

## Отзыв

на автореферат диссертации Жучкова Георгия Михайловича на тему «Особенности фазообразования в сталях корпусов реакторов ВВЭР-440 и ВВЭР-1000 после первичного и повторного облучений» представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.03 (ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации)

Целью диссертационной работы Жучкова Георгия Михайловича является исследование радиационно-индуцированных изменений структуры сталей корпусов реакторов ВВЭР-440 и ВВЭР-1000 в процессе воздействия эксплуатационных факторов и восстановительных отжигов металла корпуса реактора (КР) для уточнения действующих механизмов радиационного охрупчивания, определяющих ресурс КР и реакторной установки в целом, за весь назначенный и продленный период их эксплуатации.

В настоящее время энергоблоки с корпусными водоохлаждаемыми реакторами составляют основу мировой и российской атомной энергетики. Основу российского парка находящихся в эксплуатации энергоблоков составляют ядерные энергетические установки (ЯЭУ) с реакторами ВВЭР-440 и ВВЭР-1000. При этом заметная часть энергоблоков уже выработала проектный ресурс, на части блоков были проведены операции восстановительного отжига корпуса реактора или металла шва. Оценка ресурса корпусов реакторов (КР), являющихся несменяемыми элементами реакторных установок АЭС, и обоснование возможного продления назначенных сроков эксплуатации КР является важной задачей, как для обеспечения требований безопасности, так и для получения экономического эффекта от продления срока службы КР. Выполненная работа направлена на повышение надёжности прогнозных зависимостей изменения механических свойств материалов КР в процессе эксплуатации, уточнение действующих механизмов радиационного охрупчивания, связанных с радиационно-индуцированным фазообразованием и является актуальной в связи с

принятием решений о продлении срока эксплуатации ядерных реакторов до 60 лет и более.

Таким образом, тема представленной диссертационной работы является актуальной и имеющей большое практическое значение в рамках обоснования ресурса КР ВВЭР с учетом восстановительных отжигов.

Автором представленной работы проведены обширные и глубокие исследования структуры основного металла и металла шва корпуса реактора в различных состояниях, при этом исследовался как металл образцов-свидетелей, так и экспериментальные образцы. Исследования проведены с использованием самых современных высокоразрешающих методов, таких как атомно-зондовая томография (АЗТ), просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ), оже-электронная спектроскопия (ОЭС) и т.д., что позволило перейти на качественно новый уровень изучения механизмов радиационных повреждений металла КР по всему циклу эксплуатации ЯЭУ.

Подробно изучены особенности эволюции радиационно-индуцированных элементов структуры в зависимости от различных факторов: флюенса и флакса нейтронов, проведенных восстановительных отжигов, количества циклов облучение/отжиг и т.д.

Установлены состав, особенности морфологии и плотность выделения радиационно-индуцированных фаз и структурных элементов, проведена статистическая обработка результатов с проверкой значимости различных факторов. Установлена роль различных элементов при различных условиях формирования радиационно-индуцированных преципитатов

Достоверность результатов исследований обеспечена применением самых современных методов структурных исследований и хорошей сходимостью с данными научных источников.

Представленная работа представляет собой законченное научное исследование и выполнена на высоком научном и методическом уровне. В качестве недостатков можно указать отсутствие данных о зависимости структурных изменений от исходного содержания легирующих, вредных и

примесных элементов, также не представлены связи структурных изменений с эволюцией вязко-пластических свойств металла КР, деградация которых в процессе эксплуатации и определяет ресурс ЯЭУ, однако эти темы выходят за формальные рамки работы и их раскрытие следует рассматривать скорее в качестве пожеланий.

По актуальности, содержанию, новизне и практической значимости представленная диссертация полностью соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Жучков Георгий Михайлович заслуживает присуждения научной степени кандидата технических наук по специальности 05.14.03 – ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации.

Научный руководитель ИМиМ,  
лауреат Государственной премии СССР,  
премии Правительства РФ, д.т.н., профессор

Заместитель генерального директора –  
директор ИМиМ, к.ф.-м.н.



В.С.Дуб

30.08.2021

И.А. Иванов

