

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Двойнишникова Сергея Владимировича «Многопараметрическая триангуляция геометрии динамических объектов в фазово-неоднородных средах», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Развитие высокопроизводительных бесконтактных методов измерения геометрии движущихся объектов и создание на их основе высоконадёжных измерительных систем и технологий применительно к металлургической (контроль толщины горячего проката), энергетической (производство крупногабаритных изделий типа турбин), машиностроительной отраслям промышленности актуально и востребовано. Возникающие при этом измерительные проблемы, связанные с реальным производством, относятся к классу сложных задач. Применение в этом случае стандартных методов не приводит к успеху. Требуется радикально иные подходы в части методов, технических решений, способов обработки измерительной информации. С этой точки зрения большой научно-технический и практический интерес представляет данная диссертационная работа. Она посвящена решению научно-технической проблемы прецизионных триангуляционных измерений геометрии динамических объектов в фазово-неоднородных средах, характерных для производственных условий горячей металлургической промышленности и тяжелого машиностроения.

В диссертации представлен подробный и развернутый теоретический и экспериментальный материал, посвященный развитию триангуляционных методов измерения геометрических параметров, основанных на многопараметрической модуляции оптического источника и построении многомерных регрессионных функций, предложены процедуры калибровки и описаны вопросы практической реализации измерительных комплексов.

Диссертация состоит из четырех глав, введения, заключения и приложения, включающего акты внедрения и протокол промышленных

испытаний. Содержит 399 страниц, 279 рисунков, 262 формулы, а также список литературы из 277 наименований.

В введении рассматривается состояние проблемы области исследований с обзором литературы, обосновывается актуальность темы диссертационной работы, формулируются цели и задачи работы, приводится краткое содержание диссертации, формулируются защищаемые положения.

Первая глава посвящена методам многопараметрической триангуляции для измерения геометрических параметров статичных и движущихся объектов в фазово-неоднородных средах. Рассмотрено распространение оптических сигналов триангуляционных измерителей в фазово-неоднородных средах. Предложены триангуляционные методы измерения трехмерной геометрии в фазово-неоднородных средах, использующие принципы структурированного освещения. Разработаны методы компенсации нелинейности тракта источник-приемник оптического излучения, методы расширения динамического диапазона при триангуляционных измерениях с использованием структурированного освещения. Представлена оценка погрешности измерения 3D-геометрии на основе пространственно-временной модуляции источника оптического излучения. Предложены методы лазерной облачной триангуляции, позволяющие выполнять высокоточные измерения геометрии динамичных объектов в условиях фазово-неоднородных сред.

Во второй главе представлены методы калибровки оптико-электронных измерительных комплексов на основе методов многопараметрической триангуляции. Предложены алгоритмы калибровки триангуляционных измерительных комплексов для измерения трехмерной геометрии на основе пространственной модуляции оптического источника и для измерения толщины динамичных объектов на основе дифференциальной лазерной облачной триангуляции. Представлены результаты практической реализации предложенных методов калибровки.

Третья глава посвящена практической реализации методов многопараметрической триангуляции для измерения геометрических параметров в фазово-неоднородных средах. Описано разработанное программное обеспечение опико-электронной системы измерения 3D-геометрии крупногабаритных объектов на основе пространственно-временной модуляции источника опического излучения. Представлены научно-технические решения, примененные в рамках практической реализации методов синхронной дифференциальной облачной триангуляции: термостатирование измерительного комплекса в условиях горячей металлургии, активное управление фазово-неоднородной средой в области распространения опических сигналов, программно-аппаратная обработка данных лазерных облачных триангуляторов.

Четвертая глава посвящена промышленным испытаниям предложенных и реализованных измерительных комплексов на основе методов многопараметрической триангуляции. Представлены результаты лабораторных и промышленных испытаний опико-электронной системы для измерения 3D-геометрии крупногабаритных объектов и результаты долгосрочных промышленных испытаний измерителя толщины горячего металлопроката.

В заключении приведены основные результаты диссертации.

В представленной С.В. Двойнишниковым диссертации получены следующие основные научные результаты:

1. Предложены и реализованы новые комплексные методы многопараметрической триангуляции на основе модуляции опического источника и многомерного регрессионного анализа пространственного и временного ансамблей экспериментальных данных, обеспечившие измерение геометрических параметров статичных и динамичных объектов в фазово-неоднородных средах с рекордно малой погрешностью.

2. Разработаны и реализованы комплексные методы калибровки сверхточных оптико-электронных триангуляционных измерителей геометрических параметров, основанные на многопараметрическом регрессионном анализе калибровочных данных, устойчивые к искажениям фазово-неоднородной среды, работоспособные как в лабораториях, так и в реальных производственных условиях.
3. Разработаны программно-аппаратные интерфейсы и программное обеспечение оптико-лазерных промышленных диагностических систем, реализующие методы многопараметрической триангуляции, обеспечивающие формирование баз данных с технологической и учетной информацией о контролируемых геометрических параметрах.
4. На основе проведенных исследований впервые создан ряд аппаратно-программных информационных диагностических систем и комплексов, реализующих методы многопараметрической триангуляции, адаптированных к характеристикам фазово-неоднородных сред, оптимально приспособленных к реальным условиям отечественного производства, успешно прошедших промышленные испытания и внедренных на металлургических и машиностроительных предприятиях России.

