



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ
(МИИГАиК)

Гороховский пер. д.4, Москва, 105064
Тел.: (499) 261-31-52; Тел./факс: (499) 267-46-81
www.miigaik.ru; E-mail: rector@miigaik.ru

ОКПО 02068781, ОГРН 1027700350699, ИНН/КПП 7701012399/770101001

№ _____

на № _____ от _____

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор МИИГАиК

Н.Р. Камынина

(подпись)

2019 г.

М.П.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии» по диссертации Голыгина Николая Христофоровича на тему «Опτικο-электронный комплекс для исследований мобильных координатных средств измерений».

Диссертация выполнена на кафедре проектирования оптических приборов федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии» при научной и методической поддержке ФГУП «ВНИИМС».

В период подготовки диссертации соискатель Голыгин Николай Христофорович работал в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии» в должности доцента кафедры проектирования оптических приборов.

В 1979 году Голыгин Н.Х. окончил МИИГАиК по специальности «Опτικο-электронные приборы». В 1991 году защитил кандидатскую диссертацию по специальности 05.11.16 – «Информационно-измерительные системы (машиностроение)» на тему: «Погрешности информационно-измерительных систем с голографическими решетками при измерении линейных размеров в машиностроении» в Московском станкостроительном университете.

Научный консультант - д-р техн. наук, профессор Лысенко Валерий Григорьевич, работает в должности главного научного сотрудника ФГУП «ВНИИМС».

Диссертация рассмотрена и обсуждена на расширенном заседании кафедры проектирования оптических приборов (ПрОП) Протокол № 3 от 21.11.2023 г.

При обсуждении диссертации присутствовали:

сотрудники кафедры проектирования оптических приборов: заведующий кафедрой, канд. техн. наук, профессор Парвулюсов Ю.Б., ст. преподаватель Лисицына И.И., ассистент Беломытцев В.Д.,

приглашенные:

– от кафедры оптико-электронных приборов: заведующий кафедрой, д-р техн. наук, профессор Соломатин В.А., д-р техн. наук, профессор Бездидько С.Н., д-р техн. наук, профессор Торшина И.П., канд. техн. наук, профессор Елизаренко А.С., канд. техн. наук, доцент Шилин В.А.;

– от кафедры прикладной оптики: зав. кафедрой канд. техн. наук, доцент Филонов А.С., д-р техн. наук, профессор Можаров Г.А, д-р техн. наук, профессор Хорошев М.В., канд. техн. наук, доцент Андреев А.Н.;

– от кафедры «Информационно-измерительных систем»: зав. кафедрой, д-р техн. наук, профессор Майоров А.А.

Из общего числа присутствующих - 6 докторов наук по специальности 05.11.07 «Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы» и три члена кафедры ПрОП, имеющих право голоса согласно Приказа по МИИГАиК №116-01 от 12.05.21 о порядке подготовки Заключения организации по диссертации на соискание ученой степени.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Проблематика и актуальность исследования.

В последние десятилетия существенно возросли требования к точности измерений конструктивных элементов крупногабаритных объектов с использованием мобильных координатных оптико-электронных средств измерений (МКСИ), использующих электромагнитное излучение оптического диапазона (в видимой и инфракрасной областях спектра длин волн гелий-неоновых и полупроводниковых лазерных источников излучения).

Такие технологии измерений используются в атомной, авиационной, космической, оборонной, автомобильной, приборостроительной, геодезической и других отраслях отечественной промышленности. Это связано с необходимостью постоянного контроля за соответствием геометрических величин эксплуатационных параметров величинам, утвержденным в конструкторской документации.

Проведенные автором патентные и по литературным источникам исследования показали, что до настоящего времени в отечественной практике прецизионного машиностроения и ряде других отраслей отечественной промышленности не разработаны подходы к оценке точности измерений, проводимых с использованием МКСИ при определении геометрических величин конструктивных элементов крупногабаритных объектов в любой точке заявленного пространства измерений.

Следует также учитывать, что одной из существенных актуальных научных проблем в данной области исследований является учет влияния погрешностей внешних условий, связанных с распространением излучения в производственной среде.

