

## О Т З Ы В

официального оппонента к.т.н., профессора Шалобаева Е.В. на диссертационную работу Ан드로совой Елены Борисовны «Метод контроля шариковых подшипников с учётом виброударного режима» представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности: 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий.

### **1. Актуальность темы диссертации**

Подшипники качения являются важным и ответственным элементом в механизмах. От их работоспособности и надёжности зависит долговечность и безопасность эксплуатации машин и агрегатов. Проанализировав ряд факторов, снижающих надёжность подшипников качения, соискатель выделяет одним из основных - возникновение виброударного режима. Именно этому явлению и посвящена научно-исследовательская работа.

В настоящее время существуют множество производителей подшипников, цены которых колеблются от сотен рублей до десятков тысяч рублей. Поэтому потребитель заинтересован в том, чтобы подшипник обладал хорошими характеристиками и долгим сроком службы за соответствующую цену. Но в сегодняшних условиях очень часто качество подшипника не соответствует его завышенной цене и поэтому даже новый исправный подшипник не всегда отработывает свой полный срок службы. Соискатель в своей работе даёт понять, что одной из веских причин этого является возникновение виброударного режима, который резко снижает надёжность подшипника, тем самым в разы уменьшая срок службы.

При виброударном режиме происходят многочисленные высокочастотные соударения тел качения и колец подшипника, приводящие к повреждению поверхностей деталей, разрыву смазочного слоя и возникновению ряда дополнительных эффектов, которые деструктивно влияют на работу подшипника.

Поэтому выявление наличия виброударного режима при работе подшипника качения является актуальной и перспективной задачей, решение которой позволит наиболее эффективно эксплуатировать подшипники.

Представленный в диссертации анализ состояния вопроса и существующих методов диагностирования подшипников убедительно показывает, что некоторые из них весьма трудоемки, предполагают выполнение большого объема измерительных процедур или не обеспечивают возможность выявления виброударного режима. При этом реализация достоверного и объективного контроля подшипников, с целью обнаружения возникновения неблагоприятного побочного эффекта работы – виброударного режима с перспективой его дальнейшего устранения, особенно важна, как при разработке конструкции подшипников, так и при его работе при эксплуатации.

В этой связи оппонируемая работа, направленная на научное обоснование и разработку объективного и достоверного инструментального электрорезистивного метода диагностирования подшипников качения с учётом виброударного

режима, отличающегося алгоритмом обработки полученной диагностической информации, является, несомненно, актуальной.

Актуальность работы также подтверждается ее выполнением в рамках: государственного задания № 7.2668.2011 «Теория и принципы интеллектуализации электрических методов мониторинга узлов трения»; № 14.132.21.1603 «Разработка метода и средств функционального контроля и диагностирования подшипников в элементах промышленных систем и оборудования».

## **2. Степень обоснованности научных положений и выводов**

На основании изучения материалов диссертации мной проведен анализ степени обоснованности представленных в работе положений и выводов. Обобщая информацию по каждому из них, и анализируя материал в соответствии с логикой его рассмотрения в диссертации, отмечаю следующее.

1. В главе 1 работы приведены основные результаты изучения вопроса о возникновении и влияния ударных процессов в подшипниках качения, а также приведён анализ существующих методов контроля с целью применимости их для выявления виброударного режима работы подшипников качения.

На основании теоретических исследований статей, ГОСТов, научной литературы, иностранных источников соискатель делает вывод о том, что ударные процессы в подшипнике качения являются неотъемлемой его частью, а основными факторами, вызывающие соударения, являются несовершенство элементов, условия работы смазочного материала и кавитация. Чётко даны определения понятий удара и виброударного режима и что под ними понимает автор. Для дальнейших исследований автор принимает в совокупности использовать существующие теории механики, физики, реологии и гидродинамики, а также обосновывает ряд допущений, использованных при разработке метода.

Опираясь на теоретические исследования соискатель, проанализировав существующие методы диагностирования подшипников качения по показателям простоты реализации, применимости, быстродействию и точности, небезосновательно выбирает электрорезистивный метод контроля подшипников для дальнейшего его усовершенствования с целью выявления наличия виброударного режима в шариковых подшипниках.

Обоснованность автором выводов по 1 главе не вызывает сомнения.

2. Глава 2 диссертации посвящена более глубоким и тщательным исследованиям ударных взаимодействий тел качения и колец шарикового подшипника, а также изложению и обоснованию выдвинутой соискателем гипотезы и предпосылок для дальнейшей разработки метода диагностирования шариковых подшипников с учётом виброударного режима.

Автором корректно и научно обосновано:

- выбор границ зоны нагружения, где возникает виброударный режим;
- предложенная схема возникновения виброударного режима;
- наличие процесса проскальзывания при вхождении тела качения в зону нагружения подшипника;
- предложенные модели процессов, происходящих в зоне трения подшипника.

Основываясь на предварительных теоретических исследованиях, сделанных

расчётов в п.2.2, п.2.3, 2.5 и выдвинутой гипотезе, автор принимает электрическое сопротивление, как источник диагностической информации о реальном состоянии работы подшипника. В п.2.5 автор приводит разработанную математическую модель электрического сопротивления подшипника качения, отличающуюся учётом влияния микропроцессов происходящих в зонах трения подшипника. Также соискатель обосновывает разделение сигнала электрического сопротивления по времени на импульсы проскальзывания (миллисекунды) и ударные импульсы (микросекунды), подтверждая это математическими расчётами. Модель электрического сопротивления отражает влияние процессов, исследованных и описанных в работе автором, на параметры электрического сопротивления: длительность электрических импульсов, скорость падения сопротивления, уровень сопротивления.

