

ФГАОУ ВО «Самарский  
национальный исследовательский  
университет имени академика С.П.  
Королева»

443086, г. Самара, Московское шоссе,  
34. Ученому секретарю  
диссертационного совета 24.2.379.10  
А.С. Виноградову

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента

на диссертационную работу

Янюкиной Марии Викторовны на тему

«Разработка метода обеспечения геометрической точности сборки рабочих  
колёс турбины авиационного ГТД»,

представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук  
по специальности 2.5.15 - Тепловые, электроракетные двигатели и  
энергоустановки летательных аппаратов

### **1. Общая характеристика работы**

В своей работе Янюкина М.В. рассматривает процесс сборки рабочего колеса (РК) турбины авиационного ГТД и ставит целью снижение трудоёмкости сборки и повышения точности геометрических параметров РК. Цель работы достигается за счёт применения разработанного метода обеспечения геометрической точности сборки рабочих колёс турбины авиационного ГТД.

Для достижения поставленной цели автором были решены следующие задачи:

1. Разработан метод обеспечения геометрической точности сборки РК турбины авиационного ГТД, учитывающий особенности, связанные с деформацией лопаток и их качкой в пазах диска.

Входящий № 106 - 3025  
Дата 16 АПР 2025  
Самарский университет

2. Разработана модель оценки натягов по стыковым поверхностям бандажных полок соседних лопаток и функциональная зависимость для уточнения полученных значений.

3. Проведены исследования влияния размеров замкового соединения лопаток на поле рассеивания геометрических сборочных параметров РК турбины.

4. Разработан алгоритм комплектования деталей для выполнения сборки РК турбины авиационного ГТД с учётом её особенностей.

## **2. Актуальность темы исследования**

Тенденция к повышению эффективности авиационных газотурбинных двигателей вызывает необходимость улучшения производительности, точности и качества сборки основных сборочных единиц, в частности, турбин. Одновременно с этим предъявляются требования по снижению себестоимости производства. Этому актуальному направлению научных исследований и практических разработок посвящена диссертационная работа Янюкиной М.В.

Особенно трудно достижимым требованиями, предъявляемыми к сборке РК, являются обеспечение геометрических параметров взаимного расположения бандажных и замковых полок и, наиболее важного - натяга по стыковым поверхностям бандажных полок соседних лопаток.

Обеспечение соответствия значений фактических натягов заданным в конструкторской документации создаёт предпосылки повышения уровня надёжности работы ГТД. Данная задача по существующей технологии сборки достигается путем повторных сборочно-разборных операций, что снижает эффективность и себестоимость производства. Дополнительным фактором, усложняющим оценку фактического натяга, является зазорное сопряжение хвостовика с пазом диска, позволяющее возможность качки лопаток в пазах. Автором предлагается компьютерное моделирование процесса сборки рабочих колес на основе подбора лопаток по фактическим геометрическим параметрам с целью снижения числа предварительных сборок.

В связи с вышеизложенным, поставленная М.В. Янюкиной цель – снижение трудоёмкости процесса сборки рабочих колёс турбины авиационного ГТД за счёт разработки и использования метода, позволяющего оценивать и достигать заданную точность натягов и зазоров по бандажным полкам лопаток с учётом качки и силового взаимодействия между ними, является актуальной.

### **3. Структура диссертации**

Диссертационная работа включает в себя введение, 4 главы, заключение, список литературы из 78 наименований и приложение. Диссертация изложена на 127 страницах, содержит 44 иллюстрации и 14 таблиц. Структура изложения диссертации чёткая и направлена на решение поставленных задач.

В **первой** главе приведен обзор проблематики сборочного процесса, препятствующей безусловному достижению качества рабочих колес турбин ГТД. Сформулированы цель исследования и задачи по ее достижению.

Во **второй** главе разработан метод обеспечения заданной геометрической точности сборки рабочих колес турбин; созданы модели расчет натягов по бандажным полкам и качки хвостовиков в пазах дисков; спроектированы векторные размерные цепи для определения положения бандажных полок. Разработана зависимость для расчета значений натягов и сил контактного взаимодействия бандажных полок.

**Третья** глава посвящена теоретическим и экспериментальным исследованиям и обоснованию разработанного метода обеспечения точности сборки рабочего колеса турбины. Автор проводит теоретический эксперимент: моделирование части сборочного процесса – определение геометрического сборочного параметра через компьютерный расчёт и натурный эксперимент – измерение геометрического натяга по стыковым поверхностям бандажных полок, проводит анализ полученных результатов.

В **четвертой** главе представлен алгоритм комплектования рабочего колеса турбины авиационного ГТД с применением компьютерного расчёта геометрических сборочных параметров – основное применение разработанного автором метода. Так же предложена методика определения объемов незавершённого производства как дополнительный экономический эффект от использования результатов работы.

