

ОТЗЫВ

На автореферат докторской диссертации Андрея Михайловича Волощенко

«Адаптивные положительные аппроксимации и согласованная КР1 схема ускорения итераций для уравнения переноса в задачах радиационной защиты»,

представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Диссертация А. М. Волощенко, согласно автореферату, посвящена развитию S_n методу расчета переноса частиц, а также его эффективной реализации на ЭВМ.

Как показывает многолетний опыт расчета переноса нейтронов и γ -квантов, прежде всего применительно к созданию и эксплуатации ядерно-энергетических установок, невозможно обойтись каким-то одним методом вычислений, так как каждый из них имеет свои преимущества и свои недостатки. Поэтому, несмотря существенный прогресс в области расчетов переноса частиц методом Монте-Карло, связанным с дешевизной мультипроцессорных вычислений, крайне важно одновременное применение иных методов расчета.

Развиваемый автором S_n метод относится к прецизионным методам расчета и совершенно незаменим в случаях ослабления потока частиц в существенных для пользователя областях пространства на несколько десятичных порядков необходимости получения детальной картины пространственно-энергетического распределения потока частиц или скоростей ядерных реакций. Поэтому этот метод стал основным инструментом, например, при анализе радиационных нагрузок на корпус реакторов. Также S_n метод служит важным дополнением к методу Монте-Карло при расчете активных зон.

Как всякий прецизионный метод S_n метод требует значительных вычислительных ресурсов, как в отношении памяти, так и в отношении процессорного времени. Поэтому, работы по его совершенствованию и программной реализации крайне **актуальны** и имеют большую **практическую ценность**.

Для создания эффективной расчетной программы на основе указанного метода должны быть одновременно решены несколько задач, и в автореферате Андрей Михайлович последовательно излагает их решение.

Прежде всего, необходимо семейство разностных схем для приближений исходных интегро-дифференциальных уравнений, обладающих свойствами точности, консервативности, устойчивости и монотонности. Семейство схем необходимо для возможности адаптации к условиям конкретной задачи.

Автор с удивительной для автореферата подробностью излагает свои достижения в этой области, которой он занимается более 30 лет. Им было предложено новое семейство схем, обладающее указанными свойствами. Приведена формулировка сформулированной и доказанной автором теоремы о критерии монотонности для предложенного семейства.

В автореферате не только приведены результаты расчета модельных задач, но и даны краткие выводы формул разностных схем и их геометрические интерпретации. Все эти результаты есть плоды собственных изысканий диссертанта, они доказывают **научную новизну** его достижений.

Когда разностная схема создана, встает вопрос о решении возникающей системы алгебраических уравнений, число которых огромно ввиду дискретизации шестимерного фазового пространства.

Автореферат показывает, что в этой области у Андрея Михайловича также есть немалые достижения. Он предложил новую схему линейных поправок во внутренних итерациях для 1, 2 и 3-мерных случаев. Даже для трехмерного расчета, а он особенно нуждается в оптимизации времени счета, на модельных задачах иногда уменьшение числа итераций получалось более чем на два порядка, а гарантировано на порядок.

В автореферате приведены изыскания для уменьшения числа внешних итераций, связанных с переходом нейтронов при рассеянии в высшую энергетическую группу. Для этого. Для этого также применены линейные поправки, приспособленные к данному случаю. Приведены численные результаты, показывающие эффективность предложенного способа.

Все упомянутые работы по ускорению есть собственные достижения автора, что также доказывает **научную новизну**.

Автореферат показывает, что А.М. Волощенко смог применить развитые им методы для численного решения уравнений переноса заряженных частиц. Принципиальная сложность, в частности состоит в том, что в уравнении Фоккера-Планка присутствуют вторые производные по угловым переменным. Приведены примеры расчетов, обосновывающие адекватность предложенных подходов.

Для приемлемых времен расчета в трехмерных геометриях даже с использованием упомянутых схем ускорению необходимо было распараллелить вычисления, что для сеточных задач далеко не всегда простая проблема. Это тем более желательно, что в современных процессорах, как правило, имеется несколько ядер, и чисто скалярное вычисление – это простая часть из них. В автореферате приведены результаты Андрея Михайловича по распараллеливанию своей программы КАТРИН. В результате трехмерный прецизионный расчет радиационной защиты реактора ВВЭР-1000 на персональной ЭВМ с 6-ядерным процессором занял всего половину суток.

Наконец, для проведения трехмерных расчетов с помощью S_n метода необходим очень большой объем исходных данных. Для возможности их подготовки за приемлемое время необходимы удобные для человека средства описания геометрии системы и источников частиц, а также средства визуального контроля этой информации. В автореферате описана такая система, причем в качестве входной информации использованы входной язык описаний геометрии источника программы MCU (расчет методом Монте-Карло). Существенно, что реализован автоматический расчет весовых долей веществ для ячеек, содержащих несколько материалов. Помимо возможности использовать для описания комбинаторную геометрию и уже существующие средства визуализации, подход позволяет употребить одни и те же данные для расчета, как по S_n методу так и по методу Монте-Карло. Эти средства существенно расширяют практические возможности использования S_n метода для расчета активных зон.

Отмечена важная возможность использования результат расчета сопряженной задачи по S_n методу для моделирования методом Монте-Карло с помощью весовых окон, для чего также создано программное средство.

В автореферате приведен список из 17 работ в реферируемых журналах, где изложено содержание диссертации.

Программа КАТРИН, созданная А.М. Волощенко аттестована РОСТЕХНАДЗОРОм и является одной из лучших в мире программ расчета переноса нейтронов S_n методом, она используется в целом ряде научных и проектных организаций.

К недостаткам автореферата можно отнести следующее.

1. Есть некоторая несбалансированность изложения, Очень подробно дано обоснование разностных схем, а о методах ускорения итераций написано очень сжато. Вероятно, объем автореферата не позволял изложить все достаточно подробно.
2. Рисунок 8 следовало бы лучше пояснить.
3. Автор вел распараллеливание с помощью системы OpenMp, идеально приспособленной для ЭВМ с разделяемой памятью, например, многоядерного процессора. Следовало бы сказать, оправдано ли это распараллеливание для систем с распределенной памятью.

Отмеченные недостатки никак не умаляют ценности работы. А.М.Волощенко является замечательным ученым, достойным представителем школы Института прикладной математики. Он уже давно заслуживает быть доктором физико-математических наук.

Главный научный сотрудник
НИЦ «Курчатовский институт»
доктор физ.-мат. наук, с.н.с.
e-mail: gur.m@mail.ru, тел. 8 903 749 3074,

/М.И. Гуревич/

Подпись М.И.Гуревича заверяю

Первый заместитель директора по научной работе
НИЦ «Курчатовский институт»
доктор технических наук, профессор,
член-корреспондент РАН



/О.С. Нарайкин/

21 сентября 2015 г.