

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

объединенного совета 99.2.111.02

по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук,
на соискание ученой степени доктора наук на базе
ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени
академика М.Д. Миллионщикова», ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-
металлургический институт (государственный технологический университет)»,

ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета 15.02.2024 г. № 6

О присуждении Вахидовой Карине Лечиевне, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Автоматизация вихретокового контроля и диагностики дефектов поверхностей деталей подшипников с использованием фрактального анализа и нейронных сетей» по специальности 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки) принята к защите 13.12.2023 г. (протокол № 5) диссертационным советом 99.2.111.02, созданным на базе Грозненского государственного нефтяного технического университета имени академика М.Д. Миллионщикова (Минобрнауки РФ, 364051, Чеченская Республика, г. Грозный, пр. имени Х.А. Исаева, 100), Северо-Кавказского горно-металлургического института (государственный технологический университет), (Минобрнауки РФ, 362021, г. Владикавказ, ул. Николаева, 44) (Приказы Минобрнауки России № 530/нк от 24.03.2023 г.).

Соискатель Вахидова Карина Лечиевна, 05 июня 1990 года рождения.

В 2012 г. соискатель окончила Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А. по специальности «Управление и информатика в технических системах». В 2018 году окончила заочную аспирантуру Грозненского государственного нефтяного технического университета имени академика М.Д. Миллионщикова (ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова), по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (по отраслям).

С 2012 г. соискатель работает в ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова: ассистентом кафедры автоматизации и управления (2012-2017 гг.); с 2018 г. по настоящее время старшим преподавателем кафедры автоматизации технологических процессов и производств.

Диссертация выполнена на кафедре «Автоматизация технологических процессов и производств» ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Минцаев Магомед Шавалович, ректор ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова.

Официальные оппоненты:

Слесарев Юрий Николаевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры автоматизации и управления, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза);

Волков Антон Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры информационной безопасности и сервиса, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва (г. Саранск), дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация, Самарский государственный технический университет, в своем положительном отзыве, подписанном д.т.н., зав. кафедрой управления и системного анализа теплоэнергетических комплексов Лившицем Михаилом Юрьевичем, утвержденным д.т.н., профессором, первым проректором – проректором по научной работе Ненашевым Максимом Владимировичем, указала, что 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. Дана оценка научной новизны, практической значимости работы, практической реализации результатов работы, достоверности полученных результатов и выводов. В заключении ведущей организации указано что «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, имеющий существенное значение для развития страны.

Соискатель имеет 58 опубликованных работ, в том числе по теме диссертационного исследования – 21 работа, из них 4 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. В изданиях, включенных в системы цитирования WoS и Scopus, опубликовано 2 статьи. Авторский вклад соискателя составляет 83%. В публикациях отражены результаты исследований, в частности: распознавание дефектов поверхностного слоя подшипников с применением метода фрактального анализа (расчет фрактальной размерности с использованием сингулярной фильтрации для оценки показателей качества шлифованных поверхностей), а также внедрение системы мониторинга качества продукции на предприятиях по производству подшипников.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты.

Наиболее значимые публикации: 1. Значение комплексного управления качеством для предприятий машиностроительной отрасли [Электронный ресурс] / **Вахидова К.Л.**, Игнатъев С.А., Исаева М.Р., Хакимов З.Л., Шухин В.В. // Инженерный вестник Дона. 2018. № 2. С. 91. Режим доступа: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2018/4977 (ВАК). 2. Распознавание дефектов поверхностного слоя подшипников с применением метода фрактальной размерности [Электронный ресурс] / **Вахидова К.Л.**, Игнатъев А.А., Исаева М.Р., Хакимов З.Л., Шухин В.В. // Инженерный вестник Дона. 2019. № 1. С 79. Режим доступа: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5664 (ВАК). 3. Алгоритм определения износа резца при токарной обработке по запасу устойчивости динамической системы / **Вахидова К.Л.**, Минцаев М.Ш., Исаева М.Р., Игнатъев М.А., Игнатъев С.А. // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер. Управление,

