

О Т З Ы В

официального оппонента д.т.н. Селезнева Е.Ф. на диссертацию Иоаннисиана М. В. «Решение уравнения переноса нейтронов на основе модели трехмерной многозонной кинетики с применением метода Монте-Карло», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Актуальность темы, изложенной в диссертации Иоаннисиана М. В., определяется повышением требований к точности предсказания характеристик реакторов при обосновании их безопасности для достижения высокой степени достоверности и надежности новых проектных решений на ядерных энергетических установках. Удовлетворение этих требований всё в большей степени основывается на разработке новых расчетных методик, обеспечивающих комплексное математическое моделирование физических процессов с максимальным приближением в их программном описании к реальным процессам, как с использованием статистических, так и детерминированных расчетных методик, чему и посвящена диссертация.

Целью диссертационной работы Иоаннисиана М. В. являлась разработка вычислительных алгоритмов и комплексов программ для решения нестационарных задач реакторной физики на основе математической модели пространственной многозонной кинетики с возможностью вычисления распределения групповой плотности потока нейтронов по выделенным областям и учета обратных связей по теплофизическим свойствам материалов. Для чего диссертантом впервые получены уравнения для вычисления групповой плотности потока нейтронов, обеспечивающие в математической модели многозонной кинетики возможность моделирования распределения групповой плотности потока нейтронов по выделенным областям. Проведена адаптация неявной численной схемы (3,2) метода для решения системы дифференциальных уравнений многозонной кинетики, что составляет **научную новизну** работы и продемонстрирована **достоверность** решения с использованием указанной численной схемы.

Автором разработаны комплексы программ для моделирования нейтронной кинетики и динамических процессов, которые могут представлять **практическую ценность**.

Личный вклад автора диссертации связан с выводом уравнений для групповой плотности потока нейтронов, реализацией вычислительных алгоритмов определения обменных коэффициентов, проведением адаптации численной схемы (3,2) метода, созданием комплексов программ расчета нейтронно-физических и теплогидравлических процессов, разработкой компьютерных моделей задач и проведением их расчетов.

Предлагаемая автором модель пространственной многозонной кинетики с возможностью вычисления распределения групповой плотности потока

нейтронов в подобластях состоит из двух этапов. Первым этапом этой модели является предположение о том, что коэффициенты, описывающие связь между подобластями или, первоначально, между слабосвязанными реакторами, не изменяются на шаге нестационарного процесса, что следует из «приближения о том, что в течение рассматриваемого динамического процесса в пределах каждой выделенной области для скоростей генерации нейтронов допустимо разделение пространственной и временной зависимостей» (с.15). Второй этап модели основан на том, что определив из указанного выше предположения «ядра перехода» нейтронов из одной зоны в другую они аппроксимируются экспоненциальным рядом, что позволило автору свести интегральное уравнение к системе дифференциальных уравнений, которая может быть решена на основе известных численных методов.

В качестве замечаний к работе можно высказать следующее:

- автор утверждает, что «задача организации решения уравнения переноса с пространственно-временной зависимостью ещё не решена» (с.4), с чем категорически не согласен из-за существования множества программ решающих эту задачу, да и сам автор сравнивает свои решения не с экспериментом, а с результатами расчетов по программе КИР, где эта задача решена на базе того же метода Монте-Карло, без использования каких-либо приближений;

- автор использует «приближение, что в течение рассматриваемого динамического процесса в пределах каждой выделенной области для скоростей генерации нейтронов допустимо разделение пространственной и временной зависимостей» (с.15) ничем его не обосновывая, однако известно, что в подобластях реактора, а не в подобластях слабосвязанных систем, как у предшественников автора, форм-функция может изменяться значительно, достаточно посмотреть на изменение формы поля вблизи сброшенного стержня СУЗ;

- вводя понятие «ядер перехода» нейтронов из одной области в другую автор оперирует отдельными ядрами перехода для мгновенных и для запаздывающих нейтронов и если анализировать равенства (1.8)-(1.9), (2.3)-(2.4) в совокупности с (1.7) и (2.2), то с автором можно согласиться, но из авторского описания этих ядер перехода (с.16) следует, что речь идёт о ядрах перехода мгновенных и запаздывающих нейтронов из одной подобласти в другую, где их взаимодействие со средой приводит к появлению мгновенных и запаздывающих нейтронов соответственно, что математической записи не соответствует;

