

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук, профессора Шалобаева Е.В. на диссертационную работу Анцифоровой Елены Владимировны «Электрический метод трибомониторинга процессов ремонтного восстановления узлов трения (на примере подшипников)», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий».

Актуальность темы диссертации

Наиболее уязвимыми элементами машин, механизмов и агрегатов являются узлы трения, при их износе возникает необходимость в ремонте. Традиционные способы восстановления изношенных деталей, такие, как наплавка и напыление металлов, гальваническая и химическая обработка требуют существенных экономических затрат на специализированное оборудование и рабочий персонал. По этой причине они используются в основном на крупных предприятиях. Существуют и менее затратные способы, в том числе, и в плане трудоемкости. В настоящее время наблюдается интерес к использованию модификаторов трения для восстановления поверхностей трения.

Диссертационная работа посвящена разработке метода мониторинга процессов ремонтного восстановления с использованием геомодификаторов трения (ремонтно-восстановительных составов) – антифрикционных присадок к смазочному материалу, содержащих частицы серпентинов и образующих на поверхностях трения слои, повышающие износостойкость трибосопряжений. Это, в свою очередь, приводит к улучшению триботехнических характеристик узлов трения, уменьшению затрат на ремонт и техническое обслуживание и другим экономическим эффектам.

Несмотря на то, что геомодификаторы начали активно использоваться с 90-х годов XX века, механизмы их действия до сих пор недостаточно изучены для широкого практического применения. Отсутствует и необходимое для промышленного внедрения методическое и диагностическое обеспечение. Поэтому разработка метода мониторинга процессов ремонтного восстановления, позволяющего лучше изучить и понять механизмы функционирования геомодификаторов, является задачей актуальной.

Соискателем проведен подробный анализ существующих на данный момент методов, пригодных для исследования процессов модифицирования поверхностей трения и показано, что все имеющиеся методы непригодны для широкого практического внедрения, поскольку их использование предполагает наличие специализированных лабораторий, дорогостоящего оборудования, в большинстве случаев они являются разрушающими.

По этой причине соискателем для разработки выбран электрический метод трибомониторинга. Электрорезистивные методы имеют широкое распространение при проведении функционального и стендового контроля, они могут быть адаптированы для решения большого спектра задач диагностики

и прогнозирования состояния узлов трения. Они не требуют больших затрат на технические средства, позволяют осуществлять диагностику в процессе эксплуатации узлов трения и не требуют их разрушения. Таким образом, работа, направленная на расширение функциональных возможностей электро-резистивного контроля за счет обеспечения мониторинга процессов ремонтного восстановления является актуальной.

Выбор в качестве исследуемых трибосопряжений подшипников качения обусловлен их широким распространением.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

На основании изучения материалов диссертации можно отметить следующее.

1. Обоснование предложенного физического принципа трибомониторинга модифицирования поверхностей трения приведено в главе 1, где соискателем проведен аналитический обзор по проблеме принципов действия ремонтно-восстановительных составов. Приведены различные точки зрения ученых на указанную проблему и классификация основных гипотез о механизмах функционирования геомодификаторов трения. Сделан вывод, что теория, полностью описывающая и объясняющая механизмы действия восстановительных составов, отсутствует, однако в процессе модифицирования поверхностей трения улучшается их микрогеометрия и образующийся на поверхностях защитный слой способен лучше удерживать на своей поверхности граничный слой смазочного материала. Эти два основных механизма действия геомодификаторов приняты во внимание при обосновании физического принципа.

Также в главе 1 соискатель проводит анализ существующих электрических диагностических параметров и выбор наиболее подходящего для решения поставленной задачи параметра – «нормированного интегрального времени электрического микроконтактирования» (НИВ). То, что данный параметр обладает высокой чувствительностью к изменению микрогеометрии трущихся поверхностей, известно давно. Чувствительность НИВ к изменению адсорбционной способности смазочных материалов была доказана предварительными экспериментальными исследованиями, также описанными в главе 1, которые показали существование однозначной связи между значениями диагностического параметра и смазывающей способностью смазочных материалов.

Таким образом, предложенный физический принцип является обоснованным.

2. Необходимость усовершенствования математической модели диагностического признака – вероятности электрического микроконтактирования в зоне трения, количественно оцениваемого параметром НИВ, обусловлена тем, что используемая на протяжении многих лет классическая модель данного признака не учитывает процессы граничной смазки при наличии на поверхностях трения модифицированных слоев. Процесс усовершенствова-

ния математической модели проведен корректно и подробно описан в главе 2. Адекватность математической модели подтверждена экспериментальными исследованиями с применением образцовых методов, описанными в главах 1 и 4.

3. Для подтверждения возможности применения математической модели на практике в работе были получены теоретические зависимости, описывающие связь диагностического признака «вероятности электрического микроконтактирования в зоне трения» с параметрами качества трущихся поверхностей для подшипников типоразмера 208. Они описаны и наглядно проиллюстрированы в главе 2.

