

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Болотникова Алексея Игоревича «Исследование закономерностей деградации конструкционных материалов в процессе нагружения методами механики и физики разрушения» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Все конструкционные материалы, работающие в условиях циклического нагружения под действием механического нагружения, воздействия окружающей среды, тепловых, коррозионных и радиационных полей, накапливают необратимые повреждения, уровень которых напрямую связан с остаточным ресурсом конструкций и машин в различных отраслях промышленности. Поэтому важным и *актуальным* направлением научных исследований является изучение поврежденного состояния материала на различных стадиях деградации технических систем. В работе Болотникова А.И. различный уровень поврежденности сталей достигается за счёт предварительного циклического воздействия, а последующее статическим нагружением позволяет осуществлять контроль механических и физических свойств материала в рамках лабораторного эксперимента, включая метод акустической эмиссии (АЭ) для контроля процессов возникновения, роста и накопления повреждений в объеме материала в режиме реального времени, и корреляции цифровых изображений (КЦИ) для прямого измерения полей деформации на поверхности образца.

Научная новизна работы соискателя состоит в установлении общих эмпирических закономерностей изменения параметров АЭ и КЦИ в результате накопления повреждений в бейнитных (F500W, 15X2ГМФ) и аустенитных сталях (12X18Н10Т и 316L, полученной методом селективного лазерного сплавления); определения площадей пластических зон со слабой и сильной степенью деформации, и их эволюции, отражающей стадийность процесса разрушения; разработке комплекс диагностических критериев циклической деградации, информативность которых установлена при коррозионных испытаниях трубной стали 15X13Н2; выделения на диаграмме деформирования особенностей начала локализации деформации и формирования сильнодеформированной пластической зоны; выделения зависимостей параметров АЭ и КЦИ от размера зерна для стали 12X18Н10Т после термической обработки, подобных соотношению Холла–Петча.

Из *положений, выносимых на защиту*, следует отметить результаты апробации разработанных критериев циклической деградации сталей на примере коррозионной деградации стали 15X13Н2, подтверждающие применимость предложенного подхода к иному виду эксплуатационного воздействия.

Практическая значимость результатов работы заключается в разработке комплекса диагностических критериев оценки степени усталостной поврежденности сталей на основе параметров АЭ и КЦИ, обеспечивающий повышение достоверности прогнозирования остаточного ресурса ответственных конструкций в судостроении, нефтегазовой отрасли и энергетике, в том числе изготовленных из арктической судостроительной стали F500W, стали нефтяных насосных штанг 15X2ГМФ; разработке ПО количественного анализа полей

деформации и размеров пластических зон по данным КЦИ для оценки степени деградации материала; внедрение результатов работы в деятельность ООО «Центр исследований экстремальных ситуаций» при совершенствовании алгоритмов оценки технического состояния несущих конструкций в составе систем мониторинга гидротехнических сооружений и при разработке методической базы экспертизы промышленной безопасности опасных производственных объектов.

Диссертанта отличает *системность и тщательность* выполненных работ, включая анализ современного состояния исследований, использование методов АЭ и КЦИ, разработку ПО количественного анализа размеров пластических зон, выполнения анализа и интерпретация экспериментальных результатов, подготовки статей и докладов.

В автореферате обоснованы *достоверность* полученных результатов, которые были апробированы на 5 мероприятиях всероссийского и 2 международного уровня, опубликованы в 10 научных статьях, включая 8 в изданиях, рекомендованных перечнем ВАК, и 2 в журналах, индексируемом в базах данных Web of Science и Scopus.

Имеются следующие *замечания*: 1) формулировка названия работы имеет весьма общий характер, и не отражает специфику проведенных исследований; 2) оценивалось ли количественно повышение достоверности и эффективности неразрушающего контроля и прогнозирования остаточного ресурса критически значимых объектов судостроения, нефтегазовой отрасли и энергетики на основе разработанного на разработку комплекса диагностических критериев оценки степени усталостной поврежденности сталей на основе параметров АЭ и КЦИ; 3) несмотря на высокую достоверность выявленных закономерностей накопления повреждений, физическая природа их осталась за рамками исследования, в автореферате отсутствуют количественные характеристики поврежденности, речь идёт только о параметрах деградации материала, которые могут быть напрямую и не связаны с повреждениями, а характеризовать лишь микро- и макроскопическую неоднородность свойств образцов, связанную с технологией их изготовления и особенностями выплавки конкретной партии стали, что ограничивает применимость полученных результатов.

Указанные замечания *не снижают* ценность полученных Болотниковым А.И. результатов.

Диссертация «Исследование закономерностей деградации конструкционных материалов в процессе нагружения методами механики и физики разрушения» соответствует специальности 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов, удовлетворяет критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а ее автор Болотников А.И. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Главный научный сотрудник отдела № 30 Моделирования разрушения и безопасности сложных систем ФГБУН ФИЦ «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» Институт физико-технических

проблем Севера им В.П. Ларионова Сибирского отделения Российской академии наук., действительный член АН РС(Я), доктор технических наук (специальность 01.02.06 – динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры)

« 21 » сентября 2026 г.



Лепов Валерий Валерьевич

Подпись Лепова В.В. удостоверяю, ученый секретарь ИФТПС СО РАН, к.ф.-м.н. Протождьяконова Надежда Анатольевна

« 21 » сентября 2026 г.



Н.А. Протождьяконова

ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр СО РАН»
Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН, Адрес:
677980, г. Якутск, ул. Октябрьская, д.1, ИФТПС СО РАН
Тел. 4112390600, e-mail: administration@iptpn.ysn.ru

Я, Лепов Валерий Валерьевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

« 21 » сентября 2026 г.:



В.В. Лепов