



УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор-

Генеральный конструктор

Д.Л. Зверев

09.11.2020

ОТЗЫВ

ведущей организации АО «ОКБМ Африкантов» на диссертационную работу Аристарховой Елены Александровны «Расчет гетерогенного реактора с эффективными условиями на аксиальных границах активной зоны», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Вместе с бурным ростом вычислительных технологий растут и требования к реалистичности расчетного моделирования. Повышение экономической эффективности проектируемых установок при безусловном обеспечении безопасности требует снятия лишнего консерватизма, которое может быть достигнуто за счет расширения объема расчетных исследований и повышения их точности, что сопряжено со значительным увеличением длительности расчетов.

Дополнительно наметился тренд на создание цифровых двойников ядерных установок. Расширение их применения способствует повышению безопасности и технико-экономической эффективности создаваемых установок за счет оптимизации конструкции и снижения затрат на натурные эксперименты благодаря расширенному расчетному моделированию, снижению рисков необходимости доработок по результатам испытаний путем проведения «виртуальных испытаний» и более полной отработки алгоритмов управления и т.д. С учётом ожидаемой важности их применения особенно востребованным становится повышение их представительности.

Таким образом, в свете «повышения ставок» на расчетное моделирование растет и **актуальность** увеличения его эффективности, определяемой балансом затрат времени и точности результатов.

В диссертационной работе Аристарховой Е.А. «Расчет гетерогенного реактора с эффективными условиями на аксиальных границах активной зоны» решается **актуальная** задача сокращения времени расчета распределения энерговыделения нейтронно-физическим кодом TREC, реализующим гетерогенный метод расчета реактора, за счет исключения прямого расчета распределения потока нейтронов в аксиальных отражателях. Предлагается использовать матрицы эффективных условий на границах между активной зоной и отражателями по аналогии с матрицами эффективных условий, задаваемых на границах между ячейками. В работе показано, что применение этого метода позволяет значительно сократить число аксиальных гармоник, количество которых сильно влияет на длительность расчета, что позволяет получить значительный выигрыш по времени при сохранении приемлемой точности расчетов.

Научная новизна заключается в разработке усовершенствованной методики гетерогенного расчета реактора, включающей:

- вывод уравнений гетерогенного реактора с эффективными условиями на границах между активной зоной и аксиальными отражателями;
- разработку метода вычисления матриц эффективных граничных условий;
- разработку численных алгоритмов в обеспечение программной реализации разработанной методики.

Практическая значимость работы заключается в программной реализации указанных методик и внедрении в программу TREC, что обеспечило значительное ускорение расчета (в 6-9 раз) при сохранении точности.

Личный вклад автора заключается в следующем:

- получены уравнения гетерогенного реактора в дипольном приближении с эффективными условиями на аксиальных границах активной зоны;
- создана усовершенствованная версия кода TREC, в которой реализован гетерогенный метод с эффективными граничными условиями;

- получены аналитические выражения для элементов треугольной матрицы на границе между активной зоной и многозонным отражателем в малогрупповом диффузионном приближении;

- разработан алгоритм вычисления матриц эффективных граничных условий;

- создан код Laref, предназначенный для расчета матриц эффективных граничных условий;

- проведена верификация разработанных методов.

Достоверность результатов, полученных по разработанному гетерогенному методу с эффективными граничными условиями, подтверждена тестовыми расчетами активной зоны легководного реактора с промежуточным спектром нейтронов.

Основные положения работы сформулированы и представлены автором на научных конференциях и в научных публикациях. По материалам диссертации опубликовано 5 печатных работ, среди которых 2 статьи в рецензируемых научных изданиях.

Автореферат соответствует основному содержанию и выводам диссертации. Тема диссертационной работы и ее содержание соответствуют специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

В качестве **замечаний** к диссертационной работе можно отметить следующее:

1 В работе приведено не достаточно подробное и наглядное описание объекта верификационных расчетов.

2 Помимо сравнения с «базовым» расчетом полезно привести сравнение с экспериментальными данными или с расчетом по прецизионному аттестованному коду, например MCU.

3 Вызывает вопросы форма аксиального распределения энерговыделения в ТВС № 65, приведенная на рисунках 4.7, 4.13, 4.16 и др.

4 Учитывая, что основная цель работы – повышение быстродействия расчета, целесообразно уделить больше внимания оценке выигрыша во времени при использовании эффективных граничных условий. А именно:

- в разделе 4.4 полезно было бы проанализировать влияние сложности моделируемой системы (количества ячеек и аксиальных зон) на временной выигрыш;

- в автореферате уделить больше внимания оценке повышения быстродействия (расширить соответствующую часть, сделать больший акцент на количественном результате).

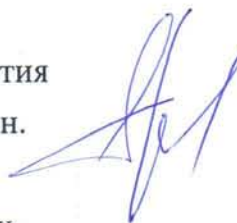
5 Интересно было бы сравнить эффективность (соотношение точности и быстродействия) представленного метода с наиболее распространенными кодами, реализующими диффузионный метод.

Сделанные выше замечания не меняют общей положительной оценки диссертации и скорее носят характер рекомендаций. Диссертация «Расчет гетерогенного реактора с эффективными условиями на аксиальных границах активной зоны» является самостоятельным законченным научно-квалификационным исследованием, в котором решена задача значительного повышения быстродействия расчетов нейтронно-физических характеристик гетерогенным методом. Следует отметить последовательность и логичность изложения, внутреннюю целостность и законченность, а также лаконичность и сфокусированность диссертационной работы.

В целом диссертационная работа Аристарховой Е.А. по актуальности выбранной темы, научной новизне и практической значимости, степени обоснованности и достоверности полученных результатов, выводов и рекомендаций, апробации основных результатов в научных изданиях и личному вкладу автора отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, установленным в разделе II (пп.9-11 и 13-14) «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842. Ее автор – Аристархова Е.А., достойна присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

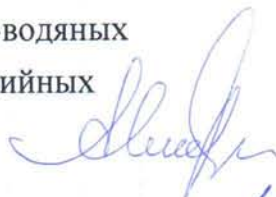
Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании секции «Корабельные РУ и вопросы ГОЗ» НТС АО «ОКБМ Африкантов», протокол от 09.11.2020 г. № КС-2-2020.

Начальник департамента научного развития
И ВАБ – Главный ученый секретарь, д.т.н.



А.М. Бахметьев

Начальник отдела нейтронно-физических,
теплогидравлических расчетов водо-водяных
реакторов и расчетного анализа аварийных
режимов РУ, к.т.н.



А.Н. Лепехин

Начальник отдела разработки активных
зон реакторов БН, к.т.н.



М.Р. Фаракшин