

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента доктора технических наук, профессора Буйносова Александра Петровича на диссертационную работу Волохова Станислава Григорьевича «Исследование триботехнических показателей сопряжений «сталь–сталь» применительно к фрикционным гасителям колебаний на основе влияния магнитного поля», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.04 – Трение и износ в машинах

### **1. Оценка содержания диссертационной работы**

Диссертационная работа С. Г. Волохова выполнена в Брянском государственном техническом университете на кафедре «Трубопроводные транспортные системы» и посвящена весьма актуальной научной проблеме – разработке, верификации и применению методов исследований, направленных на управление силой трения фрикционных гасителей колебаний. Целью работы является установление закономерностей влияния магнитного поля на процессы трения и изнашивания фрикционных гасителей колебаний «сталь–сталь».

Содержание диссертации включает в себя все необходимые разделы для получения конечных результатов проведенных исследований и является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной с применением современных расчетных и экспериментальных методов с конкретными предложениями по применению ее результатов в дальнейшей научной и практической деятельности в области железнодорожного транспорта.

Диссертация включает в себя введение, пять глав, заключения с изложением основных результатов и выводов, библиографический список из 122 наименований, одного приложения. Основное содержание диссертации изложено на 158 страницах машинописного текста, в том числе 89 рисунков и 8 таблиц.

Во введении обоснованы актуальность и дан анализ научной разработанности темы исследования, определены его цель и задачи, сформулирована научная новизна диссертационной работы, ее теоретическая и практическая значимость, определены методы исследования. Изложены положения, выносимые на защиту, приведены сведения об апробации результатов исследования, и краткое содержание диссертации.

В первой главе автором приводится аналитический обзор работ в области конструктивного исполнения, способов изготовления и исследований подвижных и неподвижных соединений деталей машин с наличием трения и посадок соответственно. Рассмотрено конструкторско-технологическое обеспечение качества и эксплуатационных свойств, а также особенности функционирования фрикционных гасителей колебаний. Опыт эксплуатации фрикционных гасителей колебаний показывает, что они не обеспечивают стабильной силы сопротивления. В результате естественного износа трущихся поверхностей гасителя сила трения может отклоняться от номинального значения на 40–50 %. Основываясь на результатах обзора, автором сформулированы задачи исследования в достаточном количестве для раскрытия темы диссертации.

Во второй главе приводятся разработанные автором методики проведения теоретических и экспериментальных исследований, экспериментальные установки, используемые в исследованиях. Волоховым С. Г. описаны пары трения шпинтонного узла фрикционного гасителя колебаний подвижного состава, и основываясь на этих данных, выбраны материалы, образцы и детали.

В третьей главе выполнено моделирование методом конечных элементов с использованием программного продукта для расчета электромагнитных полей ANSYS для проектирования опытных образцов и предполагаемых к созданию для их испытаний установок, что позволило получить распределение магнитного поля в инденторном устройстве одношарикового трибометра установки для измерения молекулярной составляющей коэффициента трения. Таким образом были обоснованы диапазоны контролируемых в эксперименте величин и подобраны измерительные приборы для лабораторных установок. Также частично приводятся результаты, полученные с использованием этих изготовленных установок и обоснованных измерительных схем.

В четвертой главе автором приведены результаты оценки температурного режима в условиях трения скольжения, влияния магнитного поля на процессы изнашивания. Воздействие магнитного поля приводит к тому, что частицы износа выносятся из зоны трения, тем самым снижая интенсивность изнашивания за счет исключения режущего и пропахивающего действия частиц износа, которые могут находиться в зоне трения.

В пятой главе выполнен расчет экономической эффективности от применения результатов исследований, а также использование ее результатов в научных исследованиях и учебном процессе.

В заключении диссертации содержатся выводы и предложения, обобщающие результаты выполненного исследования, перспективы дальнейшей разработки темы.

## **2. Актуальность диссертационной работы**

Актуальность темы, выбранной диссертантом не вызывает сомнений. Улучшение показателей трения и изнашивания трибосопряжений может быть реализовано модификацией их структурного состояния, в том числе за счет технологических воздействий различными видами энергий. Поэтому поиск способов управления силой трения взаимодействующих тел путем стороннего энергетического воздействия актуален. Мало изученными являются вопросы, связанные с влиянием магнитного поля на триботехнические показатели пар трения. Одним из направлений триботехнологии является изменение свойств поверхностного слоя при воздействии магнитным полем.

