

**ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

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

**Актуальность темы диссертации**

Повышение качества промышленной продукции надежный путь более полного удовлетворения потребностей общества и ускорения научно-технического прогресса. В связи с этим постоянно возрастают требования к соблюдению метрологических правил и норм, направленных на повышение уровня измерений, их точности, надежности и производительности.

И если основные производственные процессы имеют достаточно высокий уровень автоматизации, то процессы, связанные с контролем состояния узлов технологического оборудования, зачастую не автоматизированы. В качестве примера можно привести рассмотренный автором контроль состояния токоподводящих стержней электролизеров с самообжигающимся анодом.

Использование оптических средств контроля позволяет реализовать задачу комплексного контроля геометрии изделий и элементов технологического оборудования. Основным недостатком оптических средств контроля является сравнительно высокая стоимость. Достоинством представленной работы является рассмотрение нетелецентрических недорогих оптических систем.

Таким образом, работа направленная на повышение точности средств измерений геометрических параметров, принцип действия которых основан на законах геометрической оптики, при использовании простых решений для фиксации измерительной информации за счет учета особенностей объекта

отзыв

вх. № 9-230 от 01.06.22  
АУУС

контроля, получения дополнительной информации при проведении процедуры их индивидуальной калибровки и новых схем получения измерительной информации, несомненно является актуальным направлением развития оптических методов контроля.

### **Оценка новизны и достоверности**

Автором диссертационной работы выведены аналитические зависимости, описывающие особенности получения измерительной информации о геометрии осесимметричных объектов оптической системой контроля, основанной на получении с помощью цифровых камер измерительной информации по изображениям сечений. При этом было установлено, что повышение точности измерения размеров для неподвижных объектов обеспечивается алгоритмическим методом без изменения аппаратной части системы. Выявленные закономерности позволили разработать алгоритмы компенсации погрешностей.

Разработана методика калибровки цифровых камер, отличительной особенностью которой является дискретизация пространства изображений с коррекцией полученного изображения для восстановления геометрического его подобия объекту контроля, позволяющая максимально использовать аппаратные возможности современных средств фиксации измерительной информации. Ее применение совместно с разработанными алгоритмами компенсации погрешностей системы контроля размеров плоских и осесимметричных деталей повышает точность за счет уменьшения систематических и случайных погрешностей.

К новым результатам, не имеющим прямых аналогов в технической литературе в области детектирования дефектов светопрозрачных материалов, можно отнести методику детектирования основных их пороков, основанную на использовании светоэнергетических, геометрических признаков и управления освещением, а также результаты проведенных исследований влияния параметров нелинейных фильтров на качество обнаружения пороков

стекла. Использование полученных результатов позволило реализовать алгоритм выявления дефектов стекол, позволяющий проводить автоматический контроль качества изделий на соответствие установленным требованиям.

Разработанная коническая модель действия зеркального преобразователя и исследование его метрологических характеристик позволила автору предложить активный способ контроля положения вращающейся плоскости, основанный на анализе формы и параметров траектории движения отображения светового маркера во вращающихся зеркалах, сопряженных с объектом контроля.

Достоверность, обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, представленных в диссертационной работе, характеризуется корректным использованием математического аппарата, сопоставлением результатов экспериментальных исследований с данными полученными численными и графическими методами.

### **Ценность для науки и практики**

Научная значимость диссертационной работы заключается в решении научной проблемы повышения точности и достоверности автоматических систем контроля параметров изделий и состояния технологического оборудования оптическим методом на основе анализа их изображений. Повышение точности и достоверности достигается путем получения дополнительных информативных параметров о положении калибровочного объекта (или зеркального преобразователя) и объекта контроля за счет использования предложенных схем контроля и на основе полученных аналитических зависимостей компенсации погрешности измерений.

Практическая ценность работы заключается в реализации устройства автоматического детектирования пороков стекла, позволяющего за счет управления освещением формировать дополнительный классификационный признак и уменьшить процент брака изделий.

Предложенный способ и программное обеспечение активного контроля положения плоской поверхности в пространстве позволяет повысить точностную надежность за счет исключения субъективных погрешностей.

Особую ценность для практики имеют результаты оценки источников погрешностей оптических систем контроля плоских и осесимметричных изделий, методы компенсации этих погрешностей, реализованные в разработанном программном обеспечении (компенсации основных погрешностей автоматических систем оптического контроля геометрических параметров, погрешностей калибровки цифровой камеры, а также погрешностей контроля размеров осесимметричных изделий и брикетированных материалов).

### **Общая оценка диссертации**

Диссертация написана грамотным научным языком, логично структурирована, математически аргументирована и достаточно иллюстрирована. Положения, вынесенные на защиту, обоснованы в тексте диссертационной работы, подтверждены апробацией в печатных трудах и внедрением результатов в промышленное производство.

Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в автореферат и 48 печатных работах, в том числе в 6 статьях - в изданиях из перечня ВАК, в 9 статьях - в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования (WoS и SCOPUS). Получен 1 патент на полезную модель и 6 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

### **Замечания по диссертационной работе:**

1. Правильно ли утверждать, что в процессе калибровки оптических систем контроля геометрических параметров листовых изделий все систематические инструментальные погрешности учитываются автоматически при выполнении процедуры калибровки?

2. Методику детектирования дефектов с использованием светоэнергетических и геометрических признаков при контроле качества прозрачных материалов следовало бы описать более подробно.
3. В работе отсутствует обоснование выбора калибровочного объекта для разработанного метода калибровки.
4. При рассмотрении схемы получения измерительной информации системой контроля осесимметричных изделий с угловым зеркальным преобразователем угол между зеркалами принят равным  $120^\circ$ . Чем обосновывался выбор данного конструктивного параметра?
5. Для предложенной схемы получения измерительной информации с одиночным зеркалом, приведенной в 6 главе, в разделе 4.2.3 не рассмотрена методика компенсации положения объекта контроля.
6. Обобщая результаты исследований для практического использования, выделяя достоинства и недостатки каждой из возможных схем систем оптического контроля осесимметричных изделий, автор не привел однозначную количественную оценку достижимой точности для каждой из них.

## **Заключение**

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 №95Задм, 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,  
заведующий кафедрой автоматизации  
процессов химической промышленности  
Санкт-Петербургского государственного  
технологического института  
(технического университета), д.т.н., проф.

Русинов Леон Абрамович

06.06.2022

Тел.: 8 (812) 4949253

e-mail: lrusinov@yandex.ru

190013, г. Санкт-Петербург, проспект Московский, дом 26, Федеральное  
государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования Санкт-Петербургский государственный технологический  
институт (технический университет)

