

«УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный директор
НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ
Яковлев Сергей Викторович



2025 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский
научно-исследовательский институт авиационных материалов»
Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»

Диссертация Ходинева Ивана Александровича на тему
«Закономерности изменения характеристик малоцикловой усталости
жаропрочных никелевых сплавов ВЖ175 и ВКНА-1ВР» выполнена в
лаборатории № 633 «Прочность и надежность материалов авиационных
двигателей и силовых энергетических установок им. профессора
Н.М. Склярова» Испытательного центра федерального государственного
унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский
институт авиационных материалов» Национального исследовательского
центра «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ).

В период подготовки диссертации соискатель Ходинев Иван
Александрович работал в НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ в
лаборатории № 633 «Прочность и надежность материалов авиационных
двигателей и силовых энергетических установок им. профессора
Н.М. Склярова» в должности начальника сектора, с 2020 года начальником
лаборатории.

Ходинев Иван Александрович в 2010 году окончил магистратуру
государственного образовательного учреждения высшего профессионального
образования «МАТИ» - Российский государственный технологический

университет имени К.Э. Циолковского по направлению «Материаловедение и технология новых материалов». В 2024 году окончил аспирантуру федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» по научной специальности 2.6.17. – Материаловедение (технические науки).

Научный руководитель – Горбовец Михаил Александрович, кандидат технических наук, начальник испытательного центра НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ.

По итогам обсуждения принято следующее **заключение**:

Диссертационная работа Ходинева Ивана Александровича является научно-квалификационной работой, в которой решены важные научно-практические задачи:

- исследовано влияние асимметрии цикла и температуры на сопротивление малоцикловой усталости образцов из используемых в авиационной промышленности дискового жаропрочного никелевого деформируемого сплава ВЖ175 при температурах 20, 650, 750 °С и лопаточного литейного интерметаллидного жаропрочного никелевого сплава с равноосной структурой ВКНА-1ВР при температурах 20, 850, 1050 °С в условиях контролируемых деформации и напряжения («мягкого» и «жесткого» нагружения);

- установлена связь между механизмами разрушения и параметрами нагружения образцов сплавов ВЖ175 и ВКНА-1ВР;

- установлены зависимости между параметрами упруго-пластического деформирования при «мягком» и «жестком» нагружении сплавов ВКНА-1ВР и ВЖ175;

- разработан метод оценки долговечности деталей из сплавов ВКНА-1ВР и ВЖ175 при произвольном коэффициенте асимметрии цикла при «жестком» и «мягком» нагружении.

Работа имеет важное практическое значение для авиационной промышленности и отвечает требованиям пунктов 9-11, 14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013г. № 842.

Личный вклад соискателя заключается в организации и непосредственном участии в поиске и анализе литературы по теме исследований, постановке и проведении экспериментов, обработке экспериментальных данных и интерпретации полученных результатов, формулировке выводов, разработке стандарта организации по испытаниям на малоцикловую усталость и написании научных статей по теме диссертации.

Достоверность полученных в работе результатов подтверждается использованием стандартизованных методов испытаний, метрологически аттестованного, поверенного современного оборудования, статистической обработкой значительного объема экспериментальных данных.

Новизна результатов проведенных исследований:

1. Разработан метод оценки долговечности образцов из сплавов ВЖ175 при 20, 650, 750 °С и ВКНА-1ВР при температурах 20, 850, 1050 °С при произвольном коэффициенте асимметрии цикла при «жестком» и «мягком» нагружении при испытаниях на малоцикловую усталость.

2. Впервые установлена связь механизма разрушения с параметром нагружения (деформация или напряжение), асимметрией цикла нагружения и температурой испытания для образцов из сплавов ВЖ175 при 20, 650, 750 °С и ВКНА-1ВР при 20, 850, 1050 °С;

3. Впервые установлена связь параметров петли упруго-пластического гистерезиса (для «жесткого» цикла: размах пластической деформации, амплитудное и среднее значение напряжения, а также характер их изменения в процессе испытания; для «мягкого» цикла деформация циклической ползучести, амплитудное и среднее значение полной деформации в цикле, а также характер их изменения в процессе испытания)

с контролируемым параметром нагружения и асимметрией цикла для сплавов ВЖ175 при 20, 650, 750 °С и ВКНА-1ВР при 20, 850, 1050 °С.