В технике вообще и в подвижном составе в частности, большое распространение получили гасители колебаний на основе сухого трения – фрикционные. Такие гасители колебаний используются в рессорном подвешивании локомотивов и вагонов в силу наличия позитивных качеств, таких как сравнительная простота конструкции, компактность, нетребовательность к сезонному обслуживанию и т. п., что обеспечивает малые затраты на их изготовление и эксплуатацию. Для работы фрикционных гасителей колебаний обычно характерны повышенный износ деталей, ударные нагрузки, возможные заклинивания и значительная нестабильность коэффициента трения, что является причинами снижения общей надежности, в частности шпинтонного узла.

Принципиально новым направлением в совершенствовании динамических показателей работы фрикционных гасителей колебаний является управление силой их сопротивления в зависимости от характеристик колебательных процессов надрессорного строения. Такая возможность возникает при введении в конструктивное решение фрикционных гасителей колебаний магнитного поля с воздействием на зону трения и обратной связью по его величине.

В связи с этим перечисленные выше проблемы подтверждают необходимость совершенствование работы шпинтонного узла фрикционных гасителей колебаний рессорного подвешивания при эксплуатации транспортных средств и делают настоящую работу актуальной.

Тема диссертации перекликается со множеством программ и стратегий Правительства Российской Федерации и ОАО «Российские железные дороги», среди них: «Энергетическая стратегия России на период до 2030 года», Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

В соответствии с Транспортной стратегией Российской Федерации на период до 2030 года» (утв. распоряжением Министерства транспорта Российской Федерации № 1032-р от 11 июня 2014 г.) приоритетным направлением является повышение уровня безопасности транспортной системы, повышение надежности и экономичности подвижного состава, а также увеличение эксплуатационного ресурса технических средств, что подчеркивает актуальность выбранной темы диссертационного исследования.

Все более широкое применение поездов постоянного формирования с бортовой энергетикой для скоростных контейнерных перевозок грузов предъявляет повышенные требования к железнодорожным платформам по устойчивости движения на номинальных скоростях в порожнем и гружёном состоянии. Этого возможно достичь при введении в подвеску нелинейного демпфирования в том числе и фрикционного. Таким образом, работа, направленная на исследования по поиску и обоснованию таких решения, является актуальной.

Актуальность цели и поставленных задач исследований подтверждается результатами проведенного автором анализа публикаций по данной тематике.

### **3. Соответствие диссертации паспорту научной специальности**

#### **05.02.04 – Трение и износ в машинах**

В результате выполненных исследований разработаны научно-обоснованные методы, способы, технические решения и рекомендации, обеспечивающие оценку влияния магнитного поля на триботехнические показатели пар трения, установлении на основе модели намагничивания различия влияния горизонтального и вертикального магнитных полей на величину силы и

коэффициента трения неподвижного контакта, имеющие существенное значение для развития технических систем, заключающееся в повышении триботехнических показателей фрикционных гасителей колебаний транспортных средств. Таким образом, диссертация соответствует паспорту научной специальности 05.02.04 – Трение и износ в машинах по пунктам:

- п. 1 «Механические, тепловые, химические, магнитные, электрические явления при трении»;
- п. 3 «Закономерности различных видов изнашивания и поверхностного разрушения»;
- п. 10 «Физическое и математическое моделирование трения и изнашивания».

#### **4. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертационной работе, имеют прикладной характер, базируются на современных представлениях о контактном взаимодействии твердых тел с учетом шероховатости, молекулярно-механической теории трения, современных достижениях поверхностных явлений, а также анализа результатов отечественных и зарубежных научно-исследовательских работ по данной тематике и натурных наблюдений. Применялась современная система моделирования магнитного поля в конечно элементном пакете ANSYS. Экспериментальные исследования проводилась с использованием и обработкой данных на ПЭВМ.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций диссертации вытекает из сходимости теоретических данных, полученных лично автором, в сопоставлении с теоретическими и экспериментальными результатами известными в научно-технической литературе, а также их обсуждением на научно-практических конференциях.

#### **5. Достоверность и новизна, полученных результатов**

Достоверность результатов теоретических исследований достигнута использованием научно обоснованных расчетных схем, применением современных математических методов, вычислительных средств и подтверждается качественным и количественным согласованием результатов теоретических исследований с экспериментальными данными, полученными как

лично автором, так и другими исследователями.