Следует отметить высокий уровень выполненных автором теоретических и экспериментальных исследований, необходимых для получения представленных в диссертации результатов. Достоверность, новизна и практическая ценность полученных результатов не вызывает сомнений. Основные результаты диссертации опубликованы в 15 статьях в периодических изданиях, рекомендованных ВАК, 11 патентах РФ, доложены на 38 международных и российских конференциях. Все указанные результаты получены автором лично либо под его научным руководством при непосредственном участии.

Диссертация С.В. Двойнишникова является масштабным завершённым научным исследованием, содержащим научно обоснованные положения и выводы и выполненным на передовом научном уровне. Внедрение новых научно обоснованных технических решений, изложенных в диссертации, способно внести значительный вклад в развитие отечественного приборостроения, машиностроения, гидротурбостроения и металлургии, существенно повысив эффективность и безопасность технологических процессов.

В то же время можно отметить несколько заметных недостатков работы:

1. пункт 1.1 содержит исследование распространения оптических сигналов при использовании триангуляционных измерителей точечного типа. Однако на основе результатов, полученных здесь, автор разрабатывает триангуляционные методы с использованием пространственной модуляции источника излучения. Данный переход нуждается в дополнительном обосновании;
2. при выводе формулы (1.28) автор вместо параметра α вводит новый параметр a . По-видимому, это описка. Если говорить по существу, то автору следовало бы дать физическую трактовку этой формулы. Наличие в этой части соответствующего рисунка способствовало бы лучшему пониманию полученного результата;
3. при проведении промышленных испытаний использованы фотоприемники с низким разрешением, однако такой выбор не был обоснован. Очевидно, что применение фотоприемников с более высоким разрешением может улучшить метрологические характеристики измерительного комплекса;
4. анализ представленных результатов промышленных испытаний свидетельствует о достаточно сильных расхождениях между показаниями толщиномера и полученными данными контрольных

замеров. Соответствующие подробные комментарии на этот счёт отсутствуют;

5. в главе 3 указано, что в результате предложенных научных идей и технических решений достигнута погрешность измерений в 25 раз по сравнению с измерителями на основе синхронной дифференциальной точечной триангуляции. Для оценки эффективности полученного результата хотелось бы знать величину достигнутой при этом абсолютной погрешности;
6. при формулировке выводов в конце глав и в заключении работы автор концентрирует своё внимание на выполненных им исследованиях и используемых при этом технических решениях, но почему-то редко приводит эффективность их использования. Хотя соответствующие цифры, характеризующие уровень достигнутых результатов, в тексте диссертации имеются. Полагаю, что эти цифры следовало бы указать в выводах.

В качестве замечания следует указать, что в формулах (1.88) и (1.89) введено непривычное обозначение разности хода. По-видимому, это ошибка при конвертации текста диссертации в pdf-формат. То же самое касается и формулы (1.97) для погрешности измерения 3D геометрии крупногабаритных объектов. Автору следовало быть более внимательным при подготовке текста диссертации.

Однако указанные недостатки и замечания не умаляют значимости полученных результатов и не снижают общую высокую оценку работы. Результаты, изложенные в диссертации, имеют важное научное и практическое значение. Неоспоримое достоинство работы – нацеленность на решение сложнейших измерительных задач применительно к реальным цеховым условиям. Автором выполнен огромный объём поисковых и экспериментальных исследований применительно к реальному производству. Крайне важно, что полученные автором результаты внедрены в

промышленности, что, очевидно, потребовало от него и его коллег больших усилий на пути достижения поставленных в работе целей. Именно такие диссертационные работы «со сквозным циклом: от идеи до внедрения» представляют особую ценность. Данная работа является редким примером эффективности выполненных научных исследований.

Полученные результаты опубликованы в ведущих журналах, докладывались на многочисленных научных мероприятиях. Основные научные результаты, включенные в диссертацию, получены соискателем самостоятельно. Постановка задач осуществлялась при участии научного консультанта д.т.н. В.Г. Меледина, а практическая реализация и внедрение результатов – под руководством и при непосредственном участии автора.

Автореферат и публикации по теме диссертации отражают её содержание.

Диссертационная работа Двойнишникова Сергея Владимировича «Многопараметрическая триангуляция геометрии динамических объектов в фазово-неоднородных средах», представленная на соискание ученой степени доктора технических наук, отвечает всем требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым ВАК РФ к докторским диссертациям, а ее автор С.В. Двойнишников заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Директор КТИ НП СО РАН
Заслуженный деятель науки РФ
д.т.н., профессор



Ю.В. Чугуй

14 октября 2016 г.

Чугуй Юрий Васильевич
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Конструкторско-технологический институт научного приборостроения
Сибирского отделения РАН (КТИ НП СО РАН)
ул. Русская, д. 41, г. Новосибирск, 630058
Тел.: +7 (383) 3065895, факс: +7 (383) 3065869, E-mail: chugui@tdisie.nsc.ru

Подпись Чугуя Ю.В.

заверяю



(И.В. Троянова)

Зав. канцелярией