

О Т З Ы В

официального оппонента на диссертационную работу 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 управления технологическими процессами и производствами (технические науки)

Актуальность темы диссертации

Дефекты рабочих поверхностей подшипников, возникающие при изготовлении, значительно сокращают срок их службы. Своевременное обнаружение дефектов на стадии производства не только повышает качество выпускаемой продукции, но и позволяет оперативно выявлять и устранять причины производственного брака.

Существующие системы контроля качества, в том числе и вихретоковый контроль, позволяют в принципе выявлять такие дефекты. Вместе с тем, используемые в настоящее время системы вихретокового контроля в которых используются как традиционные временные и частотные методы анализа и интеллектуальные методы на основе эвристических и нейросетевых технологий не исключают возникновение ошибок контроля первого и второго рода.

Поэтому дальнейшее совершенствование методов вихретокового контроля позволяющее повысить достоверность контроля и диагностики дефектов поверхностей деталей подшипников является актуальной задачей.

Новизна научных результатов работы

Научная новизна полученных в диссертационной работе результатов определяется оригинальностью подходов к исследованию диагностики дефектов поверхностей деталей подшипников с использованием фрактального анализа и искусственных нейронных сетей.

Считаю новыми следующие научные результаты:

1. Предложено осуществлять адаптивную фильтрацию экспериментальных данных с использованием сингулярного спектрального анализа, что позволило исключить влияние помех на точность контроля и сформировать валидированные обучающие выборки для проведения фрактального анализа и обучения нейронных сетей.
2. Разработан алгоритм формирования 3D -поверхности деталей качения подшипников по сигналам вихретокового датчика позволяющий оценить шероховатость шлифованной поверхности, повысив тем самым точность вихретокового контроля.
3. Выполнен фрактальный анализ полученных 3D -поверхностей и рассчитана их фрактальная размерность, позволившая получить интегральную оценку качества поверхностей и повысить достоверность последующей диагностики дефектов.
4. Реализована процедура обучения и архитектура радиальной базисной сети, позволившие обеспечить высокую достоверность диагностирования дефектов.
5. Разработана SCADA - система автоматизированного контроля и диагностирования локальных дефектов поверхностей колец подшипников.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность и достоверность полученных результатов и выводов подтверждена путем математических доказательств, математического моделирования, сходимостью данных теоретических и экспериментальных исследований, практическим внедрением разработанных систем управления в производство, апробацией результатов на международных и всероссийских конференциях.

Основные положения и результаты исследований по диссертационной работе апробированы на 6 конференциях разного уровня. По теме диссертации опубликована 21 работа.

Значимость для науки и производства полученных автором диссертации результатов

Значимость для науки и производства заключается в обосновании использования фрактального анализа для получения интегральной оценки качества поверхности подшипника для дальнейшего диагностирования дефектов. Предложенная методика устранения высокочастотных и низкочастотных помех за счет адаптивной фильтрации экспериментальных данных с использованием сингулярного спектрального анализа на 20 % повышает достоверность вихретокового контроля.

Результаты, полученные автором, позволили повысить достоверность диагностики характерных поверхностных дефектов деталей подшипников с использованием интегральной оценки качества на основе определения фрактальных размерностей шлифованных поверхностей с последующей обработкой этих размерностей нейронной сетью.

Разработанная SCADA-система автоматизированного контроля и распознавания локальных дефектов поверхностей качения колец подшипников повышает оперативность контроля и диагностики дефектов, сокращает время их обнаружения.

Оценка содержания работы

По своему содержанию настоящая работа соответствует установленным требованиям

Кандидатская диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников и приложений.

Во **введении** автором обоснована актуальность темы, сформулированы цель работы и задачи исследования, показана научная новизна, приведены положения, выносимые на защиту.

Первую главу автор кандидатской диссертации посвящает анализу факторов, влияющих на качество поверхностей деталей подшипников, им приведена классификация дефектов, а также рассмотрены методы обработки сигналов вихретокового контроля, показана эффективность использования данного метода по распознаванию дефектов, возникающих при массовом производстве подшипников, поставлена задача применения метода диагностирования бракованных изделий путем фрактального анализа информационных сигналов полученных с помощью приборов вихретокового контроля.

Во **второй главе** рассмотрено математическое описание вихретокового контроля и диагностики дефектов поверхностей деталей подшипников для выявления неоднородностей при таком контроле, предложено использовать адаптивную фильтрацию сигналов вихретокового датчика основанную на сингулярном спектральном анализе, позволяющем в результате SVD -разложения траекторной матрицы сканируемой поверхности выделять трендовые, регулярные и периодические составляющие с последующим их адаптивным устранением из исходного сигнала.

На основе трехэлементной электрической схемы замещения вихретоковых датчиков разработан алгоритм вычисления среднего зазора между поверхностью датчика и сканируемой поверхностью.

