

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: Д 212.125.08

Соискатель: Зубко Алексей Игоревич

Тема диссертации: Комплексная методика виброакустической диагностики технического состояния подшипниковых опор газотурбинных двигателей

Специальность: 05.07.05 - «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации.

На заседании 21 декабря 2020 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, отвечающую критериям, приведенным в "Положении о присуждении ученых степеней", утвержденном постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года, и принял решение присудить Зубко Алексею Игоревичу ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали: председатель диссертационного совета Равикович Ю.А., ученый секретарь диссертационного совета Зуев Ю.В., члены диссертационного совета: Агульник А.Б., Демидов А.С., Коротеев А.А., Кочетков Ю.М., Краев В.М., Кулешов Н.В., Лесневский Л.Н., Мякочин А.С., Надирадзе А.Б., Назаренко И.П., Ненарокомов А.В., Никитин П.В., Попов Г.А., Силуянова М.В., Тазетдинов Р.Г., Тимушев С.Ф., Хартов С.А., Чванов В.К..

Ученый секретарь диссертационного совета
Д 212.125.08, д.т.н., профессор



Ю.В. Зуев

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.08,
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
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 21.12.2020 г. № 16

О присуждении Зубко Алексею Игоревичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Комплексная методика виброакустической диагностики технического состояния подшипниковых опор газотурбинных двигателей» по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» принята к защите 14.10.2020 г., (протокол заседания № 4) диссертационным советом Д 212.125.08, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации; 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4; приказ Минобрнауки РФ о создании диссертационного совета – № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Зубко Алексей Игоревич, 1988 года рождения, работает ведущим конструктором в «Опытно конструкторском бюро имени А. Люльки» - филиале публичного акционерного общества «ОДК - Уфимское моторостроительное производственное объединение» Государственной корпорации по содействию разработке, производству и экспорту высокотехнологичной промышленной продукции «Ростех».

В 2010 г. соискатель окончил государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московской области «Королёвский институт управления, экономики и социологии». В 2020 г. окончил аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

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

Научный руководитель – доктор технических наук Звонарев Сергей Львович, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», кафедра «Конструкция и проектирование двигателей», профессор.

Официальные оппоненты:

Мельникова Нина Сергеевна, доктор технических наук, Производственный комплекс «Салют» акционерного общества «Объединенная двигателестроительная корпорация», отдел главных конструкторов, заместитель главного конструктора;

Ярославцев Сергей Владимирович, кандидат технических наук, Акционерное общество «Турбонасос», управление, ученый секретарь

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», г. Самара, в своем положительном отзыве, подписанном Фалалеевым С.В., доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой конструкции и проектирования двигателей летательных аппаратов

и утвержденном Прокофьевым А.Б., доктором технических наук, доцентом, первым проректором – проректором по научно-исследовательской работе, указала, что диссертация Зубко А.И. является научно-квалификационной работой, включающей в себя совокупность новых научных результатов и решений технических задач по диагностике технического состояния опор роторов ГТД. Результаты диссертационной работы имеют практическую ценность для предприятий и организаций, занимающихся разработкой и эксплуатацией авиационных и наземных газотурбинных двигателей таких как, ПАО «ОДК-Сатурн», ПАО «ОДК-УМПО», АО «НПП имени В. В. Чернышева», АО «ОДК-Климов», АО «ОДК-Газовые турбины», АО «ОДК-Авиадвигатель», АО «ОДК-Пермские моторы», ПАО «Кузнецов», АО «218 АРЗ», АО «ААРЗ» и других. Разработанные методы определения технического состояния подшипников опор роторов ГТД могут применяться и для исследований условий их работоспособности и рассмотрении вопросов динамики роторных систем. Разработанные методы орбитального анализа и изменения фазы вибрации могут быть реализованы для повсеместного использования при контроле качества изготовления и сборки, а также изменения технического состояния ГТД в процессе эксплуатации. Рассмотренные комплексные подходы содержат в себе основу для формирования основных направлений дальнейших работ по данной тематике. Диссертация соответствует всем критериям, приведенным в «Положении о присуждении ученых степеней», утвержденном Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, а её автор Зубко Алексей Игоревич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 - «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Соискатель имеет 52 опубликованные работы, все по теме диссертации, общим объемом 34,74 п.л., из них в рецензируемых научных изданиях

опубликовано 13 работ, получено 20 патентов РФ на изобретения. Из 52 публикаций: 15 – статьи в научных журналах, 17 – тезисы докладов по материалам конференций, 20 – патенты РФ на изобретения. 8 работ автором написаны самостоятельно, остальные работы написаны в соавторстве.

Данные публикации посвящены исследованиям причин возникновения вибрации роторных систем ГТД вызывающих повышенные нагрузки на подшипниковые опоры, проблемам диагностирования и способам их решения, разработке специальных методов измерений параметров колебаний и определения технического состояния подшипников опор газотурбинных двигателей в процессе их функционирования на испытательных стендах или в составе летательного аппарата при наземном обслуживании, а также, представлению основных результатов экспериментальных работ.

Авторский вклад соискателя состоит в разработке физической и диагностической моделей процесса повреждения подшипников опор роторов, экспериментальном исследовании вибрационных процессов роторных систем, разработке новых методов вибродиагностики, создании, апробации и внедрении полученных методик на различных типах ГТД.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах.

Наиболее значимые работы соискателя.

1. Аксенов С. П., Валюхов С. Г., Зубко А. И., Нецвет В. А. Исследование путей снижения виброперегрузок многороторных систем ГТД // Насосы. Турбины. Системы. 2017. №4 (25). С. 59-63.
2. Аксенов С. П., Звонарев С. Л., Зубко А. И, Нецвет В. А. Особенности двухконтурного газотурбинного двигателя как объекта диагностирования // Насосы. Турбины. Системы. 2018. № 1 (26). С. 16-24.
3. Аксенов С. П., Нецвет В. А., Зубко А. И., Уваров В. Г. Исследование механизма дестабилизации динамических характеристик ротора ГТД

вследствие нарушения плотности стыков ответственных резьбовых соединений с разработкой мероприятий по повышению качества готовой продукции // Насосы. Турбины. Системы. 2019. № 3 (32). С. 55-64.

4. Герман Г. К., Зубко А. И., Калюжный О. Н. Проблемы диагностики отказов подшипников качения двухконтурных ГТД и пути их решения // Двигатель. 2013. №1 (85). С. 38–39.

5. Звонарев С. Л., Зубко А. И. О возможных причинах отказов подшипников качения // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. Академика С.П. Королева (национального исследовательского университета). 2012. №3. Часть 3. С. 16-22.

6. Зубко А. И. Перспективный комплекс виброакустической диагностики подшипников опор авиационных газотурбинных двигателей // Вестник Московского авиационного института. 2016. Т. 23, № 1. С. 47 -55.

7. Зубко А. И., Аксенов С. П., Звонарев С. Л., Нецвет В. А. Создание диагностической модели при решении задачи применения вибродиагностического контроля динамики двухроторного ГТД // Турбины. Насосы. Системы. 2018. №3 (28). С. 35-43.

8. Зубко А. И., Аксенов С. П., Звонарев С. Л., Нецвет В. А., Зубко И. О. Опыт применения экспериментального модального анализа для контроля качества изготовления и сборки роторов ГТД // Насосы. Турбины. Системы. 2020. № 1 (34). С. 21-31.

9. Зубко А. И., Донцов С. Н. Исследование условий работоспособности и разработка диагностики керамических подшипников нового поколения // Электронный журнал «Труды МАИ». 2014. №74. URL:

<http://www.trudymai.ru/published.php?ID=49296> (дата обращения 03.09.2020)

10. Критский В. Ю., Зубко А. И. Исследование возможности использования керамических авиационных подшипников скольжения нового поколения в конструкциях опор роторов газотурбинных двигателей // Двигатель. 2013. №3 (87). С. 24-26.

11. Нецвет В. А., Зубко А. И. Отстройка роторов газотурбинных двигателей от резонансных частот путем регулирования жесткостных характеристик ротора // Насосы. Турбины. Системы. 2020. № 1 (34). С. 14-20.

12. Семенова А. С., Зубко А. И. Исследование технического состояния межроторного подшипника на вибродиагностическом стенде СП-180М после прохождения ресурсных испытаний // Вестник Московского авиационного института. 2019. Т. 26, № 2. С. 126-138.

13. Mekhrengin M., Miroshnichenko G., Chistiakov A., Bolotov D., Ashirov A., Zubko A., Meshkovskiy I. Combination of soot pyrometry and C2* emission spectroscopy for temperature measurement during combustion of hydrocarbons // Measurement: Journal of the International Measurement Confederation. 2020. Vol. 166. Article 108242.

На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы (все отзывы положительные).

Отзыв на диссертацию официального оппонента Мельниковой Н.С., доктора технических наук, содержит замечания:

1. Диссертант провел апробацию своей комплексной методики только на двигателях, с известными диссертанту дефектами подшипниковых опор, но отсутствует оценка работоспособности методики на двигателях с заранее неизвестным техническим состоянием подшипниковых опор;

2. Из материалов диссертации не следует, принимал ли автор непосредственное участие в экспериментальных работах или использовал накопленный ранее статистический материал;

3. Не приведена статистика исследования: сколько двигателей исследовалось, на каких режимах, какая наработка этих двигателей с начала эксплуатации;

4. Из материалов диссертации не следует, на основании каких материалов (экспериментальных или расчетных) автор получил графические изображения различных видов дефектов подшипниковых опор;

5. Диссертант подробно рассмотрел в таблице 1 существующие методы диагностирования и дал им бальную оценку, но предложенный автором комплексный метод и его составляющие не оценены по той же бальной системе;

6. Изложение текста диссертации носит повествовательный характер, без указания личного участия автора в конкретных работах, отсутствуют фразы, например: «автором установлено...», «автором доказано...» и т.п., поскольку в литературных источниках, на которые автор ссылается, есть и соавторы;

7. Конечно-элементная модель ГТД для исследования колебательных процессов в диссертации приведена очень лаконично: не раскрыты физика процессов в конечных элементах, принятые допущения, не приведена блок-схема расчета; отсутствует ссылка на материал с подробным изложением математической модели;

8. Автором определен метод использования технических микрофонов для виброакустического диагностирования, но не рассмотрено отличие своего метода применения от уже известного метода, например, в широко применяемом диагностическом виброметре «Вадим»;

Несмотря на грамотное и аккуратное оформление диссертации, ее текст не лишен замечаний:

- расчетные блок-схемы программ, разработанных автором на основе существующих программных пакетов «Siemens Samsef Rotor», Matlab, Dewesoft (рис. 2.23, 2.25), экспериментальные данные на рисунках 3.14 и 4.9 приведены в очень мелком формате, что затрудняет чтение и понимание, отсутствуют пояснения по элементам блок-схем рис.2.23 и 2.25;

- на страницах 83 и 125 есть ссылки на рисунки, не соответствующие конкретному тексту;

- повторение одного абзаца на страницах 56 и 58.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Ярославцева С. В., кандидата технических наук, содержит замечания:

1. В диссертационной работе обобщены результаты очень большого количества экспериментальных работ, на основании которых получены очень интересные алгоритмы и методы диагностирования, но в ряде случаев не всегда приводится достаточная количественная аргументация полученных результатов;

2. Результаты численного моделирования перемещений корпуса и положений центров роторов в зазоре подшипниковых опор на рисунках 2.14, 2.15, 2.16 и 2.17 имеют недостаточно информативное отображение, что затрудняет представление данных процессов за один оборот ротора;

3. В тексте диссертации встречается несколько повторов отдельных мыслей, количество которых незначительно;

4. Несмотря на высокое качество и доступность изложения в работе встречаются отдельные стилистические ошибки.

Отзыв на диссертацию ведущей организации – федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева» содержит замечания:

1. Не рассмотрены методы долгосрочного прогнозирования работоспособности подшипников роторных систем применительно к этапу их эксплуатации;

2. Не полностью исследованы явления проскальзывания в подшипниках.

Отзыв на автореферат диссертации федерального унитарного государственного предприятия «Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И. Баранова» составленный Петровым Н.И., кандидатом технических наук, начальником сектора, Соколовым М.П., начальником сектора и утвержденный Ножницким Ю.А., доктором технических наук, профессором, заместителем генерального директора - директором исследовательского центра «Динамика, прочность, надежность», содержит замечания:

В автореферате диссертации не приведено достаточного обоснования того, что орбита вибрации соответствует фактическому характеру прецессии оси вращения ротора. В реальном эксперименте получаемая орбита может относиться к точке, смещенной с оси вращения на некоторое расстояние, величина которого зависит от демпфирования в силовых элементах конструкции двигателя, по которым колебания от вала передаются к местам размещения датчиков на корпусе. Таким образом, для повышения достоверности диагностики в дальнейшем целесообразно предусмотреть в алгоритмах поправку на влияние демпфирующих свойств, расчет которых производить для конкретного экземпляра двигателя.

Отзыв на автореферат диссертации войсковой части 15650-16, составленный Париевским В.В., кандидатом технических наук, заместителем командира войсковой части, Хоменко М.А., кандидатом технических наук, заместителем начальника отдела и утвержденный Брусковым В.А., кандидатом технических наук, командиром войсковой части, содержит следующие замечания:

1. Из автореферата не ясно, каким образом и при помощи какого количественного показателя оценивалось достигнутое повышение эффективности и устойчивости результатов диагностирования по сравнению с широко применяемыми в практике методами вибродиагностики;

2. Из автореферата не ясно, каким образом и на основании каких данных назначались пороговые значения диагностических признаков по каждому из предложенных методов и имеют ли место допуски на пороговые значения.

Отзыв на автореферат диссертации сотрудников акционерного общества «Летно-исследовательский институт им. М.М. Громова» Кулакова А.Д., кандидата технических наук, директора по испытаниям силовых установок – начальника НИО-3 и Пронина Б.Д., кандидата технических наук, заместителя начальника НИО-3, содержит следующие замечания.

В работе не рассмотрено использование авторской методики для диагностирования технического состояния подшипниковых опор авиационных ГТД в бортовых системах диагностики и контроля. Также не представлены причины возникновения нерасчетного нагружения опор ГТД в эксплуатации, приводящие к повреждениям их подшипниковых опор.

Отзыв на автореферат диссертации акционерного общества «Авиамоторный научно-технический комплекс «Союз»», составленный Ивановым И. Н., заместителем начальника отдела и утвержденный Критским В.Ю., генеральным директором – заместителем генерального конструктора, содержит следующие замечания:

1. Не указаны примеры использования разработанной комплексной методики в других областях;
2. Отсутствует содержательная информация о конечно-элементной модели роторной системы ГТД, упомянутой на стр. 7.

Отзыв на автореферат диссертации Титова М.Ю., кандидата технических наук, старшего научного сотрудника лаборатории проектирования перспективных электроракетных двигательных установок публичного акционерного общества «Ракетно-космическая корпорация «Энергия», содержит следующие замечания:

1. Не совсем полно раскрыты возможности использования предложенной комплексной методики для использования в других производственных сферах машиностроения;
2. Недостаточно внимания уделено особенностям диагностирования быстропеременных процессов вибрации роторных систем.

Отзыв на автореферат диссертации Легконогих Д.С., кандидата технических наук, доцента, доцента 73 кафедры авиационных двигателей военного учебно-научного центра военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», содержит следующие замечания:

1. Не показаны критерии, позволяющие количественно оценить эффективность разработанных методов, алгоритмов и комплексной методики виброакустической диагностики в целом;

2. Отсутствуют данные об объемах выборок проведенных экспериментальных исследований.

Отзыв на автореферат диссертации Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана, составленный Утенковым В.М., доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Металлорежущие станки» и утвержденный Коробец Б.Н., доктором технических наук, профессором, первым проректором - проректором по научной работе, содержит следующие замечания:

Недостатком рассматриваемой квалификационной работы представляется отсутствие в автореферате информации о результатах зарубежных исследований в области вибрационных испытаний машин с подшипниковыми опорами роторов.

Отзыв на автореферат диссертации сотрудников федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный технический университет» Яковлева А.Б., кандидата технических наук, доцента, заведующего кафедрой «Авиа- и ракетостроение» и Жарикова К.И., кандидата технических наук, доцента, содержит следующие замечания:

1. В п. 3 научной новизны автореферата указано» ... с последующей выработкой диагностических признаков», однако по тексту далее диагностических признаков не наблюдается. В чем, собственно, заключается выработка диагностических признаков, какова их идентификация и информативность?

2. В автореферате сказано, что разработаны алгоритмы измерения корпуса ГТД (стр.9), однако по тексту прозвучал только один. В чем заключается суть этих алгоритмов, а также отличие от методики измерения вибраций, представленной в ГОСТ Р 52526-2006?

3. Из текста автореферата не ясно, как из полученного вибродатчиками общего уровня сигнала возможно оценить именно вибрацию ротора? Как будут учитываться другие источники вибрации и их вклад в общий уровень сигнала?

Отзыв на автореферат диссертации Центрального научно-исследовательского института Военно-воздушных сил (Министерства обороны Российской Федерации), составленный Мараховским И.В., кандидатом технических наук, Врид начальника 2 НИУ НИЦ (г. Люберцы), Чемаревым В.П., кандидатом технических наук, Врио начальника 2 НИУ НИЦ (г. Люберцы), Плужниковым В.И., кандидатом технических наук, ведущим научным сотрудником и утвержденный Зацепилиным А.В, кандидатом технических наук, директором, содержит следующие замечания:

Не полностью раскрыт заложенный в данной работе потенциал возможности проведения прогнозирования технического состояния подшипниковых опор.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их компетентностью в отрасли науки, к которой относится диссертационная работа Зубко А. И., что подтверждается их научными публикациями в данной области.

Выбор Мельниковой Н. С., доктора технических наук, заместителя главного конструктора в качестве официального оппонента обосновывается ее широкой компетентностью в вопросах контроля и технической диагностики авиационных газотурбинных двигателей, разработки алгоритмов диагностирования узлов и агрегатов, а также их интегрирования в системы автоматического управления двигателей, что подтверждается многочисленными публикациями, выступлениями на международных конференциях и патентами на изобретения. Также Мельникова Н. С. является неоднократным дипломантом конкурса «Авиастроитель года» и номинантом на стипендию Президента РФ (стипендия работников организаций оборонно-промышленного комплекса).

Выбор Ярославцева С.В., кандидата технических наук, ученого секретаря обосновывается его большим опытом в области расчетных и натурных исследований вибрационных процессов роторов различных механических систем и разработки путей снижения их виброактивности, что подтверждается многочисленными публикациями в рецензируемых журналах.

Ведущая организация выбрана в соответствии с ее высоким уровнем достижений в области фундаментальных и прикладных исследований в широком спектре направлений и, в частности, в области динамических процессов роторных систем и разработки конструкций подшипниковых опор газотурбинных двигателей. Специалисты ведущей организации, в том числе составившие отзыв на диссертацию, обладают опытом изучения процессов, протекающих в подшипниковых опорах и диагностики их технического состояния, что подтверждается публикациями в ведущих научных изданиях.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- разработана новая комплексная методика виброакустической диагностики технического состояния подшипниковых опор газотурбинных двигателей, позволившая выявить качественно новые закономерности исследуемых вибрационных процессов при развитии неисправностей;
- предложены оригинальные методы измерения и анализа вибрационных сигналов, в том числе использование технических микрофонов, получение орбит движения роторов по измерениям вибрации корпуса двигателя, определение фаз колебаний без проведения дополнительных измерений;
- использована трактовка понятия «орбитальный анализ» для описания орбит ротора, построенных по измерениям вибрации корпуса.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- создан метод визуализации динамических процессов роторов ГТД в виде орбит вибрации и способов их анализа;

- выявлены закономерности динамических процессов, происходящих в роторных системах в процессе выхода из строя подшипниковых опор и появления высокочастотных колебаний;

- созданы методы и средства диагностики, выработаны диагностические признаки и алгоритмы функционирования в составе комплексной системы, являющиеся основой для создания инструментальных средств неразрушающего контроля (диагностики) нового поколения.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- разработанная комплексная методика виброакустической диагностики технического состояния подшипниковых опор газотурбинных двигателей внедрена и используется:

- а) в обществе с ограниченной ответственностью научно-производственном предприятии «ИДС МАЯК» в составе ИДС «АРМ ДК-30(СД) серии М» при проведении диагностики технического состояния ГТД в эксплуатации;

- б) в акционерном обществе «Научно-исследовательский и опытно-экспериментальный центр интеллектуальных технологий «ПЕТРОКОМЕТА» в аппаратно-программном комплексе контроля и оценки технического состояния ГТД АЗ-1;

- в) в учебном процессе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», в качестве материалов лекций и практических занятий дисциплины «Диагностика двигателей летательных аппаратов».

- определены перспективы практического использования разработанной методики для новых типов двигателей;

- представлены методические рекомендации по применению разработанной комплексной методики в эксплуатации.

Оценка достоверности результатов исследований выявила:

- для экспериментальных работ – все результаты получены на сертифицированном оборудовании, показана воспроизводимость результатов в различных условиях - как на испытательных стендах предприятий отрасли, так и в эксплуатации,
- установлено качественное совпадение авторских результатов и результатов теоретического анализа с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике;
- использованы современные методики измерения и цифровой обработки вибрационных сигналов ГТД.

Личный вклад соискателя состоит в:

- разработке диагностической модели технического состояния подшипниковых опор ГТД, в процессе которой были рассмотрены основные виды отказов подшипников, создана математическая модель ГТД для исследования колебательных процессов и определены диагностические признаки повреждения подшипниковых опор;
- разработке комплексной методики виброакустической диагностики технического состояния подшипниковых опор газотурбинных двигателей, в процессе которой были созданы: метод орбитального анализа вибрации роторов; метод диагностики подшипниковых опор по изменению фазы колебаний роторов; метод диагностики по анализу амплитуды колебаний роторов; метод диагностики по спектральному анализу акустического давления работающего ГТД.
- выполнении верификации разработанной комплексной методики в процессе натурных испытаний двигателей АЛ-31ФП, АЛ-41Ф-1С, установки исследования характеристик ротора ТРДД на вакуумном разгонно-балансирующем стенде HL-4 Schenck и агрегата ВСУ-117.

Диссертация Зубко А. И. является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи разработки методов измерения динамических процессов и определения технического состояния подшипниковых опор, имеющей значение для развития авиационного

двигателестроения. Эта диссертация, представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, удовлетворяет всем критериям, приведенным в «Положении о присуждении ученых степеней».

На заседании 21 декабря 2020 г. диссертационный совет принял решение присудить Зубко А. И. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 7 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 20, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель
диссертационного совета
доктор технических наук,
профессор



Равикович Юрий Александрович

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор технических наук,
профессор

A handwritten signature in blue ink, likely belonging to Yuri Vladimirovich Zuev.

Зуев Юрий Владимирович

21 декабря 2020 г.