

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук Вшивкова Алексея Николаевича на тему
«Расчетно-экспериментальный метод построения уравнения роста усталостной трещины в металлах на основе оценки диссипации энергии в ее вершине»
(1.1.8 –Механика деформируемого твердого тела)

Диссертация Вшивкова А.Н. посвящена разработке экспериментально-теоретического подхода для прогнозирования скорости роста усталостных трещин в металлах в условиях одноосного и двухосного циклического деформирования на основе измерения теплового потока в области вершины трещины. Актуальность темы обосновывается необходимостью уточнения методов прогнозирования эксплуатационного ресурса инженерных конструкций, снижения коэффициентов запаса прочности и предотвращения аварийных ситуаций, вызванных усталостными разрушениями.

Объем диссертации составляет 128 страниц и состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 126 наименований, 69-ти рисунков и 10-ти таблиц.

В первой главе на основании обзора теоретических моделей прогнозирования скорости роста усталостных трещин в металлах и экспериментальных методов визуализации и измерения длины трещины и теплового потока в ее вершине определено основное направление исследования - разработка модели распространения усталостной трещины на основе теплового потока в ее вершине по данным оригинального контактного датчика.

Во второй главе описывается экспериментальное оборудование, включающее предложенный датчик теплового потока, основанный на эффекте Зеебека. Конструкция датчика, защищенная патентом РФ № 201529783, позволяет повысить точность и стабильность показаний при длительном циклическом деформировании образцов, благодаря активной термостабилизации измерительного элемента. В автореферате приведены конструкция датчика с примером его реализации и калибровочные кривые теплового потока в зависимости от напряжения тока и времени.

Третья глава посвящена экспериментальному исследованию процесса распространения усталостной трещины и регистрации теплового потока в ее вершине при использовании разработанного и описанного во второй главе экспериментального оборудования. Исследовалось одноосное и двухосное циклическое деформирование образцов из нержавеющей стали 08X18H10 и технического титана Вt1-0. В автореферате приведены чертежи образцов и графики зависимости теплового потока от времени в процессе роста трещины в образцах при одноосном и двухосном деформировании. По результатам экспериментов установлена линейная зависимость между скоростью роста трещины и тепловым потоком.

В четвертой главе предложена аналитическая зависимость скорости роста трещины от теплового потока в области ее вершины, полученная на основе теоретической оценки величины диссипации энергии и обработки экспериментальных данных, описанных в третьей главе. В теоретической оценке теплового потока в вершине трещины автор, ссылаясь на ряд работ, исходит из того, что тепловой поток имеет два источника: монотонная и циклическая зоны пластических деформаций. При этом используются две гипотезы о том, что во-первых: полная энергия пластической деформации за один цикл нагружения равна сумме энергий в монотонной и циклической зонах, и во-вторых: полная деформация в области вершины трещины e_n связана с упругой деформацией e_y , полученной в результате решения линейно-упругой задачи о бесконечно тонком разрезе в упругой сплошной среде, соотношением $e_n = (E/E_s)^{0.5} e_y$, где E и E_s – модуль Юнга и секущий пластический модуль соответственно. Для проверки второй гипотезы автор проводит сравнение методом корреляции цифровых изображений размеров зон пластических деформаций, полученных им экспериментально на плоских образцах из технического титана ВТ1-0, с решением линейной задачи теории упругости для трех величин длины трещины. Показано, что разница экспериментальных и теоретических размеров не превышает 6%.

В этой же главе с учетом гипотезы о том, что большая часть энергии пластической деформации переходит в тепловую, на основании выражения для работы пластической деформации за один цикл, полученного Raju K. D (1972), предложена линейная аппроксимация зависимости между тепловым потоком и скоростью роста трещины, учитывающая условия нагружения. Коэффициенты аппроксимации получены по экспериментальным данным из главы 3 при одноосном нагружении образцов из нержавеющей стали и титана. По полученной аппроксимации был рассчитан тепловой поток в вершине усталостной трещины при двухосном нагружении тех же материалов и сопоставлен графически с ранее экспериментально измеренным. Сопоставление показало удовлетворительное соответствие расчетных и экспериментальных данных. В конце четвертой главы автор показывает на графиках линейную зависимость скорости роста усталостной трещины от нормированного теплового потока как для одноосного, так и для двухосного нагружения образцов из нержавеющей стали и титана и делает вывод об универсальности предложенного им соотношения и возможности его использования для прогнозирования распространения усталостной трещины.

В заключении изложены основные выводы по работе.

Основные положения по теме диссертации изложены в 11 публикациях и защищены патентом.

В автореферате, кроме основного содержания работы, указаны все требуемые разделы, включающие актуальность темы, цель, научную новизну, теоретическую и практическую значимость работы, методологию исследования, положения, выносимые на защиту, достоверность результатов, личный вклад автора, реализацию и апробацию работы и публикации. В качестве замечаний по работе следует указать следующие:

1. В диссертации экспериментально исследованы образцы из некорродирующих материалов (нержавеющая сталь 08X18H10 и технический титан ВТ1-0).

Судовые корпусные конструкции изготавливаются, как правило, из сталей и алюминиевых сплавов, подверженных коррозии в морской воде. Коррозионная среда способствует увеличению скорости роста трещины и снижению усталостной долговечности конструкций. Из автореферата не ясно, может ли быть применима защищаемая экспериментально-теоретическая методика к судостроительной стали и алюминиевым сплавам в коррозионной среде.

2. На с.4 автореферата допущена опечатка в фамилии чл.-корр. АН СССР, контр-адмирала П.Ф. Папковича.

Указанные замечания не влияют на мою положительную оценку диссертации, соответствующей требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842 «О порядке присуждения ученых степеней».

Заведующий кафедрой строительной механики корабля Санкт-Петербургского государственного морского технического университета, доктор технических наук, профессор, специальность совета: 2.5.17 – теория корабля и строительная механика, 190121, Санкт-Петербург, ул. Ломанская, д.10,
тел.: +7 921 781 05 97,
e-mail: kafedra_smk@mail.ru



Родионов
Александр
Александрович

05.05.2025

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ



УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
УЧЕБНО-НАУЧНОЕ
А.Н. ФРУЖА