

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

**доктора технических наук Махова Владимира Евгеньевича
на диссертацию Кульчицкого Александра Александровича на тему:
«Оптический контроль изделий и технологического оборудования
геометрическим методом с пространственным разрешением»,
представленную на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной
среды, веществ, материалов и изделий**

1. Актуальность темы диссертации

Обеспечение качества изделий машиностроения является важнейшей задачей, стоящей перед наукой и техникой. При этом контроль геометрических размеров является одной из трудоемких операций современного машиностроительного производства. В современных условиях всегда требуется достижение необходимой точности измерений при снижении затратах на их осуществлении.

Особенность диссертационной работы состоит в том, что в ней использован геометрический метод при использовании цифровых камер с нетелесцентрической оптикой в качестве средства получения измерительной информации. Это позволяет контролировать геометрические параметры изделий и технологического оборудования бесконтактным оптическим методом с требуемой точностью. Такое решение снижает стоимость процедуры контроля и позволяет решить вопрос экономической целесообразности автоматизации измерений размеров с требованиями по точности до 0.1%. Это в свою очередь решает проблему высокоточного контроля более широкого класса изделий в условиях производства в машиностроении.

Использование цифровых камер с нетелесцентрической оптикой сталкивается с рядом трудностей, связанных с существенными искажениями измерительной информации в передаточном тракте, что требует научно-технических решений по их учету и компенсации. Разработка методики компенсации искажений измерительной информации позволит повысить точность измерений и расширить область применения оптических систем измерений, в том числе и на задачи оперативного контроля в производственных условиях.

В связи с этим актуальность выбранного направления исследований не вызывает сомнения.

ОТЗЫВ
ВХ. № 9-269 от 09.06.22
ЛУЧ

2. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их новизна

Обоснованность исследований обусловлена использованием строгих теоретических подходов, базирующихся на законах оптики и адекватных математических моделях передачи измерительной информации.

Достоверность исследований подтверждена путем сопоставления результатов полученных при моделировании передачи измерительной информации рассматриваемых систем контроля с применением алгоритмов компенсации искажений измерительной информации численными и графическими методами с результатами экспериментальных исследований на лабораторных стендах, сопоставлением полученных результатов измерений со значениями, полученными средствами более высокого класса точности согласно методикам их применения.

Новизна работы заключается в получении аналитических зависимостей, описывающих полученную измерительную информацию в зависимости от основных формообразующих размерах для осесимметричных объектов по их изображениям. Эти результаты автором достигнуты геометрическим методом с пространственным разрешением, использующей камеры с нетелецентрической оптикой. При этом полученные зависимости учитывают особенности формирования изображений плоских и осесимметричных объектов, на основе которых производится определение их геометрических параметров как при их фиксированном положении, для которого производится процедура калибровки, так и при погрешностях базирования и смещениях относительно данного положения.

Новым научным решением является использование свойств зеркальных преобразователей, позволяющих получить информацию о взаимном положении объекта контроля и системы считывания информации. Практический интерес представляют исследования функциональных и метрологических свойств измерительных преобразователей на основе систем с вращающимися зеркалами, обеспечивающих возможность контролировать положение объектов при отсутствии заведомо обозначенных баз.

Комплексное применение оптических систем контроля геометрическим методом с пространственным разрешением к различным типам объектов контроля и условиям проведения измерений указывает на системность выполненных исследований.

3. Научные результаты, их ценность

Разработанная модель оптических систем вращающихся оптических преобразователей одного, двух и более зеркал и проведенные исследования

влияния параметров положения на форму траектории является теоретической основой для создания средств контроля положения оси. Это достигается путем анализа формы и параметров траектории движения отображения световой марки во вращающихся зеркалах, закрепленных на объекте контроля. Такой способ контроля позволяет исключить погрешности установки измерительного преобразователя и повысить достоверность операций контроля.