Погрешность исследований (ПИ) МКСИ вносит дополнительную погрешность в измерения геометрических размеров изделий, подвергающихся воздействию различных физических сред в ходе их эксплуатации.

Представленные в диссертации исследования обеспечивают повышение точности

и достоверности измерения геометрических величин изделий, выполненных МКСИ, на основе предложенных Голыгиным Н.Х. новых научно-обоснованных технических и технологических решений контроля их метрологических характеристик.

Объектом исследований является разработанная автором научно-техническая база методов и прецизионных средств для определения и устранения погрешности мобильных оптико-электронных 1D÷3D координатных средств измерений (лазерных трекеров, электронных тахеометров, измерительных систем с цифровыми нивелирами и др.) в любой точке заявленного пространства измерений.

Предметом исследования является разработанный универсальный пространственный оптико-электронный комплекс для исследований широкой гаммы мобильных 1D÷3D оптико-электронных средств измерений при решении научных и прикладных задач в критических технологиях отечественного производства.

Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации.

Лично автором разработаны научно-технические и технологические решения, включающие научно-обоснованные методы, устройства, алгоритмы и программы для ЭВМ, в соответствии с которыми реализован пространственный оптико-электронный комплекс для исследований МКСИ:

- предложен и практически реализован метод с использованием двух эталонных мер, расположенных параллельно и на известном расстоянии от измерительного канала исследуемого МКСИ, позволяющий исключить влияние на точность измерений погрешности Аббе 1-го рода,
- метод умножения перемещений в измерительном канале МКСИ, позволяющий выполнять исследования больших линейных размеров, при этом диапазон исследований длины МКСИ в два раза больше перемещения линейного эталона, и повышающий точность исследований за счет уменьшения длины направляющих прямолинейного перемещения каретки с эталоном и учета внешних условий,
- метод исследований МКСИ с одновременным использованием эталонного инварного жезла и лазерного интерферометра, позволяющий исключить влияние на погрешность исследований кратковременных отклонений температуры в зоне измерений,
- трилатерационный метод исследований вертикальных углов, линейных размеров и перемещений, позволяющий по предварительно откалиброванной по длине линейной измерительной системе повысить точность исследований,
- метод исследований измерительных систем «цифровой нивелир + штрих-кодовая рейка с двумя пятками», позволяющий учитывать результаты исследований в полевых условиях,
- разработан нейросетевой алгоритм на основе гиперболического тангенса, позволяющий сократить количество итераций при обработке результатов исследований и аппроксимировать полученную функцию систематической погрешности исследуемых МКСИ,
- разработана и реализована оригинальная методика определения поправок, использующаяся в производстве для учета поправок при нивелировании измерительными системами с цифровым нивелиром,
- разработаны компараторы для исследований горизонтальных и вертикальных угловых измерительных преобразователей перемещений, используемых в МКСИ, а также измерительных систем с цифровыми нивелирами (ИСЦН).

Степень достоверности результатов исследований.

Достоверность полученных результатов теоретических исследований подтверждается многократными практическими исследованиями точности измерений, МКСИ в лабораторных и производственных условиях, а также результатами прикладных НИР по заданию производственных предприятий.

Новизна результатов исследований.

Разработанный оптико-электронный комплекс для исследований мобильных координатных средств измерений основан на новых научных разработках, обеспечивающих единство пространственных 1D÷3D координатных измерений оптико-электронными координатными средствами измерений координат в любой точке заявленного производителями МКСИ пространства измерений:

- метод с использованием двух линейных эталонных мер, расположенных параллельно и на известном расстоянии от измерительного канала исследуемого МКСИ, позволяющий максимально исключить несоблюдение принципа Аббе первого рода при исследованиях (особенно при коротких направляющих не всегда возможно совместить на одной линии осей исследуемого МКСИ и эталона);

- метод умножения длины в измерительном канале МКСИ, позволяющий при коротких направляющих прямолинейного перемещения измерять длины вдвое больше перемещений линейного эталона;

- метод исследований линейных измерительных систем МКСИ в диапазоне до 50-ти и более метров с одновременным использованием эталонных инварного жезла и лазерного интерферометра (ЛИ), позволяющий исключить влияние рефракции;

- методы исследования циклической погрешности измерений;

