

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Аникина Александра Сергеевича на тему

«Определение диффузионных характеристик трития в конструкционных и функциональных материалах реакторных установок различных типов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.8 – «Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов» (технические науки)

1 Актуальность темы диссертационного исследования.

Диссертация Аникина Александра Сергеевича посвящена разработке методов оценки и определению диффузии трития в материалах для изготовления внешнего контура перспективных реакторных установок для обоснования радиационной безопасности при их эксплуатации и проектирования систем улавливания и утилизации тритийсодержащих отходов. Учитывая перспективы развития атомной энергетики в направлении замыкания ядерного топливного цикла, а также опасность трития для обслуживающего персонала, как источника облучения, тема диссертации является актуальной и практически важной.

2 Общая характеристика содержания диссертации

Диссертация изложена на 147 страницах, содержит 33 таблицы, 71 рисунок. Работа состоит из списка сокращений, введения, пяти глав, каждая из которых завершается выводами, заключения, списка литературы (124 позиции) и одного приложения. Диссертация написана хорошим русским языком. Цель работы сформулирована диссертантом как: определение диффузионных характеристик трития в кандидатных конструкционных и функциональных материалах перспективных реакторных установок.

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, степень разработанности темы исследования, цель и задачи, которые необходимо решить для достижения цели, научная новизна, а также теоретическая и практическая значимость работы, методология и методы исследования, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация результатов. Перечислено приложение, подтверждающее внедрение результатов, описан личный вклад автора диссертации.

Первая глава диссертации представляет собой литературный обзор, содержащий описание перспективных реакторных установок атомной отрасли, где раскрыты используемые конструкционные и функциональные материалы. Дано подробное описание многостадийного процесса взаимодействия водорода с металлами и другими конструкционными материалами: физическая адсорбция, активированная адсорбция,

Вход. № 26/15404

26.11.2024

растворение, диффузия и химическое взаимодействие с образованием химических соединений. Вкратце дается анализ известных методов измерения распределения трития: спектроскопия тормозного излучения, метод кислотного травления, автордиография и более современный метод – радиоломинография. Для определения диффузионных характеристик трития кроме метода радиоломинографии используется «классический» мембранный метод. Исследование взаимодействия трития с расплавами солей фторидов металлов всегда усложняется агрегатным состоянием и высокой коррозионной активностью фторидов. Для решения данной задачи автор предлагает использовать аппараты с двухслойной мембраной, где расплав соли размещается над тонкой фольгой из никеля.

Вторая глава содержит перечень оборудования и материалов, использованных в работе, а также подробное изложение методов исследований, которые позволили получить достоверные и достаточно исчерпывающие результаты. Следует отметить, что диссертант провел глубокий статистический анализ полученных результатов, поэтому достоверность результатов не вызывает сомнений.

Третья глава содержит оценку влияния различных факторов на диффузию трития в реакторных материалах. Автором установлено, что от температуры процесса зависит глубина проникновения трития, а от давления и времени насыщения концентрация трития в диффузионном слое. Методом радиоломинографии получены профили распределения трития по глубине образцов, а с помощью модели с постоянным источником и бесконечным стоком определены эффективные коэффициенты диффузии трития. Методика радиоломинографии верифицирована с использованием образцов с известными диффузионными характеристиками из стали марки 316 L и никеля марки НП2.

Четвертая глава посвящена проведению мембранных испытаний. На мембранах из никеля марки НП2 получены эффективные коэффициенты диффузии, проницаемости и растворимости трития и выполнена верификация методики. Аналогичным образом проведены исследования реакторного сплава ХН80МТЮ. Сплав ХН80МТЮ, хотя и основан на никеле, демонстрирует другие параметры проницаемости трития по сравнению с никелем марки НП2. Коэффициенты диффузии трития для сплава ХН80МТЮ имеют значения, сопоставимые с показателями нержавеющей сталей. При этом растворимость трития в никеле марки НП2 уменьшается с увеличением температуры, в то время как у сплава ХН80МТЮ она возрастает.

Пятая глава посвящена исследованию диффузионных характеристик трития в расплавах фторидов лития и бериллия двух составов. Отработка и верификация методики проведена с использованием фольги из никеля марки НП2. Анализируемые расплавы

солей планируется использовать в качестве несущей соли и теплоносителя первого контура охлаждения реактора ИЖСР. Для двух составов автором получены температурные зависимости эффективных коэффициентов диффузии и растворимости трития.

Выводы, сделанные автором по результатам проведенных исследований в Заключении, отражают содержание работы и являются обоснованными. Диссертация однозначно имеет практическую значимость, результаты внедрения работы Аникина А.С. подтверждены актом, приведенным в приложении. Работа оформлена в соответствии с требованиями, предъявляемыми к диссертационным работам, обладает внутренним единством. Материал изложен логично, иллюстрирован рисунками и таблицами. Автореферат отражает содержание диссертации.

3 Достоверность и новизна научных положений, выводов и результатов состоит в следующем:

- впервые определены и верифицированы значения эффективных коэффициентов диффузии, проницаемости и эффективная растворимость трития для сплава марки ХН80МТЮ на основе никеля при температурных условиях эксплуатации жидкосолевого реактора;

- подтверждена возможность использования метода радиолюминографии для определения эффективных коэффициентов диффузии трития в твердофазных материалах, с сохранением технологии изготовления изделий;

- предложена модель для обработки данных по диффузии трития в конструкционных и функциональных материалах, которая расширяет возможности мембранного метода и позволяет повысить точность аппроксимации экспериментальных результатов;

- впервые определены диффузионные характеристики трития в расплавах фторидов лития и бериллия, предназначенных для использования в исследовательском жидкосолевом реакторе.

