

О Т З Ы В

официального оппонента Данилина Александра Ивановича заведующего кафедрой радиотехники ФГАОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва», доктора технических наук, доцента на диссертацию Мирсаитова Фаниса Наилевича «Радиолокационный метод функциональной диагностики ротора газотурбинного авиадвигателя», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.14 — Радиолокация и радионавигация.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Представленная на отзыв диссертация содержит введение, четыре главы, заключение, список литературы и одно приложение. Общий объём диссертации 192 страницы машинописного текста, иллюстративный материал диссертации представлен 53 рисунками и 11 таблицами. Библиографический список включает 111 наименований из них 87 ссылки на отечественные и 24 – на зарубежные источники.

1. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИИ

Одной из важнейших научно-прикладных задач в области разработки и совершенствования средств функциональной диагностики газотурбинных двигателей является создание новых и совершенствование известных методов и автоматизированных средств оценки технического состояния элементов вращающихся узлов турбоагрегатов. Особое значение имеет разработка бесконтактных методов контроля состояния силовых узлов, что особенно важно для высокоэнергетических изделий машиностроения – газотурбинных установок, двигателей летательных и судовых аппаратов, предприятий энергетики и машиностроения. Каждая из таких установок имеет свои конструктивные особенности, что приводит к большому многообразию средств измерения и контроля.

Диссертационная работа Мирсаитова Ф.Н. направлена на решение важных и актуальных научных задач разработки основ математических моделей информационного взаимодействия радиолокационных первичных преобразователей с контролируемыми объектами, определения диагностических признаков и обоснования технических возможностей их применимости для функциональной диагностики газотурбинных двигателей при сохранении требуемого уровня достоверности в условиях ограниченного препарирования двигателя, что, несомненно, свидетельствует об актуальности диссертационного исследования.

2. НОВИЗНА ИССЛЕДОВАНИЙ И ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Научная новизна результатов полученных автором в диссертации, заключается в развитии теории ближней радиолокации в области определения параметров колебаний лопаток ГТД, а именно:

- разработана вычислительная модель в среде FEKO (FEldberechnung bei Körpern mit beliebiger Oberfläche) электродинамического процесса формирования отклика ближнепольной радиолокации (раздел 2.4.1 - 2.4.2 диссертации);

- установлена количественная взаимосвязь возбуждаемого в секции проточного тракта электромагнитного поля с конфигурацией, а также с регулярными и вибрационными перемещениями лопаток турбины. Показано, что отмеченные явления, включая поломку одной лопатки, могут быть зарегистрированы по изменению коэффициента отражения (раздел 2.4.3 – 2.4.5 диссертации);

- уточнена форма спектра и предложены меры снижения помеховых откликов, путём повышения зондирующей частоты (раздел 3.3.3 диссертации);

- применительно к автодинному преобразованию радиолокационного отклика установлена количественная зависимость амплитуд и расстановки дискретных компонентов спектра от частоты вращения ротора, величины и характера виброперемещения (раздел 3.4 диссертации).

Новизна предложенных решений подтверждается публикациями и апробацией на представительных научно-технических конференциях.

3. СТЕПЕНЬ ОБОСНОВАННОСТИ И ДОСТОВЕРНОСТИ ПОЛУЧЕННЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И ЗАКЛЮЧЕНИЙ

Достоверность выводов и результатов работы подтверждается корректностью использования известных научных методов, использованных в работе, определяется детальным описанием и интерпретацией результатов расчетной части работы в области физических процессов проточного тракта ГТД.

1. Обоснованность способа реализации функциональной диагностики ротора газотурбинного авиадвигателя подтверждается публикациями:

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

- Мирсаитов Ф.Н. СВЧ автодинный датчик измерения вибраций в турбинно-реактивных двигателях // Физика и технические приложения волновых процессов: Тезисы докладов VI Международная научно-техническая конференция (Казань, 17-23 сентября 2007 г.): Приложение к журналу «Физика волновых процессов и радиотехнические системы» / Под. Ред. В.А. Неганова и Г.П. Ярового. – Казань, 2007. – С. 274-275.

- Метод повышения качества автодинного контроля режимов тепловой энергетической установки (ТЭУ) / Болознев В.В., Сафонова Е.В., Мирсаитов Ф.Н. [и др.] // Сборник докладов 13-й международной научно-технической конференции (Воронеж, апрель 2007 г.): Радиолокация, навигация, связь. – Воронеж, 2007. – Том I. – С. 157-163.

- Method of autodyne regime's control refinement in thermal power engine / Boloznev V.V., Safonova E.V., Mirsaitov F.N. [and others] // Proc. of 13th International "Radiolocation, navigation, communication" Symposium (Voronej, April 2007). – Voronej, 2007. – Vol 3. – P. 157-163.