- методы прецизионных измерений вертикальных размеров, позволяющие выполнять объективный контроль размеров в реальном масштабе времени и с привязкой к условиям реального производства;

- метод привязки угловых размеров к 24-х гранной призме 1-го разряда и лазерному интерферометру, обеспечивающий генерацию эталонной горизонтальной угловой координаты 3D компаратора;

- метод исследований 2D МКСИ с использованием одного ЛИ;

- метод исследований вертикальных угловых измерительных систем с использованием линейной меры и координатно-чувствительного приемника излучения;

- метод повышения точности исследований за счет обеспечения единой метрологической базы (одной установки МКСИ при исследованиях его линейных, вертикальных и горизонтальных угловых параметров в сферической системе координат;

- метод привязки штрих-кодовых шкал к опорной пятке (основанию) рейки, обеспечивающий повышение точности за счет контроля результатов полевых измерений;

- метод привязки горизонтальной и вертикальной проекций замкнутых поли-гонов к длине эталонного жезла, неподвижным маркам и углам эталонной призмы-многогранника;

- метод при исследованиях измерительных систем с цифровыми нивелирами (ИСЦН) и штрих-кодовой рейкой с двумя пятками, позволяющий контролировать и учитывать в производственных условиях поправки по результатам калибровки длины реек в полевых условиях;

- трилатерационный метод исследований горизонтальных углов с композитным жезлом, в котором устранено влияние рефракции на длину эталона;

- методы исследований, исключаящие влияние эксцентриситетов эталонной призмы

и исследуемого МКСИ;

- метод повышения точности измерений на основе искусственной нейронной сети.

Предложенные новые методы и алгоритмы на базе разработанных математических моделей интегрируют в себе научно-обоснованные методики исследований МКСИ как средств измерений, основаны на выявлении погрешностей угловых и линейных измерительных систем и их взаимного расположения в трехмерном пространстве.

Практическая значимость результатов исследований.

Результаты исследований могут быть использованы в машиностроении, атомной, космической, авиационной, геодезической и других отраслях отечественной промышленности при изготовлении крупногабаритных сложнопрофильных деталей и изделий для контроля пространственных координат точек согласно их математических моделей.

Результаты работы внедрены в аккредитованную метрологическую службу МИИГАиК, поверочная установка внесена в Госреестр средств и допущена к применению в РФ (сертификат об утверждении типа средств измерений RU.E.27.004A №24762).

Авторские предложения в качестве программ и методик измерений используются в ФГУП «РКЦ им. М.В. Хруничева» при проверке координат стапельной оснастки (Справка о внедрении №МС/30 от 06.05.2021 г.). Методики измерений аттестованы и внедрены в производство ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД» (Справка о внедрении №192/1176 от 24.02.2016). Результаты калибровки используются на предприятиях отечественной промышленности, в том числе АО «НИИИзмерения» (Справка о внедрении №32/100 от 19.02.2019), ФГУП «ГосНИИАС» (Справка о внедрении № 7050-06-04 от 17.06.2021), ПАО «Силовые машины» (Справка о внедрении №178 от 10.06.2021). На основе проведенных исследований на разработанном 3D оптико-электронном комплексе были выполнены исследования 1D координатных средств измерений (измерительных систем с цифровыми нивелирами), по которым ООО «Компания «КРЕДО-ДИАЛОГ» разработала программную опцию «Комплекты нивелир-рейка», широко используемую в отечественной промышленности (Справка о внедрении № 328/12 от 24.12.2021), ФГБОУ ВО «МИИГАиК» (Справка о внедрении №77-03/31 от 29.03.2016).

Ценность научных работ соискателя ученой степени.

В диссертационной работе на основе новых технических решений создания и закрепления эталонной системы координат для исследований 1D÷3D МКСИ разработана научно-техническая база, позволяющая повысить точность измерения геометрических величин крупногабаритных объектов.

Выполненные исследования позволяют на новой научно-технологической основе усовершенствованных методов и средств их технической реализации повысить точность и диапазоны исследований современных 1D÷3D МКСИ для координатных измерений.

В диссертации использованы материалы и отдельные результаты научных работ.

