



Акционерное общество  
Государственный научный центр  
Российской Федерации –  
**ФИЗИКО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**  
имени А.И. Лейпунского  
(АО «ГНЦ РФ – ФЭИ»)

Бондаренко пл., д. 1, г. Обнинск Калужской обл., 249033  
Телетайп: 183566 «Альфа». Факс: (484) 396 8225, (484) 395 8477  
Телефон: (484) 399 8249 (приемная), (484) 399 8412 (канцелярия)  
E-mail: [postbox@ippe.ru](mailto:postbox@ippe.ru), <http://www.ippe.ru>  
ОГРН 1154025000590, ИНН 4025442583, КПП 402501001

### Отзыв на автореферат

диссертационной работы Колесника Михаила Юрьевича «Моделирование процессов перелома кинетики окисления и переориентации гидридов в циркониевых оболочках», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.14.03 – «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации».

Работа Колесника М.Ю. посвящена моделированию физических процессов в циркониевых сплавах, применяющихся в качестве конструкционных материалов активных зон водоохлаждаемых ядерных реакторов. В работе предложены механизмы и разработаны модели двух важных физических явлений: перехода кинетики окисления этих сплавов в режим ускоренной коррозии, и переориентации гидридов в условиях хранения отработавшего ядерного топлива.

Критериальные условия перелома в кинетике окисления найдены автором в результате решения задачи теории упругости с учетом образования волнообразной структуры фронта коррозии. Результаты моделирования качественно подтверждаются результатами экспериментальных коррозионных исследований. Анализ результатов применения модели позволяет выяснить влияние химического состава и термомеханической обработки циркониевых сплавов на повышение их стойкости к окислению. Дополнительная проверка справедливости используемого подхода выполнена на основании модельного эксперимента, проведенного при участии автора. Разработанная модель перелома кинетики окисления является важным шагом к описанию коррозии циркониевых сплавов в условиях эксплуатации.

Гидриды в оболочках твэлов приводят к охрупчиванию металла, и степень охрупчивания зависит от ориентации гидридов. Моделирование переориентации наиболее актуально на этапе сухого хранения отработавшего топлива. При сухом хранении в оболочках твэлов реализуются растягивающие напряжения, которые могут приводить к выпадению наиболее опасных радиально-ориентированных гидридов. Физическая модель переориентации гидридов, разработанная автором, позволяет проводить обоснование безопасности режима сухого хранения отработавших ТВС. Верификация модели выполнена на результатах опубликованных экспериментальных исследований. Модель переориентации гидридов, описанная в работе, вошла в топливный код РТОП-СХ, предназначенный для моделирования процесса сухого хранения отработавшего ядерного топлива.

Задачи, поставленные в этой работе, автором выполнены полностью. Результаты работы прошли апробацию на специализированных семинарах и конференциях, автор имеет достаточное количество публикаций.

По автореферату можно сделать следующие замечания:

- не пояснены физический смысл и сильное отличие от единицы введенного автором параметра анизотропии свойств оксидной пленки  $\beta$ . Желательно иметь представление о реальной величине этого параметра, определенной на основе экспериментальных данных;

- в уравнениях (1) и (2) для изменения механической энергии после образования волнистости следовало бы учесть изменение поверхностной энергии и энергии межфазной границы и оценить их вклад;

Сделанные замечания не снижают общей высокой оценки работы. Представленный в автореферате материал и публикации автора показывают, что диссертационная работа выполнена на высоком научно-техническом уровне. Работа полностью отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Колесник Михаил Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.03 – «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации».

Ведущий научный сотрудник АО «ГНЦ РФ – ФЭИ»,  
кандидат физико-математических наук

В.А. Печенкин

Подпись В.А. Печенкина заверяю:

Заместитель генерального директора АО «ГНЦ РФ – ФЭИ»  
по науке и инновационной деятельности



Н.Г. Айрапетова