- Мирсаитов Ф.Н., Застела М.Ю., Болознев В.В. Радиолокационная вибродиагностика газотурбинного двигателя в условиях полета // Труды международного симпозиума «Надежность и качество»: в 2-х т. – Пенза: ПГУ, 2014. – 2 т. – С. 5-8.

2. Обоснованность диагностических особенностей спектра огибающей регулярных и вибрационных перемещений лопаток ГТД подтверждается публикациями:

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

- Мирсаитов Ф.Н. Частотный отклик автодинного вибродатчика на виброперемещения // XV Туполевские чтения: Международная молодёжная конференция: Материалы конференции (Казань, 10-11 ноября 2007 г.). – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2007.

- Мирсаитов Ф.Н. Передаточная характеристика СВЧ вибродатчика // Информационно-измерительные, диагностические и управляющие системы. Диагностика-2011: Сб. материалов II-й Междунар. науч.-техн. конф. (Курск, 11-13 апреля 2011 г.). – Курск: Юго-Зап. гос. ун.-т, 2011. – С. 98-100.

3. Техническая новизна решений (структурные схемы, конструкции датчика), результаты, представляющие практическую ценность, подтверждаются публикациями:

- Mirsaitov F.N. Autodyne UHF Sensor of Vibration in a combustion engine // Туполевские чтения: Международная молодёжная конференция, посвящённая 1000-летию города Казани: Материалы конференции (Казань, 10-11 ноября 2005 г.). – Том VI. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2005. – С. 90-91.

- Autodyne microwave thermosensor under vibrodisturbance influence / Boloznev V.V., Safonova E.V., Mirsaitov F.N. [and others] // Proc. of the 20th European Time and Frequency Forum (27-30 March 2006, Braunschweig, Germany). – 2006. – P. 63-67.

- Мирсайтов Ф.Н. Теплостойкий вибродатчик // XIV Туполевские чтения: Международная молодёжная конференция: Материалы конференции (Казань, 10-11 ноября 2006 г.). – Том V. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2006. – С. 22-24.

- Мирсайтов Ф.Н. Датчик измерения вибраций в камерах сгорания // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: 13 Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов (Москва, 1-2 марта 2007 г.): Тез. докл.: В 3-х т. – М.: Изд. дом МЭИ, 2007. – Т. 1. – С. 27-28.

- СВЧ датчик параметров вибраций в камерах авиационных двигателей / Застела М.Ю., Болознев В.В., Мирсайтов Ф.Н., Сулейманов С.С. // Информационно-измерительные, диагностические и управляющие системы. Диагностика-2009: Сб. материалов I-й Междунар. науч.-техн. конф. (Курск, 13-15 мая 2009 г.). – Курск: Курский ГТУ, 2009.

- Болознев В.В., Мирсайтов Ф.Н., Носков В.Я. Сигнальные и шумовые характеристики автодинов в решении задач вибродиагностики газотурбинных двигателей// 24 Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии»: материалы конф. в 2-х т. Севастополь: Вебер, 2014. Т.2. – С. 1019-1022,

а так же Патентом РФ «Способ контроля режима тепловой энергетической установки и датчик для его осуществления» № 2374559. 2009. Бюл. № 33 и свидетельством на полезную модель «Датчик контроля режима тепловой энергетической установки» № 77419. 2008.

4. ЗНАЧИМОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ В ДИССЕРТАЦИИ, ДЛЯ НАУКИ И ПРАКТИКИ

Научно-практическая значимость работы заключается, в том что:

- представлен вариант построения диагностической системы, обладающей высокой информативностью и в конструктивном отношении совместимую с проточным трактом ГТД;

- выполнен расчет электродинамических характеристик диагностической системы с помощью многофункционального программного пакета для численного 3D электромагнитного моделирования ФЕКО;

- получило развитие предложение оценки качества диагностической системы по ее информационной производительности;

- разработаны указания и рекомендации по разработке и проектированию автодинного приемопередатчика.

5. СООТВЕТСТВИЕ АВТОРЕФЕРАТА ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ. ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертация имеет логическую структуру, соответствующую заявленному содержанию. Все ее разделы взаимосвязаны между собой. Автореферат диссертации, в основном, отражает ее содержание. Работа написана понятным и грамотным литературным языком, хорошо оформлена. Объем диссертации не превышает допустимого. При использовании результатов других авторов, применяемых для оценки современного состояния поднятых в работе вопросов и сравнения полученных результатов с известными, в диссертации приводятся необходимые ссылки. Работа выполнена с использованием современного математического аппарата. Основные результаты диссертации опубликованы в 16 работах, в том числе в 2 статьях в научно-техническом журнале, рекомендованном ВАК, 12 – в материалах конференций, получены 1 патент и 1 свидетельство на полезную модель.

