

ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертационную работу Тихонова Романа Семеновича на тему «Численное восстановление моментов сил трения в системе полимерных подшипников скольжения по температурным данным»

Диссертационная работа Тихонова Р.С. посвящена актуальной теме разработки алгоритма восстановления сил трения в системе трущихся тел по замерам температуры путем решения обратной задачи теплопроводности с конвективным членом, учитывающим скорость движения подвижного элемента. В диссертации впервые разработан, численно реализован и апробирован на реальном модуле для трибологических испытаний полимерных композиционных материалов на трение и износ метод тепловой диагностики трения для системы подшипников скольжения с учетом скорости вращения общего вала.

Для достижения поставленной цели в диссертации сначала рассматривается прямая задача определения нестационарного поля в системе подшипников скольжения из полимерных композиционных материалов с учетом скорости вращения вала. При этом автор намеренно не решает полную трехмерную задачу, а предлагает квазитрехмерную модель, представляющую систему двумерных уравнений для описания теплового процесса в подшипниках скольжения, связанных с трехмерным уравнением теплопроводности для вала с конвективным членом, учитывающим его вращение. Допущения, принятые для подобного моделирования, вполне обоснованы и подтверждены экспериментальными данными других авторов. При численном решении прямой задачи определенное внимание уделено выбору шага по времени, обеспечивающего приемлемую для практических расчетов погрешность определения температуры в узле трения. Несмотря на наличие результатов, имеющих самостоятельную значимость, решение прямой задачи является ключевым для решения обратной граничной задачи определения функций фрикционного тепловыделения и сил трения по температурным данным.

Обратная задача восстановления момента силы трения по замерам температуры решается известным методом итерационной регуляризации. Разработан алгоритм численного решения обратной задачи методом сопряженных градиентов, который состоит в определении приближенного решения, минимизирующего целевой функционал. В работе получены формулы для вычисления градиентов функционала, основанные на использовании сопряженной краевой задачи. Параметром регуляризации служит номер итерации, согласованный с погрешностью температурных данных. Сложность задачи состоит в одновременном определении нескольких источников теплоты, связанных общим подвижным элементом. Для повышения скорости сходимости итерационного процесса автор предлагает определять для каждой искомой функции тепловыделения шаг спуска на основе решения СЛАУ, полученной из решения уравнений для приращений температуры. Низкая теплопроводность неподвижных элементов из полимерных композиционных материалов, в которых проводятся замеры температур для решения обратной задачи, с высокой теплопроводностью общего элемента, обуславливают сильную неустойчивость решения обратной задачи к погрешностям в температурных данных. Степень неустойчивости решения обратной задачи исследовалась автором на основе вычислительных экспериментов. Нацеленность диссертационной работы на практическое использование результатов демонстрирует восстановление функций фрикционного тепловыделения в широком временном интервале на основе «склеивания» решений, полученных решением обратных задач на малых интервалах времени. Предложенный автором подход позволит контролировать величину силы трения в подвижных сопряжениях эксплуатируемой техники с небольшим запаздыванием во времени.

Правомерность принятых при моделировании допущений, отсутствие ошибок при выкладках при получении формул для построения алгоритмов численного решения прямых и обратных задач подтверждается не только вычислительными экспериментами, но и сопоставлением расчетных и экспериментальных значений моментов трения. В системе подшипников скольжения непосредственно измерить моменты трения в каждом из них достаточно сложно даже в лабораторных условиях. Тихонову Р.С. удалось показать эффективность разработанного алгоритма восстановления моментов трения в каждом подшипнике на основе замера суммарного момента трения, используя индуктивный датчик трения лабораторной машины. Экспериментальная проверка разработанного расчетного метода определения силы трения по температурным данным придает работе завершенность.

Работа Тихонова Р.С. содержит интересные, содержательные результаты, выполнена на высоком уровне, написана понятным, лаконичным языком.

По результатам диссертации Тихоновым Р.С. опубликованы 3 статьи в научных журналах, включенных в список ВАК РФ, а также 1 статья в журнале «Friction and Wear», индексируемом международными базами научного цитирования Scopus и Web of Science. Полученные результаты неоднократно докладывались на российских и международных конференциях. За доклады на Лаврентьевских чтениях Тихонов Р.С. неоднократно удостоивался призовых мест. Результаты работы использованы для выбора работоспособного композиционного материала, а также для проведения контроля без разборки и демонтажа работоспособности узлов трения.

При выполнении диссертационной работы Тихонов Р.С. проявил себя зрелым исследователем, способным самостоятельно ставить и решать сложные научно-технические задачи и вести научное исследование, продемонстрировал уверенное владение численными методами решения прикладных задач высокой практической значимости.

Учитывая актуальность, научную значимость и практическую ценность результатов, полученных в диссертационной работе Тихонова Р.С. в области практического применения математического моделирования и численных методов в технических системах, считаю, данная работа полностью соответствует требованиям к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, а соискатель заслуживает присуждения ему искомой степени.

Научный руководитель,
доктор технических наук, профессор,
заведующий лабораторией климатических
испытаний Федерального государственного
бюджетного учреждения науки «Институт
проблем нефти и газа Сибирского отделения
Российской академии наук»

677980, г. Якутск, ул. Октябрьская, 1
ИПНГ СО РАН
Тел. +7(4112) 357658
e-mail: nikstar56@mail.ru

Старостин Николай Павлович

Подпись Старостина Н.П. заверено:



Сп. Старостин Н.П. Кошарин И.И. 02.05.2017.