

**Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(НИЯУ МИФИ)**

Каширское шоссе, д.31, г. Москва, 115409

Тел. (499) 324-87-66, факс (499) 324-21-11

<http://www.mephi.ru>

№
На № 01-13422 от 22.12.2016

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию А. С. Зинченко «Разработка алгоритмов и программного обеспечения для расчёта кинетики ядерных реакторов методом Монте-Карло»

Диссертация А.С. Зинченко посвящена разработке алгоритмов и программного обеспечения для расчёта кинетики ядерных реакторов методом Монте-Карло. Для действующих реакторов типа ВВЭР и РБМК существует большое количество диффузионных программ, которые моделируют проектные и запроектные аварии с приемлемой для практики точностью. Однако для перспективных реакторов нового поколения, исследовательских реакторов и реакторов специального назначения применение разработанных программ сталкивается с определёнными трудностями. Сложность геометрии активной зоны этих реакторов не позволяют использовать существующие программы и требуются новые более гибкие и точные программы для описания переноса нейтронов. Для расчёта стационарных состояний реакторов данного типа всё большее применение находят программы на основе метода Монте-Карло. Соответственно и для моделирования динамических процессов в этих реакторах хотелось бы использовать аналогичные подходы. Актуальность данной работы обусловлена развитием метода Монте-Карло для задач нейтронной кинетики. Гибкость метода в описании сложной геометрии и прецизионный характер решения уравнения переноса нейтронов позволяют надеяться на получения комплекса программ, который может как непосредственно использоваться для расчёта ядерных реакторов, так и служить инструментом для верификации инженерных программ.

В первой главе диссертации представлен обзор литературы по применению метода Монте-Карло для решения уравнений нейтронной кинетики. Хотя в мире уже создано несколько программ подобного класса, эта задача ещё далеко не решена и существующие программы находятся на начальном уровне тестирования. Описание заложенных в программах алгоритмов представлено слабо, поэтому автору диссертации пришлось начинать работу практически с нуля. В этой же главе представлено уравнение переноса нейтронов в интегро-дифференциальной форме, которое служит отправной точкой для решения поставленной задачи.

Вторая глава диссертации посвящена выводу интегральных уравнений нейтронной кинетики, которые непосредственно используются в методе Монте-Карло. Предложены алгоритмы решения интегральных уравнений как прямым методом, так и в нескольких приближениях: адиабатическом, квазистатическом и усовершенствованном квазистатическом. Описан модуль генерации источников мгновенных и запаздывающих нейтронов.

Описанию программной реализации метода посвящена третья глава. Описана структура программы, моделирование геометрии расчётной системы и взаимодействия нейтронов с веществом. Представлено краткое описание реализации метода на

многопроцессорном суперкомпьютере и внесение возмущений в систему при расчёте переходного процесса.

Тестирование разработанного программного комплекса описано в четвёртой главе. Приведены расчёты критического прямоугольного параллелепипеда. Полученные результаты сравниваются с результатами программы TRIPOLI, которая также использует метод Монте-Карло для решения уравнений нейтронной кинетики. С этой же программой сравниваются результаты расчёта подкритического прямоугольного параллелепипеда и расчёты прямоугольного параллелепипеда с изотопом U^{235} . Для данных рассчитанных задач наблюдается приемлемое согласие полученных результатов. Также в этой главе приведен расчёт одномерной тестовой задачи BSS-6, которая широко применяется при тестировании моделей нейтронной кинетики. Автор привел результаты сравнения своей программы и программы SUHAM-МПП, которая реализует метод поверхностных гармоник. Главу завершает предложенная автором модель реактора ВВЭР, в которую ступенчато вносится возмущение в половину активной зоны, изменяя концентрацию борной кислоты. Выполнен расчёт этой модели как прямым методом, так и с использованием адиабатического и квазистатического приближений. Результаты этих расчётов достаточно заметно отличаются друг от друга.

Заключение завершает диссертацию и кратко описывает основные полученные результаты.

По материалам диссертации можно сделать следующие замечания:

1. Результаты, полученные для модели реактора ВВЭР представленные в четвёртой главе вызывают определённые сомнения. Наблюдается достаточно сильная разница между прямым методом решения и квазистатическим приближением, тогда как при пересчёте форм-функции с достаточным мелким шагом по времени эти результаты должны практически совпадать. Рекомендуется пересчитать эту задачу в адиабатическом и квазистатическом приближении с более мелким шагом по времени.
2. Выполненный объём тестирования программы можно рассматривать лишь как первый шаг в верификации программы. Не рассматриваются переходные процессы с разгоном на мгновенных нейтронах, что важно при моделировании запроектных аварий. Не выполнен расчёт никаких кинетических экспериментов, данные по которым доступны для стендов и критических сборок.

В заключении хочется отметить, что несмотря на сделанные замечания автором выполнена большая работа по созданию принципиально нового инструмента для решения задач нейтронной кинетики. Прделанный объём расчётов демонстрирует работоспособность созданного комплекса программ. Дальнейшая работа по верификации этого комплекса может быть выполнена в будущем, так же как и применение комплекса для решения практических задач. Представленная диссертация А.С. Зинченко является законченной научно-исследовательской работой, выполненной на высоком профессиональном уровне. Автор продемонстрировал все необходимые качества специалиста по прикладной математике и программированию. Автореферат правильно отражает содержание диссертации. Работа А.С. Зинченко удовлетворяет требованиям ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 - «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Ведущий инженер, каф 2, НИЯУ МИФИ, к.ф-м.н.

Зимин Вячеслав Геннадьевич

08 февраля 2017 г.



г. Москва Кашинское Шоссе д.31
тел. +7(963)648-8781
e-mail:vgzimin@mail.ru