

В диссертационный совет Д 32.1.009.01 при
Федеральном бюджетном учреждении «Научно-
исследовательский центр прикладной метрологии
Ростест (ФБУ НИЦ ПМ Ростест)» по адресу:
19361, г. Москва, ул. Озёрная д.46

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук по специальности 05.11.16 (2.2.11) – Информационно-измерительные и управляющие системы, доцента, профессора кафедры Измерительных информационных систем и технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Московский государственный технологический университет "СТАНКИН" (ФГАОУ ВО "МГТУ "СТАНКИН")

Мастеренко Дмитрия Александровича

на диссертационную работу Голыгина Николая Христофоровича на тему «Опτικο-электронный комплекс для исследований мобильных координатных средств измерений», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.4 – Приборы и методы измерения (по видам измерений)

На основании рекомендаций оппоненту, предусмотренных Положением о присуждении учёных степеней, официальным оппонентом были изучены диссертация и опубликованные работы по теме диссертации с целью оценки актуальности избранной темы, степени обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверности и новизны, на основании чего сформулировано заключение о соответствии диссертации критериям, установленным указанным Положением.

В результате изучения текста диссертации, автореферата и основных публикаций диссертанта Голыгина Николая Христофоровича официальным оппонентом установлено следующее.

Актуальность темы диссертации

В условиях импортозамещения в отечественной промышленности, при создании новых высокотехнологичных производств прецизионного машиностроения, авиакосмической, судостроительной, атомной, энергетической промышленности, оборонно-промышленного комплекса страны (при контроле пространственных координат на сложных объектах в соответствии с их математическими моделями, например, параметров крупногабаритных турбинных лопаток, зубчатых колес, отклонений формы и расположения отдельных элементов, при определении взаимного расположения основных осей летальных аппаратов, прецизионных габаритов судов, элементы атомных реакторов и т.д.), а также в геодезии, при применении лазерных мобильных оптико-электронных многокоординатных средств измерений (МКСИ) **актуальными являются вопросы исследований погрешности измерений (ПИ) ими пространственных координат** – декартовых (X, Y, Z) и/или сферических (L, β, γ) (длины L , горизонтальных β и вертикальных γ углов), как в нормальных, так и в производственных условиях, в любой точке рабочего пространства МКСИ, особенно в тех случаях, когда обеспечение эксплуатационных свойств (показателей качества) конечных изделий существенно (критически) зависит от точности измерений координат обрабатываемых поверхностей изделий.

В диссертации отмечается, что разработке методов и устройств для исследований оптико-электронных средств измерений (СИ) посвящено значительное количество публикаций зарубежных авторов из США, Южной Кореи, Германии, Испании, а среди отечественных авторов – работы ученых и исследователей в МИИГАиК под руководством профессоров Плотникова В.С., Якушенкова Ю.Г. и Парвулюсова Ю.Б., в ЦНИИГАиК – Спиридонова А.И. Исследованию МКСИ также посвящены труды проф. Соломатина В.А. и к.т.н. Шилина В.А. (МИИГАиК), к.т.н. Митрофанова С.С. (ЛИТМО), д.т.н. Преснухина

Л.Н. и Мироненко А.В. (МВТУ им. Н.Э. Баумана), д.т.н. Турухано Б.Г. (ЛИЯФ), д.т.н. Лысенко В.Г. (ВНИИМС), д.т.н. Телешевского В.И. и к.т.н. Серебрякова В.П. (СТАНКИН) и др. Отмечено также наличие международных нормативных документов по исследованию координатных СИ (ASME B89.4.19 (США), ISO 10360-10 и др.), в которых описаны методы исследований координатных СИ на заданном ограниченном пространстве, длин аттестованных артефактов, КИМ и др.

Однако в перечисленных исследованиях и документах практически не затрагиваются вопросы, связанные с выявлением действительных значений погрешностей измерений координат с помощью МКСИ в любой точке заявленного пространства измерений, причём как в нормальных (лабораторных), так и в производственных условиях. Выполненные ранее как отечественные, так и зарубежные исследования преимущественно нацелены на выявление погрешности измерений МКСИ по двухточечной схеме измерений (например, с помощью набора аттестованных по длине рабочих эталонов) в ограниченном количестве контролируемых точек, недостаточном при обеспечении точности измерений в критических прецизионных технологиях отечественного производства, для которых необходимо знание точности измерений координат в любой точке 3-мерного пространства.