4. Впервые установлено, что симметричное «мягкое» и «жесткое» нагружение эквивалентны для образцов из сплавов ВЖ175 при 20, 650, 750 °С и ВКНА-1ВР при 20, 850, 1050 °С за счет циклической стабильности этих материалов.

Результаты проведенных исследований имеют существенную **практическую значимость:**

1. Установлена возможность сокращения объема усталостных испытаний (до трехкратного) за счет выявленной эквивалентности испытаний при «мягком» и «жестком» симметричном цикле образцов из сплавов ВЖ175 при 20, 650, 750 °С и ВКНА-1ВР при 20, 850 и 1050 °С.

2. Установленные соответствия между механизмами разрушения и параметрами нагружения позволят определить, какие условия нагружения привели к разрушению детали и соответствовали ли эти условия расчетным.

3. Предложен метод оценки долговечности при произвольной асимметрии цикла, который может быть использован при расчетах ресурса деталей ГТД.

4. Впервые определены характеристики малоциклового усталости новых жаропрочных никелевых сплавов ВКНА-1ВР и ВЖ175, внесены дополнительные сведения в паспорта № 1649 и № 1805.

5. Разработан стандарт организации 1-595-33-456-2014 «Методика испытаний на малоцикловую усталость при «жестком» цикле нагружения жаропрочных сплавов для авиационных ГТД».

Ценность научной работы автора заключается в том, что благодаря проведению многочисленных разносторонних экспериментальных исследований малоциклового усталости сплавов ВЖ175 и ВКНА-1ВР при различных режимах нагружения, а также обработке результатов и структурированию полученных наблюдений были сделаны заключения, имеющие практическую значимость и научную новизну.

Соответствие пунктам паспорта научной специальности

Область исследований диссертационной работы следующим направлениям специальности 2.6.17. – Материаловедение:

п.2. Установление закономерностей физико-химических и физико-механических процессов, происходящих в гетерогенных и композиционных структурах;

п.5. Установление закономерностей и критериев разрушения металлических, неметаллических и композиционных материалов и функциональных покрытий от действия механических нагрузок и внешней среды;

п.6. Разработка и совершенствование методов исследования и контроля структуры, испытание и определение физико-механических и эксплуатационных свойств металлических, неметаллических и композиционных материалов и функциональных покрытий;

п.13. Развитие методов прогнозирования и оценка остаточного ресурса металлических, неметаллических и композиционных материалов.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем.

По теме диссертации опубликовано 12 научных работ, из них 3 в изданиях, входящих в перечень ВАК при Минобрнауки России, 2 в журналах, включенных в международную систему цитирования Scopus.

Основные положения диссертации с достаточной полнотой представлены в следующих публикациях:

Список основных трудов по теме диссертации опубликованных в изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России:

1. Горбовец М.А., Ходинев И.А., Монин С.А. Влияние среднего напряжения цикла на характеристики малоциклового усталости жаропрочного никелевого сплава // Авиационные материалы и технологии. – 2023. – №1(70). – С. 126-136.

2. Ходинев И.А., Горбовец М.А., Монин С.А., Рыжков П.В. Исследование характеристик малоциклового усталости жаропрочного деформируемого сплава ВЖ175 // Труды ВИАМ. – 2022. – №1(107). – С. 97-110.

3. Горбовец М.А., Ходинев И.А., Рыжков П.В. Оборудование для проведения испытаний на малоцикловую усталость при «жестком» цикле нагружения // Труды ВИАМ. – 2018. – № 9. – С. 51-60.

Публикации, индексируемые в базе Scopus:

1. Gorbovets M.A., Khodinev I.A., Belyaev M.S., Ryzhkov P.V. Low-cycle fatigue of a VZH175 nickel superalloy during asymmetric loading // Russian Metallurgy (Metally). 2019, – №9, – P. 889-893.

