

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: 24.2.327.06

Соискатель: Семенова Анна Сергеевна

Тема диссертации: Разработка расчетно-экспериментальной методики оценки долговечности межроторного подшипника по контактным напряжениям при проектировании ГТД

Специальность: 2.5.15. — «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации.

На заседании 23 января 2023 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, соответствующую критериям, приведенным в "Положении о присуждении ученых степеней", утвержденном постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, и принял решение присудить Семеновой Анне Сергеевне ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали: председатель диссертационного совета Равикович Ю.А., ученый секретарь диссертационного совета Краев В.М., члены диссертационного совета: Агульник А.Б., Абашев В.М., Демидов А.С., Лесневский Л.Н., Марчуков Е.Ю., Молчанов А.М., Мякочин А.С., Надирадзе А.Б., Назаренко И.П., Ненарокомов А.В., Никитин П.В., Попов Г.А., Силюянова М.В., Тимушев С.Ф., Хартов С.А.

Ученый секретарь диссертационного совета

24.2.327.06, д.т.н., доцент

Начальник отдела УДС
Т.А. Аникина



ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.06,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 23.01.2023 г. № 34

О присуждении Семеновой Анне Сергеевне, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка расчетно-экспериментальной методики оценки долговечности межроторного подшипника по контактными напряжениям при проектировании ГТД» по специальности 2.5.15. – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» принята к защите 14.11.2022 г., (протокол заседания № 23) диссертационным советом 24.2.327.06, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»; 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4; приказ Министерства науки и высшего образования РФ о создании диссертационного совета – №669/нк от 24.06.2022 г.

Соискатель Семенова Анна Сергеевна, 30.03.1978 года рождения, работает в ОКБ им. А.Люльки, филиал ПАО «ОДК-УМПО» в отделе 200 «Приводов и маслосистем» в должности ведущего конструктора.

В 2000 г. окончила Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина по специальности «Сервис и техническая эксплуатация транспортных и технологических машин и оборудования в с.х.».

В 2021 г. окончила аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

В период подготовки диссертации соискатель, Семенова Анна Сергеевна работала в ОКБ им. А.Люльки, филиал ПАО «ОДК-УМПО» в отделе 200 «Приводов и маслосистем» в должности ведущего конструктора.

Диссертация выполнена на кафедре 203 «Конструкция и проектирование двигателей летательных аппаратов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель - Леонтьев Михаил Константинович, доктор технических наук, профессор кафедры «Конструкция и проектирование двигателей», ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (г. Москва).

Официальные оппоненты:

Клебанов Яков Мордухович, доктор технических наук, профессор кафедры «Механика», ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» (г. Самара);

Бадамшин Ильдар Хайдарович, доктор технических наук, профессор кафедры «Авиационные двигатели», «Уфимский университет науки и технологии» (г. Уфа)

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева» (РГАТУ), г. Рыбинск, в своем положительном отзыве, подписанном Ремизовым Александром Евгеньевичем, доктором технических наук, профессором кафедры «Авиационные двигатели» и утвержденном

проректором РГАТУ по науке цифровой трансформации Сутягиным А.Н., доктором технических наук, профессором, указала, что диссертация Семеновой А.С. представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения, имеющие важное значение при разработке авиационных двигателей. Данная работа соответствует паспорту специальности 2.5.15. «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов». Рассматриваемая диссертационная работа соответствует требованиям «Положения о присуждении учёных степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор, Семенова Анна Сергеевна, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Соискатель имеет 6 опубликованных работ, все по теме диссертации, общим объёмом 2,1 п.л. Из них - 3 статьи в научных журналах из списка ВАК и 3 тезиса докладов и материалов конференций. Все работы написаны в соавторстве.

Данные публикации посвящены вопросу расчетов напряжений смятия, и как следствие долговечности межроторного подшипника газотурбинного двигателя (ГТД).

Авторский вклад соискателя заключается в:

- разработке методики и алгоритмов многофакторного численного расчета контактных напряжений смятия;
- в проведении численных расчетов и анализа полученных результатов;
- в выполнении расчетного анализа долговечности межроторного подшипника (МРП) с полученными контактными напряжениями;
- в подготовке программы ускоренных испытаний МРП; в сопровождении испытаний;
- в проведении контроля состояния МРП после ускоренных испытаний.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимые работы соискателя:

1. Семенова А.С., Зубко А. И. Исследование технического состояния межроторного подшипника на стенде исследований характеристик подшипников СП-180М после прохождения ресурсных испытаний за ресурс 2000 часов / Вестник Московского авиационного института. — 2019. — Т. 26. — № 2. — С. 126-138.

2. Семенова А.С., Кузьмин М.В. Подбор дискретности конечно-элементной сетки для вращающихся деталей межроторного подшипника газотурбинного двигателя с учетом шероховатости / Вестник Московского авиационного института. — 2020. — Т. 27. — № 3. — С. 134-142.