Имеется ряд замечаний по диссертационной работе:

1. Не проведены исследования технической и патентной новизны предлагаемой для разработки темы, например, имеются аналогичные по заявленным признакам публикации (1995-2006 годы) А.Л.Горелика и А.В.Масловского по применению радиолокационных методов для контроля состояния и диагностики ГТД.
2. Не приведена оценка весовых вкладов каждого из рассмотренных помеховых факторов в суммарный сигнал: флуктуационный и статический нагрев датчика, собственное радиоизлучение плазмы пламени, отражение сигнала от следующего потока рабочего колеса. Не проведено моделирование влияния вибраций корпуса на изменение диагностического параметра.
3. В работе отсутствуют теоретические аспекты метрологической проработки радиолокационного метода функциональной вибродиагностики.
4. Зачастую приводится неверная трактовка сути положений работ других авторов по диагностике лопаточных венцов ГТД, например на стр. 21: *«Особенность в том, что авторы подвергают статистической обработке совокупность многократных проходов «подозрительной» лопатки. Это позволяет построить путём Фурье-анализа спектр аномального процесса и сравнить его с эталонным»*. На самом деле, статистическая обработка позволяет реализовать дискретно-фазовый метод и «обойти» положения теоремы Котельникова, а диагностические параметры определяются без обращения к Фурье-спектрам.
5. Не исследовано явление изменения спектра сигнала сигнал со временем, после эрозии кромок датчика, т.е. изменения конфигурации излучающего торца волновода.
6. Диссертант активно убеждает в работоспособности предлагаемого метода, но не подтверждает этот тезис ни одним натурным (хотя бы лабораторным) экспериментом, проведенным пусть даже при нормальных условиях, с другой стороны акты использования результатов диссертационной работы подтверждают наличие экспериментальных исследований, например:

Радиолокационный метод и датчик для описанного в диссертационной работе способа извлечения диагностической информации в широком динамическом диапазоне виброчастот была применена в работах по теме «Стендовые измерительные системы для испытаний авиадвигателей» для оценки вибросостояния ротора турбины газотурбинного двигателя НК-86 А.

7. Имеются несоответствия текста автореферата и диссертации. Например, в автореферате на стр. 11 сказано: *«...практический интерес представляет изменение коэффициента отражения. Поэтому наряду с FEKO-анализом и для повышения достоверности, данный этап рассчитан также на основе теории цепей»*. Приводятся выражения (2) для амплитуды и фазы коэффициента отражения, однако, в диссертации нет ни вывода этих формул, ни самих этих формул.
8. Чрезмерное употребление в тексте диссертации вводных уточняющих предложений, например: стр.40 *«...с другой стороны (т.е. в электрическом плане, другими словами, в функциональном отношении)»*.
9. По тексту диссертации встречаются орфографические ошибки, жаргонные выражения и стилистические невыверенные фразы, например: стр. 15, 21, 22, 23, 31, 86, 88, 99, 105, 108, 111, 125, 149; а также пронумерованные страницы, например: 18, 20, 32, 64, 69-74, 92,142.

6. ОЦЕНКА ДИССЕРТАЦИИ В ЦЕЛОМ

Диссертация Мирсаитова Фаниса Наилевича является законченной научной работой, содержащей необходимые элементы от постановки задачи до указания возможностей

использования полученных выводов в практических приложениях. Отмеченные недостатки снижают хорошее впечатление от положительных результатов, полученных автором. Тем не менее, совокупность перечисленных результатов работы можно квалифицировать, как решение научно-технической задачи, имеющей важное значение для развития теории и техники создания ближнепольных радиолокационных систем.

На основании вышеизложенного считаю, что представленная работа «Радиолокационный метод функциональной диагностики ротора газотурбинного авиадвигателя» отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям (пункт 9 Положения о порядке присуждения учёных степеней в редакции от 24 сентября 2013 г. № 842), а её автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.14 — Радиолокация и радионавигация.

Официальный оппонент:

Данилин Александр Иванович, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой радиотехники федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (Национальный исследовательский университет)»

 Данилин А.И.

443086 Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34, рабочий телефон кафедры (846) 267-45-49,
e-mail: aidan@ssau.ru

Подпись официального оппонента Данилина Александра Ивановича заверяю:

Учёный секретарь ФГАОУ ВО «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (Национальный исследовательский университет)»,
доктор технических наук, профессор

 (Кузьмичев В.С.)