вычислительная техника и информатика. 2021. № 3. С. 56-63. 4. Алгоритм распознавания основных дефектов поверхностей колец подшипников с применением метода фрактальной размерности и нейронных сетей [Электронный ресурс] / **Вахидова К.Л.**, Минцаев М.Ш., М. Р. Исаева, В. В. Папаев // Инженерный вестник Дона. 2022. № 3. С. 124-132. Режим доступа: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2022/7499 (ВАК). 5. Определение качества поверхностей качения колец подшипников по результатам вихретокового контроля / **К.Л. Вахидова**, С.В. Абрамов, О.В. Ермилина, А.Д. Семенов // Автоматизация в промышленности, № 8. 2022. С. 51-53. 6. **Vakhidova K.L.** Intelligent technologies in process of highly-precise products manufacturing / K.L. Vakhidova, Z.L. Khakimov, M.R. Isaeva et al. // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 87 (2017) 082052 (Scopus). 7. Application of the method of fractal dimension in the recognition of defects of the surface layer of bearings / **Vakhidova K.L.**, Khakimov Z.L., Isaeva M. R., Shukhin V.V., Sadykova V.Z. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. 378 (1). 012076 (Scopus).

На диссертацию и автореферат поступило 7 отзывов, все отзывы положительные, 6 из них содержат следующие замечания:

1. **К.т.н., доцент Жуковский Ю.Л.** (Санкт-Петербургский горный университет):
 - 1.1. Из автореферата не ясно, на сколько сингулярных значений раскладывается исходный сигнал и по каким признакам происходит последующее адаптивное устранение составляющих из исходного сигнала.
 - 1.2. Следует пояснить по какому закону RBF сеть преобразовывает расстояние от входного вектора до соответствующего ему центра.
2. **К.т.н. Джабраилов Х.А.** (Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет):
 - 2.1. Какие данные использовались для оценки фрактальной размерности?
 - 2.2. Проводился ли расчет для всей поверхности или только дорожки?
3. **Д.т.н. профессор Макарычев П.П.** (Пензенский государственный университет):
 - 3.1. Какова погрешность определения зазора при вихретоковом контроле.
 - 3.2. Не ясно, насколько достоверны результаты определения шероховатости поверхности.
4. **Д.т.н, профессор Томашевский Ю.Б.** (Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.):
 - 4.1. Не описано, как именно происходит локализация дефектной области деталей подшипников.
 - 4.2. Не указано, сколько времени потрачено на обучение нейронной сети.
 - 4.3. Не перечислены виды основных дефектов поверхности деталей подшипников.
5. **К.т.н, Сигитов Е.А.** (ООО "Научно-производственный комплекс прецизионного оборудования"):
 - 5.1. В тексте автореферата упоминается проверка программного обеспечения на 16 рассматриваемых дефектах и не приводятся хотя бы основные из них.
 - 5.2. Не понятно, как практически применен алгоритм диагностирования в среде SCADA для распознавания конкретных видов дефектов, только указано, что распознаваемость составила 88% основных дефектов.
6. **Д.т.н. Закирничная М.М., д.т.н. Веревкин А.П.** (Уфимский государственный нефтяной технический университет):

6.1. В автореферате не приведены данные о сопоставлении результатов диагностирования, полученных как методами статистической обработки временных рядов, так и с привлечением показателей фрактальности.

6.2. Не приведены данные о влиянии характеристик нестационарности временных рядов на точность диагнозов, в том числе не указаны критерии разбиения рядов на временные интервалы.

