

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента главного металлурга Лыткаринского машиностроительного завода – филиал ПАО «ОДК-УМПО», кандидата технических наук Равилова Рината Галимчановича на диссертационную работу Громова Алексея Николаевича на тему «Разработка и внедрение методов ускоренных испытаний лопаток ГТД с покрытиями на термостабильность и адгезию в условиях термоциклирования с применением сильноточных импульсных электронных пучков», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

### **Структура диссертации и ее объем.**

Работа, представленная на оппонирование, состоит из введения, шести глав, выводов по работе, объемом 121 страниц, иллюстрированного 82 рисунками списка используемой литературы из 118 наименований.

### **Актуальность темы диссертации.**

Рецензируемая работа представляет собой теоретико-экспериментальное исследование, посвященное решению задачи по повышению работоспособности лопаток современных ГТД. Долговечность лопаток газотурбинных двигателей зависит в основном от изменений, происходящих в их поверхностном слое. В результате механических напряжений и воздействия окружающей среды в поверхностном слое возникают эксплуатационные дефекты, накапливаются необратимые усталостные изменения, ведущие к снижению прочности, возникновению и развитию усталостных трещин и других повреждений, и как следствие к последующему разрушению лопаток.

Поэтому разработка теории и технологии применения сильноточных импульсных электронных пучков для повышения уровня служебных свойств (усталостная прочность, жаростойкость, эрозионная и коррозионная стойкость и др.) и для ремонта лопаток компрессора и турбины ГТД актуальна и имеет важное значение для производства и ремонта газотурбинных двигателей.

### **Научная новизна работы и вклад автора.**

Научная новизна полученных автором результатов и выводов по работе состоит в доказательстве правомерности ряда сформулированных им принципов по эффективному использованию обработки облучением сильноточных импульсных электронных пучков (СИЭП) с энергией 100...120 кэВ для проведения испытаний на термостабильность в условиях термоциклирования и испытаний на адгезию защитных покрытий на лопатках турбины ГТД из жаропрочных материалов.

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ

Вх. №

06 12 2019

В результате теоретических и экспериментальных исследований автором подтверждены научные основы формирования физико-химического состояния материала поверхностных слоев при термоциклировании и определены значения адгезионной прочности защитных покрытий на лопатках двигателя, изготовленных из титановых и никелевых сплавов в зависимости от режимов обработки облучения СИЭП.

Благодаря комплексу исследований, представленных автором, включающих современные методы физико-химического анализа сплавов, методы математического моделирования как метода выбора трехслойного алюминидного покрытия и моделирования воздействия электронного пучка на мишень, а также лабораторных исследований, в диссертации получена столь обширная и систематизированная информация, которая позволяет сделать вывод о возможности реализации в дальнейшем применения метода испытаний на термоциклирование и адгезионную прочность на предприятиях авиадвигателестроения.

Основные результаты, изложенные в диссертации, получены лично автором. Автор принимал непосредственное участие в постановке задач, проведении экспериментальных исследований. Обсуждение и интерпретация полученных результатов проводилась совместно с научным руководителем и соавторами. Положения, выносимые на защиту, и выводы диссертационной работы сформулированы автором самостоятельно.

#### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.**

Основные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в исследовании, научно обоснованы и хорошо аргументированы.

Материалы диссертации представлены логично и обоснованно: от постановки цели и задач через выработку теоретических основ их решения к разработке метода ускоренных испытаний лопаток ГТД. Обоснованность научных положений диссертационной работы подтверждается привлечением большого массива научных публикаций по тематике исследования, как отечественных, так и зарубежных авторов. Кроме того, основные положения, выносимые диссертантом для публичной защиты, прошли успешную апробацию в рамках научных конференций Всероссийского и Международного уровней.

#### **Практическая значимость работы.**

Правильный методический подход к решению основной задачи позволил разработать технологические режимы обработки лопаток СИЭП для повышения их служебных свойств, что подтверждено лабораторными исследованиями в идентичных условиях по апробированным методикам.

Впервые определена адгезионная прочность защитных покрытий на лопатках ГТД из жаропрочных никелевых и титановых сплавов.

Логическим завершением работы является проведение промышленной апробации разработанных методов испытаний на термоциклирование и адгезионную прочность, а также показано, что результаты, полученные по предложенным методам, хорошо согласуются с расчетными данными, полученными по методике ВИАМ.

#### **Достоверность полученных результатов.**

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, содержащихся в диссертации, подтверждаются многочисленными исследованиями в лабораторных условиях, с использованием современных методик и аттестованного оборудования на стандартизованных сплавах. Все это придает результатам и основным выводам по работе высокую достоверность.

#### **Соответствие автореферата диссертации ее содержанию.**

Автореферат правильно и всесторонне дает представление о проделанной работе, содержит в кратком виде необходимую информацию, характеризующую полученные в процессе исследования результаты, основные положения и выводы диссертации.

#### **Замечания по работе.**

1. Из диссертации не ясно, какой из методов анализа лучше применять для определения термостабильности деталей ГТД и почему?

2. К сожалению, автор недостаточно подробно раскрыл связи между изменениями структуры материалов при испытаниях на термостабильность и эксплуатационными свойствами, в частности усталостными характеристиками.

3. К недостаткам диссертации следует отнести ограниченность только жаропрочными материалами с жаростойкими покрытиями, что не позволило автору сделать более общих выводов, особенно при определении адгезии покрытий.

4. Имеется определенная небрежность оформления диссертации и автореферата, на что указано автору.

#### **Заключение.**

Отмеченные недостатки не снижают общей высокой оценки рецензируемой работы. Работа является законченным научно-исследовательским трудом, выполненная автором на высоком научном уровне, в которой имеются все компоненты: научная новизна, практическая ценность, актуальность, личный вклад диссертанта, достоверность результатов.

Диссертация по научной и практической ценности работы в целом, по объему и качеству проведенных исследований удовлетворяет требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842,

предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Громов Алексей Николаевич, заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05. 07. 05 – "Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов".

Официальный оппонент  
главный металлург ЛМЗ – филиал ПАО «ОДК-УМПО»,  
кандидат технических наук



Равилов Р. Г.

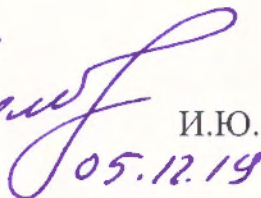
Подпись Равилова Р. Г.  
Заверяю

Зам. начальника



УТВЕРЖДЕНИЯ КАДРОВ

И.Ю. Максимов



05.12.19

Адрес: 140080, Московская область, г. Лыткарино, промзона Тураево, стр. 9.  
Телефон: 8(499) 755 – 08 – 27  
e-mail: rinat.ravilov@lmz.umpo.ru