Для расчета фрактальной размерности рассчитанного профиля поверхности был выбран метод Херста позволяющий выявить в статистических данных сканируемой поверхности такие его свойства, как кластерность, тенденцию следовать по направлению тренда и устойчивость оценки относительно формы распределения.

Для повышения достоверности контроля и диагностирования рассчитанные фрактальные размерности обрабатывались радиальной базисной нейронной сетью.

В **третьей главе** выполнена алгоритмизация вихретокового контроля и диагностики дефектов поверхностей деталей подшипников. Разработан алгоритм определения локальных дефектов по фрактальной размерности информационных сигналов с вихретокового датчика по дефектному профилю, алгоритм определения профиля поверхности, проведена адаптивная фильтрация сигналов вихретокового датчика по методу главных компонент, позволившая полностью избавиться от низкочастотных помех, повысив тем самым точность выявления дефектов, проведен расчет коэффициентов Херста методом R/S-анализа для каждого дефекта позволивший получить обучающую выборку для радиальной базисной сети распознающей возникающие дефекты. Результат обучения радиальной базисной нейронной сети по сформированным обучающим выборкам показал практически нулевую ошибку обучения для 16 рассматриваемых дефектов.

Рассмотрены и обработаны созданным специализированным ПО все основные файлы массивов данных, соответствующие дефектам из классификатора КЗ-2005. Произведено 30 измерений с каждым из выбранных файлов. Диагностированы основные виды дефектов, достоверность распознавание составила 98–100%.

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

В **заключении** автор подводит итоги проведенного исследования.

В части **приложений** представлены экспериментальные данные и программные коды основных модулей разработанного автором комплекса программ.

По диссертации и автореферату можно сделать следующие замечания

1. В работе встречаются сокращения, например, ВТД, ЛРФ и другие без их расшифровок. Отсутствует список сокращений, затрудняющий чтение работы.
2. В разделе 2.1 не четко описано применение механизма адаптации в фильтрации экспериментальных данных.
3. В разделе 2.2 при использовании трехэлементной схемы замещения, кроме вносимых параметров, следовало бы учесть и величину собственного сопротивления катушки датчика.
4. В формуле (2.7) на с. 38 следует обратить внимание на размерности физических величин.
5. На рис. 2.10 использован параметр s без пояснения его смысла.
6. Не приведен расчет погрешности при вычислении зазора и не рассмотрено влияние этой погрешности на достоверность контроля;
7. Практически нулевая ошибка обучения нейронной сети может свидетельствовать об её переобучении, однако проверка возможности такого переобучения не рассмотрена.
8. Использование в системе контроля SCADA - системы TRACE MODE значительно повышает стоимость системы и экономически не обоснована.
9. Имеются нарушения нормативных документов в части оформления, некорректное применение значений и размерностей физических величин и их буквенных обозначений.

Заключение

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что диссертация Вахидовой Карины Лечиевны «Автоматизация вихретокового контроля и диагностики дефектов поверхностей деталей подшипников с использованием фрактального анализа и нейронных сетей», представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему. Результаты проведенных исследований характеризуются научной но-

визной и имеют теоретическую и практическую значимость. Работа выполнена самостоятельно. Содержание работы соответствует пунктам 2, 6 и 15 паспорта специальности 2.3.3 – Автоматизация и управления технологическими процессами и производствами

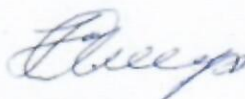
Указанные недостатки не снижают научной и практической значимости работы. Результаты исследований, полученные в диссертационной работе, характеризуют К.Л. Вахидову как высококвалифицированного специалиста, способного самостоятельно ставить и решать сложные научные задачи.

Диссертационная работа Вахидовой К.Л. соответствует требованиям п.9,11,13,14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013г. В ней содержится решение научной задачи повышение достоверности вихретокового контроля и диагностики дефектов поверхностей качения деталей подшипников на основе определения их фрактальной размерности и искусственных нейронных сетей, важной для развития теории построения интеллектуальных систем управления технологическими процессами и производствами, а её автор, Вахидова Карина Лечиевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 – Автоматизация и управления технологическими процессами и производствами (технические науки)

Согласен на включение в аттестационное дело и дальнейшую обработку моих персональных данных, необходимых для процедуры защиты диссертации Вахидовой Марины Лечиевны исходя из нормативных документов Правительства, Минобрнауки и ВАК, в том числе на размещение их в сети Интернет, на сайте ВАК, в единой информационной системе.

Официальный оппонент
Доктор технических наук
(специальность 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления),
профессор кафедры «Автоматизация и управление»,
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет»

Подпись:



Ю.Н. Слесарев

Подпись Слесарева Ю.Н. заверяю

Ученый секретарь ученого совета



Петрунина О. А.

Адрес: 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, д. 1а
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет»
тел. +7 905 016 98 45
E-mail: slesarevun@gmail.com

29.01.2024г.