

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Виноградова Василия Юрьевича на тему:
«Аэроакустическая картография на срезе сопла как метод неразрушающего
контроля состояния рабочих лопаток турбомашин при их холодной
прокрутке», представленной на соискание ученой степени доктора
технических наук по специальностям: 05.11.13 – «Приборы и методы
контроля природной среды, веществ, материалов и изделий» и 05.11.07
«Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы».

Актуальность. Диссертационная работа Виноградова В.Ю. посвящена актуальной и имеющей большое научное и практическое значение разработке нового класса неразрушающих методов контроля состояния рабочих лопаток турбомашин. А именно решению важной научно-технической проблемы улучшения метрологических, технико-экономических и экологических характеристик, а также расширения функциональных возможностей систем неразрушающего контроля технического состояния рабочих лопаток турбомашин, основанного на создании и развитии теории и техники аэроакустической картографии как метода неразрушающего контроля, реализуемого на срезе сопла турбомашин, с использованием акустоэлектрических и газодинамических методов контроля, а также комплексного подхода с применением волоконно оптических методов, позволяющего в отличие от существующих локализовать дефектные лопатки в пространстве турбомашин и определить типы их дефектов.

Научная новизна работы Виноградова В.Ю. состоит в

1. Развита теория аэроакустической диагностики технического состояния рабочих лопаток турбомашин, основанная на контроле акустических параметров газо-воздушного потока на срезе сопла турбомашин при их холодной прокрутке; разработан метод акустоэлектронной диагностики для реализации указанного вида контроля; изучено влияние параметров преобразования характеристик газо-воздушного

потока в проточной части турбомашин на характеристики акустического спектра выходного газо-воздушного потока на срезе сопла и получены соотношения, определяющие их взаимосвязь с наличием дефектной

2. Определены основные положения теории аэроакустической картографии как метода неразрушающего контроля состояния рабочих лопаток турбомашин на срезе ее сопла и при ее холодной прокрутке.

3. Разработаны требования к формированию и математическая модель эталонного ламинарного газо-воздушного потока, зондирующего проточную часть турбомашин при их холодной прокрутке.

4. Определены принципы построения систем аэроакустической картографии на основе разработки и создания акустоэлектрических способов, средств измерений и подходов, учитывающих особенности систем контроля состояния рабочих лопаток на срезе сопла.

5. Определены принципы построения систем аэроакустической картографии на основе комплексного подхода с использованием волоконно-оптических методов измерений.

6. Впервые теоретически и экспериментально показан отклик акустических характеристик газового потока на изменение геометрии проточной части и сформулированы критерии их оценки. Разработана эмпирическая формула шума, генерируемого дефектом проточной части турбомашин в виде одномерного формата представления данных измерений. С увеличением масштаба дефекта возрастают градиенты скоростей, что приводит к увеличению турбулентных пульсаций скорости, и, согласно аэроакустической теории Дж. Лайтхилла, к росту аэродинамического шума. Коэффициент надежности акустоэлектрического метода составляет 0,95.

7. Разработаны принципы построения комплексных систем аэроакустической картографии, дополненные методами и средствами измерений газодинамических параметров потока проточной части на срезе сопла турбомашин, направленные на повышение информативности и уровня алгоритмизации неразрушающего контроля состояния рабочих лопаток и

обеспечивающих получение данных в условиях параметрической и структурной неопределенности газо-воздушного потока, как по контролируемым внутренним сечениям проточной части, так и по выходному сечению на срезе турбомашин в виде двумерного формата представления данных измерений. На основании этого построена адаптивная математическая модель взаимодействия шума дефектной лопатки проточной части турбомашин с параметром неравномерности статического давления, позволяющая по измеренным спектрам звукового давления на срезе сопла выдать предварительный анализ технического состояния проточной части турбомашин. Выявлен дефект рабочей лопатки турбины НК-8 прогар два процента. По сравнению с акустоэлектрическим у которого коэффициент надежности составляет 0,97, коэффициент надежности газодинамического метода составляет 0,96.

8. Разработаны принципы построения систем аэроакустической картографии на основе мультиплексированных волоконно-оптических датчиков точечного и распределенного двумерного и трехмерного типа, с выработанными практическими рекомендациями по построению их конфигураций для контроля состояния рабочих лопаток турбомашин, позволяющих контролировать распределение акустических полей по окружности и сечению среза сопла и визуализировать дефектные лопатки с использованием методов пассивной пространственной локации и определения типа дефекта с использованием методов спектрального анализа, с возможностью реализации трехмерного формата представления данных измерений.

9. Развита методика и средства аэроакустической диагностики на основе применения единого поля комплексированных ВОД и принципов пространственной пассивной локации, которые включают в себя широкие вопросы от конфигурации поля и методов съема информации до оптимальных алгоритмов ее обмена и принятия решений, позволяющие сделать новый шаг к решению проблемы безопасности авиационного транспорта. Решена задача локализации акустических источников в 2D и

3D форматах измерения данных для повышения эффективности ранней диагностики рабочих лопаток турбомашин. Коэффициент надежности аэроакустического метода контроля на базе КВОД составил 0,97. Применение ВОД позволяет сократить время контроля в 2,5–3 раза за счет распределенных систем датчиков и снизить погрешность измерения на 8–10%.

10. Предложена структура аэроакустического комплекса в виде системы автоматического контроля параметров газо-воздушного потока на срезе сопла турбомашин в виде различного по форме измерительных линий контроля в зависимости от формы контролируемых объектов. Определены принципы размещения датчиков (координат точек) контроля, алгоритмизации и восстановления оптико-акустических параметров пространственного распределения поля по измеренным данным в дискретной совокупности точек, решены частные модельные задачи с заданной погрешностью восстановления поля.

