

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Шевякова Артёма Олеговича

«Многодисциплинарная оптимизация рабочих лопаток вентилятора газотурбинного двигателя с учетом производственных отклонений», представленной к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности

2.5.15. «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью обеспечения технологической независимости российского авиадвигателестроения в условиях санкционных ограничений. Внедрение программ импортозамещения требует повышения точности проектирования и надежности газотурбинных двигателей. Одним из ключевых элементов, определяющих эффективность и ресурс двигателя, является рабочая лопатка вентилятора, характеризующаяся сложной пространственной геометрией.

Существующие методы оптимизации, как правило, ориентированы на номинальную геометрию и не учитывают технологический разброс параметров при серийном производстве. Игнорирование производственных отклонений приводит к снижению реального КПД, запасов газодинамической устойчивости и ресурса лопаточного аппарата. В связи с этим разработка методики многодисциплинарного анализа чувствительности, позволяющей оценивать влияние производственных отклонений на аэродинамические и прочностные характеристики, является **актуальной научно-технической задачей**.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. На основе статистического анализа реальных данных измерений партий лопаток разработана методика прецизионного контроля и созданы модели производственных отклонений для ключевых геометрических параметров (максимальная толщина профиля E , угол установки Θ , толщины у кромок e_1 , e_2 , смещения центра тяжести T_x , T_y).

2. Предложена и реализована комплексная методика параметризации 3D-моделей лопаток в «холодной» и «горячей» конфигурациях с использованием специализированных программных комплексов «BladeToolMAI» (Siemens NX) и «FindSweepLayers» (ANSYS

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

31.07.2026г.

АСТ), обеспечивающая автоматизированное построение геометрии по данным КИМ.

3. Разработана методика многодисциплинарного анализа чувствительности, объединяющая конечно-элементные прочностные расчеты (ANSYS Workbench) и трехмерное CFD-моделирование (NUMECA Fine/Turbo, ANSYS CFX), позволяющая установить количественные закономерности влияния единичных и комбинированных геометрических отклонений на напряженно-деформированное состояние и аэродинамическую эффективность вентиляторной ступени.

4. Обоснована возможность использования линеаризованных моделей отклика для экспресс-оценки влияния производственных допусков на интегральные характеристики, что существенно сокращает вычислительные затраты на этапе оптимизации.

Практическая значимость работы подтверждена внедрением разработанных программных средств в производственный процесс ПАО «ОДК-Сатурн» при модернизации компрессора низкого давления двигателя регионального самолета. Предложенная методология позволяет целенаправленно корректировать допуски на изготовление, повышать предсказуемость характеристик серийных двигателей и сокращать время доводки изделий. Полученные зависимости чувствительности создают основу для перехода от пассивного контроля к адаптивным стратегиям сборки лопаточных венцов с учетом реальной геометрии каждой лопатки, что повышает тяговые характеристики без дополнительных производственных затрат.

Достоверность результатов обеспечивается использованием верифицированных и сертифицированных программных комплексов, апробацией методик на реальных данных серийного производства, согласованием результатов численного моделирования с экспериментальными данными ПАО «ОДК-Сатурн» и сходимостью расчетных решений.

Замечания по работе:

1. В работе выполнен детальный анализ влияния единичных и комбинированных отклонений геометрии, однако вопрос о совместном влиянии температурных деформаций и производственных отклонений на аэродинамику («горячая» геометрия с технологическим разбросом) рассмотрен недостаточно полно. Хотя «горячие» модели построены на основе статических прочностных расчетов, влияние температурных полей на формирование деформаций для каждого из 37 вариантов геометрии не анализировалось отдельно.

2. В выводах обоснована возможность применения линеаризованных моделей для экспресс-оценки. Однако для параметров, демонстрирующих нелинейное поведение (угол установки, максимальная толщина профиля), в работе не приведены конкретные рекомендации по величине шага дискретизации факторного пространства, при котором линейная аппроксимация сохраняет приемлемую точность.

3. В тексте диссертации присутствуют отдельные опечатки и стилистические неточности (например, дублирование аббревиатуры ГДУ в списке сокращений), однако они не снижают научной и практической ценности работы.

Указанные замечания не носят принципиального характера и не влияют на общую положительную оценку диссертации.

Заключение

Диссертационная работа Шевякова Артёма Олеговича «Многодисциплинарная оптимизация рабочих лопаток вентилятора газотурбинного двигателя с учетом производственных отклонений» является **законченным научно-квалификационным исследованием**, содержащим решение актуальной задачи повышения эффективности и надежности вентиляторных ступеней авиационных ГТД за счет учета производственных отклонений.

По актуальности, научной новизне, практической значимости и объему выполненных исследований работа полностью соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям. Шевяков А.О. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности **2.5.15. «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»**.

Выражаю согласие на включение своих персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени кандидата технических наук Шевякова Артёма Олеговича и их дальнейшую обработку.

Заранкевич Илья Андреевич, к.т.н., технический директор ООО «НПО «Двигатель».

ООО «НПО «Двигатель». 454090, Челябинская область, г.о. Челябинский, г. Челябинск, пл. Мопра, д. 9, кв. 144. Тел.: +7 (495) 249-47-77, E-mail: mail@npo-dvigatel.ru.

Подпись Заранкевича И.А. заверяю.

Веряскин Максим Евгеньевич, генеральный директор ООО «НПО «Двигатель»

