достоверность и обоснованность всех положений работы убедительно показана на большом числе решенных задач. Работа выполнена на высоком научном уровне, имеет высокую теоретическую и практическую ценность. Совокупность полученных в ней результатов представляет собой крупный вклад в развитие математического моделирования радиационно-опасных объектов.

Диссертация основывается на современных достижениях в области численных методов, как в России, так и за рубежом. Последовательность изложения материала создает целостное представление о вкладе А.М. Волощенко в теорию и практику расчета задач переноса излучения. Содержащийся в работе иллюстративный материал достаточно нагляден.

Автореферат диссертации правильно и всесторонне дает представление о проделанной работе, содержит в кратком виде всю необходимую информацию, характеризующую полученные в процессе исследования результаты и основные положения. Опубликованные работы отражают основное содержание диссертации.

На основании вышеизложенного считаю, что рецензируемая диссертационная работа соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям по специальности по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», а ее автор А.М. Волощенко заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук.

Официальный оппонент

Руководитель отделения физики и моделирования
энергетики КЯТК НИЦ «Курчатовский институт»

Д. ф.-м. н.

А.А.Ковалишин

Подпись доктора физико-математических наук А.А. Ковалишина заверяю

Первый заместитель директора
по научной работе



О.С. Нарайкин