

ОТЗЫВ

научного консультанта на диссертацию Измерова Михаила Александровича «Обеспечение триботехнических показателей слабонагруженных пар трения и герметичности на этапе проектирования применением имитационного моделирования», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.5.3 – Трение и износ в машинах

Современные методы расчёта узлов трения учитывают информацию о микрогеометрии поверхностей в виде среднестатистических показателей качества по ГОСТ 2789-73 (Ra , Rz , Sm , tp и т.д.) и дают большие погрешности при оценке фактической площади контакта, вида деформационного состояния пятен и их нагрузочной способности. Экспериментальные исследования показали, что исследуемые процессы на микроуровне кардинально отличаются от принятых и широко используемых закономерностей в макромасштабе. Установлено, что фактические пятна нагруженного контакта одновременно находятся как в пластическом, так и в упругом состоянии, и их соотношение в большей мере зависит от исходной микрогеометрии поверхностей и постоянно меняется в зависимости от сближения. Субшероховатость, которая не контролируется из-за конечного радиуса скругления щупа (5 мкм) при стандартном методе профилометрии, вносит свой вклад в картину напряжённого состояния и распределения пятен контакта. В зависимости от упругопластического состояния фактических пятен контакта меняется коэффициент трения, а значит и интенсивность изнашивания, которые в этих условиях являются нелинейными и подчиняются разным законам трения в зависимости от состояния контакта.

Таким образом, в настоящее время не существует общей теории, которая адекватно описывала бы особенности процесса трения и изнашивания шероховатого слоя при малых нагрузках или в режиме приработки, поэтому решение проблемы обеспечения износостойкости кинематических пар с помощью имитационного моделирования многомасштабной структуры поверхности и контактного взаимодействия с учётом волнистости, шероховатости и субшероховатости, является актуальным для современной промышленности и значимым для науки, расширяя понимание процессов трения и изнашивания на микро- и наноуровне, что и определило тему настоящей работы.

На основе полученных в работе результатов исследований разработаны основы технологии проектирования фрактальной поверхности, которая в наибольшей степени способствует обеспечению заданных функциональных свойств. Методологической основой расчета контактного взаимодействия

слабонагруженных шероховатых поверхностей является представление поверхности как о фрактальном объекте и установление закономерностей, связывающих эксплуатационные характеристики с фрактальными показателями. В связи с тем, что в рабочей документации в настоящее время не отражены фрактальные показатели, технологическое обеспечение надлежащего качества поверхности требует изменения в традиционном подходе. Так, обычно на детали ставится знак шероховатости, например, Ra . Существующее метрологическое обеспечение достаточно просто позволяет контролировать этот параметр. Однако, в ряде случаев использование одного параметра не обеспечивает требуемого качества поверхности. Так при изготовлении шлифованной поверхности с требуемыми функциональными показателями следует контролировать фрактальную размерность (или связанные с этой размерностью такие параметры, как среднее квадратическое отклонение ординат поверхности и наклон неровностей), а также непараметрический критерий в виде автокорреляционной функции (и ее корреляционная длина).

В своей диссертационной работе Измеров М.А. решил проблему обеспечения заданной износостойкости кинематических пар трения (работающих при контактных давлениях 2...4 МПа) на основе разработанной методологии моделирования трёхмерного контактного взаимодействия, трения и изнашивания сопряжённых поверхностей с помощью информационных технологий.

Диссертантом предложена многоуровневая 3D модель инженерных поверхностей, учитывающая макроотклонения, волнистость, шероховатость и субшероховатость на основе фрактального представления шероховатого слоя, а также выявлена новая механика деформации микровыступов при одновременном нахождении одних пятен в пластическом, а других в упругом состоянии, в зависимости от исходной микрогеометрии. Кроме того, найден критерий перехода пятен контакта из пластического состояния в упругое, который разграничивает области применения предложенной модели и известной модели Герца, которая в этих условиях не применима.