При проведении научных изысканий автором использованы материалы публикаций зарубежных авторов: Mikko Takalo and Paavo Rouhiainen, Georg Gassner, Robert Ruland, Brendan Dix, Woschitz, H. and Brunner, F.K., J.F.Ouyang, W.L.Liu, D.X.Sun, Y.G.Yan, J. Conte, J. Santolaria, A.C. Majarina, S. Aguado, Самойленко А.Н., Монюк Б.Е., а также работ, выполненных отечественными учеными и исследователями

МИИГАиК: под руководством проф. Плотникова В.С., проф. Якушенкова Ю.Г., проф. Ямбаева Х.К. и проф. Парвулюсова Ю.Б., ЦНИИГАиК: Спиридоновым А.И..

Научная специальность и отрасль науки, которым соответствует диссертация.

По содержанию материалов диссертационная работа соответствует пунктам паспорта специальности 2.2.4 «Приборы и методы измерения (по видам измерений):

п.1. Создание новых научных, технических и нормативно-технических решений, обеспечивающих повышение качества продукции, связанных с измерениями механических величин, времени и частоты, тепловых величин, электрических и магнитных величин, аналитических и структурноаналитических величин (состава, свойств и структуры веществ и материалов).

п 2. Совершенствование научно-технических, технико-экономических и других видов метрологического обеспечения измерений для повышения эффективности производства современных изделий, качество которых зависит от точности, диапазонности, воспроизводимости измерений величин, перечисленных в п.1, а также их сохраняемости на заданном промежутке времени.

п 5. Разработка или совершенствование существующих методов и способов обеспечения единства измерений в области измерений, относящихся к п.1.

паспорта научной специальности 2.2.4 «Приборы и методы измерения (по видам измерений).

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем ученой степени доктора наук.

По теме исследования опубликовано более 55 печатных работ, в том числе 21 из них в изданиях, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора наук утвержденных распоряжением Минобрнауки России от 28.12.2018 № 90-р, 3 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ, 13 патентов РФ на изобретения, созданные автором лично и в соавторстве. Материалы работы автором докладывались на 22-х научных общероссийских и международных конференциях. Вследствие обсуждения диссертации и опубликованных по теме работ, сделан вывод о полноте изложения в них научных результатов, полученных соискателем в диссертации.

Соответствие диссертации предъявляемым требованиям.

Диссертационная работа соответствует критериям п.п. 9-11, 13, 14 Положения о присуждении учёных степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к диссертациям и является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно-обоснованные технические и технологические решения, повышающие точность измерений пространственных координат мобильными оптико-электронными средствами измерений, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие прецизионных измерений в различных отраслях отечественной промышленности.

Диссертация на тему «Оптико-электронный комплекс для исследований мобильных координатных средств измерений» соискателя Голыгина Николая Христофоровича рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора **технических наук** по специальности 2.2.4 «Приборы и методы измерения (по видам измерений)».

Заключение принято на расширенном заседании кафедры проектирования оптических приборов МИИГАиК в присутствии представителей кафедр прикладной оптики, оптико-электронных приборов и информационно-измерительных систем.

Присутствовало на заседании 13 чел. Голосовали 9 чел. Результаты голосования: «за» - 9 чел., «против» - нет, «воздержались» - нет, протокол № 3 от 21 ноября 2023 г.



21.11.23, Парвулюсов Ю.Б., канд. техн. наук, профессор,
зав. кафедрой Проектирования оптических приборов



УТВЕРЖДАЮ

Директор ФГБУ «ВНИИМС»

С.А. Денисенко

18 / 18 марта 2024 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения «Всероссийский
научно-исследовательский институт метрологической службы»
(ФГБУ «ВНИИМС»)

Диссертация на тему «Оптико-электронный комплекс для исследований мобильных координатных средств измерений» выполнена в ФГБУ «ВНИИМС» совместно с ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии» (МИИГАиК).

В период подготовки диссертации соискатель Голыгин Николай Христофорович работал в Московском государственном университете геодезии и картографии на кафедре Проектирования оптических приборов в должности доцента. В указанный период он был оформлен во ВНИИМС в качестве соискателя для проведения теоретических и экспериментальных работ по тематике диссертации на эталонной базе совместной лаборатории эталонов ВНИИМС-МИИГАиК, созданной по распоряжению начальника Управления метрологии РОССТАНДАРТа, а также соглашения о научно-техническом сотрудничестве между ВНИИМС и МИИГАиК №8/07-х от 30 марта 2007 года.

