

ди
«Дин

СДАЮ
ьного директора –
ьского центра
ежность», д.т.н.
О.А. Ножницкий

«11» мая 2025 г.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации

Пивоваровой Марии Владимировны

«Разработка методов анализа и оценки изменения вибронапряжений при изменении геометрии лопаток газотурбинных двигателей в процессе их прочностной доводки и их экспериментальном исследовании», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов

Актуальность

Стремление увеличить газодинамические параметры и снизить массу современных газотурбинных двигателей (ГТД) приводит к усложнению конструкции множества деталей, для которых предъявляются повышенные требования надежности и безопасности. Все это приводит к усложнению конструкции лопаточного аппарата и к применению различных материалов таких как монокристаллические сплавы и композиты. Как следствие усложнение лопаточного аппарата приводит к повышению уровня динамических напряжений, которые зачастую невозможно зафиксировать традиционным расположением тензорезисторов при испытании. Прочностная доводка с целью обеспечения допустимого уровня динамических напряжений требует испытаний на специально препарированном для тензометрирования двигателе с имитацией полетных режимов, что влечет значительные затраты по времени и ресурсам. С этих позиций работа диссертанта является весьма актуальной и своевременной.

Основные результаты и научная новизна

В работе присутствуют все основные части, связанные с подобными исследованиями. Предложено решение задачи оптимизации препарирования лопатки тензорезисторами, что позволяет заметно уменьшить затраты на испытания. Автором предложен математически обоснованный подход по оценке изменения динамических напряжений при изменении геометрии лопатки.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

- Разработан новый расчетный метод оптимального размещения тензорезисторов на деталях ГТД (в том числе на лопатках) при экспериментальном исследовании. В рамках метода введены новые понятия;
- Разработан новый расчетный метод оценки изменения уровня вибронапряжений в лопатках ГТД при изменении ее геометрии на этапе проектирования для обеспечения допустимого уровня вибронапряжений. В рамках метода введено новое понятие.

Практическая значимость

Практическая и теоретическая значимость работы заключается в представлении рекомендаций для инженерной практики по корректировке алгоритмов проектирования рабочих лопаток компрессоров и турбин ГТД, подготовки их испытаний с учетом применения разработанных в исследовании методов. На основании полученных результатов разработан программный комплекс и выпущен Руководящий технический материал РТМ08.124, применяемые в исследовании лопаток двухконтурного газотурбинного двигателя.

Представленные в работе рекомендации могут использоваться другими исследователями при создании перспективных газотурбинных двигателей.

Результаты, представленные в диссертационной работе, внедрены и используются в производственном процессе на предприятии АО «ОДК-Авиадвигатель».

Обоснованность и достоверность научных выводов и заключений, сделанных соискателем, базируются на основных положениях механики и теории колебаний, методе конечных элементов, сравнении лабораторного эксперимента и расчета. Некоторое расхождение расчетных и экспериментальных данных объяснено автором и не влияет на ценность исследования в целом.

Основные результаты работы прошли апробацию на 7 Международных и Всероссийских конференциях. Основные положения и выводы изложены в 5 печатных работах в научных журналах, индексируемом в международной базе цитирования Scopus (включен в базу RSCI), 3 в научных изданиях, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий по направлению 2.5.15 Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.

К автореферату диссертации имеются следующие **замечания**:

1) В тексте автореферата представлено лишь упоминание о верификации метода оптимального расположения тензорезисторов, что не позволяет в полной мере получить подтверждение эффективности метода.

2) Метод прямого перебора неэффективен в части численных затрат, в дальнейшем при развитии исследований рекомендуется рассматривать также иные подходы (см., например, Teufel, Paul and Jeffrey Poland. "Robust and optimal strain gauge positions for blade vibration testing." (2015))

3) Возможно, в третьей главе использованы неудачные стилистические формулировки. При заданных ограничениях по малому изменению геометрии и частот колебаний маловероятно ожидать настолько серьезное изменение потенциальной энергии деформации, чтобы амплитуды переменных напряжений изменились на 30%. Предполагается, что произойдет перераспределение переменных напряжений по исследуемой форме так, что максимальная амплитуда переменных напряжений сместится с опасной точки, по крайней мере это видно из рисунка 5 автореферата (шкалы отсутствуют).

4) Недостаточно полное отражение результатов внедрения в производство.

Качество и стиль изложения материала исследования соответствуют уровню кандидатской диссертации, текст автореферата написан грамотным и понятным языком.

В целом кандидатская диссертация «Разработка методов анализа и оценки изменения вибронапряжений при изменении геометрии лопаток газотурбинных двигателей в процессе их прочностной доводки и их экспериментальном исследовании» является самостоятельной и завершенной работой в рамках обозначенных в ней проблем, соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям и установленным действующим Положением (п.п. 9 – 14), содержит совокупность новых

научных результатов и положений, выдвигаемых для публичной защиты, а её автор Пивоварова Мария Владимировна заслуживает присвоения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.

Я, Серебряков Николай Николаевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Начальник отдела
«Расчеты динамики и прочности двигателей»
ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова»
к.т.н. (01.02.06)



Серебряков Николай Николаевич

Контактные данные:

Адрес: 111116, Россия, Москва, ул. Авиамоторная, 2

Тел.: +79263847523

E-mail: nnserebryakov@ciam.ru