

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет им. Г.И. Неструева

д.т.н., профессор

В.А. Гулик



ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, профессора Аббакумова К.Е. на диссертационную работу 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

Непрерывное совершенствование технологий изготовления большинства видов промышленной продукции при возрастающих требованиях к их характеристикам, увеличение объемов их выпуска, а также появление новых конструкционных материалов требуют постоянного совершенствования современных средств контроля и актуальных методик их эффективного использования. Поиск новых технических решений для большинства видов приборов неразрушающего контроля, в частности оптических, как правило, опирается на результаты анализа процессов формирования оптических изображений и прогрессивных способов их обработки. Важной объективной особенностью формирования оптических изображений в таких устройствах является формирование специфических искажений. Этим создаются предпосылки для разработки и использования специальных алгоритмов обработки информационных сигналов как в отраженном так и в прошедшем свете, а так же с учетом применения зеркальных систем, и нетелецентрических устройств, позволяющих сократить количество используемых камер. В связи с этим возникает необходимость решения нескольких технических задач, обладающих актуальностью и перспективами практического использования, обеспечивающих достижение заданных метрологических показателей измерений и контроля, в частности, требующих обоснования их предельных возможностей (максимальная чувствительность и т.п.) при обеспечении высокого уровня производительности контроля и автоматизации.

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-166 от 20.05.22
ЛУЧ

Диссертация состоит из: введения, шести основных разделов, заключения, списка литературных источников и двух приложений. Основной текст изложен на 382 машинописных страницах, содержит 262 рис. и 55 таблиц. Список литературы содержит 283 наименования.

В введении обоснованы актуальность работы, сформулированы признаки теоретической и практической новизны, научные положения, выносимые на защиту, а также обоснованы достоверность результатов исследований и структура диссертации.

В первом разделе работы представлен обзор имеющихся известных теоретических и экспериментальных результатов, приведены характеристики известных и доступных для применения технических средств и программных продуктов по теме диссертации.

В последующих основных разделах автором получен ряд важных содержательных и инновационных результатов, представляющих интерес как в теоретическом плане, так и для практикующих специалистов в области оптических методов неразрушающего контроля и технических измерений, обеспечивающих возможность высокого уровня автоматизации разрабатываемых технических средств для повышения эффективности эксплуатации.

Среди наиболее значимых, новых результатов, полученных соискателем, можно выделить следующие:

1. Теория зеркальных систем дополнена моделью действия оптических преобразователей на основе вращающихся плоских зеркал и аналитическими зависимостями, описывающими связь между координатами предметной точки и ее отображением в системе из одного, двух и более вращающихся зеркал с параметрами их положения.

2. Предложена модель калибровки цифровых камер, основанная на коррекции сегментированного изображения для восстановления геометрического подобия изображения объекту контроля отличающаяся тем, что коррекция изображения реализуется переносом изображения в восстановленную сетку.

3. Выведены аналитические отношения, описывающие особенности получения измерительной информации об новых формообразующих размерах осесимметричных объектов по изображениям их сечений системой контроля, реализующих геометрический метод с пространственным разрешением, использующий в качестве приемников информации цифровые камеры с объективами с фиксированным фокусным расстоянием.

4. Предложена новая методика выявления основных пороков листовых изделий из прозрачных материалов, основанная на использовании яркостных и геометрических признаков и управлении освещением, и алгоритмическое обеспечение, учитывающее классификацию дефектов и позволяющее определить их параметры для контроля качества изделий в соответствии с требованиями действующих стандартов.

5. Разработаны алгоритмы компенсации погрешностей системы контроля размеров плоских и осесимметричных деталей системами оптического контроля, реализующими геометрический метод с пространственным разрешением для повышения точности контроля за счет уменьшения систематических и случайных погрешностей, учета особенностей калибровки (определением допустимого угла отклонения тест-объекта) и проекционной погрешности оценки параметров тел вращения.

6. Показана, и доказана возможность реализации активного способа контроля положения вращающейся плоскости, основанного на анализе формы и параметров траектории движения отображения световой марки во вращающихся зеркалах, сопряженных с объектом контроля для компенсации субъективных погрешностей установки измерительного преобразователя.

7. На основе выведенных аналитических соотношений, описывающих получение измерительной информации при не фиксированном положении объектов контроля, предложены, и обоснованы новые схемы получения измерительной информации для оптических систем контроля осесимметричных объектов, обеспечивающие возможность компенсации смещения объекта контроля и возможность регистрации всей его поверхности при помощи одной камеры и зеркального преобразователя.

Сформулированные в работе научные положения, выносимые на защиту, корректно обоснованы, и правомерно опираются на результаты, полученные соискателем в ходе решения поставленных научных задач.

Достоверность результатов диссертационной работы подтверждается корректностью постановки задач, не противоречащей известным теоретическим представлениям и опытным данным, а также качественным и, в достаточной мере, количественным согласованием полученных теоретических результатов и результатов собственных экспериментов, а также известными экспериментальными данными других авторов. Это позволяет сделать вывод и о достоверности научных положений и выводов, сформулированных в диссертационной работе.

