

ОТЗЫВ
официального оппонента
на диссертацию Захарова Александра Павловича
«Характеристики циклической трещиностойкости конструкционных
материалов при смешанных формах двухосного нагружения»,
представленную к защите на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук по специальности 01.02.04 – Механика
деформируемого твердого тела

Диссертационная работа Захарова А.П. является законченной научно-квалификационной работой и посвящена комплексному расчетно-экспериментальному исследованию характеристик циклической трещиностойкости конструкционных материалов при смешанных формах двухосного нагружения. В работе введены и обоснованы упруго-пластические параметры и характеристики состояния области вершины сквозной трещины при сложном напряженном состоянии. Путем численных расчетов проведена комплексная оценка совместного влияния вида двухосности и смешанных форм деформирования на поведение параметров упругих и упруго-пластических полей напряжений в области вершине трещины. Автором выполнены экспериментальные исследования влияния вида двухосного нагружения и исходного угла ориентации дефекта на характеристики циклической трещиностойкости конструкционных материалов. Практическое применение разработанных методов и экспериментальных результатов в диссертационной работе осуществлено в рамках расчета остаточной долговечности на стадии роста трещины в диске паровой турбины.

Актуальность исследований представленных в диссертации обусловлена необходимостью разработки и обоснования новых параметров сопротивления циклическому деформированию и разрушению, учитывающих специфику нелинейного деформирования при смешанных формах двухосного нагружения. Достижение поставленной в диссертации цели в перспективе может обеспечить построение новых моделей

накопления и развития повреждений и в целом способствовать развитию нелинейной механики деформируемого твердого тела.

Полученные в диссертационной работе автором результаты параметрических и экспериментальных исследований имеют **научную новизну** следующего содержания:

- введение и обоснование обобщенного параметра сопротивления циклическому деформированию и разрушению в форме пластического коэффициента интенсивности напряжений для условий двухосного нагружения;
- получение упругих и упруго-пластических полей и параметров напряженно-деформированного состояния в полном диапазоне смешанных форм разрушения при двухосном нагружении с учетом положения сечения вдоль фронта трещины;
- методика численного и экспериментального исследования количественных и качественных характеристик состояния сквозных трещин при смешанных формах двухосного циклического деформирования;
- экспериментально установленные закономерности и обобщения развития трещин при смешанных формах двухосного циклического деформирования в крестообразных образцах двух геометрий.

Обоснованность и достоверность результатов диссертационной работы подтверждается установленными совпадениями частных численных и аналитических решений с решениями других авторов, и результатами экспериментальных исследований, выполненных в рамках рецензируемой работы. Численные исследования выполнялись на основе теории упругости, деформационной теории пластичности и теории течения, метода конечных элементов, методов математического и компьютерного моделирования и программирования. Достоверность экспериментальных результатов обеспечивается использованием современных специализированных испытательных стендов с применением высокоточных средств измерения.

Научное значение работы состоит во введении и обосновании для условий двухосного нагружения нового параметра сопротивления

разрушению материалов и элементов конструкций в форме пластического коэффициента интенсивности напряжений. Новизну теоретического плана в работе составляют экспериментально установленные закономерности влияния двухосного нагружения на характеристики циклической трещиностойкости сталей как функции параметра стеснения, обусловленные геометрией крестовидных образцов. Следует отметить, что теоретическим обобщением комплекса расчетных и экспериментальных исследований является установленная общая безразмерная форма диаграмм усталостного разрушения. В четвертой главе работы показано, что экспериментальные данные, полученные для различных материалов, на различных конструкциях образцов, при различных видах двухосного нагружения укладываются в одну общую кривую.

Практическое значение диссертационной работы состоит в предоставленной возможности количественной оценки влияния смешанных форм деформирования на характеристики остаточной долговечности материалов и элементов конструкций при сложном напряженном состоянии. В целом, полученные в работе результаты расчетных и экспериментальных исследований могут быть использованы в экспериментальной практике механики трещин и при построении новых моделей развития и накопления повреждений. В пятой главе диссертации представлен алгоритм практического приложения разработанных в диссертационной работе методов и экспериментальных результатов в порядке расчета остаточной долговечности на стадии роста трещины в диске паровой турбины.

Оценка диссертации.

Компоновка и содержание разделов автореферата и диссертации отвечает современным требованиям оформления квалификационных работ. Положения, выносимые на защиту четко аргументированы и обоснованы.

Диссертация написана ясно, достаточно подробно и хорошо иллюстрирована фотографиями, графиками и диаграммами. По содержанию диссертации можно сделать следующие **замечания:**

1. В модельных представлениях состояния объектов, содержащих трещины, следует учитывать сингулярность напряжений в ее вершине. Не ясно, каким образом автором при построении конечно-элементных моделей крестообразных образцов учитывалась сингулярность в вершине трещины.

2. В результате численных исследований в упругой постановке задачи автором были получены упругие коэффициенты интенсивности напряжений для интерпретации экспериментальных данных по скорости роста трещин. Однако в четвертой главе на кинетических диаграммах усталостного разрушения (Рис.4.1а, Рис.4.2а) скорость роста трещины представлена в зависимости от параметра плотности энергии деформации.

3. В пятой главе работы представлена оценка остаточной долговечности диска паровой турбины на стадии роста трещины. Диск турбины изготовлен из стали 34ХН3МА. Требует дополнительных комментариев, каким образом результаты экспериментальных исследований скорости роста трещины в крестообразных образцах из стали 34ХН3МА используются в расчете остаточной долговечности диска паровой турбины.

Заключение по диссертации. Отмеченные недостатки не снижают общей положительной оценки диссертации. Представленная диссертация представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, выполненную соискателем самостоятельно и на достаточно высоком научном уровне. Данные, полученные автором, являются новыми знаниями, принадлежащими механики деформируемого твердого тела. Автор хорошо владеет методами экспериментальной механики трещин и корректно использует известные подходы в постановке численных расчетов и экспериментальных исследований. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Работа базируется на большом объеме численных и экспериментальных данных. По работе сделаны четкие и обоснованные выводы. Основные результаты диссертации опубликованы в 15 печатных работах (пять статей в изданиях,

индексируемым в системе Web of Science) и неоднократно докладывались и обсуждались представительных международных конференциях Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Исходя из вышеизложенного, считаю, что диссертационная работа «Характеристики циклической трещиностойкости конструкционных материалов при смешанных формах двухосного нагружения» имеет важное научное и практическое значение и удовлетворяет всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор – Захаров Александр Павлович – заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела».

Официальный оппонент,
заведующий базовой кафедрой «Нанотехнологии и
микросистемная техника» ФГБУН Институт
механики Уральского отделения
Российской академии наук,
доктор физ.-мат. наук, профессор

15.02.2016

Вахрушев Александр Васильевич

Адрес: 426067, г. Ижевск, ул. Т. Барамзиной, 34.
Тел.: +7(3412) 21-45-83,
e-mail: yakhrushev-a@yandex.ru

Я, А.В. Вахрушев, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.



А.В. Вахрушев

Подпись Вахрушева А.В. заверяю
Ученый секретарь, к.ф.-м.н.



Северюхин А.В.