Предложенная методика калибровки цифровых камер на базе коррекции сегментированного изображения повышает надежность измерения геометрических параметров объекта контроля за счет равномерной компенсации искажений по всему полю зрения объекта для камер с нормальной и короткофокусной оптикой.

В работе получены аналитические устанавливающие связь измерительной информации в зависимости основных формообразующих размерах осесимметричных объектов по изображениям их сечений для оптической системой контроля в которой использующей в качестве приемников информации цифровые камеры с объективами с фиксированным фокусным расстоянием. Это в свою очередь являются основой для разработки алгоритмов их компенсации.

Разработанные алгоритмы компенсации погрешностей определения размеров плоских и осесимметричных деталей системами оптического контроля геометрическим методом с пространственным разрешением позволяют повысить точность измерений. Полученный результат в достижении уменьшения систематических погрешностей при калибровке и измерениях размеров тел вращения представляет несомненную ценность.

Предложена методика выявления основных пороков листовых изделий из прозрачных материалов, включающая в себя управление освещением и рекомендации по выбору фильтров и их настроек для различных классов дефектов, позволяют повысить надежность выявления пороков и точность определения их геометрических параметров.

Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 48 печатных работах, в том числе в 6 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора наук* (далее – Перечень ВАК), в 9 статьях - в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования (SCOPUS и WoS); получен 1 патент на полезную модель и 6 свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ.

4. Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость работы состоит в решении актуальной научной проблемы – повышение точности, достоверности автоматических систем контроля параметров изделий и состояния технологического оборудования геометрическим методом с пространственным разрешением, использующих цифровые камеры с нетелецентрической оптикой для получения измерительной информации.

Практическая значимость результатов диссертационной работы заключается в разработке научно-методических и инженерно-технических решений задач совершенствования средств автоматического контроля для широкого класса изделий за счет разработки способов и методик повышения точности контроля геометрических параметров для изделий и технологического оборудования в производственных условиях при использовании простой и доступной элементной базы.

Использование результатов исследований позволит расширить области применения оптических методов и автоматизировать операции контроля качества изделий.

5. Замечания и вопросы по работе

1. В работе и автореферате недостаточно четко и ясно сформулирована проблема измерений в предполагаемой области использования. Так же существующая проблема должно иметь место при формулировке цели исследования.
2. В первой главе работы проведен недостаточный анализ систем 3D оптического сканирования, как основного средства, реализующего исследуемый геометрический метод с пространственным разрешением.
3. В работе во второй главе работы в п. 2.3. приводится описание пассивной бинокулярной системы контроля, как способ получения измерительной информации. Далее в работе это никак не используется.
4. В описании процедуры бинаризации (в третьей главе) указано, что пороги бинаризации определяются для каждой области отдельно, но при этом критерии сегментации не приводятся.
5. В работе недостаточно внимания уделено вопросам выбора схем подсветки прозрачных объектов контроля, их обоснованию и требований к ним.
6. Многие рисунки не имеют обозначений величин, используемых в тексте работы.
7. Ряд приведенных в работе тригонометрических зависимостей необходимо упростить. В части работы, рассматривающей вращающиеся зеркала следовало бы использовать аппарат матричной оптики.

6. Заключение по диссертации

Диссертация «Оптический контроль изделий и технологического оборудования геометрическим методом с пространственным разрешением», представленная на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий, соответствует требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор – Кульчицкий Александр Александрович – заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий.

Официальный оппонент,
 старший научный сотрудник ВИ (НИ),
 Федерального государственного бюджетного
 военного образовательного учреждения
 высшего профессионального образования
 «Военно-космическая академия
 имени А.Ф. Можайского» Министерства
 обороны Российской Федерации,
 доктор технических наук

Махов Владимир Евгеньевич

Тел.: +7 952-202-48-52

08.06.2022

Подпись Махова Владимира Евгеньевича заверяю.
 Врио начальника инженерного штаба
 Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского
 Е. Смирнова
 м.п.

Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского
 Ждановская ул., 13, Санкт-Петербург, 197198