Из вышесказанного следует актуальная необходимость создания **научно-технической основы для генерации эталонной системы пространственных координат**, при помощи которой могут выполняться метрологическое обслуживание и исследования МКСИ, включая калибровку и поверку, а также испытания с целью утверждения типа СИ. В рассматриваемой диссертационной работе разработана такая основа и её реализация в виде прецизионного оптико-электронного комплекса для исследований координатных средств измерений, в котором генерируются сферические координаты (длина радиуса-вектора, горизонтальные и вертикальные углы), исследованы его научно-технические аспекты. Комплекс позволяет выявить погрешность измерений длин и углов в широких диапазонах в любой точке заявленного пространства измерений как в

нормальных, так и в цеховых условиях. Таким образом, тема работы является **актуальной**.

Целью данной диссертации является создание научно-технической основы для механической реализации генерации (воспроизведения) эталонной системы пространственных координат для метрологического обслуживания и исследований прецизионных 1D÷3D мобильных координатных средств измерений: испытаний, калибровки, поверки, передачи единицы длины к МКСИ и компенсации (уменьшения в 2÷3 раза) систематической и минимизации случайной погрешностей МКСИ в сферической системе координат в любой точке заявленного пространства измерений как в нормальных (лабораторных), так и в производственных (цеховых) условиях высокотехнологичных производств крупногабаритных сложнопрофильных изделий прецизионного машиностроения, в космической, автомобильной, атомной, авиационной, оборонной, приборостроительной промышленности, геодезии и других отраслях реального сектора экономики, где от точности измерений координат обработанных поверхностей при изготовлении изделий критически зависят их эксплуатационные свойства.

Для достижения сформулированной выше цели в диссертации были поставлены следующие **основные задачи**:

1. На основе разработанных в диссертации математических моделей измерений современными 1D÷3D координатными средствами измерений теоретически обосновать требования к эталонной системе координат для их исследований и на ее основе сформулировать требования к оптико-электронному комплексу (его метрологическим характеристикам – погрешностям измерения длин и углов) для исследований МКСИ.

2. На основе анализа сформулированного бюджета погрешностей выявить влияние инструментальных, методических составляющих погрешностей и погрешностей внешних условий на результаты измерений при метрологическом обслуживании оптико-электронных МКСИ.

3. Разработать методы и устройства (средства) в составе оптико-электронного комплекса для исследований 3D МКСИ, позволяющие исследовать их метрологические характеристики (погрешности измерений длин и углов) как в лабораторных, так и в производственных (цеховых) условиях в любой точке рабочего пространства измерений.

4. Разработать методы и устройства (средства) в составе оптико-электронного комплекса для исследований 1-координатных СИ (как следствие распространения теории 3D-измерений на специфику геодезических измерений), позволяющие выявлять их метрологические характеристики как в лабораторных, так и в производственных условиях в любой точке пространства измерений.

5. Разработать методы, средства и алгоритмы минимизации случайных и компенсации систематических аппаратурных и методических составляющих погрешностей измерений (ПИ) при создании (специальных) рабочих эталонов линейных и угловых величин, обеспечивающих требуемый уровень точности их воспроизведения.

6. Выполнить экспериментальные исследования по подтверждению адекватности разработанных математических моделей их физическому аналогу – созданному оптико-электронному комплексу для исследований 1D÷3D координатных средств измерений (МКСИ).

Структура и содержание работы

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, приложений, списка литературы, включающего 178 наименований, изложена на 201 странице основного текста, содержит 97 рисунков.

Во введении автором обоснованы актуальность темы и необходимость выявления погрешности измерения МКСИ пространственных координат в неограниченном количестве исследуемых точек, доказана необходимость создания оптико-электронного комплекса для исследований МКСИ, их испытаний, поверки и калибровки, а также для использования результатов исследований в высокотехнологичных отраслях отечественного производства.

В первой главе проведен анализ методов и средств исследований координатных СИ и дана оценка возможности применения таких методов и средств для выявления точности измерений пространственных координат изделий сложной формы в машиностроении, атомной, авиационной и других отраслях отечественной промышленности. Показано, что в настоящее время в отечественной практике отсутствует научно-обоснованная методология метрологического обеспечения дорогостоящих мобильных координатных средств измерений (лазерных трекеров, электронных тахеометров, измерительных систем с цифровыми нивелирами и других), как в нормальных (лабораторных) условиях, так и в условиях реального производства. Доказана необходимость создания оптико-электронного комплекса, что особенно важно в современных условиях для импортозамещения, поскольку для зарубежных производителей вопрос метрологического обеспечения указанных МКСИ является предметом ноу-хау их сервисных служб.