К наиболее важным результатам работы, обладающим научной новизной, относится оценка влияния магнитного поля на триботехнические показатели, отличающиеся тем, что рассматривается не непосредственное влияние магнитного поля на триботехнические свойства трущихся тел, а на интенсификацию процессов, протекающих в зоне трения (рост оксидных пленок, активных центров, устранение частиц износа из зоны трения), которые способствуют повышению коэффициента трения стальных поверхностей и их износостойкости. Кроме того, автором было установлено различие влияния горизонтального и вертикального магнитных полей на величину силы и коэффициента трения неподвижного контакта.

## **6. Теоретическая и практическая значимость исследования и полученных результатов**

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в том, что автором: разработана верифицированная модель намагниченности, используемая для проектирования опытных образцов и предполагаемых к созданию для их испытаний установок; изготовленные автором оригинальные трибометрические установки позволяют получить количественные оценки коэффициента и силы трения при проведении испытаний на трение и изнашивание на образцах, и используются в учебном процессе; разработаны методики проведения экспериментов на изготовленных установках с подтверждением метрологических параметров; получены результаты влияния магнитного поля на: молекулярную составляющую коэффициента трения в условиях скользящего контакта; коэффициент и силу трения скользящего контакта, а также на срыв посадки с гарантированным натягом; температуру поверхности трения и интенсивность изнашивания в условиях скользящего контакта.

Практическая значимость работы подтверждена девятью патентами в том числе двумя по фрикционным гасителям колебаний.

В заключении приведены полученные научные и практические результаты. При этом следует отметить научно-практическую ценность представленной работы и разработанных в ней методик, которые позволяет при использовании известных решений получать новый качественный результат.

## **7. Апробация работы и публикации**

Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на четырех научно-практических конференциях международного уровня.

По материалам диссертации опубликовано 19 научных работ, из них 5 статей опубликованы в ведущих научных рецензируемых журналах и изданиях перечня ВАК Минобрнауки РФ (Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии, Мир транспорта и технологических машин, Вестник Брянского государственного технического университета), 9 патентов на изобретения и полезную модель.

## **8. Оценка содержания диссертации, ее завершенность в целом**

Диссертация написана грамотным языком, изложение логично и последовательно с использованием профессиональной терминологической лексики, эмоционально окрашенные слова отсутствуют. Архитектоника правильная. Название полностью соответствует содержанию работы и обобщает все основные направления исследований, приведенные в диссертации. Содержание диссертации соответствует поставленным целям и задачам исследования. В целом диссертационная работа хорошо оформлена, содержит достаточное количество фактического и иллюстративного материала, раскрывающего ее содержание.

Диссертация и автореферат по структуре и оформлению соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11–2011. Оформление списка литературы в виде библиографических ссылок соответствует п. 5.6 ГОСТ Р 7.0.11–2011. Оформление в автореферате списка работ, опубликованных по теме соответствует п. 9.3 ГОСТ Р 7.0.11–2011 и ГОСТ 7.1–2003.

В рамках, поставленных и решенных в диссертации задач исследование можно считать вполне завершенным.

## **9. Соответствие автореферата основному содержанию диссертации**

Автореферат достаточен по объему, соответствует теме и содержанию, полностью и корректно отражает основное содержание диссертации в кратком изложении.

## **10. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным «Положение о присуждении ученых степеней» по пунктам 10, 11 и 14**

Диссертация Волохова Станислава Григорьевича на тему «Исследование триботехнических показателей сопряжений «сталь–сталь» применительно к фрикционным гасителям колебаний на основе влияния магнитного поля» представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.04 – Трение и износ в машинах, соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», в том числе:

– в соответствии с п. 10 диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, что свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку. В диссертации приводятся сведения о практическом использовании полученных автором диссертации научных результатов и рекомендаций по использованию научных выводов;

– в соответствии с п. 11 основные научные результаты диссертации достаточно полно отражены в рецензируемых научных изданиях;

– в соответствии с п. 14 в диссертации содержатся ссылки на авторов и источники заимствования материалов и отдельных результатов, а также на результаты научных работ, выполненные лично соискателем ученой степени и в соавторстве.

## **11. Достоинство и недостатки в содержании и оформлении диссертации, влияние отмеченных недостатков на качество исследования**

К достоинствам диссертационного исследования следует отнести актуальность темы, научную новизну и практическую значимость. Автором грамотно и последовательно изложен материал диссертации. Также можно отнести эффективное использование отечественного и зарубежного опыта применения методов исследований, направленных на управление силой трения фрикционных гасителей колебаний.

