

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента

д.т.н., профессора Силуяновой Марины Владимировны

на диссертационную работу

Янюкиной Марии Викторовны

«Разработка метода обеспечения геометрической точности сборки рабочих колёс турбины авиационного ГТД», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по научной специальности 2.5.15.

Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов

### **Общая характеристика работы**

Диссертационная работа Янюкиной М.В. посвящена снижению трудоёмкости сборочного процесса и повышению точности геометрических параметров рабочего колеса (РК) турбины ГТД. Поставленная в работе цель достигнута за счёт применения разработанного метода обеспечения геометрической точности сборки рабочих колёс турбины авиационного ГТД. В рамках достижения поставленной цели решались следующие задачи: разработан метод обеспечения геометрической точности сборки РК турбины авиационного ГТД, учитывающий особенности, связанные с деформацией лопаток и их качкой в пазах диска; разработаны модель оценки натягов по стыковым поверхностям бандажных полок соседних лопаток и функциональная зависимость для уточнения полученных значений – составляющие основу разработанного метода; проведены исследования влияния размеров замкового соединения лопаток на поле рассеивания геометрических сборочных параметров РК турбины; разработан алгоритм комплектования деталей для выполнения сборки РК турбины авиационного ГТД с учетом ее особенностей.

### **Актуальность темы исследования**

Значимой характеристикой авиационных ГТД является их надёжность, обеспечиваемая в ходе производства. Надёжность ГТД определяется множеством влияющих параметров, среди которых значимое место занимает геометрическая точность деталей и узлов. В работе Янюкиной М.В. рассматривается критический узел ГТД – рабочее колесо турбины. Значимым сборочным параметром РК является натяг по бандажным полкам лопаток, оказывающий сильное влияние на надёжность и ресурс ГТД. Особую значимость в обеспечении названного натяга

занимает процесс сборки РК. Существующий технико-организационный уровень процесса сборки предусматривает последовательную реализацию предварительных сборок РК с целью определения действительных значений натягов и зазоров по бандажным полкам. Данный подход малопроизводителен и приводит к высоким затратам ресурсов, поэтому использование цифровых возможностей на этапе сборки является перспективным решением.

В конструкции РК турбины присутствуют рабочие лопатки с бандажными полками, при этом конструктором предусмотрена возможность качки лопаток в замковых пазах диска. Наличие качки лопаток в пазах диска затрудняет оценку величин натягов.

Для определения значений геометрических сборочных параметров, при которых надежность и ресурс турбины и ГТД будут соответствовать заданным величинам, сборка РК повторяется многократно. В условиях производства это не рационально и не эффективно. Соискатель предлагает использование предварительного компьютерного расчёта.

Таким образом, актуальность данной работы определяется необходимостью повышения эффективности процесса сборки РК турбины ГТД за счёт применения компьютерного расчёта для определения наиболее значений геометрических сборочных параметров, способствующих наибольшему ресурсу изделия. Поэтому разработка метода обеспечения геометрической точности сборки рабочих колёс турбины авиационного ГТД, способствующего повышению эффективности сборочного процесса, является актуальной задачей.

### **Структура диссертации**

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы из 78 наименований. Диссертация изложена на 127 страницах, содержит 44 иллюстрации и 14 таблиц. Изложение диссертационной работы подчинено решению поставленных задач.

### **Новизна проведенных исследований**

Научная новизна диссертационной работы не вызывает сомнений и заключается в том, что впервые получены следующие результаты:

1. Разработан метод обеспечения геометрической точности сборки рабочих колёс турбины авиационного ГТД, отличающийся способом расчёта зазоров и натягов по стыковым поверхностям бандажных полок лопаток, который предусматривает разделение и оценку влияющих на геометрические параметры колёс факторов качки и силового

взаимодействия между лопатками от закрутки бандажных полок при монтаже с использованием модели и функциональной зависимости, применимых в производстве.

