

ОТЗЫВ

оппонента Измерова Михаила Александровича на диссертационную работу Емаева Ильи Игоревича на тему: «Повышение износостойкости подвижных сопряжений на основе исследования совместимости трущихся поверхностей», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.04 – «Трение и износ в машинах»

1. Актуальность темы исследования

Подвижные сопряжения, образующие узлы трения, имеют широкое применение в различных машинах и механизмах. Развитие современной техники характеризуется ужесточением условий работы подвижных сопряжений: возрастанием нагрузок, температур и скоростей скольжения, а также воздействием окружающей среды.

Рассматриваемая диссертационная работа направлена на повышение износостойкости подвижных сопряжений, работающих в экстремальных условиях трения и изнашивания. Поэтому повышение эксплуатационных свойств таких сопряжений, в том числе износостойкости, как правило, сопряжено с получением значительного технико-экономического эффекта. При конструировании и эксплуатации таких сопряжений особую роль играет совместимость трущихся поверхностей, их способность приспосабливаться друг к другу в процессе трения, обеспечивая заданную долговечность и износостойкость.

Изложенное выше определяет актуальность решаемой задачи: разработки метода улучшения условий трения и изнашивания по индексу совместимости трущихся поверхностей. Метод, предложенный соискателем, апробирован исследованием подвижных сопряжений, существенно отличающихся друг от друга по условиям работы – тяжелонагруженных узлов (для выбора смазочного материала) и эндопротезов тазобедренного сустава (для выбора материалов пары трения «головка – вкладыш»).

Важность решения поставленной задачи подтверждается Федеральной целевой программой РФ на 2014 – 2020 годы (№ 426 от 21.05. 2013), а также поддержкой Минобрнауки России (№ 14.574.21.0179 от 26.09.2017).

2. Структура и содержание работы

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения в виде основных результатов и выводов, библиографического списка, приложения (4-х актов практического использования). Каждая глава завершается выводами. Общий объем диссертационной работы составляет 176 страниц. Работа иллюстрирована 72 рисунками и содержит 23 таблицы. Библиографический список литературы содержит 148 наименований.

Тема и содержание диссертации соответствуют заявленной научной специальности 05.02.04 – «Трение и износ в машинах». В первой главе приведен литературный обзор, который содержит анализ публикаций, посвященных эксплуатационным свойствам, которыми должны обладать подвижные сопряжения. Особое внимание уделено тяжелонагруженным трибосопряжениям (ТНТС), в которых применяются пластичные смазочные материалы (ПСМ), а также – кинематической паре трения «головка – вкладыш», используемой в эндопротезах тазобедренного сустава (ЭТБС), имплантированных в организм человека. Вторая глава содержит теоретическую и экспериментальную базы исследования. В главе обоснована непосредственная связь индекса совместимости трущихся поверхностей и их износа с показателями адгезионного взаимодействия при трении и в первую очередь с пьезокоэффициентом β . Для подтверждения предложенных в главе положений выполнены экспериментальные исследования трибосопряжений, существенно отличающихся по условиям работы – тяжелонагруженных узлов (для выбора смазочного материала) и эндопротезов тазобедренного сустава (для выбора материалов пары трения «головка – вкладыш»). В третьей главе приведены результаты экспериментального исследования триботехнических характеристик ПСМ с учетом их состава, температуры и

давления. Четвертая глава содержит результаты экспериментального исследования триботехнических характеристик ЭТБС с учетом материалов пары трения «головка – вкладыш», давления и биологической среды. В пятой главе представлены обобщения и практические рекомендации. В ней приведены математические модели зависимости износа от пьезокоэффициента β , которые говорят о том, что определяющим фактором в повышении износостойкости тяжелонагруженных подвижных сопряжений являются показатели адгезионного взаимодействия, которые характеризуются индексом совместности труящихся поверхностей C . Работоспособность этой модели подтверждается экспериментальными данными по совершенствованию композиций смазочного материала, а также по выбору материалов для кинематического узла эндопротезов. В приложении к работе представлены результаты внедрения работы.

