

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

**Диссертационный совет:** 24.2.327.06

**Соискатель:** Немцев Дмитрий Владимирович

**Тема диссертации:** Исследование влияния скорости роста трещины усталости в вакууме на ресурс дисков газотурбинных двигателей

**Специальность:** 2.5.15. — «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

### **Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации.**

На заседании 18 декабря 2023 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, соответствующую критериям, приведенным в "Положении о присуждении ученых степеней", утвержденном постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, и принял решение присудить Немцеву Дмитрию Владимировичу ученую степень кандидата технических наук.

**Присутствовали:** председатель диссертационного совета Равикович Ю.А., ученый секретарь диссертационного совета Краев В.М., члены диссертационного совета: Агульник А.Б., Абашев В.М., Кочетков Ю.М., Лесневский Л.Н., Марчуков Е.Ю., Молчанов А.М., Мякочин А.С., Надирадзе А.Б., Назаренко И.П., Никитин П.В., Попов Г.А., Силуянова М.В., Тимушев С.Ф., Хартов С.А.

Ученый секретарь диссертационного совета  
24.2.327.06, д.т.н., доцент

Краев В.М.

Начальник отдела УДС  
Т.А. Аникина



ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.06,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»  
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 18.12.2023 г. № 57

О присуждении Немцеву Дмитрию Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Исследование влияния скорости роста трещины усталости в вакууме на ресурс дисков газотурбинных двигателей» по специальности 2.5.15. – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» принята к защите 12.10.2023 г., (протокол заседания № 51) диссертационным советом 24.2.327.06, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»; 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4; приказ Министерства науки и высшего образования РФ о создании диссертационного совета – №669/нк от 24.06.2022 г.

Соискатель Немцев Дмитрий Владимирович, 14 января 1992 года рождения, работает ведущим конструктором в управлении прочности опытно-конструкторского бюро имени А. Люльки – филиале ПАО «Объединенная двигателестроительная корпорация – Уфимское моторостроительное производственное объединение».

Немцев Д.В. в 2015 году окончил программу специалитета ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по специальности 160301 «Авиационные двигатели и

энергетические установки». В 2022 году окончил аспирантуру ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по направлению подготовки 24.06.01 «Авиационная и ракетно-космическая техника».

В период подготовки диссертации соискатель работал ведущим конструктором в управлении прочности опытно-конструкторского бюро имени А. Люльки – филиале ПАО «Объединенная двигателестроительная корпорация – Уфимское моторостроительное производственное объединение».

Диссертация выполнена на кафедре 203 «Конструкция и проектирование двигателей летательных аппаратов» ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Научный руководитель – член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор Марчуков Евгений Ювенальевич, генеральный конструктор – директор ОКБ им. А.Люльки – филиал ПАО «Объединенная двигателестроительная корпорация – Уфимское моторостроительное производственное объединение», заведующий кафедрой 205 «Технология производства двигателей летательных аппаратов» ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

Колодяжный Дмитрий Юрьевич, доктор технических наук, проректор по научной деятельности федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»;

Нескоромный Евгений Вячеславович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Авиационные двигатели» федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГАОУ ВО «Самарский национальный

исследовательский университет имени академика С.П. Королева», г. Самара, в своем положительном отзыве, подписанном Павловым Валентином Федоровичем, доктором технических наук, профессором, и утвержденном первым проректором – проректором по научно-исследовательской работе Прокофьевым А.Б., доктором технических наук, доцентом, указала, что диссертация Немцева Д.В. является законченной научно-квалификационной работой, которая посвящена актуальной научной задаче, имеющей практическое и теоретическое значение. Рассматриваемая диссертационная работа соответствует всем требованиям п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Немцев Дмитрий Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Соискатель имеет 10 опубликованных работ. Все публикации по теме диссертации. Из них в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК и приравненных к ним опубликовано 3 работы. В рамках диссертационной работы получено 2 свидетельства о регистрации программы ЭВМ. Все работы написаны в соавторстве.

Данные публикации посвящены исследованию скорости роста трещины усталости в образцах из никелевого сплава, обработке результатов испытаний и исследованию влияния скорости роста трещин усталости от внутренних дефектов, развивающихся без сообщения с окружающей средой в условиях вакуума.

- получена оценка характеристик скорости роста трещины усталости в вакууме на ресурс дисков газотурбинных двигателей.