По результатам проведённых исследований диссертантом была разработана методика оценки коэффициента трения фрактальных поверхностей, которая позволила выявить новую закономерность влияния микрогеометрии на коэффициент трения и интенсивность изнашивания и возможность управлять ими. Кроме того, был предложен алгоритм прогнозирования поведения узлов трения на этапе проектирования, основанный на моделировании контактного взаимодействия сопряжённых поверхностей и расчёте времени разрушения микровыступов, находящихся в упругом и пластическом состоянии в зависимости от исходной микрогеометрии.

Для реального применения предложенных методов и алгоритмов Измеровым М.А. были разработаны рабочие программы для ЭВМ (получен ряд свидетельств о регистрации программ), позволяющие в 3D смоделировать контакт фрактальных поверхностей, адекватных реальным, с оценкой основных триботехнических показателей. Оказалось, что разработанные программы можно применять и для оценки герметичности уплотнительных металл-металлических устройств путём расчёта фактического коэффициента извилистости, пористости и среднего радиуса каналов протекания, которые соответствуют исходной микрогеометрии поверхностей при их относительном расположении. Также была создана база данных реальных инженерных поверхностей и их моделей и предложена эффективная методика оценки удельного коэффициента сопротивления сдвигу фрикционных связей с помощью анализа величины отклонения иглы кантилевера атомно-силового микроскопа при прямом и обратном сканировании гладких образцов поверхности.

Применение разработанных Измеровым М.А. методик и рабочих программ для ЭВМ позволили получить значительный экономический эффект на МУП «Брянское городское пассажирское автотранспортное предприятие» за счёт планово-предупредительных мероприятий, уменьшения времени простоя транспорта и экономии материалов и запчастей.

Измеров Михаил Александрович в 2003 г. окончил БГТУ дипломом с отличием по специальности «Триботехника», а в 2006 году досрочно окончил очную аспирантуру защитой кандидатской диссертации на тему «Обеспечение заданного уровня герметичности на этапе проектирования и повышение фреттингостойкости стыка герметизирующих устройств» по специальности 05.02.04 – «Трение и износ в машинах». С 2011 по 2013 г. проходил обучение в очной докторантуре при БГТУ, с 2007 года работал в должности доцента на кафедре «Детали машин», а в настоящее время – на кафедре «Трубопроводные транспортные системы». М.А. Измеров постоянно внедряет новейшие достижения науки и техники в учебный процесс, включая результаты своей научной деятельности. Его интерес к науке, стремление познать природу трения для улучшения характеристик современных механизмов, богатый опыт работы с предприятиями по хозяйственным работам и энергичность позволили ему завершить работу над докторской диссертацией.

По теме диссертации Измеровым М.А. опубликовано 65 научных работ, из них 25 статей в ведущих периодических изданиях, определенных Высшей аттестационной комиссией, 5 статей в индексируемых международных базах Scopus / WoS, 5 монографий и 4 учебных пособия, а также получены 3 свидетельства на программное обеспечение. Основные тезисы работы были представлены на 29 международных и всероссийских конференциях, а сама диссертация неоднократно докладывалась в Брянске, Москве, Рыбинске, что говорит о её хорошей апробации.

Учитывая всё вышеизложенное, считаю, что данная диссертация является завершённой научно-квалификационной работой и соответствует требованиям Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 №842 «О порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор Измеров Михаил Александрович заслуживает присуждение ученой степени доктора технических наук по специальности 2.5.3 – Трение и износ в машинах.

Научный консультант _____

Тихомиров Виктор Петрович

15.01.2024г.

Доктор технических наук (05.02.04), профессор,
профессор кафедры «Трубопроводные транспортные системы»
ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»
Россия, 241035, г. Брянск, бул.50-лет Октября, 7.
Телефон: (4832) 41-98-90, E-mail: dm-bgtu@yandex.ru