3. Семенова А.С., Кузьмин М.В. Отработка методики численного анализа напряжений смятия в роликовых подшипниках / Вестник Московского авиационного института. — 2022. — Т. 29. — № 3. — С. 180-190.

4. Семенова А.С., Кирсанов А.Р. Исследование влияния частоты вращения внутреннего кольца сегментного керамического подшипника на его прочность. / Всероссийская научно-техническая конференция «Авиадвигатели XXI века». Сборник тезисов докладов. — Москва, ЦИАМ им. П.И. Баранова, 24-27 ноября 2015 г. — С. 531.

5. Семенова А.С., Кирсанов А.Р. Численное моделирование вращения межроторного подшипника с имитацией реальных условий работы. / Всероссийская научно-техническая конференция «Авиадвигатели XXI века». Сборник тезисов докладов. — Москва, ЦИАМ им. П.И. Баранова, 24-27 ноября 2015 г. — С. 532.

6. Семенова А.С., Петров Н.И. и др. Поисковые исследования работоспособности различных типов подшипников для их применения в опорах перспективных двигателей. / Международной научно-технической конференции «Проблемы и перспективы развития двигателестроения» Сборник тезисов докладов. — Самара, Самарский университет, 23-25 июня 2021 г. — Т.2, С. 353-354.

На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы (все

отзывы положительные).

Отзыв на диссертацию официального оппонента Бадамшина И.Х.,
доктора технических наук, профессора, содержит замечание:

1. Для полной картины определения контактных напряжений смятия межроторного подшипника желательно провести расчеты в составе двигателя.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Клебанова Я.М.,
доктора технических наук, профессора, содержит замечания:

1. В работе не поясняется, чем вызвано значительное различие величин контактных давлений между роликами и кольцами при отсутствии и при наличии сепаратора в конечно-элементной модели подшипника;

2. В качестве примера в работе рассматривается параметр шероховатости цилиндрической поверхности роликов $Ra=2,5$ мкм. Вместе с тем, производители подшипников авиационного назначения стремятся максимально повысить чистоту рабочих поверхностей своих изделий. В настоящее время в отечественных подшипниках указанный параметр шероховатости составляет 0,16 мкм и меньше.

3. В модели не учтены податливость и зазор колец технологических подшипников (эти факторы могут создавать дополнительный перекосяк колец исследуемого подшипника).

Отзыв на диссертацию ведущей организации Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева» содержит замечания:

1. 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 зачетной экспериментально.

2. 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.

Отзыв на автореферат диссертации филиала ПАО «ОДК-УМПО» «Опытно-конструкторское бюро им. А.Люльки», составленный Артамоновым М.А., к.т.н., начальником бригады отдела прочности, содержит следующие замечания:

1. Указано, что техническая спецификация ISO 16281:2008 учитывает ряд факторов, действующих на подшипник, но в этот стандарт не входят такие факторы как перекосы колец, податливость и т.д., в отличие от методики автора. Однако, для понимания влияющих на работу подшипника условий, входящие в техническую спецификацию факторы следует назвать.

2. В автореферате отсутствует информация о проведении расчетных исследований по влиянию эксплуатационных факторов (перекос колец, податливость корпуса и т.д.) на долговечность МРП. Подобные исследования были бы безусловно полезны. Возможно, наличие подобных неблагоприятных факторов при испытаниях подшипника с противовращением роторов и привело к отклонению расчетной долговечности от экспериментально полученного значения.

Отзыв на автореферат диссертации ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени Н.Э. Баумана (НИУ)», составленный Сорокиным Ф.Д., профессором кафедры Прикладной механики, содержит следующие замечания:

1. Одним из выводов работы является разработка методики подбора необходимой дискретизации элементов подшипника с учетом шероховатости поверхности. Так же сказано, что методика эта подтверждена на основе расчетов с рекомендуемой сеткой и более грубой сеткой, и полученные результаты на грубой сетке не подходят для использования их в оценке долговечности. На сколько различались результаты по напряжениям?

2. В автореферате сказано, что неявный метод интегрирования дает более точные результаты при определении напряжений в модели. С чем это связано?

3. Построение методики оценки долговечности основано на использовании программного комплекса LS-Dyna. Однако в настоящее время в результате действия санкций многие предприятия не могут приобрести данный программный продукт. Есть ли возможность переноса данной методики на отечественные программные комплексы? Какие требования к комплексу по имеющему инструментарию должны быть предъявлены в этом случае?

Отзыв на автореферат диссертации производственного комплекса «Салют» АО «Объединенная двигательная корпорация», к.т.н., Тяпкина С.А., инженера-конструктора 1к. содержит следующие замечания:

1. Из текста автореферата не понятно учитывалась ли масляная смазка подшипника при динамическом расчете.
2. На приведенных графиках плохо просматривается легенда.

