

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор - проректор по научной работе  
ФГБОУ ВО «Самарский государственный  
технический университет»



д-р профессор

Ненашев М.В.

*М.В. Ненашев* 2024г

**ОТЗЫВ**

### **ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

на диссертацию Вахидовой Карины Лечиевны «Автоматизация вихретокового контроля и диагностики дефектов поверхностей деталей подшипников с использованием фрактального анализа и нейронных сетей», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 - Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки)

#### **Актуальность диссертационной работы**

Качество подшипников во многом определяет эффективность работы большинства машин и механизмов в современной промышленности. Процесс производства подшипников очень сложен. Качество поверхности скольжения или качения определяющим образом влияет на свойства подшипника. Поэтому проблема контроля качества шлифовальной поверхности при изготовлении подшипников является остроактуальной. Среди многочисленных методов выявления возникающих при шлифовании поверхностей подшипников дефектов, таких как трещины, прижоги и т.д. существенную роль играют вихретоковые методы. Однако применение этих методов, особенно в массовом производстве подшипников, ограничивается сравнительно высокой вероятностью ошибочных решений. Известные методы автоматического контроля поверхности вихретоковым методом характеризуются высокой вероятностью ошибочного

пропуска дефекта вследствие недостаточно эффективной математической обработки диагностической информации от вихретокового первичного датчика состояния шлифованной поверхности подшипника. Повышение достоверности контроля позволяет повысить эксплуатационные характеристики подшипников, увеличить срок их службы, снизить уровень шума и вибрации.

Поэтому тему диссертации К.Л. Вахидовой, посвященную повышению эффективности диагностики дефектов рабочих поверхностей деталей подшипников с использованием интеллектуальных технологий контроля - фрактального анализа и нейронных сетей - следует признать актуальной.

### **Структура и содержание работы**

Диссертационная работа Вахидовой К.Л. состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка и приложений.

В первой главе выполнен анализ факторов, влияющих на качество поверхностей деталей подшипников, приведена классификация дефектов, рассмотрены методы обработки сигналов вихретокового контроля, а также обоснована актуальность проводимых исследований.

Во второй главе рассмотрено математическое описание вихретокового контроля и диагностики дефектов поверхностей деталей подшипников, выявлений неоднородностей при таком контроле. Рассмотрены физические основы метода вихревых токов, обосновывающие возможность его использования для выявления и диагностирования различных типов дефектов, возникающих при производстве подшипников.

В третьей главе выполнена алгоритмизация вихретокового контроля и диагностики дефектов поверхностей деталей подшипников.

В четвертой главе рассмотрены технические и программные средства системы вихретокового контроля, а также осуществлено практическое применение алгоритма диагностирования, выполненное в отечественной среде SCADA TRACE MODE.

В Приложениях представлены экспериментальные данные, полученные в результате научного исследования, листинги программ, необходимые для

получения экспериментальных данных, также представлены копии актов о внедрении результатов научной работы и копии свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

### **Научная новизна**

Основные положения диссертации, обладающие научной новизной: методика помехозащищенной фильтрации экспериментальных данных на основе сингулярного спектрального анализа для формирования обучающей выборки нейронных сетей и фрактального анализа для диагностики дефектов и интегральной оценки качества поверхностей деталей подшипников; алгоритм формирования 3-Д поверхностей деталей подшипников, повышающий достоверность вихретокового контроля.

### **Практическая значимость**

Полученные в диссертации результаты имеют прикладное значение, заключающееся в повышении достоверности и сокращении продолжительности вихретокового контроля поверхности подшипников, повышении качества диагностики дефектов этой поверхности. Применение предложенной SCADA-системы позволило повысить оперативность автоматического контроля дефектов поверхности.

**Практическая реализация** результатов работы на подшипниковом предприятии АО ЕПК-Саратов, а также в учебный процесс ГГНТУ имени академика М.Д. Миллионщикова, подтверждается актами внедрения.

**Достоверность** полученных результатов и выводов подтверждена корректностью используемого математического аппарата, сходимостью теоретических и экспериментальных исследований, а также практическим внедрением разработанных алгоритмов и систем в производство.

### **Замечания по работе**

1. Из таблицы 2.3 на стр. 35 раздел 2.2 следует, что собственная индуктивность  $L_0$  катушки вихретокового датчика изменяется при изменении зазора. Очевидно, этот вывод следует из особенностей схемы замещения, где изменяется ток по параллельным ветвям при изменении

информативного параметра  $L_x$ . Индуктивность же самой катушки очевидно от зазора не зависит. Кроме того, следует пояснить почему автор не воспользовалась готовыми результатами С.В. Абрамова и что понадобилось в них скорректировать в материале диссертации на стр.34-42 в разделе 2.2.

2. Совпадение решений прямой и обратной задач, декларируемое автором на стр. 41, определения параметров схемы замещения по зазору и зазора по известным параметрам схемы замещения возможно лишь при отсутствии погрешности аппроксимации, что очевидно невозможно.
3. Из приложения А следует, что различные типы дефектов могут иметь одинаковые или близкие фрактальные размерности. Однако для улучшения технологии недостаточно установления самого факта дефекта поверхности. Важна классификация дефектов, т.к. причины их появления существенно связаны с их типом. Кластеризация же вида дефекта непосредственно по фрактальной размерности очевидно затруднительна и требует использования дополнительных диагностических признаков, которые выявляются нейронной сетью. Этот процесс желательно было бы раскрыть подробнее.
4. Вывод 5 главы 2 несколько голословен. В материале главы 2 не обнаружено результатов обучения нейронной сети и доказательств достоверности диагностирования дефектов с ее помощью.
5. Следовало бы пояснить, в чем заключается адаптивность фильтра, базирующегося на сингулярном спектральном анализе и как при этом изменяются параметры и структура фильтра.
6. Несмотря на грамотное и логичное изложение материала, в тексте встречаются грамматические ошибки – несовпадения падежей, времен, пунктуационные и стилистические ошибки. Например, на стр. 19, 20, 28, 39, 53 и др., встречаются не введенные ранее сокращения и аббревиатуры и ошибочные ссылки на рисунки.

## Заключение

Замечания носят частный характер и не снижают высокого научного и практического уровня диссертационной работы. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 2.3.3 - Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки). Результаты диссертации опубликованы в 21 работе, в том числе 2 работах в журнале, индексируемом в базе SCOPUS, 5 работ в журналах, рекомендованных ВАК, 3 свидетельства о регистрации программ. Публикации и автореферат отражают основное содержание диссертации. Представленная на защиту диссертация Вахидовой Карины Лечиевны «Автоматизация вихретокового контроля и диагностики дефектов поверхностей деталей подшипников с использованием фрактального анализа и нейронных сетей» является законченной научно-исследовательской работой, в которой изложены новые научно-обоснованные и имеющие практическую значимость разработки в области автоматизации и контроля испытаний подшипников, имеющей существенное значение для развития страны. Отзыв рассмотрен и утвержден на расширенном заседании кафедры «Управление и системный анализ теплоэнергетических и социотехнических комплексов» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» (Протокол № 9 от 21.12.2023 г.)

Заведующий кафедрой «Управление и системный анализ теплоэнергетических и социотехнических комплексов» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», Почетный работник высшего профессионального образования РФ, д.т.н., профессор

 Михаил Юрьевич Лившиц

Подпись Лившица Михаила Юрьевича удостоверяю:

Ученый секретарь  
ФГБОУ ВО «Самарский  
Государственный технический  
университет»

  
Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет»  
Адрес: 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, Главный корпус;  
Факс: +7(846)278-44-00

 Малиновская Юлия Александровна