

ГИАИ ОД	Документ зарегистрирован
	« 07 » 05 2026 г.
Вх. №	81-143/26

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Минаева Владимира Леонидовича

на диссертационную работу Елифанцева Кирилла Валерьевича
«Модели и методы контроля дефектов формы твердых тел вращения
бесконтактным мультисенсорным сканированием», представленную на
соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.8 –
Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и
природной среды (технические науки)

1. Актуальность темы диссертационной работы

Современное приборостроение нуждается в импортозамещении. Это касается как средств измерений, так и эталонов, часть из которых построена на импортном оборудовании. Закупка новых импортных средств измерений и их модернизация в настоящее время осложнена рядом ограничительных мер. Особенно это относится к метрологии в двигателестроении, где одним из важнейших направлений является контроль дефектов формы на кругломерах. Многие применяемые кругломеры являются импортными, поставки которых в Российскую Федерацию затруднены.

Автором в исследовании решается актуальная научная проблема, связанная с разработкой отечественных приборов для контроля дефектов формы - кругломеров, позволяющих проводить оперативное обнаружение дефектов на ранней стадии за счет использования мультисенсорного датчика на основе вихретокового, емкостного и оптического методов измерений.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе

Все разделы диссертации обоснованы, их достоверность подтверждаются полнотой анализа отечественных и зарубежных источников информации, характеризующих современное состояние в исследуемой предметной области; корректным применением математического аппарата и высокой степенью сходимости результатов теоретических и экспериментальных исследований, а также широким спектром публикаций и выступлений как на 14 международных конференциях и форумах, так и на 10 всероссийских, проект был отмечен серебряными медалями на международной выставке «Хайтек-2023» и «Хайтек-2024».

3. Научная новизна и значимость результатов исследования, полученных автором

1. Проведено теоретическое исследование и создана математическая модель нового компараторного элемента для передачи единицы биения

кругломера, которая может быть использована в качестве образца сравнения-компараторного элемента с возможностью учета массогабаритных характеристик измеряемых деталей. Новизна исследования связана с тем, что получена связь между массой пригрузов и компенсирующими математическими коэффициентами кругломеров.

2. Предложен теоретический подход для реализации методики компоновки измерительного оборудования, которое позволит повысить метрологическую надежность системы при контроле параметров деталей из различных материалов и обеспечит сходимость и воспроизводимость результатов измерений. Новизна подхода связана с тем, что предложен математический аппарат оценки надежности системы для выявления отказов системы, в частности, частоты отказов, также дается погрешность измерения в зависимости от совместимости трех датчиков различного вида в одном корпусе.

3. Разработан метод автоматического управления процессом сканирования, который способен обеспечить высокую скорость управления процессом измерения на ПК при снятии сигналов с вихретокового, емкостного и оптического преобразователя. Новизна метода связана с тем, что предложен комплексный алгоритм сбора информации, включающий различные преобразования в качестве основных характеристик повышения чувствительности и преобразования сигналов.

4. Разработана методика подготовки и проведения мультисенсорного контроля дефектов формы на основе предварительного сканирования деталей системами машинного зрения, которая позволяет использовать взаимодополняющие подходы поиска дефектов и учитывать форму детали, загрязненность, габаритные свойства и другие параметры. Новизна методики связана с тем, что предложена концепция мультисенсорного сканирования деталей в том числе методами машинного зрения, что позволяет на раннем этапе выявить дефекты детали, имеющие запыленность, наличие сколов и царапин и на основании этого ввести поправки.

5. Разработан универсальный метод для обеспечения возможности контроля дефектов формы твердых тел вращения с помощью бесконтактного мультисенсорного сканирования, подходящий для измерения магнитных, немагнитных и термопластичных материалов. Новизна метода связана с тем, что выявлены поправки сканирования для широкого спектра магнитных и немагнитных материалов.

4. Теоретическая и практическая ценность результатов работы

Теоретическая ценность результатов работы заключается в следующем:

1. Предложенная концепция одновременного применения оптического, вихретокового и емкостного методов позволяет повысить оперативность проводимого контроля, а разработанные приборы с применением

мультисенсорной системы и машинного зрения позволяют создавать приборы (кругломеры, профилометры, контурографы) с улучшенными техническими и эксплуатационными характеристиками;

2. Предложенный способ передачи единицы биения позволяет осуществлять процесс измерения дефектов формы и профиля методом прямого расчета, что существенно повышает точность задания поправки на этапе калибровки оборудования и повышает достоверность контроля;

3. Создана концепция размещения датчиков в едином корпусе, которая позволяет выполнить разработку и создание мобильных приборов контроля с использованием датчиков разного типа;

4. Описан алгоритм, предназначенный для получения данных с мультисенсорного щупа на основе рядов Бесселя, который обеспечивает визуализацию и оперативное исследование процесса формирования дефектов на магнитных и немагнитных материалах различной формы.

Практическая ценность результатов работы заключается в следующем:

1. Применение образца сравнения для отслеживания биения кругломера уменьшает погрешность косвенного измерения осевого и радиального биения на 10%.

2. Разработанная методика измерения с использованием бесконтактного оптического лазерного датчика позволяет ускорить контроль партии деталей на 15%.

3. Разработанный универсальный метод измерения позволяет проводить измерение не только круглости и цилиндричности, но и обеспечивает возможность анализа дефектов покрытия детали.

4. Разработанная линейка мобильных приборов по представленной в диссертации концепции позволит существенно расширить применение универсальных кругломеров-дефектоскопов, на магнитных и немагнитных, а также на пластиковых деталях, а также исследовать микротрещины размером от 0,1 до 0,01 мм.