Таким образом, можно констатировать, что структура диссертации и методика ее выполнения решены автором верно, цели и задачи исследования досконально раскрыты и полностью достигнуты. Полученные результаты позволяют характеризовать оппонируемую работу как завершённую. В целом диссертационная работа написана технически грамотным языком и серьезных замечаний к ее оформлению не имеется. Выводы и суждения достаточно обоснованы.

#### **4. Новизна проведенных исследований**

В диссертационной работе М.В. Янюкиной получен ряд новых научных результатов в виде теоретических формулировок условий взаимодействия бандажированных лопаток в рабочих колесах турбин авиационных ГТД. Разработанный метод обеспечения геометрической точности сборки рабочих колёс турбины отличается способом расчёта зазоров и натягов по стыковым поверхностям бандажных полок лопаток на основе отдельной оценки влияющих на геометрические параметры колёс факторов качки и силового взаимодействия между лопатками от закрутки бандажных полок при монтаже.

Другим элементом, отражающим научную новизну исследования, является разработанная модель расчета натягов по стыковым поверхностям бандажных полок соседних лопаток, учитывающая влияние их качки в замковых пазах диска на взаимное положение в РК турбины авиационного ГТД. Так же автором предложена функциональная зависимость для уточнения значений натягов по стыковым поверхностям бандажных полок лопаток РК посредством учёта их закрутки, вызванной взаимным

действием возникающих при сборке сил при формировании бандажного обода.

## **5. Обоснованность и достоверность основных результатов исследований**

Автор корректно использует основные положения теории математического моделирования и математической обработки результатов, технологии сборки ГТД и смежных наук, добросовестно ссылается на известные результаты исследований других авторов. Теоретические положения подтверждаются результатами экспериментальных исследований.

Основные гипотезы диссертационного исследования достаточно аргументированы и логично связаны с целью и задачами, которые поставил перед собой автор. Достоверность полученных результатов работы определяется корректностью постановки задач исследования, а также использованием необходимых математических инструментов для их решения. Автор использовал точные численные методы, обеспечивающие необходимую достоверность результатов вычислительных экспериментов.

В диссертационной работе приводится достаточное количество наглядных материалов: иллюстрации, графики.

Выводы по главам, заключение по работе, рекомендации для производственного использования соответствуют разработанным научным положениям и оригинальны.

## **6. Апробация работы.**

По материалам диссертации опубликованы 12 работ, в числе которых 4 статьи в научных журналах из перечня ВАК РФ, 2 – в изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus.

Результаты исследований были доложены на научных конференциях разного уровня, в том числе и международных. В связи с изложенным считаю, что диссертация М. В. Янюкиной апробирована в необходимой и достаточной степени.

## 7. Замечания по содержанию и оформлению работы

1. В списке литературы диссертации обычно указывают только научные источники: книги, монографии, диссертации, авторефераты диссертаций, статьи, тезисы докладов. Учебники и учебные пособия не являются научными источниками, поэтому ссылки на них в диссертации допустимы только в исключительных случаях. Однако автором были использовано несколько подобных источников (4, 28, 29 и т.д.).

2. В формулах расчета сил взаимодействия бандажных полок не учитывается крутильная жесткость лопаток, которая существенно зависит от геометрических параметров конкретных лопаток.

3. Алгоритм комплектования рабочих колес лопатками на основе разработанного метода следовало приводить не в четвертой, а во второй главе как результат разработанного метода и элемент научной новизны. Практическое использование результатов и практическая ценность исследования тогда заключалась бы в разработке методики комплектования на основе алгоритма.

4. В формуле 8 автореферата не соблюдается размерная зависимость между углом разворота бандажной полки и силой их взаимодействия.

5. Размерная цепь с замыкающим звеном - натягом между двумя лопатками является пространственной. В работе не указано программное обеспечение, с помощью которого выполнялся расчёт данной размерной цепи.

6. В п. 2.6. диссертации приводится описание конечно-элементной модели лопатки для оценки её перемещений с учётом действия силовых факторов при сборке РК. Однако автор не указывает подробную информацию о процессе расчёта: используемую сетку, закрепление лопатки и иные данные.

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

## 8. Заключение по диссертации

Диссертация М.В. Янюкиной на соискание ученой степени кандидата технических наук «Разработка метода обеспечения геометрической точности сборки рабочих колёс турбины авиационного ГТД» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение важной технической задачи.

Диссертация по своему объему, актуальности, научной и практической значимости полностью соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», а её автор, Янюкина Мария Викторовна, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.

**Официальный оппонент,**  
профессор кафедры «Технология авиационных двигателей и общего машиностроения» ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет им. П.А. Соловьева», доктор технических наук, профессор.  
152934, Ярославская область,  
г. Рыбинск, ул. Пушкина, д.53,  
тел.8 905 132 6388,  
e-mail: [semenov.an@mail.ru](mailto:semenov.an@mail.ru)

Семенов  
Александр  
Николаевич  
  
9.4.2025

Ученый секретарь  
Ученого совета  
РГАТУ имени П.А. Соловьева  
к.т.н., доцент



С.А. Волков