

Отзыв официального оппонента

на диссертационную работу

Печениной Екатерины Юрьевны на тему

«Совершенствование процесса сборки рабочих колёс с анти-вибрационными полками компрессоров авиационных ГТД», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов

1. Общая характеристика работы и соответствие темы диссертации паспортам научных специальностей

Диссертация выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва». Работа состоит из введения, четырех глав, заключения, содержит 47 рисунков и 14 таблиц. Общий объем диссертации составляет 147 страниц, а также список литературы из 101 наименований и 8 приложений.

По теме диссертации опубликованы 7 статей, из них 3 – в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 1 – в изданиях, индексируемых в базе данных Scopus, а также получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ. Все опубликованные работы по содержанию соответствуют теме и отражают основное содержание диссертации.

Во введении автором описан объект исследования, обоснована актуальность, сформулированы цель и задачи исследования, приведены научная новизна, положения, выносимые на защиту.

В первой главе автором осуществлен критический анализ этапов сборки рабочих колес восьмой ступени компрессора среднего давления ГТД. Выделены недостатки существующей технологии сборки в виде наличия нескольких предварительных сборок и вследствие нестабильности размеров лопаток и дисков сборочных комплектов, на основании чего сформулированы цель и задачи исследования.

Во второй главе приведены теоретические исследования, направленные на разработку методики, математической модели и алгоритма комплектования рабочих колес компрессора для устранения предварительных сборок и снижения величины рассеивания натягов по антивибрационным полкам лопаток.

В третьей главе представлены результаты экспериментальных исследований сборки рабочих колес по критерию достижения точности натягов по бандажным полкам лопаток и осуществлена проверка достоверности разработанных теоретических положений. Выполнены измерения геометрии

деталей для двух рабочих колес, осуществлены экспериментальных шесть сборок рабочих колес; проведен анализ полученных результатов, который показал уменьшение рассеивания натягов до 43% и снижение трудоемкости сборки на 41 - 56%.

Четвертая глава посвящена разработке программной системы для практической реализации разработанных модели и алгоритма, использование которой в производственной обстановке позволяет повысить точность сборки и снизить трудоёмкость расстановки лопаток в рабочем колесе компрессора на авиадвигателестроительных предприятиях.

Приведенные в библиографическом списке автореферата работы соискателя в количестве 7 публикаций, представления диссертационной работы в виде тезисов и докладов на научно-технических конференциях, на которых докладывались и обсуждались основные положения и результаты, дают основание считать, что диссертационная работа Е.Ю. Печениной прошла достаточную апробацию.

В целом по объему и структуре диссертация соответствует установленным требованиям ВАК к диссертациям и пункту 9 паспорта специальности 2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.

Автореферат в полном объеме отражает содержание диссертационной работы и позволяет ознакомиться со всеми основными результатами, полученными автором, а также выводами и рекомендациями, вытекающими из проведенных исследований.

2. Актуальность работы

Важными направлениями исследований в области производства авиационных двигателей являются повышение их надёжности, ресурса и экономичности работы. Достигнуть эти цели можно путём повышения качества на стадиях проектирования, изготовления и сборки деталей и узлов двигателя за счёт использования их цифровых двойников.

Особые трудности в изготовлении и сборке вызывают детали роторных узлов турбин и компрессоров. Эти сборочные единицы участвуют в формировании газового тракта, для их изготовления необходимо использовать современное производственное оборудование и оснастку, а также современные системы автоматизации проектирования и комплектования. Сборка является сложной многовариантной задачей, решение которой требует использования современных математических моделей и алгоритмов, направленных на оптимизацию ряда взаимоисключающих параметров. Вследствие недостаточной повторяемости достигаемых в производстве геометрических сборочных параметров, использова-

ния промежуточных сборок после контрольных проверок трудоёмкость изготовления двигателя существенно возрастает, значительную часть которой занимает сборка.

Важнейшим направлением технологического развития двигателестроения в настоящее время является цифровизация конструктивных и технологических решений, что позволит существенно сократить сроки разработки новых изделий, снизить трудоёмкость изготовления и повысить качество существующих. В этом плане диссертационная работа Е.Ю. Печениной в полной мере соответствует данной тенденции и вносит существенный вклад в повышение эффективности производственного цикла сборки ГТД.

Таким образом, тему диссертационной работы соискателя, направленную на совершенствование процесса сборки рабочих колёс с антивибрационными полками компрессоров авиационных ГТД, следует считать актуальной.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов

Автор широко и корректно использует основные положения математического моделирования, статистики, технологии машиностроения и других наук, ссылаясь на известные результаты исследований других авторов. Теоретические положения подтверждаются сопоставлением с результатами экспериментальных исследований. В диссертации при формулировании цели и задач исследования выполнен необходимый анализ научно-технической информации по проблеме повышения качества и надёжности бандажированных рабочих колёс компрессора.

Достоверность экспериментальных исследований обеспечивается корректным использованием и применением современных аттестованных средств измерений и стандартных методик обработки результатов экспериментов и моделированием сборки с использованием современных программных продуктов.

Научные выводы по диссертации не противоречат друг другу, базируются на полученных результатах теоретических исследований, моделировании процессов с использованием современных программных продуктов, экспериментах.