Практическая значимость результатов диссертационной работы также подтверждается актами внедрения от следующих предприятий: ООО «Промразвитие», ООО «Димес», ФГУП «Российский институт стандартизации», ООО «Измерительные решения», АО НИИ «Масштаб», самарский филиал ФГБУН «Физического института им. П.Н. Лебедева РАН», ФГБУ «Российский институт стандартизации», ЗАО НПФ «УРАН», АО «КБХА» ГК Роскосмос, ООО «Навигатор».

5. Публикации по теме диссертационной работы

Основные теоретические положения и результаты исследований представлены в 82 научных публикациях, из них 30 – в изданиях, входящих в

перечень российских рецензируемых научных изданий по специальности 2.2.8, из них 22 – без соавторов; 4 статьи – в изданиях, входящих в Международные реферативные базы данных и системы цитирования, 1 патент на полезную модель, 1 заявка на изобретение, 5 свидетельств о регистрации государственной программы для ЭВМ, 3 учебно-методических пособия, 2 отчета о выполнении НИР, 2 монографии, 43 публикации и тезисов в рецензируемых журналах и сборниках конференций, международных форумов.

6. Общая оценка содержания диссертационной работы

Диссертационная работа состоит из введения, 5 разделов, заключения, списка используемой литературы и нескольких приложений. Полный объем диссертации с учетом приложений составляет 360 страницы, включая 202 рисунка и 35 таблиц (без учета рисунков и таблиц в приложениях). Список использованной литературы содержит 195 наименований. Все основные результаты диссертационной работы получены автором самостоятельно, экспериментальные исследования проведены при участии и под его непосредственным руководством.

Во введении обоснована актуальность темы исследований, показана степень проработанности проблемы, сформулированы цели и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость, приведены сведения об апробации результатов работы, ее структура и научные положения, выносимые на защиту.

Во втором разделе выполнен анализ современного состояния и практического опыта использования приборов для измерения дефектов геометрии, исследована и разработана математическая модель передачи единицы биения кругломера. Описан теоретический подход для реализации методики компоновки измерительного оборудования. Теоретически обоснованы технические и методические решения по созданию оптических цифровых приборов, которые могут быть использованы для измерения дефектов формы и шероховатости.

В третьем разделе описан разработанный метод автоматического управления процессом сканирования для информационно-измерительной системы, который способен обеспечить высокую скорость управления процессом измерения на ПК, точное и взаимно дополняемое снятие сигналов с вихретокового, емкостного и оптического преобразователя.

В четвертом разделе представлена разработанная методика подготовки и проведения мультисенсорного контроля дефектов формы на основе сканирования деталей системами машинного зрения, которая позволяет использовать взаимодополняющие подходы поиска дефектов. Для реализации данной методики был создан алгоритм, реализованный в виде программы на языке Python. Данная программа была опробована непосредственно на производстве.

В пятом разделе представлен универсальный метод для обеспечения возможности контроля дефектов формы твердых тел вращения бесконтактным мультисенсорным сканированием, который обеспечивает измерение магнитных, немагнитных и термопластичных материалов на разной длине волны, что позволяет расширить номенклатуру контролируемых материалов.

Содержание и структура диссертации Епифанцева К.В. логически взаимосвязаны и соответствуют сформулированной цели исследования. Выдвигаемые в диссертационной работе научные положения, а также сформированные выводы и предложения, как результаты исследования, обладают научной новизной. Текст диссертационной работы и список использованных источников оформлен в соответствии с требованиями ГОСТ.

Автореферат диссертации правильно и в полной мере передает основное содержание работы.

7. Недостатки и замечания по диссертационной работе

Диссертационная работа Епифанцева Кирилла Валерьевича имеет следующие недостатки:

1. Следует отметить, что диссертационная работа в некоторых частях разделов излишне сжата, например, в разделе 5. Обзор текущего состояния кругломеров очень краток. Не везде имеются ссылки на литературные источники, что затрудняет объективную оценку представляемой информации.
2. В диссертационной работе не проведен сравнительный анализ существующих отечественных и зарубежных оптических датчиков по сравнению с предложенным в работе.
3. В диссертационной работе нет явного указания на то, как проводилась настройка оптического датчика.
4. В диссертационной работе представлен алгоритм с использованием нейронных сетей, однако не раскрыта степень их влияния на результаты измерений.
5. В диссертационной работе не представлен расчет бюджета неопределенности созданной автором установки.

8. Выводы и заключение

В целом считаю, что диссертация Епифанцева К.В. «Модели и методы контроля дефектов формы твердых тел вращения бесконтактным мультисенсорным сканированием» представляет собой завершенное научно-квалификационное исследование, обладающее научной новизной и имеет теоретическую и практическую значимость.

Диссертационная работа соответствует научной специальности 2.2.8 – Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды (технические науки) и удовлетворяет требованиям

установленным Положением о присуждении учёных степеней, утвержденном Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 года, №84, а ее автор – Елифанцев Кирилл Валерьевич – заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.8 – Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды (технические науки).

Официальный оппонент,
доктор технических наук,
начальник научно-исследовательского
отделения голографии, оптической
томографии, нанотехнологий
и наноматериалов
ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский
институт оптико-
физических измерений»

 Владимир Леонидович Минаев

«28» 04 2026 г.

Всероссийский научно-исследовательский институт
оптико-физических измерений
+7 (495) 437 29 01, minaev@vniiofi.ru
Адрес: 119361, г. Москва, ул. Озерная, 46

Подпись Минаева Владимира Леонидовича заверяю

Учёный секретарь совета учреждения

 Ус Екатерина Александровна

 «28» 04 2026 г.