Авторский вклад соискателя заключается в:

1. Исследовании влияния скорости роста трещины усталости в вакууме на ресурс дисков, изготовленных из сплава ЭП741НП.

2. Разработке расчетно-фрактографического способа получения характеристик скорости роста трещины усталости.

3. Построении конечно-элементных моделей образцов с реконструкцией

геометрии фронта трещины по результатам фрактографического анализа;

4. Получении кинетических диаграмм усталостного роста трещины на воздухе и в вакууме.

5. Выполнении оценки характеристик скорости роста трещины усталости в вакууме сплава ЭП741НП.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимые работы соискателя:

1. Гогаев Г.П., Немцев Д.В. Исследование влияния полетных условий на повреждаемость диска турбины высокого давления высокоманевренного летательного аппарата // Вестник Московского авиационного института. 2019. Т. 26. № 1. С. 134 – 142.

2. Артамонов М.А., Немцев Д.В., Меденцов В.Э., Соловьев В.С. Исследование испытанных на малоцикловую усталость цилиндрических образцов из никелевого сплава ЭП741НП для определения параметров Периса и периода зарождения трещины // Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. №56. 2019 г., с.103 – 113.

3. Немцев Д.В., Потапов С.Д., Артамонов М.А. Исследование циклической трещиностойкости в вакууме для дисков газотурбинного двигателя, изготавливаемых из гранулируемого никелевого сплава ЭП741НП // Вестник Московского авиационного института. 2023. Т. 30. № 2. С. 99 – 105.

4. Свид. 2021661542 Российская Федерация. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. ЭксОРТ / Немцев Д.В., Гогаев Г.П.; заявитель и правообладатель ПАО «ОДК-УМПО» (RU). - №2021660763; заявл. 07.07.2021; опубл. 13.07.2021, Реестр программ для ЭВМ. – 1 с.

5. Свид. 2022667078 Российская Федерация. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Cumulet / Артамонов М.А., Гогаев Г.П., Немцев Д.В.; заявитель и правообладатель ПАО «ОДК-УМПО» (RU). - №2022665574; заявл. 22.08.2022; опубл. 14.09.2022, Реестр программ для ЭВМ. – 1 с.

На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы (все

отзывы положительные).

**Отзыв на диссертацию официального оппонента Колодяжного Д.Ю.**, доктора технических наук, проректора по научной деятельности ФГБОУ ВО «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН» содержит замечания:

1. Испытания проведены для 3-х вентилируемых и 3-х невентилируемых специальных образцов при одной температуре. Для уточнения результатов и набора статистики в дальнейших исследованиях необходимо увеличить число образцов и провести испытания при разных температурах.

2. Внедренный дефект в образцах имеет относительной большой диаметр 3 мм. Не рассмотрен вопрос, произошло ли зарождение трещины от дефекта в локальной точке на поверхности дефекта или по всей поверхности сразу и влияет ли это на результаты испытаний.

**Отзыв на диссертацию официального оппонента Нескоромного Е.В.**, кандидата технических наук, доцента кафедры «Авиационные двигатели» ФГКВБОУ ВО «ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» содержит замечания:

1. В работе проведены испытания трех образцов для определения СРТУ в вакууме и трех образцов для определения СРТУ на воздухе. Для уменьшения дисперсии полученных результатов испытаний необходимо увеличить число образцов для испытаний, что положительно скажется на доверительной оценке полученных результатов.

2. В подразделе 4.2. выполнен расчет с использованием конечно-элементной модели в программном комплексе ANSYS без обоснования выбора типа (четырёхугольник, треугольник и т.п.) и размеров конечных элементов, особенно в вершине трещины, что может повлиять на результаты расчетов.

3. При изготовлении вентилируемых образцов применен электроискровой прожиг осевого отверстия, который привел к изменению структуры материала вдоль этого отверстия и вблизи внедренного дефекта. В работе не указано влияние этих изменений на характеристики роста трещины.

4. В работе отсутствует структурная схема предложенного способа

обработки результатов испытаний цилиндрических образцов с внедренным дефектом для построения кинетических диаграмм усталостного роста трещины, включающего проведение фрактографических исследований и моделирование роста и формы трещины в образцах. Графическое представление способа, в данном случае, могло способствовать полному представлению всех взаимосвязей между этапами исследования.

5. Замечания по оформлению, грамматические и смысловые ошибки:

- стр. 6 первое предложение – нет ссылок на работы А.А. Гриффитса, Дж. Ирвина и Морозова В.З.;

- стр. 9. Личный вклад автора. – исследовал влияние влияние... .

