

Отзыв

на автореферат диссертации Половникова Павла Васильевича «Моделирование микроструктурных изменений в ядерном топливе при облучении» по специальности 2.4.9 Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность на соискание учёной степени кандидата технических наук

Актуальность темы диссертационного исследования связана с развитием математических моделей и расчетных кодов для обоснования безопасности объектов использования атомной энергии, в частности, реакторных установок типа ВВЭР, БРЕСТ-ОД-300, БР-1200, БН-1200М и их топлива. Диссертация Половникова Павла Васильевича посвящена развитию механического модуля MFPR в твэльных кодах БЕРКУТ-У и SFPR, разрабатываемых ИБРАЭ РАН. К задачам модуля MFPR относится надежное прогнозирование образования и развития микроструктурных изменений в ядерном топливе при облучении, как определяющих факторов предельного состояния ядерного топлива и возможность не только его безопасной эксплуатации, но и переработки на заключительной стадии жизненного цикла.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации основана на последовательном и адекватном формулировании целей, задач, планировании процесса проведения моделирования и расчетных исследований, разработке моделей и алгоритмов, а также интерпретации полученных результатов в соответствии с актуальными задачами обоснования безопасности объектов использования атомной энергии. Научные положения, выводы и рекомендации сформулированы с учетом актуального состояния развития науки, техники и технологии в области рассматриваемой научной проблемы, а также результатов научных исследований, изложенных в научных публикациях и отчетах различных коллективов.

Научная новизна работы состоит в расчетном определении коэффициентов аtermальной (радиационно-стимулированной) диффузии для нитридного топлива на основе совместного использования методов Монте-Карло и молекулярной динамики, а также физических параметров, описывающих механизмы мгновенного выхода продуктов деления из приповерхностной области топливной таблетки для нитридного и оксидного видов топлива; разработке модели коагуляции подвижных внутризеренных пузырей на основе теории Ланжевена, позволяющей обосновать и уточнить существующие модели броуновской коагуляции пузырей и набухания топлива, использующие упрощенные подходы теории случайных блужданий и получения с использованием разработанной модели более точных, в сравнении с упрощенными подходами, корреляционные выражения для ядра парных столкновений в уравнении Смолуховского; развитии теории коагуляции малоподвижных пор на основе модели их слияния в процессе роста и разработке модели коагуляции крупных пор в периферийной области таблетки («рим-зоне») облученного топлива UO_2 в реакторах на тепловых нейтронах; разработке модели, описывающей «взрывное» набухание интерметаллидных соединений урана в процессе облучения в исследовательских реакторах. Для новых моделей разработана численная схема с применением метода Монте-Карло, выполнена верификация и валидация моделей на имеющихся экспериментальных данных.

Достоверность результатов обеспечивается использованием для проведения численных исследований современных программных средств с развитой математической моделью, позволяющей моделировать микроструктурные изменения в ядерном топливе на уровне отдельных точечных дефектов и с учетом пространственных неоднородностей структуры топлива, например, рим-зон; выполнением сравнительного анализа и установлением соответствия полученных результатов и выводов общепринятым понятиям и подходам, отраженным в научных исследованиях различных коллективов в области исследуемой научной проблемы; выполнением сравнительного анализа полученных аналитических зависимостей с результатами численного моделирования аналогичных систем; выполнением сравнительного анализа полученных расчетных результатов с имеющимися экспериментальными данными, в частности, для хорошо изученных видов топлива тепловых реакторов.

Достоверность результатов также подтверждается публикацией 4 научных работ в международных журналах, индексируемых в международной базе данных Scopus и входящих в Russian Science Citation Index.

После ознакомления с текстом автореферата возникли следующие замечания:

1. По тексту автореферата отмечено, что полученные в рамках данной работы результаты внедрены в твэльный код БЕРКУТ-У и используются при выполненных расчетных обоснований безопасности РУ БРЕСТ-ОД-300, БР-1200 и БН-1200М. В качестве топлива в указанных реакторных установках используется смешанное нитридное уран-плутониевое топливо (СНУП) высокой плотности, однако в рамках данной работы исследования проводились только для мононитрида урана и достаточно хорошо изученной композиции на основе диоксида урана.

2. В тексте автореферата не представлено описание выбранных для проведения исследований топливных композиций, а именно, не указаны такие характеристики как: плотность, обогащение, размер зерна, геометрические характеристики топливных таблеток или облучаемых образцов и т.д. Также не представлено обоснование выбора характеристик топлива и их значений для проведения исследования.

3. Учитывая ограниченность экспериментальных данных по ряду перспективных видов топлива, например, нитридному или карбидному топливу, а также учитывая то, что работа во многом опирается на теоретические положения, связанные с уточнением математических моделей для целей повышения точности рассчитываемых характеристик и параметров топлива, в работе рекомендуется привести модельные численные исследования для смешанного топлива типа МОКС и СНУП с дальнейшим сравнительным анализом полученных результатов, например, с результатами, полученными для монокоспозиций, для оценки возможности распространения предложенных моделей на реалистичные топливные композиции реакторов на быстрых нейтронах.

Несмотря на отмеченные выше замечания, которые носят рекомендательный характер, высокое качество выполненной автором диссертационной работы не вызывает сомнений. Диссертационная работа «Моделирование микроструктурных изменений в ядерном топливе при облучении» – завершенное научное исследование, изложенное в полном объеме и выполненное в соответствии с поставленными целями и задачами. Научная и практическая значимость работы также не вызывает сомнений и заключается в развитии и уточнении математических моделей, использующихся для моделирования микроструктурных изменений в ядерном топливе при облучении.

Считаю, что автор диссертационной работы, Половников Павел Васильевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.9 Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность.

Информация об организации и лице, предоставившем отзыв:

Акционерное общество «Сибирский химический комбинат» (АО «СХК»), ул. Курчатова, д. 1, г. Северск, Томская обл., 636039, Факс: (3823) 52-99-91, E-mail: sxk@rosatom.ru.

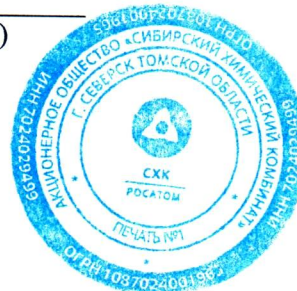
Я, Луцик Игорь Олегович, даю согласие на обработку моих персональных данных, связанную с защитой диссертации и оформлением аттестационного дела Половникова Павла Васильевича.

Главный специалист (по техническому развитию) ОИТПЭ энергоблока «БРЕСТ-ОД-300» ОДЭК АО «СХК»



(подпись)

И.О. Луцик



Дата написания отзыва: 12.11.2025

Телефон: (83823) 55-24-94

Email: IOLutsik@rosatom.ru