Отзыв без замечаний:

7. **К.т.н. Грицюк С.В.** (Балаковский инженерно-технологический институт — филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты и сотрудники ведущей организации имеют высокие достижения в данной отрасли науки, публикации в соответствующей сфере исследования и способны определить научную новизну и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан алгоритм формирования 3D-поверхностей деталей подшипников по сигналам вихретокового датчика, позволяющий оценить геометрию шлифованной поверхности и повысить достоверность вихретокового контроля; программный модуль для автоматизации поиска и распознавания основных локальных дефектов шлифованной поверхности качения;

предложено осуществлять адаптивную фильтрацию экспериментальных данных с использованием сингулярного спектрального анализа, что позволяет исключить влияние помех на достоверность контроля качества поверхностей деталей подшипников и сформировать валидированные обучающие выборки для проведения фрактального анализа и обучения нейронных сетей;

доказано, что диагностика дефектов по фрактальной размерности информационных сигналов, повышает достоверность распознавания основных дефектов при производстве, приводящего к снижению брака на 20%;

выявлено, что автоматическое обнаружение дефектов на основе фрактального анализа и нейронных сетей по сравнению с существующими методами повышает точность и сокращает время их обнаружения;

сформулировано предложение – адаптивную фильтрацию экспериментальных данных осуществлять с использованием сингулярного спектрального анализа, что позволит исключить влияние помех на достоверность контроля качества поверхностей деталей подшипников и сформировать обучающие выборки для проведения фрактального анализа и обучения нейронных сетей.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

сформулировано теоретическое обоснование технических и технологических решений, направленных на обеспечение повышения достоверности выявления дефектов в поверхностном слое дорожек качения колец подшипников на основе совершенствования вихретокового метода и алгоритмов обработки информационных сигналов;

получена интегральная оценка качества поверхности подшипника, показана эффективность использования фрактального анализа для ее получения;

отмечены особенности влияния основных параметров процесса шлифования на геометрические параметры подшипников, приводящих к возникновению дефектов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработана методика алгоритмического обеспечения для автоматического распознавания локальных дефектов на основе фрактального анализа полученных 3D-поверхностей и вычисления их фрактальной размерности шлифованных поверхностей с последующей обработкой этих размерностей нейронной сетью;

разработан и внедрен специализированный программный модуль в автоматическую вихретоковую систему предприятия АО «ЕПК Саратов». Применение разработанных рекомендаций и программных продуктов приводит к снижению брака подшипников на 20%.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теоретические разработки подтверждены результатами экспериментального исследования и практического применения на производственных предприятиях;

экспериментальная часть базируется на получении большого объема данных с вихретоковых датчиков с последующей обработкой специализированным программным обеспечением, по результатам которого нейронной сетью устанавливается соответствие типам дефектов по классификатору КЗ-2005;

идея исследования базируется на анализе известных отечественных и зарубежных публикаций, производственного опыта, а также на результатах собственных исследований автора;

выполнен сравнительный анализ авторских результатов с данными и выводами других исследований по данной тематике.

Личный вклад соискателя при проведении диссертационного исследования заключается:

в постановке и решении научных и практических задач исследования; в разработке математических моделей, описывающих вихретоковый датчик; в постановке, проведении и анализе результатов экспериментов; в разработке методики совершенствования вихретокового контроля и её компьютерной реализации; во внедрении результатов работы, апробации результатов и подготовке публикаций.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания относительно влияния погрешности на точность диагностирования, выбора структуры нейронной сети и др.

Соискатель Вахидова К.Л. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы, согласилась с замечаниями, что не рассмотрена возможность обнаружения не только дефектов, но и оценки качества шлифованной поверхности, привела собственную аргументацию на замечания относительно адаптивной фильтрации, выбора структуры нейронной сети, обосновала целесообразность использования фрактального анализа для диагностики дефектов поверхностного слоя детали подшипников.

На заседании 15 февраля 2024 г. диссертационный совет принял решение: за решение научной задачи по разработке новых методов и технологий для автоматизации вихретокового контроля и диагностики дефектов поверхностей деталей подшипников, позволяющий повысить качество продукции и улучшить ее долговечность, имеющее значение для развития науки и практики автоматизации технологических процессов и производств, присудить Вахидовой К.Л. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них присутствовало 11, из 13 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 11, против – 0.

Председательствующий,
зам. председателя диссертационного совета



[Handwritten signature]

И.А. Керимов

Ученый секретарь
диссертационного совета

[Handwritten signature]

М.Р. Исаева

15 февраля 2024 г.