Во второй главе изложены результаты научных исследований погрешностей МКСИ в условиях реального производства, в которых выявлено влияние градиента температуры при различных его значениях на интерференционные и материальные (вещественные) эталоны длины, разработана методология исследований сферических координат для 3D МКСИ, описаны разработанные применительно к условиям отечественного производства линейные и угловые компараторы, функционально объединенные в оптико-электронный комплекс (ОЭК) для контроля линейности шкал МКСИ и ортогональности его прямоугольных координат в соответствии с отечественными и международными нормативными документами, а также разработаны методы обработки результатов измерений на основе аффинных преобразований, дискретного преобразования Фурье и построения искусственной нейронной сети, позволяющие в результате калибровки исключать методические погрешности из результатов измерений при метрологических исследованиях МКСИ.

В третьей главе на основе созданного оптико-электронного комплекса разработаны методы и средства исследований 1D (как частный случай общей методологии 3D измерительных систем) измерительных геодезических систем с

цифровыми нивелирами (ИСЦН), позволяющие с привязкой к основанию рейки выполнять калибровку ИСЦН, проводить исследования приближенно к производственным условиям с контролем и введением поправок за калибровку.

В четвертой главе представлены результаты экспериментальных исследований, подтверждающие теоретические исследования в соответствии с разработанными во второй и третьей главах математическими моделями измерений: исследование погрешности измерений в диапазоне до 48-ми метров на 24-х метровом линейном компараторе, горизонтальных углов в диапазоне $0\div360^\circ$, вертикальных углов в диапазоне $\pm50^\circ$, выполнена аттестация модернизированного линейного компаратора с помощью исходного по точности пространственного эталона – лазерного трессера фирмы «Etalon» (Германия) и угловых компараторов с помощью лазерного интерферометра и электронного тахеометра 1-го разряда.

В заключении сформулированы основные выводы и рекомендации диссертации.

Автореферат и публикации в полной мере отражают основные положения, выводы и рекомендации диссертационной работы. Диссертационная работа имеет достаточную степень апробации.

Соответствие содержания диссертации заявленной специальности и теме диссертации

Диссертация и научные результаты, выносимые на защиту, соответствуют теме исследования и заявленной научной специальности 2.2.4 – Приборы и методы измерения (по видам измерений) по следующим пунктам паспорта специальности:

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

Соответствие автореферата диссертации её содержанию

Автореферат содержит общую характеристику работы, основное её содержание и результаты, заключение и список работ, опубликованных по теме диссертации, раскрывает основные положения работы, выводы и рекомендации и в целом соответствует диссертации и основным научным публикациям диссертанта.

Научная новизна диссертации заключается в создании основанного на разработанных математических и физических моделях измерений научно обоснованного программно-методического 3D-оптико-электронного комплекса, генерирующего (воспроизводящего) эталонные сферические координаты для исследований и передачи единицы длины и угла от первичных эталонов к МКСИ, при разработке которого получены новые знания в части достижения современного уровня точности измерений в нормальных и производственных условиях, а также новой возможности использования его для исследований 1D МКСИ.

Теоретически обоснованный и механически реализованный оптико-электронный комплекс для исследований мобильных координатных средств измерений, в котором обеспечивается единство пространственных 1D÷3D измерений оптико-электронными координатными СИ координат в любой точке пространства и осуществляется привязка результатов линейных и угловых измерений к соответствующим эталонам, регламентированная соответствующими поверочными схемами (к интерферометру перемещений в составе ГЭТ 192, эталонному геодезическому жезлу 1-го разряда, эталонной 24-гранной призме 1-го разряда), основан на новых научных разработках:

- методе измерений с использованием двух линейных эталонных мер, расположенных параллельно на известном расстоянии от измерительного канала исследуемого МКСИ, позволяющем максимально исключить влияние несоблюдения принципа Аббе с целью повышения точности измерений при исследованиях МКСИ, что особенно важно при коротких направляющих, не всегда дающих возможность совместить на одной линии оси исследуемого МКСИ и эталона;