Диссертация согласно требованию ГОСТ Р 7.0.11 – 2011 и пп. 11, 13, 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» содержит список работ, опубликованных автором по теме диссертации. В тексте диссертации имеются ссылки на указанный список.

В диссертационной работе соискателя присутствуют необходимые ссылки на авторов и источники заимствования материалов и отдельных результатов, а также отмечены работы, выполненные в соавторстве.

3. Личное участие автора в получении результатов диссертации

По ключевым положениям диссертации опубликовано 17 работ, получен 1 патент РФ, 13 статей опубликовано в перечне изданий ВАК РФ. Анализ опубликованных автором работ показывает, что основные положения, выносимые на защиту в диссертационной работе, получены автором лично.

4. Обоснованность и достоверность научных результатов

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, обеспечены подробным анализом работ отечественных и зарубежных ученых, близких к теме диссертационного исследования,

определенена выбором актуального направления исследований, применением современного математического аппарата с использованием основных положений теории трения, теории изнашивания, регрессионного и дисперсионного анализов, подтверждена многочисленными экспериментами с использованием современных технических средств при анализе, а также приемлемой сходимостью теоретических и эмпирических результатов.

5. Научная новизна диссертационного исследования

Научная новизна работы заключается в следующем:

- с помощью предложенной методики оценки индекса совместности труящихся поверхностей и гидродинамической аналогии получены обоснования для выбора углеродного каркаса в качестве добавки в ПСМ, обеспечивающей повышение эксплуатационных свойств ТНТС, а также выбора материалов пары трения «шаровая головка – вкладыш», работающей в биологической среде ЭТБС;
- выявлены закономерности влияния дисперсной среды пластичной смазки на основе композиции технического углерода на функциональные свойства ТНТС;
- предложен механизм влияния материалов пар трения кинематического узла «головка – вкладыш» ЭТБС и биологической среды на зависимость трибологических характеристик этого узла от давления;
- установлено, что определяющим фактором в износостойкости тяжелонагруженных подвижных сопряжений являются показатели адгезионного взаимодействия при трении и, в первую очередь, коэффициент β упрочнения адгезионных связей (играющий главенствующую роль в индексе совместности труящихся поверхностей).

6. Практическая значимость работы и полученных результатов

Практическую ценность представляют:

- полученные зависимости между составом пластичных смазок и их

триботехническими характеристиками (с учетом температуры и удельной нагрузки), позволяющие повысить работоспособность тяжелонагруженных узлов трения;

- разработанный ПСМ на основе композиции технического углерода для тяжелонагруженных узлов трения;
- предложенная методика стендовых испытаний пары трения «головка – вкладыш» на модернизированной четырехшариковой машине трения ЧМТ-1 с выводом результатов на экран, которая может быть использована для исследования материалов, применяемых в ЭТБС;
- рекомендации по применению материалов ЭТБС с учетом веса пациентов и степени их двигательной активности, что позволит оптимизировать конкретную конструкцию протеза пациента, обеспечив необходимый срок службы;
- математические зависимости изнашивания тяжелонагруженных трибосопряжений от коэффициента β упрочнения адгезионных связей, позволяющие прогнозировать эксплуатационную долговечность этих сопряжений по износстойкости.

Практическая значимость результатов диссертации подтверждается 4-мя актами внедрения в практику машиностроительных предприятий, лечебных учреждений и учебный процесс.

7. Соответствие диссертации научной специальности

Представленная работа по своему содержанию и решаемым задачам исследования полностью соответствует паспорту научной специальности 05.02.04 – «Трение и износ в машинах», в части п. 7, п. 8 и п. 15 раздела «области исследований».

