

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента на диссертационную работу Валиева А.С.  
на тему: «Определение критического уровня накопления усталостных  
повреждений в стали 09Г2С по характеру изменения параметров  
акустической эмиссии», представленный на соискание ученой степени  
кандидата технических наук по специальности 2.6.17. –  
«Материаловедение» (технические науки)**

### **1. Актуальность темы выполненной работы**

Частой причиной разрушений металлоконструкций и оборудования в нефтегазовой отрасли является развитие усталостной трещины в зонах концентрации напряжений вследствие длительных знакопеременных рабочих и внешних нагрузок. Своевременное обнаружение достижения предельного состояния материала оборудования с последующим проведением ремонтно-восстановительных работ позволяет избежать наступления аварийной ситуации, связанной с нарушением целостности опасного производственного объекта.

В настоящее время метод акустической эмиссии является одним из наиболее эффективных методов диагностики и контроля металлических материалов, находящихся в нагруженном состоянии. Применение этого метода позволяет определить текущее состояние нагруженного материала и предсказать возможность дальнейшей эксплуатации оборудования. Чувствительность метода АЭЖ к развивающимся дефектам позволяет использовать его в качестве инструмента для анализа микроструктурных изменений материала.

В связи с вышеизложенным диссертационная работа Валиева А.С., посвященная исследованию процесса усталостного разрушения и наступления критического состояния материала посредством изучения параметров акустической эмиссии и микроструктурных изменений является актуальной как с научной, так и практической точки зрения.

## **2. Достоверность и степень обоснованности, научных положений, выводов и рекомендаций**

Соискатель выполнил широкий обзор литературы, использовал представления, сформированные Ивановой В.С., Махутовым Н.А., Ивановым В.И., Мерсоном Д.Л. и другими ведущими учеными.

Для обеспечения достоверности результатов автор использовал современные методы исследования, которые реализовывались на сертифицированном оборудовании высокого класса точности. При проведении экспериментов и обработке полученных результатов использованы апробированные и оригинальные методы. Сформулированные выводы не противоречат общепризнанным представлениям о механике разрушения.

## **3. Научная новизна диссертации**

Научная новизна диссертационной работы связана с тем, что автором были получены полиномиальные зависимости параметров АЭ от количества циклов при усталостных испытаниях исходя из которых выявлены 2 критических уровня накопления усталостных повреждений для низколегированной конструкционной стали 09Г2С в области малоциклового нагружения:  $N_i/N_p=0,2-0,4$  и  $N_i/N_p=0,7-0,8$ . Снижение энергии импульсов АЭ в представленных периодах подтверждают представления о последовательной реализации процесса разрушения на каждом структурном уровне (микро-, мезо- и макро) и о рассеивании энергии деформации при переходе с нижнего уровня на верхний в процессе смены механизма адаптации материала к внешним нагрузкам.

Полученные результаты изменения параметров АЭ подтверждаются микроструктурными исследованиями металлографической текстуры стали, а именно:

- снижением среднего размера зерен феррита до  $N_i/N_p=0,7$ ;
- изменением вытянутости зерен феррита;
- ступенчатым повышением количества микропор.

## **Теоретическая и практическая значимость**

Теоретическая ценность работы заключается в том, что результаты исследований расширяют представления о полиэкстремальном характере накопления повреждений в низколегированной стали в области малоциклового усталости. Подтверждена возможность использования метода акустической эмиссии в качестве косвенного метода для оценки микроструктурных изменений в стали 09Г2С.

Практическая значимость работы заключается в применении алгоритма определения критического уровня накопленных повреждений при МЦУ по параметрам АЭ в программе технического освидетельствования сосудов, работающих в условиях циклического нагружения, экспертной организацией ООО «Техническая диагностика», а также в учебном процессе, в курсе лекций и практических работ по дисциплине «Оборудование и методы проведения испытания материалов» ФГБОУ ВО УГНТУ.

## **4. Оценка содержания диссертации**

Диссертация изложена на 130 страницах, состоит из введения, 4 глав и общих выводов. Список использованных литературных источников включает 142 наименования. Материал изложен технически грамотно, последовательно и с необходимыми обоснованиями. Выводы логически следуют из результатов исследований. Оформление соответствует установленным требованиям.

**Введение** содержит основные положения, включая актуальность темы, соответствие паспорту специальности, степень разработанности темы, формулировки цели и задач, методы исследований, научную новизну, защищаемые положения и практическую ценность полученных результатов.

**В первой главе** приведен аналитический обзор отечественных и зарубежных литературных источников. Подробно рассмотрены этапы исследования явления усталостного разрушения, а также основные закономерности генерации акустических волн при нагружении материала.

Изучены современные исследования, посвященные анализу состояния материалов неразрушающими методами контроля, в том числе методом акустической эмиссии.

**Во второй глава** приведено обоснование выбора материала, исследуемых параметров и применяемого оборудования. В качестве объекта исследования выбрана низколегированная конструкционная сталь 09Г2С, которая часто применяется в качестве материала для сосудов и аппаратов, работающих под избыточным давлением в условиях циклического нагружения.

Приведено описание оборудования для усталостных испытаний на чистый симметричный изгиб, статического растяжения, измерительной АЭ аппаратуры. Описаны методы проведения микроструктурного анализа.

