

Утверждаю

Проректор МАИ по научной работе,
профессор, д.т.н.

Ю.А.Равикович

«26» июня 2017г.

**Отзыв ведущей организации
о диссертации Р.С.Тихонова
«Численное восстановление моментов сил трения
в системе полимерных подшипников скольжения
по температурным данным»,**

представленной на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности
05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы
программ

Диссертационная работа Р.С.Тихонова «Численное восстановление моментов сил трения в системе полимерных подшипников скольжения по температурным данным» выполнена в ФГБУН Институт проблем нефти и газа под руководством доктора технических наук, Н.П. Старостина. Диссертация посвящена разработке расчетно-экспериментальной методологии идентификации термомеханических математических моделей функционирования систем подшипников скольжения на основании теории обратных задач и численных методов. Данная проблема возникает на различных этапах испытаний и предэксплуатационной подготовки различных конструкций.

Актуальность темы исследования. Обеспечение надежности функционирования различных валов вращения, и прежде всего, в двигательных и энергетических установках, было и остается одной из первостепенных задач, определяющих основные проектно-конструкторские решения на всех этапах жизненного цикла изделия. Современные тенденции развития машиностроения

связаны с ужесточением условий механического и теплового нагружения различных систем, при необходимости повышения их надежности и ресурса и одновременного снижения стоимости экспериментальной отработки и испытаний. Обратные задачи теплопереноса и механики являются одним из наиболее эффективных методов диагностики в науке и технике. Важное значение имеет разработка математических моделей тепловых процессов в подшипниках скольжения и создание численных методов для определения искомых характеристик. Несмотря на то, что для некоторых практических задач, возникающих при исследовании теплопереноса в подшипниках скольжения, уже существуют вычислительные алгоритмы, многие постановки еще не достаточно исследованы, что существенно ограничивает практическое применение методов обратных задач в данной области науки и техники. Одной из важных практических задач является анализ системы подшипников скольжения установленных на едином валу. В связи с этим, разработка численных методов решения для двумерной и трехмерной обратных задач применительно к системам подшипников, представленная в диссертации Р.С.Тихонова, безусловно является актуальной.

Целью диссертационной работы является создание методов и алгоритмов для тепловой диагностики трения в системах подшипников вращения, основанных на параметрической идентификации термомеханической математической модели функционирования подобных систем.

Структура и содержание диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка использованных источников из 157 наименований, содержит 124 страниц основного текста, 20 рисунков и 4 приложений.

Во введении обосновывается актуальность тематики исследований, сформулирована цель работы и представлен список задач, решение которых необходимо для достижения поставленной цели.

В первой главе приведен анализ общих вопросов, касающихся проблем разработки методов математического моделирования теплопереноса в системах

подшипников скольжения. Были рассмотрены различные формы записи математических моделей, на основании чего были выявлены наиболее существенные закономерности формирования их структуры. По результатам проведенного анализа существующих вычислительных алгоритмов были выбраны способы конечно-разностной аппроксимации дифференциальной задачи и граничных условий.

Во второй главе был разработан алгоритм решения обратной задачи теплообмена, в основу которого был положен метод итерационной регуляризации. Выбор подобного подхода обусловлен высокой вычислительной эффективностью данного метода. Были проанализированы свойства предлагаемого в работе подхода путем вычислительного эксперимента. Проводилось моделирование влияния различных погрешностей на результаты решения обратной задачи.

В третьей главе описаны результаты проведенного экспериментального исследования трения в системах подшипников скольжения. Методика проведения подобных исследований и полученные результаты определения параметров трения позволяют говорить о достаточно высокой практической ценности предлагаемого в работе подхода.

Научная новизна. Предложенный в диссертационной работе метод для решения задачи параметрической идентификации математической модели функционирования систем подшипников скольжения на общем валу при невысоких скоростях вращения, основанный на численном решении граничной обратной задачи теплопроводности по восстановлению функций фрикционного тепловыделения по температурным данным является новым и заслуживает пристального внимания. Также разработан новый экспериментальный способ трения в системе подшипников скольжения. В работе определены принципиальные возможности диагностики анализируемых систем.

Практическое значение диссертационной работы заключается в - создании экспериментальной установки, реализующей разработанный в работе метод диагностики, который может использоваться для создания

промышленных установок неразрушающего контроля различных систем и агрегатов:

- разработке прикладного программного обеспечения, используемого для определения широкого спектра различных коэффициентов (характеристик) математических моделей трения в элементах конструкций.

Предложенные в работе алгоритмы и методики использовались для контроля работоспособности подшипников привода очистки зерноуборочного самоходного комбайна РСМ 101 «Вектор 410» (СХПК «Хачыкат»).

Результаты теоретических и экспериментальных исследований, проведенных соискателем в процессе работы над диссертацией могут быть рекомендованы к использованию в различных организациях РФ машиностроительного профиля.

Публикации. Основные результаты работы опубликованы в трех статьях в рекомендованном ВАК периодических изданиях.

По содержанию диссертации можно сделать следующие замечания:

1. В алгоритме решения обратной задачи рассматриваются многослойные образцы элементов конструкции. Однако, в последующих главах работы, рассматриваются однослойные элементы конструкции. В результате возникает вопрос, зачем в диссертации и математических моделях введены в рассмотрение многослойные элементы, если это не находит дальнейшего применения?

1. Физические процессы, лежащие в основе решаемых в диссертации задач, требуют интерпретации используемых для них условий 1-го 3-го рода для свободных поверхностей.
2. Не до конца понятен анализ устойчивости алгоритма численного решения задачи в зависимости от числа Куранта. Что будет при $\gamma > 2$?
3. В работе не представлено исследование влияния неопределенностей априори известных параметров математической модели (в частности теплоемкости и теплопроводности материалов) на точность решения обратной задачи.

Заключение. Несмотря на сделанные замечания, диссертационная работа Р.С.Тихонова представляет собой законченное исследование, посвященное актуальной теме и выполненное на высоком научно-техническом уровне. Диссертация удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВАК к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, а ее автор, Тихонов Роман Семенович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.

Диссертационная работа Р.С.Тихонова обсуждалась на заседании кафедры 601 Аэрокосмического факультета Московского авиационного института (национального исследовательского университета) 17 мая 2017 г. (протокол № 5), по результатам которого был утвержден отзыв.

Зав.кафедрой Космических систем и ракетостроения, член-корр. РАН, проф., д.т.н.

О.М.Алифанов

Профессор кафедры Космических систем и ракетостроения, д.т.н.

А.В.Ненарокомов

Доцент кафедры Космических систем и ракетостроения, к.т.н.

Д.М.Титов

Доцент кафедры Космических систем и ракетостроения, к.т.н.

А.В.Моржухина