8. Замечания по диссертации

1. Из автореферата и самой диссертации можно сделать вывод о том, что автор рассматривал контактное взаимодействие образцов с одной шероховатостью с $Ra = 0,2 - 0,4$ мкм, т.е. не учитывается влияние

шероховатости сопряжённых поверхностей трения на состояние контакта. При разной шероховатости будут разные фактические площади контакта, и, соответственно, разные контактные давления на фактических площадях контакта; где-то будут пластические деформации, где-то упругие... При этом шероховатость также может играть определённую роль в организации смазки поверхностей даже при тяжёлых условиях работы и больших пластических деформациях при её нахождении во впадинах микронеровностей. Конечно, это сама по себе отдельная сложная контактная задача.

2. Можно ли рабочие условия эндопротезов отнести к тяжёлым условиям работы при пластических деформациях и распространять на них предложенную методологию? Ведь их конструкция такова, что номинальная площадь велика, поверхности имеют низкую шероховатость, и достичь при этом пластического контакта, чтобы распространить на эти сопряжения результаты исследования автора, достаточно трудно. В этих сопряжениях качество поверхности будет играть не последнюю роль при обеспечении долговечности; влияние деформационной составляющей коэффициента трения будет велико. Возможно, из-за сходства уровня качества поверхностей эндопротезов и исследуемых автором тяжелонагруженных трибосопряжений при определении β результаты имели сходство, но при других условиях контакта результаты могут быть другими.

3. Автор концентрируется на параметрах C и β с учётом влияния температуры, не учитывая при этом некоторые другие условия работы трибосопряжения, например, скорость относительного скольжения, динамику приложения нагрузки и т.д.

4. В диссертации имеются некоторые опечатки, стилистические и пунктуационные ошибки, погрешности оформления, когда названия глав или заголовков смешены, также это относится к некоторым таблицам и рисункам.

Однако эти замечания не имеют принципиальное значение и в целом практически не влияют на положительное отношение к работе.

Заключение

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации. Рукопись автореферата соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011, а также требованиям п. 25 «Положения о присуждении ученых степеней». В автореферате изложены основные положения диссертации, показан личный вклад автора в проведенное исследование, отражена научная новизна и практическая значимость результатов исследования.

Диссертация согласно требованию ГОСТ Р 7.0.11 – 2011 и п.п. 11, 13, 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» содержит список работ, опубликованных автором по теме диссертации. В тексте диссертации имеются ссылки на указанный список.

В диссертационной работе соискателя присутствуют необходимые ссылки на авторов и источники заимствования материалов и отдельных результатов, а также отмечены работы, выполненные в соавторстве.

Представленная диссертация соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., как самостоятельно выполненная, обладающая внутренним единством, законченная работа, в которой изложены новые научные принципы повышения износостойкости тяжелонагруженных подвижных трибосопряжений на основе исследования совместимости трещущихся поверхностей (с учетом физико-механических свойств материалов пары трения и смазочной среды).

Результаты диссертационного исследования имеют высокую научную и практическую значимость, заключающуюся в установлении зависимостей интенсивности и скорости изнашивания тяжелонагруженных трибосопряжений от индекса C совместимости трещущихся поверхностей (коэффициента β упрочнения адгезионных связей), позволяющих прогнозировать эксплуатационную долговечность этих сопряжений по

износостойкости.

На основании изложенного считаю, что рассматриваемая научная работа отвечает требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявленным к кандидатским диссертациям, а ее автор – Емаев Илья Игоревич – достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.04 – «Трение и износ в машинах».

к.т.н., доц. каф. «Детали машин»

ФГБОУ ВО «Брянский государственный
технический университет»

Измеров Михаил

Александрович

03.12.2018 г.

ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»,
241035, Центральный Федеральный округ, Брянская область, город Брянск, бульвар 50 лет
Октября, дом 7, тел. (4832) 58-83-32, 58-82-12, e-mail: m.izmerov@yandex.ru

