



**САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
SAMARA UNIVERSITY

федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева»

ул. Московское шоссе, д. 34, г. Самара, 443086  
Тел.: +7 (846) 335-18-26, факс: +7 (846) 335-18-36  
Сайт: www.ssau.ru, e-mail: ssau@ssau.ru  
ОКПО 02068410, ОГРН 1026301168310,  
ИНН 6316000632, КПП 631601001

08 НОЯ 2023

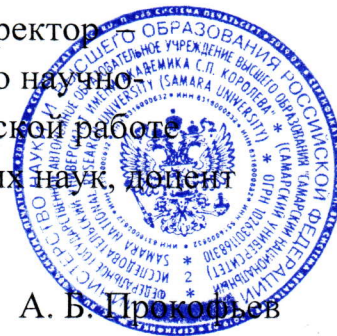
№ 13-5876

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор  
проректор по научно-  
исследовательской работе  
доктор технических наук, доцент

А. Б. Прокофьев



« 8 » ноября 2023 г.

## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного автономного образовательного  
учреждения высшего образования

«Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева»

на диссертационную работу Немцева Дмитрия Владимировича  
«Исследование влияния скорости роста трещины усталости в вакууме  
на ресурс дисков газотурбинных двигателей», представленную на  
соискание учёной степени кандидата технических наук по научной  
специальности 2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и  
энергоустановки летательных аппаратов

### Актуальность темы исследования

Ресурс двигателя определяется преимущественно ресурсом его основных деталей (ОД), к которым относятся диски турбины и компрессора, работающие в условиях высоких статических и циклических нагрузок. Существенное влияние на ресурсные показатели дисков оказывает малоцикловая усталость. При изготовлении дисков из гранульных никелевых сплавов могут возникать дефекты неметаллического характера, являющиеся причиной развития усталостных трещин. Характеристики скорости роста трещины усталости (СРТУ) зависят от среды распространения трещины. Трещины, развивающиеся от дефектов на поверхности диска (в воздушной среде), имеют более высокую скорость роста по сравнению с трещинами, развивающимися от внутренних дефектов (в вакууме). Поэтому при

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

«16» 11 2023

определении ресурсных показателей необходимо учитывать рост трещин не только от поверхностных, но и от внутренних дефектов. При отсутствии данных по характеристикам СРТУ в вакууме для расчёта ресурсных показателей от внутренних дефектов используются данные характеристик СРТУ на воздухе, что приводит к консервативным результатам. Для повышения достоверности расчётов и наиболее полного использования ресурсных показателей дисков для трещин от внутренних дефектов необходимо учитывать СРТУ в вакууме.

До настоящего времени исследований по определению характеристик СРТУ в вакууме для отечественных гранульных никелевых сплавов не проводилось. Поэтому исследования скорости роста усталостных трещин в вакууме и её влияния на ресурс дисков газотурбинных двигателей, которым посвящена работа Немцева Д.В., являются актуальными.

Диссертация оформлена в соответствии со всеми требованиями ВАК РФ, предъявляемыми к кандидатским диссертациям, состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованных источников (95 наименований), изложена на 110 страницах машинописного текста, включает 63 рисунка и 13 таблиц.

Основной целью диссертационной работы Немцева Д.В. является повышение точности назначения ресурса дисков ГТД, изготовленных из никелевых гранульных сплавов.

**Научная новизна** диссертационной работы Немцева Д.В. заключается в следующем:

– в оценке влияния характеристик СРТУ в вакууме на ресурс дисков ГТД, изготовленных из никелевого гранульного сплава ЭП741НП;

– в разработке расчётно-фрактографического способа и методики обработки результатов испытаний специальных образцов, содержащих внутренний дефект;

– в получении кинетических диаграмм роста усталостных трещин на воздухе и в вакууме в специальных образцах, изготовленных из никелевого гранульного сплава, и получении оценки характеристик СРТУ в вакууме.

**Теоретическая и практическая значимость результатов работы** заключается в использовании при расчётах ресурса дисков ГТД из сплава ЭП741НП результатов оценки СРТУ в вакууме, позволивших наиболее достоверно и полно определить ресурсные показатели.



Разработанный способ обработки результатов испытаний образцов, содержащих внутренний дефект, позволяет получить кинетические диаграммы усталостного роста трещины.

