

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

кандидата технических наук Нескоромного Евгения Вячеславовича на диссертационную работу Терешко Антона Герольдович на тему: «Расчетно-экспериментальная методика определения динамических характеристик демпферных опор с упругими кольцами», представленной в диссертационный совет 24.2.327.06 на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

### Актуальность темы диссертационной работы

Задача расчёта собственных частот и критических скоростей вращения роторов является важной задачей при проектировании и доводке авиационных ГТД, так как возникающие при работе ГТД несбалансированные динамические нагрузки воспринимают подшипники опор, надежность которых определяет надежность двигателя в целом. Применяемые в конструкции авиационных ГТД упруго-демпферные опоры (УДО) позволяют снизить уровень действующих нагрузок, но развитие конструкции таких опор приводит к сложностям прогнозирования их характеристик, несмотря на широкое применение в расчетах многофункциональных конечноэлементных комплексов высокого уровня, позволяющих решать задачи прочности и динамики для деталей и узлов сложных форм, различного назначения и в условиях разнообразного нагружения.

Таким образом, возникает необходимость создания нового научно обоснованного методического аппарата для случаев применения в конструкции ГТД УДО с нелинейными характеристиками, позволяющего на основе анализа экспериментальных данных создать математическую модель опоры, описывающую динамическое поведение ротора с учётом реакции на дисбаланс во всём рабочем диапазоне частот вращения.

### Структура и содержание диссертационной работы

Диссертационная работа Терешко А.Г. состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка и двух приложений. Общий объем диссертационной работы составляет 122 страниц, 105 рисунков и 13 таблиц. Библиографический список включает 95 наименований.

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, приведены – цель работы, решаемые задачи, краткая аннотация содержания работы, представлены методы исследования, дана оценка научной новизны и

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ  
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ  
ДОКУМЕНТОВ МАИ

«2» 04 2026.

практической значимости полученных результатов, а также приведены положения, выносимые на защиту и апробация работы.

**В первой главе** проведен обзор работ, посвященных современному состоянию моделирования роторных систем ГТД и расчёта их критических частот вращения. Рассмотрен опыт применения УДО в двигателях разработки ОКБ им. А. Люльки, особое внимание уделено сложностям моделирования элементов опор с нелинейными характеристиками. Показана необходимость доводки характеристик УДО с установленным упругим кольцом по результатам натурных экспериментальных работ в составе двигателя.

**Вторая глава** посвящена анализу результатов применения конечноэлементных и специализированных программных комплексов, а также ограничений применения известных аналитических моделей для расчёта критических частот вращения роторов ГТД. Представленные результаты расчётов с использованием программных комплексов показали достаточную сходимость с результатами реальных испытаний двигателя, включая специализированные эксперименты. Разработаны рекомендации, позволяющие повысить качество результатов расчетов.

**Третья глава** посвящена определению амплитудно-частотных характеристик роторов низкого и высокого давления перспективного ГТД. Проведено сравнение с аналогичными характеристиками двигателя АЛ-41Ф-1С, показано существенное расхождение этих характеристик, особенно для роторов низкого давления. Выполнен анализ факторов, влияющих на значение критической частоты вращения, детально рассмотрены отличия в конструкциях передней опоры компрессора низкого давления, представлены причины изменения конструкции. Выдвинута и экспериментально проверена теория о нелинейном изменении жёсткости дроссельного демпфера и отсутствии существенного влияния жёсткости упругого кольца на значение критической частоты вращения на фоне возрастания жёсткости масляного слоя. Доказана необходимость учёта нелинейной характеристики опоры в динамической модели связанной системы роторов.

**В четвертой главе** представлена методика определения динамических характеристик опоры с упругими кольцами, которая основывается на анализе экспериментальных данных для вибропакетов упруго-демпферных опор ГТД, имеющих высокую жёсткость упругих колец. Раскрыто содержание основных этапов методики. Представлен расчёт критических частот вращения роторов и амплитудно-частотных характеристик с учётом нелинейных характеристик УДО новой конструкции.

**В заключении** приводятся основные выводы по результатам диссертационного исследования.

В целом в работе обосновано и грамотно применены ссылки на научно-техническую литературу, научные работы, в том числе статьи, написанные самим автором диссертации.

Необходимо отметить последовательность и детальное выполнение расчётных исследований, а также пошаговое сравнение полученных результатов с результатами экспериментов.

### **Достоверность и обоснованность научных результатов**

Достоверность и обоснованность научных результатов, полученных в диссертации, обеспечивается путем корректного применения достижений в области фундаментальных наук, теория колебаний роторов и использованием современного математического аппарата, реализованного в известных программных комплексах.

