

МИНОБНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Рыбинский государственный авиационный
технический университет
имени П.А. Соловьева»
(РГАТУ имени П.А. Соловьева)

Пушкина ул., д. 53, Рыбинск,
Ярославская обл., 152934.
Тел. (4855) 28-04-70. Факс (4855) 21-39-64.
E-mail: root@rgata.ru

Учёному секретарю диссертационного
совета Д 212.125.08
докт. техн. наук, профессору
Зуеву Ю.В.

125993 Москва,
Волоколамское шоссе, д. 4
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Московский авиационный
институт (национальный
исследовательский университет)»

28.03.2019 № 0801/013

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Ле Тиен Зьонг

«Конструктивные методы обеспечения прочности и повышения эффективности
бандажных полок лопаток рабочего колеса турбины газогенератора авиационных
ГТД»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.07.05. - «Тепловые, электроракетные двигатели и
энергоустановки летательных аппаратов»

Актуальность избранной темы.

Бандажная полка позволяет снизить уровень переменных динамических нагрузок от газодинамических воздействий и перетекание газа через радиальный зазор, но при этом увеличиваются напряжения растяжения от действия центробежных сил в несущей части лопатки рабочего колеса турбины и действующий изгибающий момент на консольные части бандажной полки. Из-за ограничения развития применяемых материалов изготовления рабочих лопаток турбин, компенсация повышенных напряжения и температур в бандажированной лопатке является актуальной задачей. Необходимый уровень прочности пера и бандажной полки обеспечивается методами интенсивного конвективно-

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ

Вх. №

05 04 2019

Система менеджмента качества РГАТУ имени П.А. Соловьева сертифицирована
на соответствие требованиям международного стандарта ISO 9001:2008



пленочного охлаждения подполочной части пера лопатки и самой бандажной полки и оптимальной конфигурации полки со стороны спинки и корытца.

Обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.

Автором на основе исследованных различных конструкций бандажированных лопаток ТВД обоснованы комплексные методы обеспечения требуемого уровня длительной прочности и охлаждения бандажной полки интенсивным конвективно-пленочным охлаждением.

Во введение автор показывает актуальность работы, сформулированы цели и задачи.

В первой главе представлены факторы дают возможность установки бандажной полки на рабочей лопатке ТВД. Факторы состоят из применения высокого жаропрочного сплава, имеющего повышенную механическую характеристику, теплозащитного покрытия нового поколения и возможности снижения температуры охлаждающего воздуха.

Во второй главе автор разрабатывает методику численного моделирования процессов в рабочем колесе с бандажированной лопаткой и исследования напряженного состояния этой лопатки.

В третьей главе проводятся исследование и анализ различных вариантов конструкций современных рабочих лопаток с бандажной полкой. Способы интенсификации охлаждения пера лопатки дополнительными, не полными рядами отверстий, располагаемых на периферийной части лопатки, с вогнутой стороны пера лопатки, а также на лобовой, торцевой поверхности полки и т.д.

В четвертой главе рассмотрены способы повышения КПД ступени с лабиринтными уплотнениями и дана рекомендация на оптимизацию структуру потока и снижение перетекания газа и проточной части турбины.

В пятой главе автор приведен конструктивные методы обеспечения требуемого уровня прочности бандажной поли рабочей лопатки ТВД. Автору удалось добиться коэффициента запаса прочности пера лопатки от двух с

использованием новых жаропрочных материалов и оптимизацией формы бандажной полки, что подтверждает возможность применения бандажной полки на рабочей лопатке ТВД.

В шестой главе показаны конструктивные методы повышения КПД в концевых участках бандажированных рабочих лопаток ТВД с установкой серповидного гребня на спинке пера лопатки. Получены хорошие результаты исследования моделирования течения при сравнении с результатами испытания.

Достоверность и новизна исследований, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Достоверность диссертационной работы основывается на хорошем соответствии результатов расчета с результатами испытания при установке гребня на спинке пера лопатки, а также на том, что все расчеты проводились с использованием методологии лицензионного пакета.

Научная новизна заключается в том, что автор разработан комплексный метод обеспечения работоспособности рабочей лопатки ТВД с бандажной полкой, который состоит из новой конструктивной схемы конвективно-пленочного охлаждения, оптимальной формы бандажной полки со стороны корыта и спинки и закрытого радиального зазора в полости над бандажной полкой, а также представлен новый подход к снижению влияния вторичных токов газа путем установки гребня на спинке лопатки.

