

Отзыв

на автореферат диссертации ВОЛОЩЕНКО Андрея Михайловича «Адаптивные положительные аппроксимации и согласованная КР1 схема ускорения итераций для уравнения переноса в задачах радиационной защиты»,

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

В связи с развитием вычислительной техники, возрастают возможности расчета при проектировании, эксплуатации, снятия с эксплуатации и обоснования безопасности объектов использования атомной энергии (ОИАЭ). Многие из проблем, имеющих в этой области, формулируются в форме краевых задач и для стационарного уравнения переноса нейтральных и заряженных частиц. При этом возрастает роль программных средств (ПС), точность результатов расчетов по которым определяются только точностью (погрешностью) ядерных данных. Если раньше они использовались в качестве средств для проверки результатов, полученных по программам, в которых реализованы простые, так называемые инженерные модели, и при верификации инженерных ПС, то в настоящее время формулируются задачи, которые требуют для своего решения программ, основанных именно на решении уравнения переноса. Результаты, полученные по таким программам, непосредственно используются в проектных и других решениях. Следует подчеркнуть, что в программах, предназначенных для решения этих задач, требуется организовать прохождения цепочки от проектной документации (чертежа) до результата расчетов, который включает несколько определяющих этапов, основным из которых является генерация сеток. Результаты, полученные в диссертации, центральной частью которой является разработка и обоснование оригинальных разностных схем и организации итерационных процессов при решении уравнения переноса явились основанием для разработки ряда ПС, которые обеспечивают прохождение такой цепочки. Это означает, что они сразу могут быть использованы в практических расчетах ОИАЭ поэтому диссертационная работа является **актуальной**.

Цель работы заключается в повышении точности и надежности характеристик, полученных из априорного расчета ОИАЭ. Для этого были разработаны эффективные разностные схемы 2-4 порядков, согласованные схемы ускорения внутренних и внешних итераций, разработана методика аппроксимации источника, используемого в задаче. Алгоритмы разрабатывались специально для использования возможностей современных параллельных вычислений. Они были реализованы в ряде программ для ЭВМ под руководством и при личном участии диссертанта. По мнению рецензента, цели, поставленные в диссертации, достигнуты.

Научная новизна диссертации состоит в том числе в разработке автором адаптивных алмазных разностных схем, обоснования их порядка точности для различных геометрий, а так же в разработке соответствующего разностным схемам KP_1 метода ускорения внутренних и внешних итераций по области термализации и для задачи с делением в подкритических системах. Следует отметить так же разработку методов аппроксимации источника, с использованием частичной гомогенизации, значительно ускоряющих процесс счета при необходимой точности результата. Все сказанное выше было использовано в оригинальной методике распараллеливания вычислений.

Достоверность полученных результатов в части получения значений величин параметров с помощью ПС, в которых реализованы алгоритмы автора, подтверждается расчетами экспериментов реперного класса и данными расчетов других авторов. Отдельные результаты вытекают из строгих математических доказательств. Следует отметить, что результаты расчетов по упомянутым ПС используются для оценки измерений, проводимых на действующих ОИАЭ. То есть априори результаты измерений и расчетов, включая константную базу, имеют одинаковое значение при определении окончательной величины непосредственно используемой в проектных и других документах.

Практическая ценность диссертационной работы значительна. Это обусловлено тем, что в ряде проектов программы, в которых реализованы методы решения уравнения переноса, предложенные автором, а именно ПС КАСКАД и КАТРИН используются в качестве основных на стадии проектирования реакторных установок БРЕСТ, БН-1200 и других. Следует отметить, что ПС

КАТРИН используется в качестве основной при определении ресурса (времени эксплуатации) корпуса реактора ВВЭР, которое связано с расчетом плотности потока повреждающих (быстрых) нейтронов на корпус.

Личный вклад автора в представленной работе является определяющим, так как им были разработаны и обоснованы разностные схемы и методы ускорения, и алгоритмы распараллеливания вычислений. Он так же принимал участие в разработке методики аппроксимации источника. Именно эти методы обеспечили эффективность применения разработанных под руководством автора программ.

Апробация работы является представительной. Она включает доклады на известных международных конференциях по реакторной физике и методам вычислений M&C и PHYSOR, межотраслевые семинары НЕЙТРОНИКА и ряде других научных форумов. По теме диссертации опубликовано 120 работ, которые хорошо известны специалистам по методам расчета ядерных реакторов и радиационной защиты, среди них **17 публикаций** в журналах, учитываемых ВАК при защите диссертаций.

Положения, выносимые на защиту, соответствуют цели диссертации, ее содержанию и полученным результатам.

Содержание автореферата дает полное представление о проделанной работе.

По представленной в автореферате работе следует сделать три замечания.

Замечание 1. Несмотря на заголовок диссертации, что она относится к решению уравнения переноса в задачах радиационной защиты, все методы предложенные автором, особенно методы ускорения итераций КР1 могут быть использованы при расчете активных зон, в том числе и для определения эффективного коэффициента размножения. Однако, они имеют ограничения именно при расчете радиационной защиты, связанные с прямыми прострелами, о чем не упоминается в автореферате.

Замечание 2. При изложении эффективности ускорения внешних итераций по области термализации, следовало бы дать сведения о том, сколько энергетических групп в используемых многогрупповой библиотеке относятся к области термализации, о вкладе эффекта термализации в конечный результат и как все это влияет на эффективность предложенных методов расчета.

Замечание 3. В автореферате следовало бы упомянуть о том, что детерминистические методы являются основным средством для решения сопряженных задач, к которым применимы все методы решения, представленные в работе, и содержатся в разработанных им программах и упомянуть об ограничениях на решение таких задач, если они существуют.

Несмотря на сделанные замечания можно отметить следующее. Диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне, посвящена актуальной теме, содержит новые результаты, обладающие практической значимостью. В диссертации решена **крупная научная проблема** по созданию совокупности алгоритмов для решения уравнения переноса разностными методами различных задач физики реакторов и радиационной защиты. Данная проблема **имеет важное научно-техническое значение**. Использование отдельных алгоритмов и программных средств, разработанных автором, может существенно повысить уровень обоснования безопасности РУ и способствовать большей эффективности их использования.

Диссертация полностью отвечает требованиям ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, а ее автор, **ВОЛОЩЕНКО Андрей Михайлович**, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук.

Начальник лаборатории ФБУ «НТЦ ЯРБ»,

к.ф.-м.н., с.н.с.

А.И. Попыкин
22.09.2015

Попыкин А.И.

Подпись начальника лаборатории ФБУ «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности», кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника Попыкина Александра Ивановича удостоверяю.

З.И. Руководитель службы персонала *Н.Ю. Саульская* Саульская Н.Ю.