- совершенно не согласен с утверждением автора о том, что «высокая достоверность описываемых процессов достигается определением коэффициентов уравнений многозонной кинетики в результате моделирования полномасштабной геометрической модели реактора» (с.19);

- расхождение результатов расчета в точечной кинетике при приравнивании спектров запаздывающих нейтронов спектрам мгновенных нейтронов (тест ВВЭР-ВВ, рис.3.12) с другими расчетами без такого объединения вызывает вопрос в связи с получением в расчетах с объединением спектров самого низкого значения плотности потока нейтронов, т.е. как бы в этом случае из-за равенства спектров в реактор введена дополнительная отрицательная реактивность, раскрытия причин этого эффекта в работе нет;

- объяснение автора о расхождении результатов расчетов по программам КИР и MRNK в задаче с перемещением групп стержней (рис.3.26) по причине «недостаточной подробности задания положений стержней СУЗ при описании их движения» (с.86) совершенно неубедительно, т.к. причиной может быть метод решения, основанный на предварительном расчете ядер перехода и предположении о неизменности форм-функции на временном отрезке, из-за того, что на краю активной зоны поведение мгновенных и запаздывающих нейтронов может существенно различаться, в том числе и по форме;

- в диссертации не представлено ни одного сравнения расчетов с экспериментальными данными;

- при описании результатов расчетных тестов автором не представлено ни одного объяснения физических причин поведения расчетных функционалов;

- имеется большое количество ошибок, как грамматических, так и стилистических, так: на с.21 автор описывает величину β_j как «суммарную долю запаздывающих нейтронов в области j », в то время как речь, скорее всего, идет о доле всех предшественников запаздывающих нейтронов, образующихся при делении ядер в области j . Тогда как суммарная доля запаздывающих нейтронов в этой области среди всех нейтронов этой же области может отличаться от указанной величины в десятки раз; там же (с.21) говорится о ядре перехода в момент t , для мгновенного нейтрона, родившегося в другой области в тот же момент t ; «плотность потока ...создаваемый ...нейтроном, вместо создаваемую (с.24); на с.44 приведена формула с коэффициентами l_1, l_2, l_3 , но ниже указаны как постоянные коэффициенты параметры p_1, p_2, p_3 , которые выше, на с.42, определены как целочисленные функции; в табл.2.9-2.12 указано значение реактивности без обозначения его единиц, как и значение β на с.57, 66; на с.71 вместо «плотность потока» указано «плотность поток»; на с.81 автор говорит о «малой эффективности стержней СУЗ в верхней части активной зоны», а на с.84 о том что «вес стержней СУЗ там же существенно снижается».

Все указанные замечания говорят о том, что автор находится на начальном этапе работы по выполнению важной научной работы по созданию промышленной программы для моделирования кинетики реактора методом Монте-Карло. Однако, несмотря на высказанные замечания, сделанная автором работа характеризуется научной новизной и имеет соответствующую практическую ценность. Основные результаты работ автора, включенные в

диссертацию, опубликованы им в научной печати. Автореферат диссертации удовлетворяет установленным требованиям.

На основании изложенного всё-таки считаю, что диссертация Иоаннисиана Михаила Викторовича «Решение уравнения переноса нейтронов на основе модели трехмерной многозонной кинетики с применением метода Монте-Карло» соответствует всем критериям «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК Минобрнауки России, утвержденного Постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г., а М.В.Иоаннисиан заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Главный научный сотрудник
д.т.н.

Е.Ф.Селезнев

ФГБУН Институт проблем безопасного развития атомной энергетики
Российской академии наук (ИБРАЭ РАН)
115191, Москва, Большая Тульская, дом 52,
тел.: 8 495 955-23-11, E-mail: seleznev@ibrae.ac.ru

Подпись Е.Ф.Селезнева удостоверяю
Ученый секретарь ИБРАЭ РАН
к.т.н.



В.Е.Калантаров