4. Использование для интерпретации результатов мониторинга не числовых значений диагностического параметра, а его коэффициента вариации обоснованно его большей чувствительностью к процессам ремонтного восстановления. В главе 3 соискателем были изучены процессы приработки подшипников с различным качеством рабочих поверхностей и выделены качественные признаки в поведении числовых значений диагностического параметра, указывающие на улучшение условий фрикционного взаимодействия в целом, и на появление процессов ремонтного восстановления. В частности, к ним относятся:

- наличие более продолжительного временного тренда (направления) в сторону снижения средних значений диагностического параметра;

- появление аномальных (нулевых) отсчетов, а также увеличение со временем числа таких отсчетов;

- заметное увеличение вариабельности значений диагностического параметра в процессе уменьшения средних значений.

Показана чувствительность коэффициента вариации ко всем перечисленным выше признакам. Поскольку средние значения параметра НИВ могут отличаться даже для однотипных подшипников при одинаковых условиях мониторинга, использование коэффициента вариации – показателя, характеризующего вариацию значений вне зависимости от масштаба и единиц измерения, является обоснованным. Кроме того, показано, что по графикам коэффициента вариации диагностического параметра достаточно просто интерпретировать результаты мониторинга.

5. Разработанный электрический метод трибомониторинга процессов ремонтного восстановления деталей узлов трения включает в себя все необходимые компоненты: физический принцип, математический аппарат и последовательность действий при реализации метода, методику стендового и функционального трибомониторинга восстановления рабочих поверхностей подшипников качения ремонтно-восстановительными составами. Все составляющие метода описаны в главе 3 диссертации.

Достоверность и новизна

Достоверность научных положений и выводов, сформулированных в диссертационной работе, достигается за счет корректного применения поло-

жений теорий вероятности, электрорезистивной трибодиагностики, контактно-гидродинамической, контактирования шероховатых тел.

Достоверность теоретических зависимостей, описывающих связь диагностического признака «вероятности электрического микроконтактирования в зоне трения» с параметрами качества трущихся поверхностей, подтверждена результатами экспериментальных исследований процессов ремонтного восстановления подшипников качения по параметру НИВ, выполненных в большом объеме.

Достоверность разработанного метода подтверждена экспериментальными исследованиями с применением образцовых методов и метрологическим анализом подробно описанными в главе 4.

Достоверность результатов исследований подтверждается также актом внедрения методики стендового и функционального трибомониторинга ремонтного восстановления трибоузлов в МУП «Спецавтобаза» (г. Орел). Кроме того, результаты диссертационной работы использованы в ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК» при выполнении государственного контракта № П289 «Разработка метода мониторинга процессов формирования модифицированных слоев на рабочих поверхностях пар трения» по направлению «Нанотехнологии и наноматериалы» в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы, что также подтверждено соответствующим актом.

Новизна результатов исследований подтверждена публикациями по рассматриваемым вопросам в изданиях, рекомендованных ВАК, и участием соискателя в международных и всероссийских конференциях.

Общие замечания по диссертационной работе

1. Предлагаемое в работе диагностическое обеспечение ремонтно-восстановительных технологий узлов трения ориентировано на геомодификаторы трения. При этом не дается объяснений, почему разработанный метод не может быть применен для других типов модификаторов поверхностей, в частности, для широко распространенных реметаллизантов.

2. Выбор подшипников качения в качестве объекта для разработки диагностического обеспечения понятен в силу их широкого применения в технике, но соискатель не поясняет, является ли этот выбор принципиальным, и может ли математическая модель диагностического признака изменена под другие типы трибосопряжений, в частности, под зубчатые зацепления или элементы цилиндро-поршневой группы двигателей.

3. Расчеты, представленные в пункте 2.2, не представляют научного интереса, поскольку выполнены по типовой инженерной методике. При наличии ссылки на источник, достаточно было привести лишь результаты расчета.

4. Было бы интересно сравнить данную методику улучшения микрогеометрии рассматриваемого трибосопряжения с аналогичными методами при создании регулируемого микрорельефа.

Заключение о соответствии диссертации требованиям ВАК

Диссертационная работа Анцифоровой Е.В. посвящена решению актуальной научно-технической задачи, имеет научное и прикладное значение. Текст диссертации грамотно структурирован на главы, выстроен логически и последовательно, содержит поясняющие иллюстрации и графические материалы, что облегчает его восприятие.

Автореферат диссертации отражает основное содержание работы.

Диссертационная работа «Электрический метод трибомониторинга процессов ремонтного восстановления узлов трения (на примере подшипников)», направленная на расширение функциональных возможностей электрорезистивного контроля за счет обеспечения мониторинга процессов ремонтного восстановления, соответствует области исследования специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий по п.1 и п.6 паспорта специальности. Также работа соответствует критериям Положения о присуждении ученых степеней применительно к диссертациям на соискание степени кандидата наук, а ее автор, Анцифорова Елена Владимировна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент

кандидат технических наук, профессор кафедры

«Компьютерного проектирования и дизайна»

Федерального государственного автономного

образовательного учреждения высшего образования

«Санкт-Петербургский национальный исследовательский

университет информационных технологий, механики и оптики»

« 23 » марта 2015 г.

Е.В. Шалобаев



Контакты оппонента:

Шалобаев Евгений Васильевич

197101, г. Санкт-Петербург, Университет ИТМО, Кронверкский пр., д. 49.

Тел. +7-921-988-00-87, e-mail: shalobaev47@mail.ru