**В третьей главе** представлены результаты по исследованию связи изменения параметров АЭ от уровня накопленных повреждений. Автором выполнена серия экспериментов при усталостных испытаниях на чистый симметричный изгиб; статическом растяжении образцов, подверженных циклическому нагружению; внедрении твердосплавного индентора в процессе усталостных испытаниях. Результаты всех трех видов нагружения показали, что при достижении уровня накопленных повреждений  $N_i/N_p = 0,2-0,4$  и  $N_i/N_p = 0,7-0,8$  происходит снижение энергии АЭ. Данный вывод представляется важным с точки зрения понимания механизма адаптации материала к приложенным нагрузкам.

**Четвертая глава** диссертации содержит результаты микроструктурного анализа металлографической текстуры, а также анализ поверхности разрушения образцов с различным уровнем накопленных повреждений. Соискателем показан характер изменения зерен перлита, феррита, количества микропор при МЦУ.

**В заключении** приведены основные выводы и результаты диссертационной работы.

## **5. Оценка содержания и оформления автореферата**

Диссертация и автореферат по оформлению соответствуют установленным требованиям. Содержание автореферата полностью соответствуют содержанию диссертации и дает представление об использованных методах исследований и полученных результатов.

## **6. Апробация и публикации результатов исследований**

Диссертационная работа является законченной научно-исследовательской работой. Результаты проведенных исследований опубликованы в 16 научных работах, в том числе 2 в ведущих рецензируемых научных журналах, включенных в перечень ВАК Минобрнауки России. Материалы исследований докладывались на научно-технических конференциях и семинарах.

## **7. Замечания по диссертации**

- 7.1 Единицы измерения амплитуд импульсов акустической эмиссии не соответствуют требованиям ГОСТ Р ИСО 12716-2009. Значения амплитуд в децибелах должны быть определены относительно напряжения 1 мкВ и соответствовать диапазону 10 – 150 дБ, в то время как, на рис.3.9 – 3.10 значения амплитуд достигают 24000 дБ, а на рис.3.14 – 3.15 имеют порядок  $10^{-6}$  дБ.
- 7.2 Из текста диссертации (п.3.1.1 стр. 49) следует, что испытания на циклическую усталость проводились с изменением частоты нагружения, вызванным переходом от автоматического режима к ручному. Подобное изменение режима нагружения влияет на закономерности генерации импульсов акустической эмиссии, и данные, полученные таким образом, не будут в полной мере соответствовать заявленным теоретическим моделям.
- 7.3 Параметры измерительной аппаратуры описаны в работе недостаточно подробно, в частности, не указан тип преобразователя акустической эмиссии (резонансный или широкополосный), не приведены значения его резонансной частоты и полосы пропускания, а также параметры

измерительного тракта – частота дискретизации и характеристики частотных фильтров. В связи с этим, не представляется возможным сделать вывод о соответствии частотных параметров системы сбора данных частотным характеристикам источников акустической эмиссии, исследуемых в рамках данной работы.

7.4 Методические аспекты описаны в работе недостаточно подробно, не приведены формулы рассматриваемых параметров акустической эмиссии, также отсутствует описание алгоритмов фильтрации шумов, или иные данные, подтверждающие помехоустойчивость полученных результатов. Не проведен анализ дисперсии, подтверждающий как значимость меры различия информативных параметров результирующих зависимостей при разном уровне накопленных повреждений, так и незначительность разброса данных в каждой точке.

7.5 В тексте работы нет достаточного пояснения различий между графиками, показанными на рисунках 3.9 и 3.10. На обоих рисунках показаны графики изменения амплитуды импульсов при растяжении для образцов с различным уровнем повреждений, однако на рисунке 3.9 показана высокая активность в области упругой деформации, а на рисунке 3.10 подобная активность отсутствует.

Данные замечания не снижают общей положительной оценки работы, не затрагивают научных основ и выводов, а имеют рекомендационный характер к дальнейшим исследованиям.

### **Заключение**

Диссертационная работа Валиева Айбулата Салаватовича является завершенной, самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технические решения, связанные с выявлением критических уровней накопления усталостных повреждений в низколегированной



стали 09Г2С по характеру изменения параметров акустической эмиссии и микроструктурному анализу металлографической текстуры. Полученные результаты имеют существенное значение для развития нефтегазовой отрасли, так как могут быть применены в качестве дополнительных диагностических признаков в процессе диагностики сосудов и аппаратов.

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 2.6.17. – «Материаловедение» (технические науки) и отвечает требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученой степени» (Постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842), предъявляемым к кандидатским диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук. Автор работы Валиев Айбулат Салаватович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. – «Материаловедение» (технические науки).

Официальный оппонент,  
Доктор технических наук (специальность 05.11.13 - Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий), профессор кафедры «Диагностические информационные технологии» ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», доцент

Барат  
Вера Александровна  
«01» ноября 2023 г.

Адрес: 111250, г. Москва,  
ул. Красноказарменная, д.14, стр.1  
Тел.: +7 (495) 361-76-73  
e-mail: [vera.barat@mail.ru](mailto:vera.barat@mail.ru)



Заместитель начальника  
кабинета по работе с персоналом  
Л.Н. ПОЛЕВАН

Согласна с включением моих персональных данных в документы, связанные с работой Диссертационного совета