По содержанию диссертации следует отметить следующие замечания:

1) отсутствует оценка расхода электроэнергии по воздействию магнитным полем на шпинтон реальной конструкции приведенный на рис. 2.1 диссертации;

2) остается неясным, какие требования можно сформулировать к шпинтону и сталям из которых он изготавливается на основании проделанной работы;

3) зачастую трение приводит к автоколебаниям. Неясно, как через магнитные явления возможно влиять на автоколебания, либо на их устранение;

4) как автор оценивает возможность изменения величины коэффициента трения при адаптации полученных эффектов на натурные конструкции, доступные конструкционные стали с фактическими шероховатостями поверхностей;

5) некоторые выводы в заключении диссертации носят описательный, декларативный характер, характер аннотации, а хотелось бы видеть выводы с конкретными рекомендациями, непосредственно вытекающими из огромной многолетней проделанной работы.

б) в тексте диссертационной работы имеют место не всегда корректное использование терминов, встречаются отдельные опечатки, стилистические неточности и пр., но количество их можно считать незначительным.

Отмеченные недостатки несколько снижают качество и полноту исследований, но они не оказывают существенного влияния на главные научные и прикладные результаты диссертационной работы, а представляют собой как бы предложение к проведению дискуссии на обсуждаемую тему.

## **Заключение**

Проведенный анализ материалов диссертации указывает, что по актуальности, содержанию и значимости основных результатов, диссертация Волохова Станислава Григорьевича «Исследование триботехнических показателей сопряжений «сталь–сталь» применительно к фрикционным гасителям колебаний на основе влияния магнитного поля» является логичной, функционально законченной и самостоятельной научно-квалификационной работой, которая выполнена на достаточно высоком уровне, в которой изложены научно-обоснованные методы, способы, технические разработки и рекомендации, обеспечивающие разработку, верификацию и применение методов исследований,

направленных на управление силой трения фрикционных гасителей колебаний, обеспечивающие решение значительной в машиностроении и транспорте научно-технической проблемы, имеющей определенное значение для развития железнодорожного транспорта Российской Федерации.

Внедрение данных разработок вносит значительный вклад в ускорение научно-технического прогресса в железнодорожной отрасли, в частности в развитие отечественного локомотиво- и вагоностроения. Диссертационная работа соответствует научной специальности 05.02.04 «Трение и износ в машинах» и соответствует пунктам паспорта специальности: п. 1 «Механические, тепловые, химические, магнитные, электрические явления при трении»; п. 3 «Закономерности различных видов изнашивания и поверхностного разрушения» и п. 10 «Физическое и математическое моделирование трения и изнашивания».

Диссертация содержит список работ, опубликованных автором по теме диссертации, в тексте приведены ссылки. В диссертации отмечены результаты научных работ, выполненных соискателем лично, а также в соавторстве. При заимствовании материалов или отдельных результатов имеются ссылки на авторов или документы, из которых взяты данные заимствования. Список использованных источников включает 122 наименования.

Основные положения диссертационного исследования достаточно полно отражены в 19 публикациях автора, в том числе 5 – в ведущих рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Результаты, полученные автором, обладают научной новизной, имеют значение для развития отрасли знаний в области железнодорожного транспорта.

Автореферат и публикации соискателя, в том числе пять – в изданиях, рекомендованных ВАК, – полностью отражают основные положения и результаты диссертационной работы.

Отмеченные недостатки несколько снижают качество оформления результатов исследования, но они не влияют на главные теоретические и практические результаты диссертации и в целом не меняют общего положительного впечатления о выполненной диссертационной работе.

Таким образом, можно сделать вывод, что диссертационная работа Волохова Станислава Григорьевича «Исследование триботехнических показателей сопряжений «сталь–сталь» применительно к фрикционным гасителям колебаний на основе влияния магнитного поля» соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденное постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842, которым должны отвечать

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Автор диссертации заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.04 – Трение и износ в машинах.

### **Официальный оппонент**

Буйносов Александр Петрович, гражданин Российской Федерации, доктор технических наук (отрасль науки – технические), по специальности 05.22.07 – «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация», профессор, профессор кафедры «Электрическая тяга» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения» (УрГУПС)

«10» ноября 2020 г.

Буйносов Александр Петрович

Почтовый адрес: 620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, д. 66

Электронная почта: [abuinosov@usurt.ru](mailto:abuinosov@usurt.ru), [byinosov@mail.ru](mailto:byinosov@mail.ru)

Контактные телефоны: (343) 221-24-70, 319-59-32

Подпись д.т.н., профессора,  
профессора кафедры «Электрическая тяга»  
Буйносова Александра Петровича заверяю:  
Ученый секретарь Ученого совета УрГУПС

Т. И. Бушуева