Значимость для науки и практики полученных автором результатов.

Автором разработана методика обеспечения прочности рабочей лопатки с бандажной полкой, установка которой повышается КПД ступени турбины. В настоящее время охлаждаемые бандажированные лопатки ТВД не применяются большинством компаний двигателестроения из-за не соответствующего температурного и требуемого прочностного состояний лопатки, в частности, применяют фирмы «СНТК им. Кузнецова Н.Д.» и Роллс-Ройс.

Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации. Результаты и выводы диссертации Ле Тиен Зыонг могут быть использованы в авиационных вузах в качестве методики проектирования и на предприятиях авиационного двигателестроения при проектировании бандажированной рабочей лопатки ТВД современных и перспективных ТРДД.

Оценка содержания диссертации, ее завершенности.

Диссертация состоит из введения, 6 глав с их выводами, общего вывода и списка использованных источников. Объём диссертационной работы составляет 109 страниц машинописного текста, в том числе 73 рисунка и 2 таблицы. На основе рассмотрения содержания диссертации можно вполне обоснованно сделать следующие выводы:

- основные результаты диссертации опубликованы в 10-ти работах, из них 5 статьи в журналах, рекомендованных ВАК по специальности 05.07.05, 5 статьи в других рецензируемых журналах;

- диссертация написана автором, Ле Тиен Зыонг, самостоятельно;

- диссертация Ле Тиен Зыонг представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, в которой получены практически важные и новые научные результаты.

Из недостатков работы можно отметить следующие

1) В качестве объекта исследования выбрана рабочая лопатка. Объектом исследования должна быть ступень турбины, поскольку параметры ступени (например - степень реактивности) оказывают определяющее влияние на рабочее колесо. Судить о параметрах ступени можно только по косвенным данным, что осложняет анализ данных, приведенных в диссертационной работе.

2) В диссертационной работе приводится большое количество результатов численных расчетов без указания исходных данных и количественной оценки результатов. Например, при исследовании охлаждения бандажной полки не указаны расходы охладителя, параметры охладителя. Все результаты

газодинамических расчетов представлены в виде визуализации линий тока. Нет оценки уровня потерь кинетической энергии, по которому можно судить об адекватности расчетов.

3) Обзор методов снижения интенсивности вторичных течений основан всего на двух работах (атласах решеток профилей от 1965 и 1990 годов). Работ, посвященных снижению интенсивности вторичных течений, за последние десятилетия опубликовано достаточно много как в нашей стране, так и за рубежом.

4) В шестой главе представлен метод снижения вторичных потерь путем установки на спинке саблевидного гребня. Результаты экспериментального и расчетного исследования, представленные в данной главе, носят отрывочный характер. В диссертации представлены только расчетные и экспериментальные линии тока. По эксперименту не ясно: выполнен ли он автором, или взят из источника. Нет никакой количественной информации по вторичным потерям, хотя численный расчет проводился. Для такого ребра обязательно нужен сопряженный расчет для оценки теплового состояния, провести который на сегодняшний день не вызывает затруднений. Охлаждение ребер анализируется для соплового аппарата, что не согласуется с темой диссертационного исследования. Сделан вывод о конфигурации рабочей лопатки, которая обеспечит повышение КПД ступени, но при этом никакой количественно информации не приводится.

Отмеченные недостатки не снижают научную и практическую ценность диссертационной работы.

Заключение по диссертационной работе

Диссертационная работа Ле Тиен Зыонг выполнена на высоком научном уровне. Результатом работы является решение важной задачи актуального направления в области современных и перспективных авиационных ГТД.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Работа отвечает требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Ле Тиен Зыонг заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05. - «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Официальный оппонент

кандидат технических наук, доцент,

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева",

доцент кафедры «Авиационные двигатели».

Вятков В.В.

«25» марта 2019 г.

Вятков Владимир Вячеславович

Адрес: 152900 г. Рыбинск, ул. Захарова д.45 кв. 9.

Телефон: 89201085764

e-mail: vvvad76@mail.ru

Подпись Вяткова В.В. заверяю:

Проректор по научной работе и инновациям

Рыбинского государственного авиационного

технического университета,

имени П.А. Соловьёва

доктор технических наук,

профессор



Кожина Т.Д.