



ГОСКОРПОРАЦИЯ «РОСАТОМ»

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ТРОИЦКИЙ ИНСТИТУТ ИННОВАЦИОННЫХ И ТЕРМОЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

(АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ»)

Адрес: 142190, г. Москва, г. Троицк, ул. Пушковых, владение 12, Телеграф/телекс: 206178 LINER RU,
Телеграф: г. Москва, г. Троицк, ГНЦ РФ ТРИНИТИ, Телефакс: +7(495) 841-57-76; E-mail: liner@triniti.ru; WEB-сервер: www.triniti.ru
ОКПО: 08624272; ОГРН: 1157746176400; ИНН/КПП: 7751002460/775101001

18.11.2015 № 226-10/21/1643

на _____

Диссертационный совет Д 411.006.01
ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей»

191015, г. Санкт-Петербург,
ул. Шпалерная, д. 49

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации

СОРОКИНА Александра Андреевича

на тему: **«Физико-механическое моделирование деформирования и разрушения
сильнооблученных аустенитных сталей и разработка методов прогнозирования свойств
материалов для ВКУ ВВЭР»**, представленной на соискание ученой степени кандидата
технических наук по
специальности 05.16.09 «материаловедение (машиностроение)»

Диссертация А.А. Сорокина посвящена физико-механическому моделированию разрушения материалов внутрикорпусных устройств (ВКУ) реакторов ВВЭР из аустенитных сталей. А.А. Сорокин исследует влияние высокодозного нейтронного облучения на снижение трещиностойкости и пластичности аустенитных сталей. В выполненных исследованиях учитывается влияние многих факторов, определяемых исходными параметрами материалов и условиями эксплуатации. К этим факторам относятся эффекты радиационного распухания, радиационной ползучести и образования радиационно-индуцированных выделений. Актуальность работы связана с отсутствием на момент начала работы методологии, позволяющей выполнять оценки прочностных свойств элементов ВКУ с учетом условий эксплуатации. На необходимость развития методик, описывающих деградацию прочностных характеристик элементов ВКУ, указывает зарубежный опыт на реакторах PWR.

Целью работы является разработка физически обоснованных методик оценки прочности и работоспособности элементов ВКУ ВВЭР с учетом эксплуатационных факторов.

Диссертационная работа А.А. Сорокина состоит из введения, шести глав и выводов.

Вх. № <u>3963</u>	Исполнено
<u>25.11.15</u>	В ДЕЛО
Основн. <u>3</u> л.	Фе
Прил. _____ л.	подп. _____

Во **введении** обоснована актуальность проблемы. В **первой главе** рассмотрены условия эксплуатации ВКУ ВВЭР, анализ влияния эксплуатационных факторов на основе литературных данных. Во **второй главе** предложены критерии обеспечения прочности ВКУ в процессе эксплуатации. Они заключаются в следующем: за рассматриваемый период эксплуатации ВКУ не достигается критический размер трещины, не превышен предел прочности и не происходит «недопустимое изменение размеров элемента конструкции».

В **третьей главе** исследуется влияние фазового $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения в аустенитных сталях, вызываемого перераспределением легирующих элементов под облучением, на процесс растрескивания. Количество выделений α -фазы в объеме зерен коррелирует с распуханием, поскольку распухание определяет площадь стоков для дефектов и примесных атомов. Различие мод растрескивания в зависимости от дозы облучения связано с выделениями α -фазы. При малом и большом количестве α -фазы она сосредоточена в объеме зерна или на его периферии. Соответственно, разрушение при средних и больших дозах облучения протекает по межзеренному механизму и по механизму внутреннего скола, соответственно.

В **четвертой главе** построены зависимости для прочности и деформационного упрочнения стали 08X18H10T и металла шва от температуры испытаний, температуры облучения и дозы облучения.

В **пятой главе** исследуются механизмы повреждения и разрушения облученных аустенитных сталей. Построена модель разрушения, рассматривающая зарождение, рост и объединение радиационно-индуцированных пор и деформационных пор в материале. С помощью модели показано, что причиной резкого снижения предела прочности и вязкого разрушения материала при определенных уровнях пористости является объединение вакансионных пор и уменьшение размера зоны процесса от размеров зерна до расстояния между крупными порами.

В **шестой главе** развит подход, позволяющий прогнозировать скорость роста трещины в материале ВКУ в условиях радиационной ползучести в процессе нейтронного облучения. Предполагается равенство величины константы Монкмана-Гранта для термоактивированной и радиационной ползучести при межзеренном механизме разрушения. Проведена оценка максимально возможной скорости роста трещины во внутрикорпусной выгородке реактора ВВЭР-1000.

По теме диссертации А.А. Сорокиным опубликованы многочисленные статьи в рецензируемых российских и зарубежных научных журналах. Работа А.А.Сорокина прошла полноценную апробацию, ее выводы и результаты не вызывают сомнения. Основные материалы диссертации докладывались на отраслевых российских и зарубежных конференциях и семинарах.

К содержанию и оформлению автореферата можно сделать несколько замечаний:

1. В шестой главе было бы полезным описать или сослаться на исходные уравнения, связывающие распространение межзеренной трещины и константу в уравнении Монкмана-Гранта.
2. Везде, где используемые начальные выражения имеют физическое обоснование, (например, выражение (2)), было бы полезным кратко прокомментировать их в тексте.

Эти замечания не снижают общего положительного впечатления и высокой оценки работы. Следует также отметить значимый экономический эффект, который следует из результатов диссертации, полученных А.А. Сорокиным.

В целом диссертация А.А. Сорокина, судя по автореферату, соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, и её автор, несомненно, заслуживает присуждения данной учёной степени по специальности 05.16.09 «материаловедение (машиностроение)».

Начальник отдела
АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ»,
д-р физ.-мат. наук, профессор

Подпись Лиханского В.В. заверяю:
Ученый секретарь АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ»,
канд. физ.-мат. наук



Лиханский Владимир Валентинович

Ежов А.А.