Повторяющееся слово;

- стр. 9. Достоверность и обоснованность научных результатов ...Экспериментальные результаты ... показали (удовлетворительную?) сходимость с результатами ... . Пропущенное слово;

- стр. 23 первое предложение – Соленая вода в 10 (раз?) увеличивает ... . Пропущенное слово;

- стр. 43 третье и четвертое предложение – применяется существительное «расслаивание», как процесс действия, необходимо применять слово «расслоение» - как результат такового действия, так как в данном случае не наблюдается динамический процесс, а наблюдается последствия процесса;

- стр. 79 второй абзац второе предложение. Перерезанными (перерезанные) отверстиями части дисков ... . Грамматическая ошибка;

- пункты 4.2.2 – 4.2.6 не имеют заголовков;

- на графиках не указано направление осей.

**Отзыв на диссертацию ведущей организации – ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», содержит замечания:**

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 внедренным 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 расчет в трехмерной-объемной постановке.

**Отзыв на автореферат диссертации ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова»,** составленный Ножницким Ю.А., доктором технических наук, старшим научным сотрудником, заместителем генерального директора – директором исследовательского центра «Динамика, прочность, надежность», содержит следующие замечания:

1. В автореферате упоминается, что в разработанной Потаповым С.Д. в ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова» методике определения периодичности инспекций и назначенного ресурса ОД ГТД по КБРД при определении ресурсных показателей учитываются внутренние дефекты. Следовало отметить значительный вклад в развитие методов подтверждения ресурса по КБРД большого количества зарубежных и отечественных исследователей.

2. Не ясно, почему для анализа зависимости «шаг-бороздок – глубина трещины» использовалось вейвлет преобразование. Не представлено сопоставление точности этого подхода с обычно применяемым при фрактографических исследованиях методом.

3. Не ясны достоверность полученных при развитии трещин в вакууме кинетических диаграмм.



4. В тексте работы смешиваются понятия «долговечность» и «ресурс».

**Отзыв на автореферат диссертации АО «ОДК-Климов»,** составленный Живушкиным А.А., ведущим специалистом – руководителем группы УГМет, Елисеевым В.А., генеральным конструктором, Кузьминым О.В., главным металлургом, Липиным А.В., кандидатом технических наук, заместителем главного конструктора по перспективным разработкам, Орловой Е.Ю., начальником отдела научных программ – секретарем НТС содержит следующие замечания:

1. Из автореферата не ясно, насколько сопоставимы результаты, полученные автором на круглых (невентилируемых и вентилируемых) образцах, с данными зарубежных источников, где используются в основном стандартные плоские образцы на внецентренное растяжение (по ASTM E647) для проведения испытаний в вакууме и используются сплавы типа Rene 95, Waspaloy и RR1000, а не близкие к ЭП741НП по составу Rene 88DT или Rene 104, полученные по технологической схеме «гранулирование + деформация».

2. Из автореферата не ясно, насколько приемлемо для обобщенных расчетов выдвинутые предположения о равенстве коэффициента уравнения Пэриса  $m$  для условий вакуума и воздуха, при невозможности выделить достаточно широкий для получения характеристик СРТУ участок устойчивого роста трещины в неvented образцах?

**Отзыв на автореферат диссертации ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева – КАИ»,** составленный Мингазовым Б.Г., доктором технических наук, профессором, профессором кафедры РДЭУ содержит следующее замечание:

1. Один из образцов испытывался при частоте нагружения 0,5 Гц, тогда как остальные испытывались при частотах 88-92 Гц. Из автореферата не ясно, влияют ли данные условия на определение характеристик СРТУ.

**Отзыв на автореферат диссертации ПАО «ОДК-УМПО», ОКБ «Мотор»,** составленный Куниловым С.С., ведущим инженером-конструктором отдела 40 «Прочность» сектора 41 «Лопатки и диски», А.А. Лоскутниковым, кандидатом технических наук, главным конструктором и

утвержденный Кузьминым С.В., заместителем генерального конструктора-директора содержит следующие замечания:

1. Испытания проведены на малом количестве образцов.
2. Оценку НДС целесообразнее проводить в условиях нестационарного теплового состояния.

**Отзыв на автореферат диссертации АО «Северсталь Менеджмент»,** составленный Нуштаевым Д.В., кандидатом технических наук, ведущим экспертом дирекции по техническому развитию и качеству содержит 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.