Значимость полученных в диссертационной работе результатов заключается в том, что апробированы и внедрены:

1. Устройство автоматизированного детектирования пороков стекла, использующее для получения информации цифровую камеру и включающего адаптивную систему подсветки, которое обеспечивает повышение достоверности контроля за счет повышения вероятности определения дефектов до 92-98% без перебраковки.
2. Программное обеспечение компенсации основных погрешностей автоматических систем оптического контроля геометрических параметров, реализующих геометрический метод с пространственным разрешением для повышения точности контроля геометрических параметров изделий.
3. Программное обеспечение для калибровки цифровой камеры на основе модели дискретизации пространства изображений для коррекции искажений оптического тракта и положения объекта контроля.
4. Способ определения положения тест-объекта и реализующего его программного обеспечения для повышения точности контроля осесимметричных объектов цифровыми камерами с оптической системой с фиксированным фокусным расстоянием.
5. Программы контроля размеров осесимметричных изделий с компенсацией перспективной ошибки одноканальной оптической системы.
6. Способ и программное обеспечение активного контроля положения плоской поверхности в пространстве.
7. Устройство контроля положения вращающейся плоскости, основанного на анализе формы и параметров траектории движения отображения световой марки во вращающихся зеркалах, сопряженных с объектом контроля.
8. Программное обеспечения для систем контроля размеров брикетов на ленте конвейера.

Разработанные теоретически модели позволяют не только выявить, и откорректировать действующие физические механизмы образования оптических искажений применительно к информационным сигналам и компонентам сигналов, образующих помеху, но и сформулировать требования к принципам проектирования аппаратных средств, способных обеспечивать более эффективные режимы эксплуатации, а также необходимые поправки к методическим действиям.

Количество и уровень публикационных материалов, а также степень их апробации на научных форумах обладают необходимой представительностью, полнотой, и подчеркивают степень завершенности диссертации.

Вместе с тем по материалам диссертационной работы имеется ряд замечаний:

1. На отдельных графиках в тексте (например, рис. 5.62) представлены зависимости, имеющие экстремальный характер, что автором не комментируется, и не обосновывается?

2. Формула (5.1) (в автореферате формула 17) вызывает сомнения. При указанном написании коэффициент выделения пороков (КВП) будет равен $1/k$, и не зависеть от вида дефекта?

3. В тексте автореферата и диссертации имеются многочисленные опечатки, неточности, неудачные названия разделов и выбор шрифтов:

- Подраздел имеет название "3.5 Оценка погрешностей рефракции оптической среды"? Вероятно, будет точнее: "Оценка погрешностей измерений, вызванных рефракцией оптической среды".

- Однаковые по смыслу рисунки имеют совершенно разные названия.

Так, например рис. 4.34. назван "Расчетная схема....", а сходный рис. 4.40 назван более корректно "Схема формирования изображения...."?

- На рис. 4.55 выбран не читаемый размер обозначения координатных осей?

и т.д.

4. В тексте диссертации упоминается о внедрении результатов исследований в учебный процесс, а соответствующий акт о внедрении в приложении отсутствует?

В целом, указанные замечания не ставят под сомнение основные выводы по диссертации, и не снижают их значимости.

Диссертация и автореферат написаны, в основном, грамотным научным языком, постановка научных задач и пути их решения непротиворечивы, и убедительны. Научные положения диссертации отличаются новизной, а работа в целом - практической значимостью. По теме диссертации опубликованы шесть работ в журналах из Перечня ВАК, 9 статей – в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования (Scopus, Web of Science), а также в 33 статьях в других изданиях, включая материалы докладов в трудах конференций. Получен 1 патент на полезную модель и 6 свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ. Личный вклад соискателя во всех публикациях обозначен. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации. Оформление диссертации, за исключением замечаний по п. 3, отвечает требованиям действующих нормативных документов.

Суммируя изложенное, можно утверждать, что диссертационная работа Кульчицкого Александра Александровича на тему «Оптический контроль изделий и технологического оборудования геометрическим методом с пространственным разрешением» является завершенным научно-квалификационным трудом, обладающим внутренней логикой и единством. Она содержит материалы, представляющие собой совокупность актуальных научно-технических задач, результаты решения которых обладают необходимой степенью новизны и полезности, и обеспечивают возрастание экономического и оборонного потенциалов государства.

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 полностью отвечает 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.

Д.т.н., профессор,
зав. кафедрой электроакустики
и ультразвуковой техники
СПбГЭТУ "ЛЭТИ" им. В.И. Ульянова (Ленина)

(телефон): (812)- 234-37-26

(e-mail): keabbakumov@etu.ru

(почтовый адрес для переписки): 197022, СПб, улица Проф. Попова, д.5

(полное наименование организации): Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ" им. В. И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ "ЛЭТИ")

