

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Колесника Михаила Юрьевича «МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕЛОМА КИНЕТИКИ ОКИСЛЕНИЯ И ПЕРЕОРИЕНТАЦИИ ГИДРИДОВ В ЦИРКОНИЕВЫХ ОБОЛОЧКАХ ТВЭЛОВ», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.14.03 – «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации».

Вопросы описания коррозии циркониевых сплавов и поведения в них водорода, решаемые автором рассматриваемой работы на основе разработанных двух физических моделей, являются **актуальными**.

В первой части диссертации моделирование коррозии циркониевых сплавов базируется на критериальных условиях перелома в кинетике окисления. Условия возникновения перелома определяются методом минимизации механической энергии двухслойной системы металла и оксида. Полагая, что фронт коррозии имеет структуру в виде волн, автор решал уравнения теории упругости в области металла и оксида получил аналитическую зависимость. **Достоверность** и справедливость использованного теоретического подхода подтверждена сопоставлением с результатами коррозионных испытаний, а также модельного эксперимента, выполненного при участии М.Ю. Колесника. Применение модели окисления позволяет сформулировать ряд **практически значимых рекомендаций**, позволяющих повысить коррозионную стойкость циркониевых сплавов.

Научная новизна работы продемонстрирована обнаруженным экспериментальным фактом о появлении гармоник волнового спектра фронта коррозии с удвоенными периодами, полученных спектральным Фурье анализом фотографий границы раздела металла и оксида. Прогноз по физической модели, разработанной автором, качественно объясняет и количественно подтверждает это явление с удовлетворительной точностью.

Вторая часть работы посвящена моделированию переориентации гидридов в циркониевых оболочках твэлов. Эта задача наиболее **актуальна** при обосновании безопасности режимов сухого хранения отработавшего ядерного топлива. Возможность сухого хранения отработавших ТВС является необходимым требованием для поставки российского ядерного топлива иностранным заказчикам.

Физическая модель переориентации гидридов базируется на подходе, использованном в ранее опубликованных работах. Однако М.Ю. Колесник дополнил ее уравнениями диффузии водорода и учетом текстуры сплавов, что позволяет **применять на практике** модель в широком диапазоне скоростей охлаждения для ряда российских и зарубежных коммерческих циркониевых сплавов. Модель верифицирована на экспериментах по переориентации с четырьмя оболочечными сплавами – Э110, Э635М, Zircaloy-4 и Zr-2.5%Nb, притом для сплавов российского производства отклонение от опытных данных не превышает 10 %.

На основании полученных результатов выпущены статьи, сделаны научные доклады на международных конференциях и семинарах, часть из которых опубликованы в 7 журналах, одобренных и рецензируемых ВАК, что подтверждает **практическую значимость работы**.

К выполненной работе имеется **ряд замечаний**:

- механическая задача решается автором в упругом и неупругом приближениях, но не указана область применимости каждого из приближений;

- не обсуждается применение модели перелома кинетики окисления циркониевых сплавов в условиях аварии с потерей теплоносителя при фазовом переходе Zr ($T \sim 860-870$ °C);

- растворимость гидридов ограничена лишь температурой и не зависит от количества растворенных в непосредственной близости к стеку;

- поток водорода при переориентации гидридов описывается концентрационной и термической диффузиями (15). Из автореферата неясно, каким образом автор задавал коэффициент диффузии и энергию активации

процесса. Кроме того, эти параметры имеют большую неопределенность (обычно статистический разброс D_n составляет 2-3 раза, $Q_n - \pm 20\%$). Поэтому верификацию модели (15)-(18) на экспериментах с 4 сплавами необходимо было провести с варьированием коэффициента диффузии и энергии активации процесса;

- автор не пояснил более чем двукратное различие в принимаемом параметре корреляции Ω для циркониевых сплавов российского и зарубежного производства (таблица 3);

- в тексте автореферата отсутствуют результаты расчетов распределения водорода в условиях сухого хранилища ОЯТ, в связи с чем вывод 3.2 является необоснованным.


Указанные недостатки не являются критическими и не влияют на значимые результаты диссертации. К защите представлена завершенная научно-квалификационная работа, отвечающая п.9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней» ВАК Минобрнауки России. Колесник Михаил Юрьевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.14.03 – «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации».

Заместитель директора отделения ТКМ
ФГУП «НИИ НПО «ЛУЧ», к.т.н.
142103, Подольск, ул. Железнодорожная, 24
8(4967)63-66-02 доб. 24-21


15.08.18
подпись, дата

Мокрушин Андрей
Андреевич

Начальник лаборатории
ФГУП «НИИ НПО «ЛУЧ», к.т.н.
8(4967)63-66-02 доб. 23-24
bazukss@sialuch.ru



15.08.18
подпись, дата

Базюк Сергей Сергеевич

Подпись руки Базюка С.С. и Мокрушина А.А. заверяю.

Начальник отдела кадров и социально-
трудовых отношений




15.08.18
М.П. подпись, дата
Мельникова Маргарита
Васильевна