**Отзыв на автореферат диссертации АО «ОДК»**, составленный Шмотиным Ю.Н., доктором технических наук, профессором, заместителем генерального директора – генеральным конструктором содержит следующие замечания:

1. Оценка влияния свойств СРТУ выполнялась для дисков компрессора и турбины с применением вероятностного подхода, при этом оценка ресурса детерминированным методом не выполнялась.

2. Отсутствует описание возможности применения полученных данных при детерминированном расчете ресурса, определяющим величину инспекций детали при эксплуатации.

**Отзыв на автореферат диссертации ПАО «ОДК-Сатурн»**, составленный Дмитриевой М.Н., кандидатом технических наук, экспертом конструкторского отдела компрессоров и утвержденный Храминым Р.В., генеральным конструктором содержит следующие замечания:

1. В работе выполнен анализ процесса развития трещин усталости по величине шага усталостных бороздок на поверхности излома специально разработанных образцов из порошкового никелевого сплава ЭП741НП, также в программном комплексе Ansys выполнены расчеты развития трещины усталости в расчетной модели образца. Однако в автореферате диссертации не приведен сравнительный анализ результатов расчета с результатами эксперимента, что не позволяет сделать вывод о возможности распространения расчетной модели для оценки СРТУ на иных материалах.

2. В автореферате не отражено выполнение оценки вероятности возникновения внешних и внутренних дефектов. Если вероятность возникновения внешних дефектов, являющихся причиной возникновения усталостных трещин, значительно выше вероятности возникновения внутренних дефектов, то применение характеристик СРТУ в вакууме при расчете долговечности и назначении ресурса основных деталей ГТД будет недопустимо.

**Отзыв на автореферат диссертации АО «ОДК-Авиадвигатель»**, составленный Андрейченко И.Л., кандидатом технических наук, заместителем

начальника отделения прочности, содержит следующие замечания:

1. Не дана оценка приемлемости использования расчетно-экспериментальных данных СРТУ в вакууме с учетом значительного разброса, полученного в процессе исследования.

2. Хотя доля внутренних зон в общем объеме диска значительно больше, чем доля поверхностных зон, из-за влияния концентрации напряжений и высокой скорости роста трещины на воздухе, общий вклад поверхностных зон в вероятность разрушения диска может быть значительной. При этом автор исключил из рассмотрения влияние поверхностных зон.

3. Отметим, что в отсутствие отраслевых нормативных документов, регламентирующих процесс вероятностного определения ресурса дисков авиационных ГТД с учетом внутренних неметаллических включений в порошковых сплавах, практическая реализация предложенных подходов требует более глубокой проработки и верификации на модельных образцах.

**Отзыв на автореферат диссертации ПАО «Яковлев»**, составленный Гусевым П.Н., начальником отделения прочности – заместителем главного конструктора по прочности и утвержденный Яшутиним А.Г., начальником КБ, содержит следующие замечания:

1. При определении коэффициентов уравнения Пэриса для неvented образцов принималось, что параметр  $m$  равен этому же параметру для образца ОВР. Данное предположение подтверждалось закономерностью, полученной для зарубежных аналогов, что явно следует из приведенных данных по испытаниям. В тоже время, приведенные данные по испытаниям неvented образцов и ОВР показывают, что коэффициент  $m$  варьируется для ЭП741НП. Из автореферата не полностью очевидна правильность сделанного предположения.

2. Из автореферата следует, что экспериментальная зависимость длины трещины от количества циклов нагружения для неvented образцов может быть получена только в небольшой области развития трещины перед статическим доломом ввиду отсутствия бороздок на большей части протяженности трещины. Не рассмотрена возможность использования других методов контроля развития трещины для получения достоверных

экспериментальных данных.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в отрасли науки, к которой относится диссертационная работа Немцева Д.В., что подтверждается их научными публикациями в данной области.

Выбор Колодяжного Д.Ю., доктора технических наук, проректора по научной деятельности ФГБОУ ВО «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН» в качестве официального оппонента обосновывается его широкой компетентностью в вопросах процессов работы, прочности и ресурса газотурбинных двигателей, что подтверждается многочисленными публикациями в рецензируемых журналах.