Одна из важнейших задач, решаемых при разработке любого метода контроля, заключается в выборе или расчете информативных контролируемых параметров (применительно к контролю подшипников качения). Поэтому вполне логично, что тщательная проработка теоретических вопросов и обоснование выдвинутой гипотезы, чему соискатель уделяет в работе большое внимание, позволило в дальнейшем разработать метод диагностирования подшипников для выявления наличия виброударного режима.

С учетом выше изложенного результаты и выводы главы 2 текста диссертации считаю корректно изложенными и обоснованными.

3. Третья глава диссертационной работы посвящена автором разработке метода диагностирования. В главе нашло отражение описание получения измерительной информации, выбор диагностических параметров, а также достаточно чётко, с необходимыми пояснениями и обоснованиями, пошагово описан алгоритм диагностирования подшипников качения для выявления наличия виброударного режима. Показано, что метод адекватен, работоспособен и применим для подшипников на всех стадиях его работы.

Главу 3 также считаю корректной и обоснованной, а также наполненной графическим и расчётным материалом.

4. Заключительная глава текста диссертации содержит в себе результаты экспериментальных исследований по подтверждению выдвинутой гипотезы и работоспособности разработанного метода, а также адекватности предложенной математической модели. В главе автор приводит хороший, отражающий работу по проведению экспериментальных исследований автором, иллюстрационный материал в виде фотографий, графиков, круглограмм, скриншотов, что не вызывает сомнения о качественно проделанной соискателем работе. Ценность экспериментальных исследований заключается также в оригинальности экспериментальной установки, экспериментальных материалов (специально изготовленные образцы подшипников качения) и имитации различных условий работы подшипника. Приведённые спектры, наиболее явно отражающие, что в работе подшипника присутствует виброударный режим, подтверждают работоспособность метода и его адекватность. Остальная обширная база полученных экспериментальных сигналов и спектров нашла отражение в приложениях А, Б, В и Г.

Для реализации предложенного алгоритма контроля подшипников качения с наличием виброударного режима разработано и запатентовано (патентом РФ на полезную модель № 130076) устройство контроля и испытаний подшипника.

Таким образом, экспериментальная глава текста диссертации является обоснованной.

### **3. Достоверность и новизна**

Достоверность научных положений и выводов, сформулированных в диссертации, достигается за счет корректного применения математического анализа, аналитических и численных методов решений систем уравнений, апробации основных теоретических положений диссертации в печатных трудах и докладах на научных конференциях.

Достоверность основных теоретических результатов, представленных в диссертационной работе, подтверждается экспериментальными исследованиями, которые выполнены грамотно, в достаточном объеме.

Достоверность результатов исследований подтверждается также результатами практической реализации разработанного метода и средства. В диссертации приведены акты об опытно-промышленной проверке и внедрении методик контроля технического состояния подшипников качения на ЗАО «Счётприбор» г. Орла, подтверждающие его работоспособность и экономический эффект от внедрения. Кроме того, представлены акты о положительных результатах апробации проведенных исследований на ОАО «ГМС Насосы» (г. Ливны), МУП «Трамвайно-троллейбусное предприятие» города Орёл.

Новизна результатов исследований подтверждается публикациями по рассмотренным вопросам, в том числе в периодических изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России (4 работы). Результаты работы докладывались на научно-технических конференциях и семинарах. Новизна полученных на основе исследований технических решений подтверждается патентом РФ на полезную модель.

### **4. Замечания**

В качестве замечаний по работе следует отметить следующее.

1. В диссертации описано устройство диагностирования, дан развёрнутый принцип действия, представлены подходы к его проектированию, однако автор не упоминает устройство в положениях, выносимых на защиту. Непонятно, чем это обосновано?

2. На подшипник качения подаётся постоянное напряжение от источника, которое поляризует домены смазочного слоя, что может изменить свойства смазочного материала в зоне контактирования. Этот эффект не учтён в математической модели, заложенной в основу работы, и не отражён в методе диагностирования.

3. Работа не лишена погрешностей стилистического характера, по тексту диссертации встречаются неясности и опечатки.

### **5. Заключение о соответствии диссертации требованиям ВАК**

Указанные замечания не носят принципиального характера и не снижают общего уровня выполненной работы.

Текст диссертации «Метод контроля шариковых подшипников с учётом виброударного режима» логически разбит на главы (4 главы), изложен лаконично. Ис-

пользованы общепринятые термины и определения. Графические материалы отображают результаты исследований. На используемые заимствованные материалы приведены необходимые ссылки. Диссертация обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора в науку.

Автореферат диссертации отражает основное содержание работы.

Диссертационная работа «Метод контроля шариковых подшипников с учётом виброударного режима», в которой повышена эффективность электрорезистивного метода и разработан алгоритм обработки электрического сигнала, а также предложена методика диагностирования подшипников с наличием виброударного режима, структурная схема и принцип работы средства диагностирования, реализующего разработанный метод, позволяющие снизить трудоемкость и автоматизировать контроль возникновения виброударного режима при работе подшипника за счет расширения функциональных возможностей метода, 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.

Диссертационная работа является научно-квалификационной работой, содержащей новые научно обоснованные технические решения и соответствует критериям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней применительно к диссертациям на соискание степени кандидата наук, а ее автор, Андросова Елена Борисовна, 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»

« 5 » декабря 2014 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: shalobacv47@mail.ru