В 1979 году Н.Х. Голыгин окончил МИИГАиК по специальности «Оптико-электронные приборы». В 1991 году защитил кандидатскую диссертацию по специальности 05.11.16 – «Информационно-измерительные системы (машиностроение)» на тему: «Погрешности информационно-измерительных систем с голографическими решетками при измерении линейных размеров в машиностроении» в Московском станкостроительном университете.

Научный консультант - д-р техн. наук, профессор Лысенко Валерий Григорьевич, работает в должности главного научного сотрудника ФГБУ «ВНИИМС».

Диссертация рассмотрена и обсуждена на специальном заседании сотрудников ВНИИМС и приглашённых ВНИИОФИ, протокол от 15.03.24 г. При обсуждении диссертации присутствовали:

сотрудники ВНИИМС: Исаев Л.К., д.т.н., профессор – председатель секции НТС; Табачникова Н.А., к.т.н., зам. нач. отд. 203 – ученый секретарь секции НТС; Кузин А.Ю., д.т.н., проф. зам. директора; Булыгин Ф.В., д.т.н., проф, зам. директора; Козлов А.Д. д.т.н., проф. рук. ГНМЦ ССД.; Лысенко В.Г., д.т.н., профессор, главный научный сотрудник; Жданкин С.С., к.т.н., нач. отдела, Бабаджанова М.Л. к.т.н., нач. отдела, Новиков Д.А. к.т.н., нач. лаборатории, Иващук В.Д. д.ф.-м.н., в.н.с.

Приглашённые: Минаев В.Л. д.т.н., нач. отделения ВНИИОФИ, Анисимова Л.Н. учёный секретарь НТС ВНИИОФИ.

Из общего числа присутствующих - 7 докторов наук по специальности 2.2.4 – приборы и методы измерения (по видам измерений).

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Проблематика и актуальность исследования.

В последние десятилетия существенно возросли требования к точности измерений конструктивных элементов крупногабаритных объектов с использованием мобильных координатных оптико-электронных средств измерений (МКСИ), использующих электромагнитное излучение оптического диапазона (в видимой и инфракрасной областях спектра длин волн гелий-неоновых и полупроводниковых лазерных источников излучения).

Такие технологии измерений используются в атомной, авиационной, космической, оборонной, автомобильной, приборостроительной, геодезической и других отраслях отечественной промышленности. Это связано с необходимостью постоянного контроля за соответствием геометрических величин конструктивных элементов крупногабаритных объектов величинам, утвержденным в конструкторской документации.

Проведенные автором патентные исследования по литературным источникам показали, что до настоящего времени в отечественной практике прецизионного машиностроения и ряде других отраслей отечественной промышленности не разработаны подходы к оценке точности измерений, проводимых с использованием МКСИ при определении геометрических величин конструктивных элементов крупногабаритных объектов в любой точке заявленного пространства измерений.

Следует также учитывать, что одной из существенных актуальных научных проблем в данной области исследований является учет влияния погрешностей внешних условий, связанных с распространением излучения в производственной среде.

Погрешность исследований МКСИ вносит дополнительную погрешность в измерения геометрических размеров изделий, подвергающихся воздействию внешней среды в ходе их эксплуатации.

Представленные в диссертации исследования обеспечивают повышение точности и достоверности измерения геометрических величин изделий, выполненных МКСИ, на основе предложенных Голыгиным Н.Х. новых научно-обоснованных технических и технологических решений контроля их метрологических характеристик.

Объектом исследований является научно-техническая база методов и прецизионных средств измерений для определения и устранения погрешности мобильных оптико-электронных 1D÷3D координатных средств измерений (лазерных трекеров, электронных тахеометров, измерительных систем с цифровыми нивелирами и др.) в любой точке заявленного пространства измерений.

Предметом исследования является разработанный универсальный пространственный оптико-электронный комплекс для исследований широкой гаммы мобильных 1D÷3D оптико-электронных средств измерений при решении научных и практических задач в критических технологиях отечественного производства.

Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации. Лично автором разработаны научно-технические и технологические решения, включая научно-обоснованные методы, устройства, алгоритмы и программы для ЭВМ, в соответствии с которыми реализован пространственный оптико-электронный комплекс для исследований МКСИ:

- предложен и практически реализован метод с использованием двух эталонных мер, расположенных параллельно и на известном расстоянии от измерительного канала, исследуемого МКСИ, позволяющий исключить влияние на точность измерений погрешности Аббе 1-го рода,
- метод умножения перемещений в измерительном канале МКСИ, позволяющий выполнять исследования больших линейных размеров, при этом диапазон исследований длины МКСИ в два раза больше перемещения линейного эталона, и повышающий точность исследований за счет уменьшения длины направляющих прямолинейного перемещения каретки с эталоном и учета внешних условий,
- метод исследований МКСИ с одновременным использованием эталонного инварного жезла и лазерного интерферометра, позволяющий исключить влияние на погрешность исследований кратковременных отклонений температуры в зоне измерений,
- трилатерационный метод исследований вертикальных углов, линейных размеров и перемещений, позволяющий по предварительно откалиброванной по длине линейной измерительной системе повысить точность исследований,
- метод исследований измерительных систем «цифровой нивелир + штрих-кодовая рейка с двумя пятками», позволяющий учитывать результаты исследований в полевых условиях, -разработан нейросетевой алгоритм на

основе гиперболического тангенса, позволяющий сократить количество итераций при обработке результатов

исследований и аппроксимировать полученную функцию систематической погрешности исследуемых МКСИ,

- разработана и реализована оригинальная методика определения поправок, используемая в производстве для учета поправок при нивелировании измерительными системами с цифровым нивелиром,

- разработаны компараторы для исследований горизонтальных и вертикальных угловых измерительных преобразователей перемещений, используемых в МКСИ, а также измерительных систем с цифровыми нивелирами (ИСЦН).

Степень достоверности результатов исследований.

Достоверность полученных результатов теоретических исследований подтверждается многократными практическими исследованиями точности измерений, МКСИ в лабораторных и производственных условиях, а также результатами прикладных НИР по заданию производственных предприятий.

Новизна результатов исследований.

Разработанный оптико-электронный комплекс для исследований мобильных координатных средств измерений основан на новых научных разработках, обеспечивающих единство пространственных 1D÷3D координатных измерений оптико-электронными координатными средствами измерений координат в любой точке заявленного производителями МКСИ пространства измерений:

- метод с использованием двух линейных эталонных мер, расположенных параллельно и на известном расстоянии от измерительного канала, исследуемого МКСИ, позволяющий максимально исключить несоблюдение принципа Аббе первого рода при исследованиях (особенно при коротких направляющих не всегда возможно совместить на одной линии осей исследуемого МКСИ и эталона);

- метод умножения длины в измерительном канале МКСИ, позволяющий при коротких направляющих прямолинейного перемещения измерять длины вдвое больше перемещений линейного эталона;

- метод исследований линейных измерительных систем МКСИ в диапазоне до 50-ти и более метров с одновременным использованием эталонных инварного жезла и лазерного интерферометра (ЛИ), позволяющий исключить влияние рефракции;

- методы исследования циклической погрешности измерений;

- методы прецизионных измерений вертикальных размеров, позволяющие выполнять объективный контроль размеров в реальном масштабе времени и с привязкой к условиям реального производства;

- метод привязки угловых размеров к 24-х -гранной призме 1-го разряда и лазерному интерферометру, обеспечивающий генерацию эталонной горизонтальной угловой координаты 3D компаратора;

- метод исследований 2D МКСИ с использованием одного ЛИ;

24.02.2016). Результаты калибровки используются на предприятиях отечественной промышленности, в том числе АО «НИИИзмерения» (Справка о внедрении №32/100 от 19.02.2019), ФГУП «ГосНИИАС» (Справка о внедрении № 7050-06-04 от 17.06.2021), ПАО «Силовые машины» (Справка о внедрении №178 от 10.06.2021). На основе проведенных исследований на разработанном 3D оптико-электронном комплексе были выполнены исследования 1D координатных средств измерений (измерительных систем с цифровыми нивелирами), по которым ООО «Компания «КРЕДО-ДИАЛОГ» разработала программную опцию «Комплекты нивелир-рейка», широко используемую в отечественной промышленности (Справка о внедрении № 328/12 от 24.12.2021), ФГБОУ ВО «МИИГАиК» (Справка о внедрении №77-03/31 от 29.03.2016).