2. Разработана модель оценки натягов по стыковым поверхностям бандажных полок соседних лопаток, учитывающая влияние их качки в замковых пазах диска на взаимное положение в РК турбины авиационного ГТД.

3. Предложена функциональная зависимость для уточнения значений натягов по стыковым поверхностям бандажных полок лопаток РК посредством учёта их кручения, вызванного взаимным действием возникающих при сборке сил, при рассмотрении лопаток в виде эквивалентных балок

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

Основные положения диссертации в достаточной мере обоснованы и логически вытекают из поставленных диссертантом целей. Достоверность результатов обеспечивается корректностью постановки задач исследования и использованием соответствующего математического аппарата для их решения.

Работа выполнена на основе известных численных методов, обладающих высокой точностью, при проведении вычислительных экспериментов.

Диссертация содержит достаточное количество иллюстраций, и графиков, что усиливает доказательную базу достоверности и новизны исследований.

**Апробация работы.** Основные положения диссертационной работы в отражены в 12 публикациях, из которых 4 – в научных журналах из перечня ВАК РФ, 2 – в статьях в изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus. Результаты исследований были представлены на конференциях различного уровня, включая международные. Поэтому считаю, что диссертационная работа Янюкиной М.В. в достаточной мере апробирована.

**Диссертация и автореферат** написаны доступным технически грамотным языком. Содержание диссертации достаточно полно, подробно и ясно раскрывает постановку, методы и результаты решения поставленных и рассмотренных задач. Автореферат в значительной степени отражает

содержание диссертации. Оформление диссертации и автореферата соответствует существующим требованиям.

**Замечания по содержанию и оформлению работы.** Недостатков, ставящих под сомнение справедливость каких-либо результатов, в диссертации не обнаружено. Однако имеются некоторые незначительные замечания.

1. В разделе актуальность темы исследования автореферата указано на необходимость разработки «модели, *оценивающей* геометрические сборочные параметры». Тема диссертации содержит словосочетание «*обеспечение* геометрической точности». На мой взгляд, стоит употреблять одинаковые конструкции, и в актуальности вести речь о модели, обеспечивающей геометрические сборочные параметры.

2. В п.3 научной новизны говорится о рассмотрении лопаток в виде эквивалентных балок. Далее по тексту прямого упоминания о балках не наблюдается.

3. В тексте автореферата недостаточно подробно описана последовательность проведения эксперимента. Вероятно, это можно связать с ограничениями объёма автореферата.

4. Схема процесса сборки РК турбины с применением предварительного компьютерного расчёта, представленная на рисунке 4.2 в диссертации, перегружена и затруднительна к восприятию. В схеме следовало бы выделить основные этапы.

Отмеченные замечания не носят принципиального характера и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы Яньюкиной М.В.

**Заключение по диссертации.** Оценивая работу в целом, считаю, что диссертация является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным соискателем на соответствующем научном уровне. Диссертантом решена важная научно-техническая задача по созданию метода обеспечения геометрической точности сборки рабочих колёс турбины авиационного ГТД.

Исходя из вышеизложенного могу с уверенностью сказать, что оппонируемая диссертационная работа является завершённым научным исследованием, соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК России, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Яньюкина Мария Викторовна, заслуживает

присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.

Официальный оппонент,

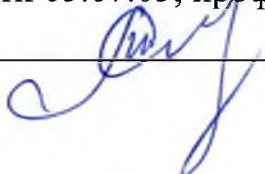
Профессор кафедры 1202 «Технология производства  
и эксплуатации двигателей летательных аппаратов»

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт»

(национальный исследовательский университет) (МАИ),

доктор технических наук

по специальности 05.07.05, профессор

 Силуянова Марина Владимировна

Контактный телефон +7 (916) 612-83-54, e-mail: [dc2mati@yandex.ru](mailto:dc2mati@yandex.ru)

Подпись профессора М.В. Силуяновой заверяю:

