ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.285.11 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА», МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 26.12.2014 г. № 5

О присуждении Мирсаитову Фанису Наилевичу, гражданство Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Радиолокационный метод функциональной диагностики ротора газотурбинного авиадвигателя» по специальности 05.12.14 – Радиолокация и радионавигация принята к защите 22.10.2014 г., протокол № 3 диссертационным советом Д 212.285.11 на базе ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19, созданным приказом Минобрнауки России № 764/нк от 05.11.2013 г.

Соискатель, Мирсаитов Фанис Наилевич, 1984 года рождения.

В 2007 г. окончил магистратуру ГОУ ВПО «Казанский государственный технический университет имени А.Н. Туполева» по направлению «Телекоммуникации»; в 2010 году окончил очную аспирантуру ГОУ ВПО «Казанский государственный технический университет имени А.Н. Туполева» по специальности 05.12.14 – Радиолокация и радионавигация; работает в должности директора Департамента информационных технологий ООО «Тулпар Техник», г. Казань.

Диссертация выполнена на кафедре радиоэлектронных и квантовых устройств ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева – КАИ», Минобрнауки России. Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент, Болознев Виктор Васильевич, ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева – КАИ», кафедра радиоэлектронных и квантовых устройств, профессор.

Официальные оппоненты:

Данилин Александр Иванович, доктор технических наук, доцент, ФГАОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. С.П. Королева (Национальный исследовательский университет)», кафедра радиотехники, заведующий кафедрой.

Смольский Сергей Михайлович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», (г. Москва), Институт радиотехники и электроники, кафедра формирования и обработки радиосигналов, профессор.

Оба оппонента дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ОАО «Конструкторско-производственное предприятие «Авиамотор», г. Казань – в своём положительном заключении, подписанном Акчуриным Игорем Абидулловичем, главным инженером и Юриковым Виктором Петровичем, кандидатом технических наук, начальником конструкторского бюро, указало, что диссертация Мирсаитова Фаниса Наилевича соответствует требованиям пункта 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а сам автор достоин присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.14 – Радиолокация и радионавигация.

Соискатель имеет 16 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации – 16 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях –

2. Другие публикации по теме исследования отражены в 1 патенте на изобретение и 1 патенте на полезную модель, 7 статей и 5 тезисов докладов, опубликованных в сборниках материалов международных научных конференций. Общий объём опубликованных работ – 7,1 п.л., авторский вклад – 3,4 п.л. Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

1. Мирсаитов Ф.Н. Спектр при радиоволновой вибродиагностике ротора газотурбинного авиадвигателя / Ф.Н. Мирсаитов, Л.А. Гимадеева, В.В. Болознев // Научно-технический вестник Поволжья. – 2013 – № 3. – С. 198-201.

2. Мирсаитов Ф.Н. Способ вибродиагностики ротора газотурбинного авиадвигателя / В.Н. Мирсаитов, С.С. Сулейманов, В.В. Болознев // Научно-технический вестник Поволжья. – 2013. – № 3. – С. 202-205.

3. Пат. Российской федерации на полезную модель № 77419, МПК G01D1/16. Датчик контроля режима тепловой энергетической установки / В.В. Болознев, Ф.Н. Мирсаитов, Е.В. Сафонова, М.А. Станченков, С.С. Сулейманов, Ф.И. Султанов; заявл. 06.05.2008; опубл. 20.10.2008.

4. Пат. Российской федерации № 2374559, МПК F23N5/12. Способ контроля режима тепловой энергетической установки и датчик для его осуществления // В.В. Болознев, Ф.Н. Мирсаитов, Е.В. Сафонова, М.А. Станченков, С.С. Сулейманов, Ф.И. Султанов; заявл. 06.05.2008; опубл. 27.11.2009.

На автореферат поступили положительные отзывы:

1. От Закарлюка Николая Михайловича канд. физ.-мат. наук, доцента, доцента кафедры общепрофессиональных дисциплин филиала Уральского государственного университета путей сообщений в г. Нижнем Тагиле, (Свердловская область). Без замечаний.

2. От Шаймарданова Льва Гайнулловича, д-ра техн. наук, профессора, профессора кафедры технической эксплуатации летательных аппаратов и двигателей и Бойко Оксаны Геннадьевны, канд. техн. наук, доцента, доцента той же кафедры ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный

аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева» (г. Красноярск). Без замечаний.

3. От Царапкина Дмитрия Петровича, д-ра техн. наук, профессора, профессора кафедры формирования и обработки радиосигналов ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», (г. Москва). В отзыве имеются замечания: 1) хотелось бы видеть более детальное сопоставление развиваемого метода с другими подходами к решению задач диагностики ГДГ; 2) не обсуждена задача оптимизации выбора рабочей частоты автодина с учётом специфики применения и возможностей элементной базы.

4. От Понькина Владимира Николаевича, канд. техн. наук, главного конструктора по испытательным стендам газотурбинных двигателей ЗАО «Казанский Гипрониавиапром» (г. Казань). В отзыве имеется замечание, в котором отмечается бедность иллюстративного материала.

5. От Галеева Рафаэля Мансуровича, канд. техн. наук, первого заместителя генерального директора и Рыжкова Дениса Владимировича, канд. техн. наук, ученого секретаря Научно-технического совета ОАО «Казанское ОКБ «Союз» (г. Казань). В отзыве имеется замечание: прототипы испытаны на жидкостных реактивных двигателях, где нет характерного для газотурбинного двигателя перепада давлений. Как поведёт себя конструкция датчика в этом плане – по автореферату неясно.

6. От Латышева Владислава Евгеньевича, начальника бригады ОАО НПО «ОКБ им. М.П. Симонова» (г. Казань). Без замечаний.

7. От Новикова Анатолия Викторовича, канд. техн. наук, доцента, доцента кафедры радиотехнических систем ФГБОУ ВПО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», г. Томск. В отзыве имеются замечания: 1) содержание раздела «Положения, выносимые на защиту» не соответствует названию: вместо формулировки обнаруженных новых научных фактов приводится список тем, исследованием которых занимался автор. Защищать в этом списке нечего; 2)

по оформлению автореферата: практически не читаются надписи и шкалы на рис. 3 и 10; зачем в (6) стоит сумма, если слагаемое не зависит от параметров суммирования «ню» и «тау»; из рис. 10 не ясно, чем отличаются «амплитудные спектры» от «огибающих».

8. От Найшулера Бориса Иосифовича, канд. техн. наук, директора технического центра и Галявиева Ильшата Рашатовича, главного конструктора Казанского авиационного завода им. С.П. Горбунова – филиала ОАО «Туполев», г. Казань. В отзыве имеются замечания: 1) секция проточного тракта, которую автор называет диагностической камерой, ограничена по оси потока не одним, а двумя рабочими колесами: предшествующим и последующим. Оба содержат по сотне лопаток. Поскольку радиоизлучение ненаправленное, то непонятно, как различить в спектре соответствующие отклики и не являются ли они помехами друг другу; 2) при функциональной диагностике характер неисправности и степень ее опасности принято устанавливать по совокупности показаний нескольких приборов. Из автореферата неясно, как предложенный метод входит в эту совокупность, является ли он преобладающим, или только подспорьем.

9. От Роженцова Алексея Аркадьевича, д-ра техн. наук, профессора, заведующего кафедрой радиотехнических и медико-биологических систем ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола. В отзыве имеется замечание: в автореферате отсутствуют данные по репрезентативности статистических данных, используемых в диагностическом алгоритме, основанном «на компьютерном сопоставлении в реальном времени огибающих спектров (рисунок 6, б, в), с их номинальными по дисперсии и форме огибающей, или допустимыми», полученными на основе стендовых испытаний.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их достаточной компетентностью в области разработки, исследования и применения радиолокационных (в том числе автодинных) устройств диапазонов

сверхвысоких частот и крайне высоких частот, наличием публикаций в рецензируемых журналах в данной сфере исследований.

Выбор ведущей организации обосновывается широкой известностью научных достижений ее сотрудников в области разработки, исследования и применения различных устройств и систем диагностики газотурбинных авиационных двигателей, наличием большого числа специалистов и специализированных лабораторий, а также отделов, позволяющих определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **разработан** радиолокационный метод функциональной диагностики лопаток рабочего колеса газотурбинного двигателя, основанный на непрерывном зондировании ротора газотурбинного двигателя электромагнитными колебаниями, частота которых находится в диапазоне 28 – 37,5 ГГц, от автодинного приёмо-передатчика с антенной в виде открытого конца круглого волновода, помещённого в смотровое окно двигателя; приёме этим приёмо-передатчиком излучения, отражённого от лопаток рабочего колеса; выделении автодинного отклика в виде изменений частоты генерации автодина и спектральном анализе этого отклика;

- **предложен** двухканальный вариант радиолокационной диагностической системы состояния ротора газотурбинного двигателя и выполнены исследования ее контролеспособности;

- **доказано**, что автодинный приёмо-передатчик с антенной в виде открытого конца круглого волновода обеспечивает увеличение энергии автодинного отклика в сравнении с автодинным приёмо-передатчиком, имеющим антенну типа «кольцевая-щелевая»;

- **введены** в научный оборот новые для автодинной области термины: «*контролепригодность», «контролеспособность»*, используемые ранее исключительно в области диагностики авиационных двигателей.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **доказано,** что диагностическим параметром в радиолокационном методе, разработанном автором диссертации, является форма огибающей спектра автодинного отклика, зависящего от текущего положения и состояния лопаток, а диагностическими признаками – спектральные плотности автодинного отклика на известных участках спектра.

Применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использован** пакет FEKO, предназначенный для численных расчетов электромагнитных полей, возбуждаемых в областях со сложной геометрией границ; **изложена** идея применения предложенного радиолокационного метода для диагностики работы газотурбинного авиадвигателя в полёте; **раскрыты** ограничения традиционных методов радиолокации в случае их применения для диагностики авиационных газотурбинных двигателей; **изучено** влияние вибраций, деформаций и поломок лопаток, а также проскальзывания и биений вала ротора газотурбинного двигателя на огибающую спектра автодинного отклика с применением методов ближней и ближнепольной радиолокации.

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

разработаны и внедрены:

– автодинный приёмо-передатчик на диоде Ганна, выполненный на основе круглого волновода и обеспечивающий возможность его установки в смотровое окно двигателя, а также работоспособность системы диагностики в условиях длительного воздействия высоких значений давления и температуры работающего двигателя. Приёмо-передатчик разработан при выполнении НИР «Стендовые измерительные системы для испытаний авиадвигателей» в ОАО КПП «Авиамотор», г. Казань, НИР «Система наземной отработки двигательных установок» в ОАО «Казанское ОКБ «Союз» и НИР «Стендовые измерительные системы для испытаний авиадвигателей» в КАЗ им. С.П. Горбунова – филиал ОАО «Туполев», г.

Казань. Автодинный приемо-передатчик используется также в лабораторной работе № 317 «Исследование автодинного приемопередатчика системы ближней радиолокации» на кафедре радиоэлектронных и квантовых устройств Института радиоэлектроники и телекоммуникаций ФГБОУ ВПО «КНИТУ-КАИ» (соответствующие акты в деле имеются);

– двухканальная диагностическая система внедрена в производство на ОАО КПП «Авиамотор» и ОАО «Казанское ОКБ «Союз» (соответствующие акты в деле имеются);

определены перспективы практического применения разработанной теории функционирования автодинных приёмо-передатчиков в условиях их взаимодействия с отражённым излучением от сложного объекта локации;

создана система практических рекомендаций по проектированию, расчёту и радиолокационному использованию автодинных модулей СВЧ диапазона для диагностики работы газотурбинного авиационного двигателя. Рекомендации включены в отчёты о НИР в ОАО КПП «Авиамотор», (по теме «Стендовые измерительные системы для испытаний авиадвигателей»), ОАО «Казанское ОКБ «Союз», (по теме «Система наземной отработки двигательных установок»), КАЗ им. С.П. Горбунова – филиал ОАО «Туполев», (по теме «Стендовые измерительные системы для испытаний авиадвигателей»);

представлены методические рекомендации по выбору способа и режима регистрации, а также технической реализации тракта обработки сигналов в системе диагностики работы двигателя.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

– **в экспериментальных исследованиях** радиолокационного метода, предложенного в диссертации, использовались радиоизмерительные приборы, проходящие периодическую поверку в государственных службах стандартизации метрологии и сертификации; волноводный стенд для исследования автодинов (нестандартное оборудование) калибровался при каждом изменении элементов его структуры; получаемые

экспериментальные данные проверялись на воспроизводимость результатов исследований при различных условиях;

– **теория** радиолокационного метода, разработанного автором диссертации, построена на известных методах анализа линейных и нелинейных электрических цепей, а также общепринятых теоретических подходах, использованных в предшествующих исследованиях автодинных приёмо-передатчиков СВЧ диапазона;

– **идея** проведения исследований **базируется** на обобщении и дальнейшем развитии полученных за последние 20 лет сведений о применении автодинных приёмо-передатчиков в системах вибрационной диагностики, опубликованных различными коллективами авторов;

- **использованы** для сравнения с авторскими данные докторской диссертации А.И. Данилина (Дискретно-фазовые преобразователи перемещений элементов вращающихся узлов изделий машиностроения // Самара: СГАУ, 2011) и кандидатской диссертации Буй Нгок Ми (Радиочастотные и оптические методы и устройства измерения вибраций турбинных лопаток // С-Пб: ЛЭТИ, 2006), а также других работ по теме диссертации или по смежным отраслям в зарубежной и отечественной литературе;

- **установлено** качественное совпадение авторских результатов с результатами докторской диссертации А.И. Данилина для случаев рабочих колес турбин, не имеющих защитных бандажных колец, а также со способом, описанным в патенте А.Л. Горелика, И.М. Мармалюкова, А.В. Масловского, Л.Г. Меньшикова. Способ и устройство оперативной диагностики мезанизмов // Патент России № 2267094. 2005. Бюл. № 36, исключая применение направленной антенны, и с соблюдением принципа невозмущающего контроля. Полученные в диссертации результаты расширяют представления о возможностях использования автодинных приёмо-передатчиков в системах вибродиагностики, развитые в работах А.Л. Горелика и А.В. Масловского (1995-2006 года), а также других авторов;

- **использованы** современные методики сбора и обработки информации о работе автодинного приёмо-передатчика, основанные на технологиях автоматизации проводимых экспериментальных измерений, а также численного моделирования работы радиолокационной системы диагностики.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном его участии на всех этапах процесса исследований и получения научных данных, включая этапы теоретических исследований и апробации полученных результатов, разработки экспериментального стенда и автодинных радиолокаторов, обработки и интерпретации экспериментальных данных, а также подготовки основных публикаций по выполненной работе и внедрению полученных результатов.

На заседании 26 декабря 2014 года диссертационный совет принял решение присудить Мирсаитову Ф.Н. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за – 15, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета Князев Сергей Тихонович

Ученый секретарь
диссертационного совета Зраенко Сергей Михайлович

«26» декабря 2014 года