Достоверность подтверждается множественными данными натурных экспериментов с различными вариантами геометрии дроссельного демпфера в передней опоре компрессора низкого давления, проведённых в процессе доводки динамических характеристик роторных систем перспективного ГТД с применением в компоновке УДО новой конструкции.

### **Научная новизна результатов исследования, полученных лично автором**

Основным научным результатом, полученным автором лично, является расчётно-экспериментальная методика определения динамических характеристик демпферной опоры с упругим кольцом, которая базируется на синтезе математической модели роторной системы с моделью дроссельного демпфера и результатов стендовых испытаний ГТД.

Особенностью математической модели является применение квазилинейного элемента в модели передней опоры компрессора низкого давления ГТД с учётом нелинейных динамических характеристик дроссельного демпфера.

### **Практическая значимость результатов исследований**

Результаты диссертационного исследования позволили выполнить прочностную доводку перспективного ГТД в работах по обеспечению

заданного вибрационного состояния путём уточнения конструктивных параметров упруго-демпферной опоры компрессора низкого давления.

Высокая практическая значимость проведенной работы подтверждается реализацией в ОКБ им. А. Люльки – филиале ПАО «ОДК-УМПО».

Основные результаты диссертации опубликованы в 15 публикациях, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 5 статей. Получен патент РФ на конструкцию УДО. Результаты диссертационного исследования были успешно апробированы в рамках всероссийских и международных научно-технических конференций на протяжении более чем 20 лет.

**В качестве недостатков и замечаний диссертации** следует отметить:

1. В выполненном анализе работ по теме исследования чётко не указаны недостатки существующих моделей и методик динамических характеристик демпферных опор роторов ГТД, которые автор устраняет разработкой новой методикой.

2. В работе достаточно подробно представлены особенности разработки и настройки математической модели, а экспериментальные исследования представлены очень ограничено, в виде значений в таблицах, отсутствуют также ссылки на соответствующие научно-технические и технические отчеты по результатам испытаний (экспериментальных исследований).

3. Из текста диссертации неясен способ (метод) подбора значений жёсткости передней опоры компрессора низкого давления ГТД (стр. 66) и поэтому неясно, как осуществлять аналогичный подбор для другого ГТД.

4. Замечания по оформлению, грамматические и смысловые ошибки:

- стр. 2, 4. Наименование глав 2 и 4 написано со строчной буквы ;
- стр 3. Наименование главы 3 – после точки новое предложение написано со строчной буквы;
- стр. 15. В предложении - Построены экспериментальные АЧХ для роторов НД и ВД ... . В списке сокращений НД и ВД не представлены;
- стр. 60. Рисунок 39 – размер шрифта чисел осей координат очень маленький и не позволяет однозначно определить их значения;
- стр. 60. Первое предложение п. 3.6 – пропущено слово «показаниям» - ... построенных по *показаниям* датчикам вибраций ... ;
- рисунки 3.9-3.11 – в тексте отсутствуют данные о частотах вращения роторов ГТД на режимах «малый газ» и «максимальный», что не позволяет четко определить рабочий диапазон на частотных диаграммах.

Отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы, и не снижают научной и практической ценности полученных автором результатов.

**Заключение о соответствии диссертационной работы критериям, установленным в Положении о присуждении ученых степеней**

Диссертация Терешко Антона Герольдович на тему: «Расчетно-экспериментальная методика определения динамических характеристик демпферных опор с упругими кольцами» является завершенной и самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной научно-технической задачи. Диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне в соответствии с паспортом специальности 2.5.15. «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Автореферат и опубликованные работы в полном объеме отражают содержание диссертации и полученные автором основные научные результаты.

Диссертация Терешко А.Г. соответствует всем требованиям положения «О порядке присуждения ученых степеней» утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемого к кандидатским диссертациям, а ее автор, Терешко Антон Герольдович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидат технических наук по специальности 2.5.15. «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Доцент 73 кафедры авиационных двигателей  
ФГКВОУ ВО «Военный учебно-научный центр  
Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия  
имени профессора Жуковского и Ю.А. Гагарина»,  
к.т.н.

Евгений Вячеславович Нескоромный

« 05 » 03 2026 г.

Подпись \_\_\_\_\_ Нескоромного Евгения Вячеславовича \_\_\_\_\_ удостоверяю.

(Ф.И.О. оппонента)

Старший помощник начальника строевого отдела

ВУНЦ ВВС ВВА

(должность)



(подпись)

\_\_\_\_\_ Антонов И.В..

(Ф.И.О.)

М.П.

*С отзывом ознакомлен*

*Терешко А.Г.*  
2.04.2026