

О Т З Ы В

официального оппонента Неустроева Виктора Степановича на диссертацию Елены Владимировны Юрченко: «Исследование и прогнозирование радиационного и теплового охрупчивания материалов эксплуатируемых и перспективных корпусов реакторов ВВЭР», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – Материаловедение (машиностроение)

Диссертационная работа без сомнения актуальна, так как получение дозно-временных зависимостей охрупчивания материалов корпусов реакторов типа ВВЭР, позволяет продлить срок службы действующих реакторов и точнее определить сроки службы корпусов реакторов новых поколений, что является одним из приоритетных направлений политики Госкорпорации Росатом.

Основные сокращенные цели работы:

- Разработка дозо-временных зависимостей, описывающих кинетику охрупчивания материалов корпусов эксплуатирующихся и проектируемых реакторов типа ВВЭР в процессе эксплуатации под действием нейтронного облучения и теплового старения.
- Определение закономерностей влияния интенсивности нейтронного облучения (флакса нейтронов) на охрупчивание корпусных материалов.
- Разработка экспериментально-расчетного метода для ускоренного прогнозирования теплового старения корпусных материалов.
- Установление пороговых значений концентраций примесных элементов в материалах КР ВВЭР, ниже которых сопротивление охрупчиванию не увеличивается (сдвиг критической температуры хрупкости не уменьшается).
- Прогнозирование трансформации температурной зависимости вязкости разрушения по данным испытаний образцов на ударный изгиб.

Вх. № <u>139746</u>	Исполнено
<u>20 04 2015</u> г.	В ДЕЛО
Основн. _____ л.	№ _____
Прил. _____ л.	подп. _____

Работа, состоит из введения, шести глав, заключения и списка литературы, включающего 178 наименований. Объем диссертации - 170 страниц текста, включая 63 рисунков и 17 таблиц.

Во введении кратко обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цели работы, научная новизна и практическая ценность работы, приведены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе проанализированы литературные данные и показана важная роль факторов, влияющих на радиационное охрупчивание материалов корпусов реакторов (КР), которыми являются нейтронное облучение (флюенс и флакс нейтронов), температура облучения, химический состав материалов.

Вторая глава посвящена исследованию радиационного охрупчивания стали типа 15Х2МФА (15Х2МФА, 15Х2МФА-А и 15Х2МФА-А мод. А и мод. Б) и металла ее сварных швов. Введены понятия пороговых и предельных значений содержания фосфора и меди с точки зрения их влияния на радиационное охрупчивание материалов. Автором показано, что пороговое значение определяет минимальное содержание примесных элементов, ниже которого сопротивление металла радиационному охрупчиванию не увеличивается. С понижением температуры отпуска предельное значение меди снижается, что связано с пределом растворимости этих элементов в металле. Выполнена оценка пороговых и предельных значений содержания фосфора и меди для стали типа 15Х2МФА и металла ее сварных швов.

Третья глава посвящена исследованию радиационного охрупчивания стали типа 15Х2НМФА (15Х2НМФА-А и 15Х2НМФА-А класс 1) и металла ее сварных швов. Эти стали используются для изготовления КР ВВЭР-1000, кроме того использование стали 15Х2НМФА-А класс 1 предусмотрено для изготовления КР новых реакторных установок (ВВЭР-ТОИ). Автором показано, что сталь типа 15Х2НМФА и металл ее сварных швов

охрупчиваются в процессе эксплуатации, как за счет нейтронного облучения, так и за счет теплового старения.

Четвертая глава посвящена исследованию влияния интенсивности нейтронного облучения (флакса нейтронов) на охрупчивание материалов корпусов реакторов ВВЭР в зависимости от доминирования того или иного механизма радиационного повреждения.

В пятой главе описан предложенный новый метод для прогнозирования охрупчивания корпусных реакторных материалов за счет зернограницных сегрегаций фосфора, развитие которых протекает в необлучаемых частях КР типа ВВЭР при температуре эксплуатации.

В шестой главе проведен анализ корреляции между сдвигом критической температуры хрупкости, определенной на образцах на ударный изгиб, и сдвигом референсной температуры, определенной при испытаниях на вязкость разрушения.

В последнем разделе достаточно кратко и обоснованно сформулированы выводы, позволяющие четко представить существо проделанной работы.

Практическая значимость полученных результатов просто удивительна, так как все основные полученные закономерности охрупчивания корпусных сталей уже сейчас внедрены и используются в методиках расчета на сопротивление хрупкому разрушению и других руководящих документах ОАО «Концерн Росэнергоатом» различного уровня, что говорит о своеобразном знаке качества проведенной работы. Особенно следует отметить, что закономерности охрупчивания корпусных сталей вошли в Международный код МАГАТЭ «Verlife», что говорит о международном признании работы.

К достоинствам работы можно отнести достаточно большой объем полученных экспериментальных данных, анализ результатов с точки зрения физических моделей и представлений радиационной физики

конденсированного состояния.

Поставленные цели, результаты, научная новизна, практическая значимость и выводы работы в основном соответствуют друг другу.

Диссертация изложена логично и ясным языком. Хорошо прослеживается внутреннее единство работы.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации и опубликованным работам.

Тема диссертации соответствует паспорту научной специальности.

Следует отметить достаточно хорошую опубликованность и апробацию основных результатов и выводов диссертационной работы.

По содержанию диссертации можно высказать следующие вопросы и замечания:

1. В работе использовались три базы данных: исследовательских программ ЦНИИ КМ «Прометей», образцов-свидетелей, исследованных в НИЦ «Курчатовский институт» и образцов-свидетелей, используемых в документах МАГАТЭ. Для статистической обработки данных из этих баз желательно и необходимо быть уверенными в получении данных одинаковыми методами на подобном оборудовании, для чего необходимо проводить сличительные эксперименты на серии одинаковых образцов во всех трех лабораториях. Проводились или планируются такие эксперименты?
2. Получены ли микроструктурные доказательства того, что вклады в охрупчивание от теплового старения и влияния флюенса аддитивны?
3. В работе использовались методы статистической обработки больших массивов экспериментальных данных. Полученные параметры (коэффициенты) в регрессионных соотношениях указываются в работе вплоть до четвертой значащей цифры, оправдана ли такая точность?
4. В работе есть незначительные погрешности по тексту, к которым относится, например, перенос подрисуночных надписей на следующую страницу.

Отмеченные замечания ни в коей мере не умаляют ценности выполненной работы.

В целом, исходя из представленных автореферата и диссертации, можно сделать вывод, что по уровню и объему проведенных исследований, интересным новым экспериментальным данным и большой практической значимости, диссертационная работа представляет собой законченное исследование и удовлетворяет квалификационным критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – Материаловедение (машиностроение), согласно п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», а её автор Елена Владимировна Юрченко, присвоения ученой степени кандидата технических наук по упомянутой специальности.

Виктор Степанович Неустроев
доктор технических наук, с.н.с.,
Ведущий научный сотрудник,
Отделения реакторного материаловедения
АО «ГНЦ НИИАР»,
Тел: (84235)65324,
e-mail: neustroev@niiar.ru



Подпись заверяю
Ученый секретарь АО «Государственный
научный центр Научно-исследовательский
институт атомных реакторов»,
кандидат технических наук




Ю.А. Валиков