

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор РГАТУ имени П. А. Соловьева
по науке цифровой трансформации

к.т.н., доцент

А.Н. Сулягин

« »

2022 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Семеновой Анны Сергеевны
**«Разработка расчетно-экспериментальной методики оценки
долговечности межроторного подшипника по контактным
напряжениям при проектировании ГТД»,**

представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук
по специальности 2.5.15. «Тепловые, электроракетные двигатели и
энергетические установки летательных аппаратов»

Проблема повышения надежности подшипников качения, применяемых в газотурбинных двигателях, непосредственно связано с определением их долговечности на этапах проектирования и доводки. В мире существует громадное количество центров и предприятий, ведущих проектирование подшипников, их изготовление, разрабатывающих современные методики и программные продукты, в том числе и для расчета долговечности подшипников. Большинство программных продуктов, соответствующие им методики по расчету долговечности, являются собственностью предприятий и в большинстве случаев не доступны для других компаний и не публикуются в открытом доступе.

На работоспособность и ресурс межроторного подшипника (МРП) влияет совокупность различных факторов, как внутренних, так и внешних: гироскопический момент и перегрузка при эволюциях самолета, дисбаланс и скольжение роторов, изменение температуры и вязкости масла и др. Интенсивность и продолжительность воздействия указанных факторов в эксплуатации могут варьироваться в широких пределах. Не учет выше перечисленных факторов может привести к завышенной оценке долговечности подшипника на стадии проектирования ГТД и, следовательно,

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«19» 12 2022

к значительному увеличению затраченных средств и времени при доводке двигателя.

Одной из основных причин разрушения подшипника в условиях эксплуатации является возникновение значительных контактных напряжений и, как следствие, износ поверхностей качения. С учетом сказанного разработана методика расчета контактных напряжений в межроторных подшипниках с учетом различных факторов и ее востребованности предприятиями ОДК является актуальной.

В данной работе разработана методика численного моделирования контактных напряжений смятия, учитывающая многофакторность задачи для определения долговечности подшипников качения при проектировании ГТД. Так же показано, что долговечность межроторного подшипника, рассчитанная по контактным напряжениям смятия не может с достаточной точностью оцениваться по существующим аналитическим методикам (например, по технической спецификации ISO 16281-2008), в своей основе не полностью учитывающим многофакторность нагружения таких подшипников, а именно, противовращение колец, перекосы колец, инерционные силы от собственного вращения тел качения, податливость окружающих подшипник конструктивных элементов, зазоры и натяги.

В диссертационной работе поставлены и решены следующие научные задачи:

- Выполнен обзор существующей научно-технической литературы по проблеме определения долговечности подшипников по контактным напряжениям смятия;
- Создана конечно-элементная модель МРП и узла подшипника в составе экспериментального стенда;
- Разработана методика численного моделирования контактных напряжений МРП с противовращением колец;
- Получены результаты эквивалентных ускоренных испытаний по подтверждению расчетной долговечности МРП на экспериментальном стенде ЦИАМ.

Структура и содержание работы:

Рассматриваемая диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы. Общий объем диссертации составляет 118 страниц, а библиография включает 100 работ отечественных и зарубежных авторов.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи работы, определена её научная новизна и

практическая значимость, обоснована достоверность полученных результатов, приведены положения, выносимые на защиту.

В первой главе на основе аналитического обзора литературы сформулированы задачи научного исследования применительно к МРП.

Во второй главе приводится описание разработанной методики определения контактных напряжений в поверхностях качения МРП.

В третьей главе представлен анализ результатов численного моделирования напряжений в МРП.

В четвертой главе выполнен сравнительный анализ напряжённого состояния МРП с однонаправленным и противоположным вращением колец подшипника.

В пятой главе приведены результаты ускоренных испытаний МРП, подтверждающие расчётную оценку ресурса роликового подшипника.

Текст диссертации написан на высоком научном уровне, материал изложен логично и последовательно, должным образом оформлен и проиллюстрирован.

Автореферат диссертации достаточно полно и правильно отражает структуру, основное содержание и результаты выполненной автором диссертационной работы.

Научная новизна полученных автором диссертационной работы результатов заключается в следующем:

- Показано, что результаты аналитической оценки напряжений МРП при однонаправленном вращении роторов близки к численному решению;
- Доказано существенное влияние на контактные напряжения МРП противовращения роторов, а, следовательно, и на долговечность;
- Выявлено влияние податливости корпуса подшипника, вала ротора, колец подшипника на напряжения в контактных поверхностях;
- Показано существенное влияние перекоса колец в МРП на контактные напряжения и долговечность подшипника.

Практическая значимость полученных автором результатов и выводов заключается в том, что они могут быть использованы при определении долговечности межроторных и межвальных подшипников при проектировании ГТД.

Достоверность полученных результатов подтверждается следующими факторами:

- соответствием получаемых при моделировании результатов

ожидаемым при изменении исходных данных;

- полученными физически обоснованными закономерностями;
- использованием современных методов моделирования и обработки данных;
- совпадением отдельных полученных в работе результатов при численном анализе с результатами, полученными аналитическими методами и экспериментально.

Апробация работы обеспечена представлением и обсуждением ее результатов на отечественных и международных научно - технических конференциях и публикациями в рецензируемых изданиях.

По диссертационной работе Анны Сергеевны Семеновой могут быть сделаны следующие **замечания**:

Во-первых, было бы интересно рассмотреть более точную причину разрушения межроторного подшипника на стенде ЦИАМ при подтверждении ресурса 6000 часов. Так как если разрушение произошло по причине неполадок стенда, долговечность подшипника окажется значительно выше зачтенной экспериментально.

Во-вторых, известна трудно устранимая проблема разрушения МРП (например в двигателях Д30-КП) связанная с появлением эффекта "масляного голодания" на некоторых эксплуатационных режимах работы двигателя. Это обстоятельство не нашло отражения в диссертационной работе.

Однако указанные замечания не снижают общего высокого научного уровня и значимости рассматриваемой диссертационной работы, и могут быть рассмотрены в качестве рекомендаций для проведения дальнейших исследований.

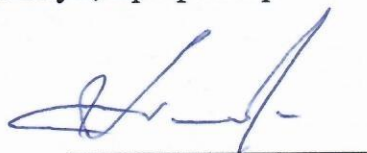
Таким образом, по данной работе может быть сделано следующее **заключение**:

По своей актуальности, научной новизне, объёму выполненных исследований и практической значимости полученных результатов, содержанию и оформлению рассматриваемая диссертационная работа соответствует требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Семенова Анна

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

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры «Авиационные двигатели», протокол № 5 от 16.11.2022года.

Заведующий кафедрой «Авиационные двигатели»
ФГБОУ ВО
«Рыбинский государственный
авиационный технический университет
имени П. А. Соловьева»
доктор технических наук, профессор



Ремизов Александр Евгеньевич

« 01 » декабря 2022 г.

152934, Ярославская область,
Рыбинский р-н, г. Рыбинск, ул. Пушкина, д.53
тел. 8(4855) 280-471
e-mail: ad@rsatu.ru

С отзывом ознакомлена *ашм* 20.12.22