Полученная в результате оценка СРТУ в вакууме позволяет проводить расчёт ресурсных показателей дисков с учётом наличия внутренних дефектов.

Полученные в работе результаты (способ, методики, численные результаты) могут применяться на предприятиях, разрабатывающих и эксплуатирующих авиационные газотурбинные двигатели, что определяет практическую значимость диссертации.

Результаты диссертационной работы использованы в ОКБ имени А. Люльки – филиал ПАО «ОДК-УМПО» при корректировке ресурса дисков двигателя АЛ-41Ф-1С на основе данных серийной эксплуатации.

**Достоверность и обоснованность** полученных результатов работы определяется использованием строгих математических методов и известных теоретических подходов к решению рассматриваемых задач, корректным использованием численных методов, современных программных средств моделирования. Полученные экспериментальные данные по определению СРТУ показывают сходимость с результатами определения СРТУ на образцах при внецентренном растяжении.

Результаты диссертационной работы представлены последовательно и логично, с необходимой степенью детализации и аргументированности. Однако, к содержанию диссертации имеется ряд следующих **замечаний**:

1. Для исследования характеристик СРТУ использовалось всего лишь по три вентилируемых и невентилируемых образцов. Достоверность результатов была бы выше при увеличении количества исследуемых образцов и использовании статистического анализа.

2. Испытания специальных образцов с внедрённым дефектом проведены для одного показателя температуры 400 °С. Однако диски компрессора и турбины эксплуатируются в широком диапазоне температур, достигающих 700 °С и выше, что может оказывать существенное влияние на характеристики СРТУ.

3. Число циклов до разрушения специальных образцов включает в себя период зарождения трещины, который вносит существенный вклад в общее число циклов. Но в работе не рассмотрены ни величина и соотношение этих

периодов зарождения трещины на воздухе и в вакууме, ни их влияние на результаты испытаний.

4. При оценке вероятности разрушения дисков определение их НДС выполнено в двумерной осесимметричной упругой постановке, которая справедлива только для тонкостенных дисков КВД. Для массивных дисков ТВД с многочисленными зонами концентрации напряжений следовало бы делать расчёт в трёхмерной – объёмной постановке.

Указанные недостатки не снижают общей положительной оценки диссертационной работы и могут рассматриваться как рекомендации по проведению дальнейших исследований.

Результаты рассмотрения диссертационной работы Немцева Д.В. позволяют сделать следующие **выводы**: содержание диссертации полностью соответствует паспорту специальности 2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов (технические науки). В диссертации приведены решения поставленных актуальных научно-технических задач, имеющие научную новизну и практическую значимость. Диссертационная работа Немцева Д.В. является самостоятельным и законченным в рамках поставленных задач исследованием.

Основные результаты диссертации опубликованы в 10 статьях, 3 из которых – в изданиях, рекомендуемых ВАК Минобрнауки России. Полученные в диссертационной работе результаты обсуждались на 4 Всероссийских и международных научных конференциях. Автором получены 2 свидетельства о регистрации программы ЭВМ. Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации.

По своей актуальности, научной новизне, объёму выполненных исследований и практической значимости полученных результатов, рассматриваемая диссертационная работа «Исследование влияния скорости роста трещины усталости в вакууме на ресурс дисков газотурбинных двигателей» отвечает критериям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание учёной степени кандидата наук (пп. 9–11, 13, 14 Положения о присуждении учёных степеней), соответствует научной специальности 2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов, а её автор Немцев Дмитрий Владимирович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук.



Отзыв на диссертацию заслушан и утверждён на заседании кафедры сопротивления материалов федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» 26 октября 2023 года, протокол № 3.

Заведующий кафедрой  
сопротивления материалов  
Самарского университета,  
д.т.н., профессор

*В. Павлов*

Павлов Валентин Федорович  
« 8 » ноября 2023 г.

Полное наименование:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева»

Сокращенное наименование: Самарский университет

443086, Российская Федерация, г. Самара, ул. Московское шоссе, д. 34.

тел.: + 7 (846) 335-18-26;

e-mail: ssau@ssau.ru.



*С отзывом ознакомлен.*

*Иванов Д.В.*  
16.11.2023