

## ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации НЕМЦЕВА Дмитрия Владимировича  
«Исследование влияния скорости роста трещины усталости в вакууме на ресурс  
дисков газотурбинных двигателей»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 2.5.15  
«Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»**

Диссертационная работа Немцева Дмитрия Владимировича посвящена экспериментальной оценке скорости роста усталостной трещины в условиях вакуума, а также оценке её влияния на долговечность дисков газотурбинных двигателей. Внешние условия окружающей среды оказывают значительное влияние на зарождение и развитие усталостных трещин. Присутствие окислительных процессов в вершинах поверхностных технологических дефектов, либо зародившихся усталостных трещин способствует росту скорости их распространения. Для внутренних трещин, находящихся в условиях близких к вакууму, характерны относительно более низкие скорости распространения, что увеличивает наработку изделия до отказа. При консервативном подходе к оценке остаточного ресурса в рамках линейной механики разрушения, используется единая экспериментальная характеристика скорости роста усталостной трещины материала (испытания на воздухе) без разделения дефектов на поверхностные и внутренние. Экспериментальное определение скорости роста трещины в вакууме позволит уточнить расчетную методику оценки остаточного ресурса изделия по внутренним дефектам. Применительно к высоконагруженным элементам газотурбинных двигателей, использование подобного подхода позволит более обоснованно подойти к оценке их остаточного ресурса. Таким образом, исследование влияния скорости роста трещины усталости в вакууме на ресурс дисков газотурбинных двигателей является актуальной и практически значимой задачей.

В работе представлены результаты усталостных испытаний сплава ЭП741НП, используемого при производстве дисков газотурбинных двигателей. Были испытаны цилиндрические образцы двух типов с наличием плоского неметаллического дефекта по центру. Первый тип образцов, с вентиляционным отверстием для подвода воздушной среды к дефекту, использовался для оценки скорости роста трещины на воздухе. Второй тип образцов с созданным внутренним дефектом использовался для изучения поведения трещины в вакууме. Показано, что долговечность невентилируемых образцов значительно превышает аналогичный показатель вентилируемых. Проведена обработка результатов эксперимента. Исследованы поверхности излома с выявлением границы устойчивого роста трещины. С использованием двух подходов определена форма фронта трещины в процессе её роста от начального дефекта. В конечно-элементном комплексе определен размах значений коэффициентов интенсивности напряжений на цикле нагружения. Получены

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

«01» 12 2023

управляющие константы уравнения Пэриса, описывающие устойчивый участок роста трещины на воздухе и в безвоздушном пространстве. С использованием вероятностного подхода проведен расчет дисков газотурбинных двигателей в рамках концепции безопасного развития дефектов. Показано, что использование полученного экспериментального значения скорости роста трещины в вакууме приводит к значительному увеличению расчетной долговечности изделия.

В тоже время по автореферату можно сделать следующие замечания:

1. На практике усталостные испытания отличаются значительным разбросом экспериментальных значений. В автореферате представлены результаты только по 2-м вентилируемым и 3 невентилируемым образцам (табл. 1). Требуется большее количество экспериментальных точек для статистического анализа полученных данных и расчетного обоснования долговечности;
2. Высокая частота нагружения ( $\approx 90$  Гц для образцов 3, 5, 6, 7, 8) часто приводит к саморазогреву образцов, особенно в случае малоциклового усталости, что в значительной мере влияет на результат эксперимента. В тексте автореферата не даны пояснения касательно данной особенности проведения усталостных испытаний;
3. Отсутствует сравнительный анализ напряженно-деформированного состояния вентилируемого и невентилируемого образцов;
4. В автореферате не представлены данные по распределению размахов КИН для невентилируемых образцов. Не проведена сравнительная оценка КИН вентилируемых и невентилируемых образцов;
5. Результаты, используемые для построения кинетической диаграммы невентилируемых образцов (рис. 5), имеют значительно больший разброс и низкую корреляцию. В автореферате отсутствует достаточное обоснование верности предположения о равенстве углов наклона кинетических диаграмм по оценке скорости распространения трещины на воздухе и в вакууме;
6. По тексту автореферата используется множество узкоспециализированных аббревиатур (например, КБД, КБРД, СРТУ, ОТПЦ и др.), что, в некоторой степени, осложняет восприятие материала.

Перечисленные замечания не снижают научной и практической значимости результатов работы.

Судя по автореферату, представленная на защиту диссертация является законченной научно-квалификационной работой, содержит новое решение актуальной задачи оценки скорости роста усталостной трещины в условиях вакуума, имеющей как фундаментальное, так и практическое значение. Диссертация удовлетворяет требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК РФ, а ее автор, Немцев Дмитрий Владимирович, заслуживает присуждения ему искомой ученой степени кандидата



технических наук по специальности 2.5.15 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Нуштаев Дмитрий Владимирович,

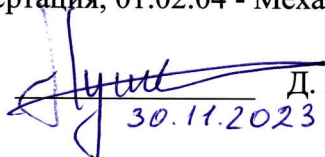
кандидат технических наук; ведущий эксперт

Дирекции по техническому развитию и качеству АО «Северсталь Менеджмент»

Адрес места работы: г. Москва, ул. Клары Цеткин, д.2, 125130. Тел.: +7 (926) 623-78-70.

E-mail: dv.nushtaev@severstal.com

Специальность ВАК, по которой защищена диссертация, 01.02.04 - Механика деформируемого твердого тела.

  
30.11.2023

Д. В. Нуштаев

Подпись Нуштаева Д. В. заверяю.

Старший менеджер АО «Северсталь Менеджмент»



О. В. Копаев