2. Gorbovets M.A., Khodinev I.A., Belyaev M.S., Letnikov M.N. Low-cycle fatigue of a VZH175 nickel superalloy at symmetric and asymmetric deformation // Inorganic materials: applied research. 2019, – №4, – P. 846-852.

Публикации в других изданиях:

1. Горбовец М.А., Ходинев И.А., Беляев М.С., Рыжков П.В. Малоцикловая усталость жаропрочного сплава ВЖ175 при асимметричном нагружении // Металлы. – 2019. – №5. – С. 57-62.

2. Горбовец М.А., Ходинев И.А., Беляев М.С., Летников М.Н. Малоцикловая усталость жаропрочного сплава ВЖ175 при симметричном и асимметричном деформировании // Материаловедение. – 2018. – №1. – С. 3-9.

3. Горбовец М.А., Беляев М.С., Ходинев И.А., Лукьянова М.И. Исследование малоциклового усталости жаропрочных сплавов при «жестком» цикле нагружения // Цветные металлы. – 2017. – № 2. – С. 91-95.

4. Ходинев И.А. Исследование влияния коэффициента асимметрии цикла на малоцикловую усталость жаропрочного никелевого сплава ВЖ175 / Ходинев И.А., Горбовец М.А., Монин С.А. // Материалы XIV Всероссийской конференции по испытаниям и исследованиям свойств материалов «ТестМат». – М., Изд-во: Всероссийский научно-исследовательский институт

авиационных материалов Национального исследовательского центра «Курчатовский институт». – 2022. – С. 9-22.

5. Ходинев И.А. Исследование характеристик малоциклового усталости жаропрочного никелевого сплава ВКНА 1-ВР / Ходинев И.А., Горбовец М.А., Монин С.А. // Материалы XIV Всероссийской конференции по испытаниям и исследованиям свойств материалов «ТестМат». – М., Изд-во: Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов Национального исследовательского центра «Курчатовский институт». – 2022. – С. 41-64.

6. Ходинев И.А. Исследование характеристик малоциклового усталости жаропрочного деформируемого сплава ВЖ175/ Ходинев И.А., Горбовец М.А., Монин С.А., Рыжков П.В. // Материалы Всероссийской конференции «Современные жаропрочные никелевые деформируемые сплавы и технологии их производства». – М., Изд-во: Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов Национального исследовательского центра «Курчатовский институт». – 2021. – С. 99-121.

7. Ходинев И.А. Влияние температуры испытания и асимметрии цикла на МЦУ при заданной деформации жаропрочного сплава ВЖ175 / Горбовец М.А., Ходинев И.А., Беляев М.С., Летников М.Н.// Материалы XI Всероссийской конференции по испытаниям и исследованиям свойств материалов «ТестМат». – М., Изд-во: Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов Национального исследовательского центра «Курчатовский институт». – 2019. – С. 90-106.

Публикации полностью соответствуют теме диссертационного исследования и раскрывают ее основные положения.

Текст диссертации был проверен на использование заимствованного материала без ссылки на авторов и источники заимствования. После исключения всех корректных совпадений иных заимствований не обнаружено.

Диссертационная работа Ходинева Ивана Александровича
рекомендуется к публичной защите на соискание ученой степени кандидата
технических наук по научной специальности 2.6.17. – Материаловедение.

Заключение принято на заседании научно-технического совета
Испытательного Центра НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ.

Присутствовало на заседании – 33 человека, в том числе с правом
решающего голоса – 14 человек, из них докторов наук – 4 человека,
кандидатов наук – 10 человек.

Результаты голосования: «за» – 14, «против» – 0, «воздержались» – 0.

Протокол № 24 от «15» июля 2025 г.

Председательствующий:

Заместитель начальника Испытательного
центра НИЦ «Курчатовский институт» -
ВИАМ, к.т.н.

Николаев

Евгений

Владимирович