

О Т З Ы В

официального оппонента д.т.н. Колотникова М.Е. на диссертацию

Терешко Антона Герольдовича «Расчётно-экспериментальная методика определения динамических характеристик демпферных опор с упругими кольцами», представленной к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

Надежность эксплуатации современных газотурбинных двигателей (ГТД) авиационного назначения и стационарных газотурбинных установок (ГТУ), используемых для производства электроэнергии или транспортировки газа является наиболее важной задачей, стоящей перед разработчиками, производителями и эксплуатантами ГТД и ГТУ. Одной из причин, вызывающей отказы этих изделий в эксплуатации являются повышенные уровни вибрационных нагрузок, приводящих к досрочному выходу из строя подшипниковых опор, трубопроводной и электрической обвязок двигателей, агрегатов системы управления. Источником повышенных вибрационных нагрузок в двигателях являются вращающиеся ротора. Современные методы проектирования двигателей позволяют в большинстве случаев успешно решать вопросы обеспечения приемлемого уровня вибрационных нагрузок, оцениваемых по показаниям датчиков виброускорения, вибро скорости или виброперемещений, устанавливаемых, как правило, либо на опорах корпусов двигателя, либо на опорах корпусов подшипников. Это достигается за счёт правильного распределения на стадии проектирования геометрических параметров и массово-инерционных характеристик роторов. За счёт этих мероприятий, как правило, удается вывести критические частоты вращения роторов, соответствующих наиболее опасной изгибной форме, за пределы рабочего диапазона частот вращения с соответствующим запасом. Однако критические частоты вращения роторов, соответствующие опорным (скалочным) формам колебаний, вывести за пределы рабочих частот вращения роторов от запуска двигателя до номинального режима чаще всего не удается. В лучшем случае удается разместить эти критические частоты вращения в область, лежащую, ниже эксплуатационного диапазона частот вращения роторов от малого газа (холостого хода) до номинального режима, что не

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

2014 г.

исключает появление повышенных, а иногда и недопустимых уровней вибрационных нагрузок на проходных режимах. Методом защиты двигателя от повышенных вибрационных нагрузок на этих режимах является введение в конструкцию опор двигателя гидродинамических демпферов (ГДД), обеспечивающих демпфирование развитых колебаний роторов по опорным формам. В настоящее время не создано общепринятых и научно обоснованных методик расчёта и проектирования ГДД, гарантирующих виброзащиту двигателя во всём диапазоне частот вращения роторов. Практически всегда требуется экспериментальное уточнение характеристик ГДД по результатам измерения параметров вибраций в процессе стендовых испытаний двигателя. Однако и этот путь является, как правило, непростым и затратным. В связи с этим тема диссертации Терешко А.Г., посвященная разработке и исследованию расчётно-экспериментальной методики определения динамических характеристик дроссельных демпферных опор ГТД и ГТУ с упругими кольцами является несомненно **актуальной**.

Основным новым научным результатом выполненных в диссертации расчётных и экспериментальных работ является созданная автором расчётно-экспериментальная методика, включающая в расчётную схему «казилинейную связь», описываемую несимметричными матрицами жесткости и демпфирования, позволяющая выбирать параметры дроссельного ГДД, обеспечивающие достижение приемлемых уровней виброскорости во всем диапазоне частот вращения роторов для двухроторных ГТД.

Определенной научной новизной обладают полученные и обработанные автором экспериментальные данные об изменении величин, измеряемых виброскоростей в зависимости от конструктивных параметров упругого кольца гидродинамического демпфера, которые могут быть использованы при проектировании дроссельных ГДД других изделий.

Практическая ценность полученных в диссертации результатов и сделанных выводов состоит в том, что на базе созданной автором расчётно-экспериментальной методики удалось определить параметры дроссельного ГДД, обеспечивающие допустимые уровни виброскорости на передней опоре перспективного двигателя во всём диапазоне частот вращения.

Важным практическим результатом является доказанный автором вывод, что для расчёта АЧХ роторов можно пользоваться моделями конструкции, не включающими в себя модели статора, что существенно упрощает выполнение расчётов, уменьшает потребные вычислительные ресурсы и снижает время на проведение расчётов. Указанные факторы позволяют на стадии проектирования проанализировать большее количество вариантов выполнения конструкции ГДД.

Достоверность полученных результатов и сделанных выводов не вызывает сомнения, поскольку экспериментальные данные получены при натуральных испытаниях двигателей с использованием прецизионных измерителей вибрационных процессов фирмы «Vibrometer», а расчётные исследования проведены с использованием широко используемых программных комплексов MSC NASTRAN, ANSYS WORKBENCH, DYNAMICS R4.

Диссертация изложена ясным языком, что не вызывает затруднений при изучении проведенных в ней исследований и полученных результатов.

Материалы диссертации целесообразно использовать специалистам ОКБ газотурбостроения в области расчёта динамики и проектирования роторов ГТД и ГТУ, а также преподавателям высших учебных заведений в курсах динамики и прочности газотурбинных двигателей.

Наряду с отмеченными достоинствами представленной диссертации по ней следует сделать следующие замечания:

1. Автору, используя разработанную методику, удалось подобрать функции изменения жесткости и коэффициентов демпфирования в зависимости от частоты вращения роторов перспективного двигателя, обеспечивающие достаточное хорошее описание экспериментальных данных по датчикам измерения виброскорости передней опоры и мероприятий по обеспечению приемлемых значений этих параметров для перспективного двигателя. Вместе с тем в диссертации отсутствуют какие-либо рекомендации количественного или качественного характера о том, как реализовать полученные функции в конструкции упруго-демпферной передней опоры этого двигателя, что несколько снижает ценность данного важного результата, полученного в диссертации.
2. В диссертации используется довольно часто терминология, необоснованно придуманная лично автором, например «дисбалансный отклик» или «моментная податливость», которые отсутствуют в принятой научной терминологии при описании явлений в роторной динамике, что вызывает недоумение, а иногда и неприятную реакцию при изучении диссертации.
3. Обзор научных работ по теме диссертации выглядит достаточно обширным, учитывая узкую направленность темы диссертации, но не содержит в себе критики результатов, описанных в этих работах, из которой логично бы вытекала необходимость проведения новых исследований, описание которых приводится в рецензируемой работе.

Несмотря на сделанные замечания, представленная диссертация является законченным научным исследованием, удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, соответствует специальности 2.5.15 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов», а её автор Терешко Антон Герольдович заслуживает присуждения ему искомой степени кандидата технических наук.

Ведущий научный сотрудник

НИИ Механики МГУ им. М.В. Ломоносова,

доктор технических наук

Колотников М.Е.

06.03.2026

Личную подпись д.т.н., ведущего научного сотрудника НИИ Механики МГУ им. М.В. Ломоносова удостоверяю

И.О. директора НИИ Механики

МГУ им. М.В. Ломоносова

Член-корр. РАН



Георгиевский Д.В.

с отзывом ознакомлен

Терешко А.Г.
2.04.2026