Ценность научных работ соискателя ученой степени.

В диссертационной работе на основе новых технических решений создания и закрепления эталонной системы координат для исследований 1D÷3D МКСИ разработана научно-техническая база, позволяющая повысить точность измерения геометрических величин крупногабаритных объектов.

Выполненные исследования позволяют на новой научно-технологической основе усовершенствованных методов и средств их технической реализации повысить точность и диапазоны исследований современных 1D÷3D МКСИ для координатных измерений.

В диссертации использованы материалы и отдельные результаты научных работ.

При проведении научных изысканий автором использованы материалы публикаций зарубежных авторов: Mikko Takalo and Paavo Rouhiainen, Georg Gassner, Robert Ruland, Brendan Dix, Woschitz, H. and Brunner, F.K., J.F.Ouyang, W.L.Liu, D.X.Sun, Y.G.Yan, J. Conte, J. Santolaria, A.C. Majarina, S. Aguado, Самойленко А.Н., Монюк Б.Е , а также работ, выполненных отечественными учеными и исследователями МИИГАиК под руководством проф. Плотникова В.С., проф. Якушенкова Ю.Г., проф. Ямбаева Х.К. и проф. Парвулюсова Ю.Б., ЦНИИГАиК: Спиридоновым А.И.

Научная специальность и отрасль науки, которым соответствует диссертация. По содержанию материалов диссертационная работа соответствует:

П.1. Создание новых научных, технических и нормативно-технических решений, обеспечивающих повышение качества продукции, связанных с измерениями механических величин, времени и частоты, тепловых величин, электрических и магнитных величин, аналитических и структурно-аналитических величин (состава, свойств и структуры веществ и материалов).

П.2. Совершенствование научно-технических, технико-экономических и других видов метрологического обеспечения измерений для повышения эффективности производства современных изделий, качество которых зависит от точности, диапазонности, воспроизводимости измерений величин,

перечисленных в п.1, а также их сохраняемости на заданном промежутке времени.

П 5. Разработка или совершенствование существующих методов и способов обеспечения единства измерений в области измерений, относящихся к п.1 паспорта научной специальности 2.2.4 «Приборы и методы измерения (по видам измерений)».

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем ученой степени доктора наук.

По теме исследования опубликовано более 55 печатных работ, в том числе 21 из них в изданиях, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора наук утвержденных распоряжением Минобрнауки России от 28.12.2018 № 90-р, 3 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ, 13 патентов РФ на изобретения, созданные автором лично и в соавторстве. Материалы работы автором докладывались на 22-х научных общероссийских и международных конференциях. Вследствие обсуждения диссертации и опубликованных по теме работ, сделан вывод о полноте изложения в них научных результатов, полученных соискателем в диссертации.

Соответствие диссертации предъявляемым требованиям.

Диссертационная работа соответствует критериям п.п. 9-11, 13, 14 Положения о присуждении учёных степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к диссертациям и является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно-обоснованные технические и технологические решения, повышающие точность измерений пространственных координат мобильными оптико-электронными средствами измерений, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие прецизионных измерений в различных отраслях отечественной промышленности.

Диссертация на тему «Оптико-электронный комплекс для исследований мобильных координатных средств измерений» соискателя Голыгина Николая Христофоровича рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.4 «Приборы и методы измерения (по видам измерений)».

Заключение принято на специальном заседании специалистов ВНИИМС и приглашённых ВНИИОФИ.

Присутствовало на заседании 12 чел. Голосовали 9 чел. Результаты голосования: «за» - 9 чел., «против» - нет, «воздержались» - нет, протокол от 15.03.2024 г.

Заместитель директора ФГБУ «ВНИИМС»,
д.т.н., профессор

А.Ю. Кузин
15.03.2024г.