11. Развита методика и средства аэроакустической диагностики на основе применения алгоритмов размещения датчиков и восстановления акустического или газодинамических полей на срезе сопла турбомашин.

12. Созданы варианты диагностических устройств, которые служат основой для разработанной системы аэроакустической картографии на срезе сопла как метод неразрушающего контроля рабочих лопаток турбомашин при одно-, двух- и трехмерных измерениях, для различных технологических промышленных применений, что свидетельствует о расширении его функциональных возможностей.

Новизна и полезность технических решений подтверждены 2 авторскими свидетельствами, 10 патентами РФ на изобретения и 1 полезную модель.

- Результаты работы реализованы путем внедрения комплексной системы аэроакустической картографии как совокупности акустического, газодинамического и волоконно-оптического методов контроля и диагностики, а также отдельных программно-аппаратных средств, использующих преимущества волоконно-оптических датчиков точечного, квазираспределенного и распределенного типов в системе контроля, для

улучшения метрологических, технико-экономических и экологических характеристик, а также расширении функциональных возможностей систем неразрушающего контроля состояния рабочих лопаток турбомашин на основе аэроакустической картографии применяемой в промышленности, в научных исследованиях и учебном процессе.

Внедрены методы контроля, систем и отдельных программно-аппаратных средств, реализующих эффективные аэроакустические и газодинамические методы контроля турбомашин для расширения их функциональных возможностей с точки зрения повышения безопасности. Результаты работы внедрены и использовались при выполнении хоздоговорных и госбюджетных НИР в, ООО «Автотехпомощь», г. Н. Челны, ООО «Меркадо», ООО «Паритет», г. Казань, ОАО «Авиамотор», г. Казань. Результаты исследований использовались при выполнении НИОКР и НИР КГТУ, КНИТУ-КАИ в рамках исследовательских работ с 2000 по 2011 гг. и государственного задания на выполнение работ по организации научных исследований по техническим заданиям: № 7.2217.2011, №1017, №3.1962.2014/К, программ «Симметрия», «Фотоника», «Радиофотоника», а также в учебном процессе КНИТУ-КАИ по направлениям «Радиотехника», «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» и учебном процессе КНИТУ-КАИ (г. Казань) по направлениям «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», «Двигатели летательных аппаратов», «Проектирование авиационных и ракетных двигателей», что подтверждено соответствующими актами внедрения.

Достоверность полученных результатов работы определяется применением известных теоретических положений фундаментальных наук, корректностью используемых моделей и их адекватностью реальным физическим процессам в разработке аэроакустической диагностики технического состояния рабочих лопаток турбомашин, на опыте внедрения и использования полученных научно-технических результатов, совпадением теоретических результатов с данными экспериментов и результатами, полученными другими исследователями.

Замечания по работе:

1. На стр. 19 заменена общепринятая терминология холодная прокрутка встречается термин холодный пуск; на стр. 35 присутствует стилистическая ошибка: «Си» пробел «и».

2. В главе 3 не отмечено наличие псевдозвука, который существенно может изменить диагностические характеристики?

Замечания по диссертационной работе не носят принципиального характера и не влияют на общую положительную оценку работы. Результаты исследования достоверны и апробированы на российских и международных научных конференциях, форумах и семинарах. Уровень и объем публикаций автора, отражающих основные полученные результаты, соответствуют требованиям пунктов 11 и 13 «Положения о присуждении ученых степеней» Постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, с изменениями, принятыми Постановлением Правительства Российской Федерации № 335 от 21 апреля 2016 г.

Результатом докторской диссертационной работы Виноградова В.Ю. является решение научной проблемы, имеющей важное хозяйственное значение и заключающейся в создании теории и техники аэроакустической картографии, разработке ее методов и средств, технологий контроля и диагностики для оперативного мониторинга технического состояния рабочих лопаток проточной части турбомашин на срезе сопла в условиях необходимости определения дефектов на ранней стадии их развития.

В целом, диссертация соответствует требованиям пункта 8 «Положения о порядке присуждения ученых степеней». По своему содержанию, полученным научным и практическим результатам работа соответствует критериям «Положения ВАК о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук, а ее автор **Виноградов Василий Юрьевич** заслуживает присвоения ученой степени доктора технических наук по специальностям: 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды,

веществ, материалов и изделий» и 05.11.07 «Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы».

Первый заместитель директора -
доктор технических наук, профессор
Набережночелнинского института
(филиала) ФГАОУ ВО "Казанского
(Приволжского) федерального
университета"



Л.А. Симонова

Заверяю подпись

Симонова Лариса Анатольевна, Первый заместитель директора -
доктор технических наук, профессор Набережночелнинского института
(филиала) ФГАОУ ВО "Казанского (Приволжского) федерального
университета" г. Набережные Челны.

Контакты: Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего профессионального образования «Казанский
(Приволжский) федеральный университет» Набережночелнинский институт
(филиал) LASimonova@kpfu.ru.

423812, Республика Татарстан, г. Набережные Челны, пр. Сююмбике,
д.10А (юридический адрес) E-mail: LASimonova@kpfu.ru

Тел.: +7 (8852) 39-71-37

Дата: 14. 10. 2019 г.

СОБСТВЕННОРУЧНУЮ ПОДПИСЬ
Симоновой Л.А. ЗАВЕРЯЮ
Набережночелнинский институт
Отдел кадров *М. Михайлов*

