ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата технических наук Голицына Александра Андреевича на диссертационную работу **Зуева Владислава Олеговича** «Разработка адаптивных триангуляционных систем для точного контроля геометрии объектов в машиностроении и энергетике», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.6 – Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы.

Актуальность темы исследования

Диссертационная работа В.О. Зуева посвящена решению научно-технической проблемы разработки и практической реализации методов оптической триангуляции, адаптивных к светорассеивающим свойствам поверхности и нелинейным искажениям, для прецизионного контроля трехмерной геометрии объектов в процессе деформации.

Необходимость использования и применения бесконтактных методов измерения геометрии различных объектов и систем дистанционного контроля и измерений очевидна и бесспорна, особенно, когда речь идет об объектах сложной формы, меняющихся динамически, и об измерениях в трудных условиях, например в составе климатических, аэродинамических стендов, на силовых установках и т.д. Вместе с тем, возникает ряд проблем с применением типовых и общеизвестных методов, когда производятся измерения объектов, у которых помимо собственно геометрии динамически изменяются светорассеивающие свойствами поверхности. Применение в этом случае стандартных методов оптической диагностики геометрических параметров статичных объектов приводит к росту погрешности и нарушению достоверности результатов их измерений. Требуются радикально иные подходы в части методов, технических решений, способов обработки измерительной информации.

В диссертации В.О. Зуева представлен подробный и развернутый теоретический и экспериментальный материал, посвященный развитию адаптивных методов оптической триангуляции геометрических параметров непрозрачных и светопреломляющих поверхностей. В работе предложены

процедуры калибровки. Кроме того, в тексте диссертации описаны вопросы практической реализации измерительных комплексов с использованием предложенных методов. Поэтому **актуальность избранной темы диссертации** сомнений не вызывает.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизна

Основной текст диссертационная работы состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы.

Первая глава посвящена анализу известных оптико-электронных методов контроля геометрии объектов с возможностью адаптации к светорассеивающим свойствам поверхности и нелинейным искажениям. В этой главе установлена необходимость разработки адаптивного метода оптической триангуляции светопреломляющих поверхностей.

Во второй главе предложен метод оптической триангуляции светопреломляющих поверхностей на основе динамического светового сечения и адаптивной декомпозиции регистрируемого сигнала от аддитивного светового потока, а также разработан комплекс методов триангуляционного контроля трехмерных деформаций объектов в машиностроении и энергетике с возможностью адаптации к текстуре диагностируемой поверхности.

Третья глава диссертации посвящена практической реализации адаптивных триангуляционных систем для прецизионного контроля трехмерной геометрии объектов на аэродинамических, климатических и силовых экспериментальных стендах в задачах машиностроения и энергетики. В этой главе обоснована процедура их автоматизированной калибровки с регрессионным и дифференциальным анализом фазовых распределений для высокоинформативного контроля трехмерной геометрии объектов с адаптивным пространственным разрешением в условиях нелинейных оптических искажений.

Также в этой главе представлена реализация аппаратной части и приведено описание программного обеспечения адаптивных триангуляционных систем для прецизионного контроля деформаций трехмерного профиля объектов в процессе статического нагружения на силовом стенде, для контроля геометрических параметров различных видов наледи на климатическом и аэродинамическом стендах и для изучения изменений трехмерной геометрии поверхности в процессе сублимации на аэродинамическом стенде для расчета локальных коэффициентов массообмена в теплофизических исследованиях.

В четвертой главе представлены результаты испытаний и практического использования на действующих производствах машиностроения и энергетики разработанных адаптивных триангуляционных систем для прецизионного контроля геометрии сложнопрофильных объектов с оптическими свойствами в широком диапазоне.

Анализ текста диссертационной работы В.О. Зуева дает представление **об обоснованности полученных научных результатов**. В тексте приведено достаточно сведений об аналогичных исследованиях и разработках. Подробно описаны имеющиеся научные проблемы и приведены описания способов их решения.

На основании согласованности аналитических расчетов и экспериментальных результатов, достаточности объема полученных во время исследований данных **можно судить о достоверности полученных результатов**.