4 Значимость для науки и практики полученных автором диссертации результатов заключается в следующем:

- разработаны методики определения диффузионных характеристик трития в конструкционных и функциональных материалах реакторных установок различными способами, обладающие взаимной согласованностью результатов, и позволяющие проводить исследования скорости диффузии трития в реальных объектах, изготовленных без изменений технологических процессов;

- получены и интерпретированы экспериментальные данные, которые позволяют прогнозировать диффузию трития в реакторных установках на быстрых нейтронах с жидкометаллическим теплоносителем и в реакторных установках с жидкосольевым ядерным реактором;

- разработана эмпирическая математическая модель для расчёта потока водорода, прошедшего через мембрану, позволяющая выражать процесс диффузии изотопов водорода как в интегральном, так и в дифференциальном виде.

5 Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность и обоснованность результатов диссертации Аникина А.С. подтверждается системным подходом и применением современных методов исследования диффузионных характеристик трития и статистической обработки полученных данных, сравнительным анализом результатов с опубликованными научными разработками в данной сфере; публикациями полученных автором научных результатов в рецензируемых научных журналах, а также апробацией работы на российских и международных конференциях/симпозиумах. Все выводы и рекомендации, сделанные автором работы, достаточно обоснованы.

6 Личный вклад автора заключается в постановке целей и задач, обосновании результатов экспериментов, изложении научных положений и выводов, разработке методик проведения экспериментов, конструкторской и технологической документации на образцы для исследования, испытательное оборудование и отдельные узлы установок, а также непосредственное проведение испытаний и обработка результатов экспериментальных исследований по определению диффузионных характеристик трития в кандидатных конструкционных и функциональных материалах реакторных установок.

7 Полнота опубликования основных результатов диссертационной работы

Основные результаты диссертации Аникина А.С. представлены в 7 публикациях в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science, Scopus, РИНЦ, 5 из которых рекомендованы ВАК для опубликования результатов кандидатских и докторских диссертаций. Результаты работы доложены на 10 российских и международных конференциях.

8 Замечание по диссертации

По содержанию и оформлению диссертационной работы имеются следующие замечания и вопросы:

1. Титульный лист диссертации оформлен не по ГОСТ 7.32;

2. Стр. 8-9: постоянно перемежаются термины тритий и водород, что в данном пункте должно быть пояснено. Стр. 22: Диффузия обозначается в тексте двумя разными «Д». Стр. 35: буквенные обозначения D и T использовались для обозначения коэффициента диффузии и температуры, далее они используются для обозначения дейтерия и трития. В тексте одной работы это не допускается. Стр. 29 и далее: не расшифрована аббревиатура РБ.

3. Стр. 18 и 65: неудачные формулировки.

4. Стр. 20 и 147 орфографические ошибки.

5. Стр. 60: Литературный обзор должен заканчиваться постановкой задачи исследования.

6. Стр. 72-73, 82 - синтаксические ошибки.

7. Стр. 74: $K_{T/H}$ - коэффициент очень условно применим к диффузии, так как количество нейтронов и масса изотопа незначительно влияют на размеры самого атома, а именно от размеров зависит диффузионный процесс.

8. Стр. 80-81: Отсутствуют расшифровки обозначений в формулах 2.15 – 2.20, 3.2.

9. Стр. 103, 125 – полученные экспериментальные точки не ложатся на прямую, что не было учтено при дальнейшем рассмотрении.

10. Стр. 101 и далее на рисунках приведены графики с различной шкалой по оси ординат, что вносит путаницу при чтении диссертации.

11. Также необходимо отметить, что в работе не исследовались такие важные показатели, как влияние градиента температуры по толщине металла, механические характеристики материалов после диффузии трития, что является важным с точки зрения долговечности реакторов.

Тем не менее, необходимо отметить, что данная диссертация имеет малый процент ошибок, в целом же написана грамотным языком, изложена последовательно и решен главный вопрос – радиационной безопасности. Указанные замечания по диссертационной работе не снижают ее научной, практической и теоретической значимости.

9 Заключение о соответствии диссертации и автореферата критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней.

На основании вышеизложенного считаю, что представленная диссертационная работа отвечает требованиям пп. 9 – 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в действующей редакции), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – Аникин Александр Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени

кандидата технических наук по специальности 2.6.8 - «Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов» (технические науки).

Отзыв подготовил:

Главный научный сотрудник лаборатории «Климатические, микробиологические исследования и пожаробезопасность материалов», доктор технических наук по специальности 05.02.13 (Машины, агрегаты и процессы (нефтедобыча)), Лаптев Анатолий Борисович


24.11.2024 А.Б. Лаптев

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», лаборатория «Климатические, микробиологические исследования и пожаробезопасность материалов»

Почтовый адрес: 105005, Россия, Москва, ул. Радио, д. 17;

Телефон: +7 (499) 263-88-70; +7 (499) 261-86-77;

e-mail: admin@viam.ru

www.viam.ru/

Подпись Лаптева Анатолия Борисовича удостоверяю
Начальник управления «Научная и образовательная деятельность»
НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ
Кандидат технических наук, 
доцент Д.С. Свириденко