Отзыв на автореферат диссертации филиала ПАО Корпорация «Иркут» «Центр комплексирования», составленный заместителем начальника отдела № 226, к.т.н., доцентом Неретиным Е.С. и ведущим инженером-конструктором 1 категории № 226, к.т.н., Луневым, содержит следующие замечания:

1. Из текста автореферата не ясно, в чем состоит верификация разработанной модели.
2. В автореферате трудно читается легенда на некоторых графиках.

Отзыв на автореферат диссертации ЦИАМ имени П.И. Баранова, составленный Петровым Н.И., к.т.н., заместителем отделения «Динамика и прочность», содержит следующие замечания:

1. Не дано пояснение, как соотносятся между собой результаты расчетной и экспериментальной части работы.
2. Стр. 17. Время расчета на кластере составляет от 10 до 33 часов. При этом разница между значениями, полученными аналитическим и численными методами для спутного вращения колец отличается менее чем на 1 %. В тоже время для противоположного вращения колец разность составила уже 38%. Не

указано, чем объясняется такое различие.

Отзыв на автореферат диссертации ВУНЦ ВВС «ВВА», составленный Карпенко О.Н., к.т.н., доцентом кафедры восстановления авиационной техники и Волошиной В.Ю., к.э.н., старшим научным сотрудником 3 НИО НИЦ (ГПО и УА ВВС), содержит следующие замечания:

1. Существенный вклад в условия работы вносят такие факторы как податливость и зазор колец технологических подшипников (эти факторы могут создавать дополнительный перекося колец исследуемого подшипника). Не учет влияния данного фактора ведет к завышению расчетной долговечности.

2. В автореферате было бы целесообразно представить результаты второго этапа испытаний в более информативном виде.

Выбор Клебанова Я.М., доктора технических наук, профессора кафедры «Механика», ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» (г. Самара) в качестве официального оппонента обосновывается его широкой компетентностью в вопросах анализа и нормирования прочности, живучести, безопасности и ресурса машин и конструкций, что подтверждается многочисленными публикациями в рецензируемых российских и зарубежных журналах.

Выбор Бадамшина И. Х., доктора технических наук, профессора кафедры «Авиационные двигатели», «Уфимский университет науки и технологии» (г. Уфа) обосновывается его большим опытом в области расчетных и экспериментальных исследований прочностных и динамических характеристик деталей авиационных двигателей и космических аппаратов, что подтверждается многочисленными публикациями в рецензируемых российских и зарубежных журналах.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева» выбрана в соответствии с тем, что она является высшим учебным

заведением, осуществляющая подготовку кадров высшей квалификации, ведёт научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по разработке двигателей новых поколений. Специалисты ведущей организации, в том числе составившие отзыв на диссертацию, обладают опытом изучения процессов, протекающих в газотурбинных двигателях (ГТД). Это позволяет им оценить актуальность, научную новизну и практическую ценность результатов диссертации, а также сформировать рекомендации по практическому использованию этих результатов для предприятий отрасли, занимающихся конструированием и производством ГТД.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- предложена методика подготовки модели межроторного подшипника (МРП) для динамического расчета в программном комплексе LS-DYNA;
- разработан метод численного моделирования контактных напряжений смятия, учитывающий многофакторность задачи для определения долговечности при проектировании ГТД, который позволяет учесть вращение роликов вокруг своей собственной оси при вращении роторов;
- проведены аналитические и численные расчеты контактных напряжений и долговечности МРП в условиях противовращения роторов, показавшие эффективность численного метода;
- разработана программа испытаний и проведены ускоренные ресурсные испытания подшипника.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Создан алгоритм определения контактных напряжений, учитывающий многофакторность задачи и расчета долговечности в терминах технической спецификации ISO 16281:2008.

Разработана расчетно-экспериментальная методика определения контактных напряжений в межроторных подшипниках численным методом, подтвержденная испытаниями на экспериментальном стенде.

Достоверность и обоснованность научных результатов, полученных в диссертации, обеспечивается корректным применением достижений в

области фундаментальных наук и теории прочности, обоснованным выбором математических моделей повреждаемости и подтверждается сходимостью результатов численного моделирования с экспериментальными данными.

Вклад автора:

- разработана методика и алгоритмы многофакторного численного расчета контактных напряжений смятия;
- проведены численные расчеты и анализ полученных результатов;
- выполнен расчетный анализ долговечности МРП с полученными контактными напряжениями;
- подготовлена программа ускоренных испытаний МРП;
- сопровождение испытаний;
- проведен контроль состояния МРП после ускоренных испытаний.

На заседании 23 января 2023 года диссертационный совет принял решение: за решение научной задачи совершенствования методики оценки долговечности межроторного подшипника по контактным напряжениям смятия при проектировании ГТД присудить Семеновой А.С. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 11 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 17, против - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель диссертационного совета 24.2.327.06

доктор технических наук, профессор

Равикович Юрий Александрович

Ученый секретарь диссертационного совета 24.2.327.06

доктор технических наук, доцент

Краев Вячеслав Михайлович

23 января 2023 г.