Новизна подтверждается тем, что соискателем:

1. Предложены и реализованы новые методы оптической триангуляции с адаптивной компенсацией нелинейности приемно-передаточной функции и декомпозицией регистрируемого сигнала от аддитивного светового потока для прецизионного контроля трехмерной геометрии непрозрачных и светопреломляющих поверхностей в условиях динамичного изменения их светорассеивающих свойств.
2. Разработаны и внедрены новые методы автоматизированной калибровки триангуляционных систем с регрессионным и дифференциальным

анализом фазовых распределений для высокоинформативного контроля трехмерной геометрии объектов с адаптивным пространственным разрешением в условиях нелинейных оптических искажений.

3. Впервые создан ряд адаптивных систем оптической триангуляции непрозрачных и светопреломляющих поверхностей с погрешностью контроля геометрии на уровне 0.07 % от глубины измерительного объема.

Отдельно следует упомянуть, что соискателем получено пять патентов Российской Федерации на изобретение. Это также является подтверждением новизны полученных результатов.

Замечания по диссертационной работе

1. Предложенный соискателем в разделе 2.1 второй главы метод расшифровки фазового распределения является потенциально неустойчивым к случайным аддитивным помехам. Их наличие может привести к росту площади замкнутой фигуры, образованной значениями зарегистрированной интенсивности от формируемой источником яркости для заданного фазового сдвига, а, следовательно, к неработоспособности предложенной автором метрики поиска начальной фазы.
2. Для восстановления номера периода фазы в работе предложен скоростной, но при этом не помехоустойчивый метод расшифровки кода Грея. Возникает вопрос, почему было решено отказаться от более помехоустойчивого Грей-кодирования с инвертированными изображениями, если в решаемых задачах отсутствуют жесткие требования к скорости измерения геометрии?
3. Не раскрыта минимальная толщина нароста, трехмерная геометрия которого может быть измерена предложенным в работе адаптивным методом оптической триангуляции светопреломляющих поверхностей на основе динамического светового сечения.
4. Некоторые изображения-графики выполнены небрежно, например, на рис. 2.5 подписи осей, а на рис. 4.23 текст легенды слишком большие по

сравнению с основным текстом, а, например, на рис. 4.16 подписи слабо различимы.

5. Рис. 4.17 видится малоинформативным, так как номера №1 и №17 результатов измерений геометрии в динамике ничего не говорят о временном интервале между ними.
6. В тексте диссертации не хватает информации о личном вкладе соискателя в написание опубликованных статей, количество которых довольно внушительно.

Полнота опубликования результатов работы

Основные результаты диссертации В.О. Зуева опубликованы в 15 научных статьях в рецензируемых научных журналах. Имеется 4 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ и 5 патентов Российской Федерации на изобретение. Промежуточные результаты работы докладывались и обсуждались на научных конференциях. В качестве общего количества публикаций различного типа, относящихся к диссертационному исследованию соискателем заявлено 65.

Общее количество публикаций в журнальных изданиях, соответствующих специальности 2.2.6, и публикаций, опубликованных до вступления в силу Постановления от 25.01.2024 №62, из перечисленных в Автореферате, составляет не менее 10, что с большим запасом перекрывает минимум, установленный к кандидатским диссертациям пунктом 13 «Положения о присуждении ученых степеней».

Заключение

Диссертация В.О. Зуева является завершенным научным исследованием, выполненным на высоком уровне. Диссертация обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения. Результаты диссертации достоверны, обоснованы, опубликованы в рецензируемых научных изданиях. Указанные в настоящем отзыве замечания не снижают

общее положительное впечатление о работе. Автореферат диссертации соответствует ее содержанию.

Диссертационная работа Зуева Владислава Олеговича «Разработка адаптивных триангуляционных систем для точного контроля геометрии объектов в машиностроении и энергетике», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, отвечает Критериям, которым должны отвечать диссертации на соискание ученых степеней, установленным пунктами 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842 «О порядке присуждения ученых степеней», в ред. от 18.07.2026, а ее автор Владислав Олегович Зуев заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.6 – Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы.

Официальный оппонент

кандидат технических наук

Александр Андреевич Голицын

старший научный сотрудник, и о заведующего лабораторией

23.11.2026г

Лаборатория фотоники и оптико-электронных систем,

Новосибирский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук «Конструкторско-технологический институт прикладной микроэлектроники»
(Филиал ИФП СО РАН «КТИПМ»)

Адрес: 630090, г. Новосибирск, пр. Лаврентьева, 2/1.

тел. (383) 3309188, e-mail: aag-09@yandex.ru

Подпись Голицына А.А. заверяю

вед. специалист по персоналу Мамонова Е.П.

23.11.2026г.

Отдел кадров