



## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ратенко Олега Александровича на тему «Методика диагностирования технического состояния лопаток турбины ГТД в процессе их эксплуатации», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.14 – «Эксплуатация воздушного транспорта»

Среди всех элементов ГТД компонентом, испытывающим наибольшие механические нагрузки при одновременном воздействии экстремально высоких температур, являются лопатки турбин. Разрушение лопаток турбин, происходящее во время эксплуатации, серьезно угрожает безопасности не только самого авиационного двигателя, но и ЛА в целом.

Основными причинами разрушения лопаток турбин, как правило, являются высокотемпературная усталость, разрушения вследствие ползучести, а также коррозия. Однако, прежде чем возникнет макроскопическое повреждение, микроструктура сплава деформируется и деградирует. Основной причиной повреждения лопаток является деградация микроструктуры материала лопатки, которую в эксплуатации невозможно определить существующими методами. Поэтому изучение состояния микроструктуры сплава в процессе эксплуатации изделия является весьма важной задачей.

Существующие подходы определения остаточного ресурса лопаток турбин не учитывают микроструктурные изменения пера лопатки, возникающие в результате продолжительного воздействия высоких температур и оказывающие существенное влияние на механические характеристики лопатки. Кроме того, в настоящее время для оценки пригодности лопаток к эксплуатации в процессе ремонта ГТД используется метод, основанный на разрушающем контроле и состоящий из следующих этапов:

1. Разборка двигателя;
2. Отправка 2-ух лопаток на металлографическое исследование; подготовка микрошлифов с целью проведения анализа микроструктуры;
3. Сравнительная оценка микроструктуры с эталонным образцом;
4. Заключение о пригодности всего комплекта к дальнейшей эксплуатации.

В связи с вышесказанным актуальность диссертационного исследования Ратенко Олега Александровича заключается в разработке

методики расчета остаточного ресурса лопаток турбин, основанной на учете деградации микроструктуры сплава, без применения разрушающего контроля.

Ратенко Олег Александрович проанализировал работы:

Заваркина В.Н. (предложена методика оценки эксплуатационной повреждаемости лопаток турбин, изготовленных из сплава ЖС-6У, основанная на учете изменений упругих характеристик материала в процессе эксплуатационных нагревов);

Киселева А.С. (представлен метод решения задачи прогнозирования ресурса и надежности РЛ турбин авиационного двигателя семейства НК-8 (конструктора Н.Д. Кузнецова), основанный на вероятностном подходе);

Черновой Т.А. (предложена уточненная методика, позволяющая с использованием трехмерных математических моделей на этапе проектирования решить проблему обеспечения ресурса лопаток турбин с учетом данных о полях температур и температурных напряжениях).

На основании анализа вышеперечисленных научных работ Ратенко О.А. выявил противоречие, заключающееся в том, что существующие методики не устанавливают четкой и явной взаимосвязи между деградацией микроструктуры металла лопаток турбин и деградацией механических свойств. Кроме того, методика Черновой Т.А. не рассчитана на использование для оценки остаточной долговечности в эксплуатации.

**Объектом исследования** является авиационный ГТД и рабочие лопатки турбин первой ступени ГТД.

**Предметом исследования** являются процессы изменения механических свойств лопаток турбин в результате изменения микроструктуры сплава в условиях воздействия высоких температур.

**Целью** работы является разработка методики диагностирования технического состояния лопаток турбины ГТД для оценки их остаточного ресурса в процессе эксплуатации.

Поставленная в работе цель достигается путем решения следующих **основных задач**:

1. Исследование структуры и фазового состава современных ЖНС;
2. Исследование основных причин разрушения лопаток турбин в эксплуатации;
3. Определение влияния условий реальной эксплуатации на микроструктурные изменения в сплаве;
4. Определение морфологических характеристик микроструктурных компонентов;
5. Установление зависимости между микроструктурной деградацией сплава лопатки турбины и изменением механических свойств этой лопатки в условиях реальной эксплуатации двигателя;
6. Разработка алгоритма расчета распределения температуры по сечению пера лопатки с учетом нанесенного на нее ТЗП;
7. Разработка методики расчета остаточного ресурса лопатки турбины вследствие ползучести с учетом микроструктурных изменений в сплаве.