Ключевые положения диссертации достаточно апробированы на научно-практических конференциях различного уровня, а их производственная значимость для отраслевых предприятий подтверждена соответствующими документами о внедрении.

В связи с этим достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций сомнений не вызывает.

4. Научная новизна

В диссертационной работе Печениной Е.Ю. представлены логически взаимосвязанные теоретические и экспериментальные исследования, в результате которых получен ряд новых научных результатов, направленных на повышение точности и снижение трудоёмкости сборки рабочих колёс компрессоров ГТД.

Принципиальная отличительная особенность работы заключается в комплексном подходе и решению задачи автоматизации формирования плана расстановки лопаток в рабочем колесе с учётом особенностей их геометрических отклонений. Помимо этого, автор обоснованно и эффективно использует методы математического моделирования, матричные вычисления и теорию алгоритмов.

Научная новизна работы состоит в совокупности следующих положений:

– математическая модель оценки натягов лопаток по антивибрационным полкам при их сборке в рабочем колесе, отличающаяся от известных решений использованием данных по отклонениям геометрических параметров лопаток, пазов диска и учитывающая влияние соседних лопаток;

– алгоритм расстановки лопаток в рабочем колесе, позволяющий минимизировать рассеивание величин натягов между лопатками, учитывающий отклонения натягов по антивибрационной полке со стороны корыта и со стороны спинки от конструкторских значений;

5. Практическая ценность и реализация работы

Практическая ценность диссертационной работы состоит в реализации разработанных модели и алгоритма в программной системе, в виде методики сборки рабочих колёс компрессора ГТД с автоматизацией формирования схемы расстановки лопаток в условиях использования цифрового производства, которая позволяет снизить или устранить предварительные сборки. Предлагаемая методика отличается от существующих тем, что для распределения лопаток используются отклонения геометрических параметров лопаток, пазов диска, обобщённые в виде математической модели, которая позволяет повысить точность и уменьшить трудоёмкость сборки рабочих колёс ГТД в производстве.

Практическая реализация полученных в работе результатов подтверждается актами внедрения в филиале АО «ОДК» «НИИД» и на предприятии ООО «Самарские турбомоторы», а также в учебном процессе.

Результаты работы рекомендуется использовать других на предприятиях авиационного двигателестроения и энергетического машиностроения, которые могут нуждаться в использовании средств автоматизации комплектования лопаток в рабочих колесах.

6. Замечания по содержанию диссертационной работы

Признавая несомненную новизну, практическую и теоретическую значимости исследования, необходимо отметить следующие моменты, вызывающие потребность дискуссии и замечаний.

1. Недостаточно понятна трактовка натяга по антивибрационным полкам в виде отклонения площадей в размерности мм^2 , представленных на рисунках 3.15 - 3.18. По существующим представлениям натяг - геометрическая величина в виде превышения ширины бандажной полки над длиной сектора на уровне радиального положения.

2. В разработанном алгоритме и методике сборки рабочих колёс компрессора ГТД путём автоматизированной расстановки лопаток по отклонениям расположения контактных поверхностей отсутствует ограничение по числу отбираемых лопаток на сборочный комплект, не учитывается возможность оптимизации комплектации множества рабочих колёс из задела имеющихся лопаток, которая существует в производстве.

3. В диссертации приведены результаты практической реализации в виде актов внедрения, рассчитано снижение трудоёмкости при автоматизированном комплектовании по сравнению с существующим способом, но не приведён расчёт экономической эффективности от внедрения данного способа в реальном производстве.

4. На гистограммах, приведённых в рисунках 3.8 - 3.9, по осям ординат указано количество измерений, а не частота или частность в виде отношения числа измерений, входящих в каждый интервал, к общему числу экспериментов - объёму выборки.

5. При использовании данных измерения геометрических параметров деталей, и особенно углов установки при сборке, следовало бы провести оценку возникающих случайных и систематических погрешностей, влияющих на достоверность получаемых результатов.

Отмеченные замечания незначительно снижают качество выполненной научно-квалификационной работы, не влияют на полученные теоретические и прикладные результаты и на общую положительную оценку диссертации.

В целом работа написана технически грамотным языком, логично изложена и аргументирована как при решении частных задач, так и при достижении общей цели работы.

7. Заключение по диссертационной работе


Диссертация Е.Ю. Печениной на соискание ученой степени кандидата технических наук «Совершенствование процесса сборки рабочих колёс с антивибрационными полками компрессоров авиационных ГТД» является завершённой научно-квалификационной работой, выполнена на актуальную тему, в которой содержится решение важной технической задачи для технологии производства двигателей летательных аппаратов.

Работа полностью соответствует критериям Положения ВАК о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор, Печенина Екатерина Юрьевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.

Официальный оппонент

профессор кафедры Технологии авиационных двигателей и общего машиностроения Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева»,
доктор технических наук, профессор.

152934, Ярославская область, г. Рыбинск,
ул. Пушкина, д. 53
E-mail: semenov.an@mail.ru, тел. 8(905) 132-63-88


Семенов
Александр
Николаевич
16.11.2023

Подпись Семенова А.Н. заверяю
Ученый секретарь Ученого совета
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева»,
кандидат технических наук»


С.А. Волков