Выбор Нескоромного Е.В., кандидата технических наук, доцента кафедры «Авиационные двигатели» ФГКВУ ВО «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина в качестве официального оппонента обосновывается его большим опытом в области расчетных и натурных исследований повреждения конструкции газотурбинных двигателей. Компетентность Нескоромного Е.В. подтверждается многочисленными публикациями и изобретательской деятельностью в рассматриваемой области.

Выбор ведущей организации – ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», обусловлен тем, что эта организация является высшим учебным заведением, осуществляющим подготовку кадров высшей квалификации. Организация ведет научно-исследовательские работы в областях прочности, конструкции и рабочих процессов газотурбинных двигателей. Специалисты ведущей организации, в том числе составившие отзыв на диссертацию, имеют широкие компетенции в расчетах ресурса газотурбинных двигателей. Это позволяет им оценить актуальность, научную новизну и практическую значимость результатов диссертации, а также сформировать рекомендации по использованию этих результатов в промышленности.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных**

**соискателем исследований:**

- проведены исследования влияния скорости роста трещины усталости в условиях вакуума на ресурс дисков газотурбинного двигателя, изготовленных из никелевого гранульного сплава ЭП741НП;

- разработан расчетно-фрактографический способ обработки результатов циклических испытаний цилиндрических образцов с внедренным дефектом для построения кинетических диаграмм;

- получены кинетические диаграммы усталостного роста трещины на воздухе и в вакууме в цилиндрических образцах из никелевого гранульного сплава ЭП741НП, используемые для определения характеристик скорости роста трещин от внутренних дефектов, развивающихся без сообщения с окружающей средой в условиях вакуума.

- получена оценка характеристик скорости роста трещины усталости в условиях вакуума для гранульного никелевого сплава ЭП741НП.

**Теоретическая значимость исследования обусловлена тем, что:**

впервые для отечественного дискового гранульного никелевого сплава было проведено исследование скорости роста трещины усталости в вакууме, показывающее более чем в 12 раз замедление процесса роста трещины в условиях вакуума по сравнению с ростом трещины на воздухе.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

- использование полученных результатов оценки скорости роста трещины усталости дисков газотурбинных двигателей из сплава ЭП741НП в условиях вакуума позволяет более точно (до 6 раз) проводить расчеты дисков по ресурсу;

- разработанный способ обработки результатов циклических испытаний цилиндрических образцов с внедренным дефектом позволил получить кинетические диаграммы усталостного роста трещины, необходимые для получения величины скорости роста трещины усталости;

- результаты работы использованы в управлении прочностью ОКБ им. А.Люльки – филиале ПАО «ОДК-УМПО» при корректировке ресурса дисков двигателя АЛ-41Ф-1С на основе данных серийной эксплуатации (Акт от

25.08.2023 о использовании в ОКБ им. А.Люльки – филиале ПАО «ОДК-УМПО»).

### **Оценка достоверности результатов исследования**

Достоверность и обоснованность научных результатов достигается использованием современного математического аппарата и проведением испытаний на аттестованном оборудовании. Экспериментальные результаты определения скорости роста трещины усталости на предложенных цилиндрических образцах показали сходимость (разница в коэффициенте  $m$  уравнения Пэриса от 6% до 30%) с результатами определения скорости роста трещины усталости образцов на внецентренное растяжение.

### **Личный вклад соискателя состоит в:**

- проведении исследования влияния скорости роста трещины усталости в вакууме на ресурс дисков, изготовленных из сплава ЭП741НП;
- разработке расчетно-фрактографического способа получения характеристик скорости роста трещины усталости;
- получении кинетических диаграмм усталостного роста трещины на воздухе и в вакууме;
- выполнении оценки характеристик скорости роста трещины усталости в вакууме сплава ЭП741НП.

В ходе защиты диссертации не было высказано критических замечаний, которые ставили бы под сомнение обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизну.

На заседании 18 декабря 2023 года диссертационный совет принял решение: за решение научной задачи исследования влияния скорости роста трещины усталости в вакууме на ресурс дисков газотурбинных двигателей, имеющей значение для развития авиационного двигателестроения,

присудить Немцеву Д.В. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 10 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 16, против - нет,

недействительных бюллетеней - нет.

Председатель диссертационного совета 24.2.327.06

доктор технических наук,

профессор



Равикович Юрий Александрович

Ученый секретарь диссертационного совета 24.2.327.06

доктор технических наук,

доцент

18 декабря 2023 г.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a few loops and a tail, positioned between the text of the secretary and the name of the secretary.

Краев Вячеслав Михайлович