**Научная новизна** результатов исследований Ратенко О.А. заключаются в следующем:

1. Установлены закономерности изменения микроструктурного состояния материала лопаток ГТД в зависимости от значений действующих напряжений и температур;

2. Теоретически обосновано и экспериментально установлено влияние микроструктурного состояния сплава на механические свойства лопаток турбин;

3. Разработан алгоритм расчета распределения температуры по профилю пера лопатки, с учетом нанесенного ТЗП;

4. Разработана методика расчета остаточного ресурса лопатки турбины вследствие ползучести с учетом микроструктурных изменений в сплаве.

**Практическая значимость работы** состоит в следующем:

1. Разработан алгоритм расчета распределения температуры по профилю пера лопатки, с учетом нанесенного ТЗП, позволяющий упростить идентификацию наиболее термически нагруженных зон профиля лопатки;

2. Разработана методика расчета остаточного ресурса лопатки турбины вследствие ползучести с учетом микроструктурных изменений в сплаве, позволяющая определить остаточный ресурс лопатки в эксплуатации без использования методов разрушающего контроля.

Данные результаты могут найти широкое применение в практике оценки состояния элементов авиационных двигателей на парке воздушных судов авиакомпаний.

**Достоверность результатов**, полученных в ходе проведенных исследований, подтверждается:

1. Корректным применением для построения математических моделей фундаментальных законов, а также теоретических положений металловедения и стереометрической металлографии;

2. Использованием современного оборудования для проведения исследований стандартизованных сплавов;

3. Близостью результатов, полученных автором, с данными других работ.

Перечень используемых источников свидетельствует о достаточной проработке научной литературы по проблематике диссертационного исследования.

Результаты исследований были опубликованы в 6 печатных работах, в том числе в 2 рецензируемых изданиях по транспорту, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации.

Автореферат диссертации Ратенко О.А. дает полное представление о структуре диссертации, актуальности разрабатываемой тематики, предмете, объекте, цели и задачах исследования, личном вкладе автора в решение научной задачи исследования. Материал автореферата диссертации отражает общую логику исследования. Автор демонстрирует достаточно глубокое владение темой исследования, стиль изложения автореферата соответствует

нормам научной речи. Использованные иллюстрации хорошо дополняют текст работы.

В целом работа Ратенко О.А. выполнена на высоком научно-теоретическом уровне, отличается неординарностью представленного материала и достаточным количеством положений научной новизны. Полученные в ходе исследования результаты имеют важное значение для науки и практики.

В то же время, по автореферату диссертации Ратенко О.А. можно сделать следующие **замечания**:

- Автором уделено большое внимание влиянию температуры на микроструктурные изменения в сплаве в то время, как влияние напряжений рассматривается в меньшей степени, а также не учитывается в разработанной методике;

- Допущены опечатки при написании фамилий авторов теории, например, на странице 17.

Эти замечания не затрагивают существа работы, полученных результатов, выводов и рекомендаций, не снижают общей положительной оценки диссертации Ратенко О.А., которая является законченным научным исследованием, обладающим внутренним единством и содержащим решение научной задачи. Таким образом, диссертация Ратенко О.А. является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований сформулированы теоретические положения и практические предложения, изложены новые научно обоснованные решения, имеющие существенное значение для отрасли, что соответствует п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842, а ее автор заслуживает присвоения степени кандидата технических наук по специальности 05.22.14 - «Эксплуатация воздушного транспорта».

Отзыв составили:  
начальник 42 кафедры КЭАТ, к. т. н.

доцент 42 кафедры КЭАТ, к. т. н.

Старший преподаватель 42 кафедры КЭАТ,

к. т. н., доцент

«19» апреля 2022 г.

А.В. Зоричев

В.А. Цуприян

В.И. Алфимов

Почтовый адрес: 412303 г. Балашов, Балашов - 3, зд.2/198

Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков,  
4 факультет авиационный (дальней и военно – транспортной авиации)

Контактный телефон: 8 (964) 846-34-03 (п-к Зоричев А.В)

Электронная почта: zorralex@yandex.ru