- методе умножения длины в измерительном канале МКСИ, позволяющем измерять длины (линейные координаты сферической системы координат) вдвое больше перемещений линейного эталона и исключить влияние градиента температуры на точность измерений;
- методе исследований линейных измерительных систем МКСИ в диапазоне до 48 метров с одновременным использованием эталонных СИ – инварного геодезического жезла и лазерного интерферометра (ЛИ), позволяющем уменьшить (компенсировать) влияние рефракции на интерференционные измерения благодаря использованию явлений различной физической природы, формирующих систематические погрешности при измерениях;
- методах исследования циклической погрешности измерений, позволяющих получить информацию о погрешности измерений в любой точке заявленного пространства измерений;
- методах прецизионных измерений вертикальных размеров, позволяющих выполнять объективный контроль размеров в реальном масштабе времени и с привязкой к условиям реального производства;
- методе привязки угловых размеров к рабочему эталону - 24-хгранной призме 1-го разряда и эталонному ЛИ, обеспечивающим генерацию (воспроизведение) эталонной горизонтальной угловой координаты 3D компаратора;
- методе исследований 2D МКСИ с использованием одного лазерного интерферометра ЛИ;
- методе исследований вертикальных угловых измерительных систем с использованием линейной меры и координатно-чувствительного приемника излучения;
- методе повышения точности исследований посредством обеспечения единой метрологической базы (одной установки МКСИ при исследованиях его линейных, вертикальных и горизонтальных угловых параметров в сферической системе координат);
- методе привязки штрих-кодовых шкал к основанию рейки, обеспечивающем повышение точности за счет контроля результатов полевых измерений в геодезии;

- методе привязки горизонтальной и вертикальной проекции замкнутых полигонов к длине эталонного жезла, неподвижным маркам и углам эталонной призмы-многогранника;
- методе исследований измерительных систем с цифровыми нивелирами (ИСЦН) и штрих-кодовой рейкой с двумя пятками, позволяющем контролировать и учитывать в производственных условиях поправки по результатам калибровки длины реек (как распространении разработанной общей методологии 3D измерений на 1D измерения в геодезии),
- трилатерационном методе исследований горизонтальных углов с композитным жезлом, в котором компенсируется (минимизируется) влияние рефракции на длину эталона,
- методы исследований, исключаящие влияние эксцентриситетов эталонной призмы и исследуемого МКСИ,
- методе повышения точности измерений на основе искусственной нейронной сети.

Диссертантом теоретически обоснована и экспериментально доказана возможность ухода от двухточечной схемы измерения (поверки, калибровки) для трехкоординатных средств измерений с помощью набора концевых мер, отличающаяся от измерения длины линий в пространстве тем, что определяются сферические и декартовы координаты в любой точке заявленного пространства измерений.

На основе разработанных математических моделей и усовершенствованных методов и средств их технической реализации диссертантом разработана научно-техническая база методов и средств метрологического обеспечения для исследований современных 1D÷3D мобильных координатных средств измерений, повышающая точность и расширение диапазонов прецизионных координатных измерений.

Оппонентом подтверждается, что **теоретическая значимость** диссертации заключается в разработке математических моделей, алгоритмов и технологических принципов, позволяющих выполнять квалификационные исследования МКСИ и применять их для развития координатной метрологии.

Практическая значимость работы состоит в том, что выполненные исследования и разработки позволяют повысить точность измерений пространственных координат точек сложных изделий путем выявления и компенсации систематических и минимизации случайных составляющих погрешностей МКСИ. В настоящее время разработанные угловые и линейные компараторы и алгоритмы расчета ПИ использованы, в том числе, в поверочной установке МИИГАиК УМК-М, прошедшей испытания в целях утверждения типа (№24762 в Госреестре средств измерений), на основе которой метрологическая служба МИИГАиК была аккредитована на право поверки и калибровки 1D÷3D МКСИ (лазерных трекеров, наземных сканеров, электронных тахеометров, измерительных систем с цифровыми нивелирами и др.). Для предприятий отечественной промышленности на требуемом современном уровне точности измерений, было исследовано, поверено и откалибровано более 100 лазерных трекеров и измерительных систем с цифровыми нивелирами. Под руководством автора данной диссертации в рамках хоздоговора была разработана Программа по измерению координат точек откалиброванным на оптико-электронном комплексе лазерным трекером (более 200 точек) самолета с целью определения положений основных его осей, определяющих тангаж, крен и рыскание, позволившая выполнить измерения с коэффициентом запаса, равным двум относительно допуска 0,5 мм в реальных условиях производства.

Оппонент выражает согласие с диссертантом, что методологической основой решения задач диссертационной работы являются:

- результаты анализа опубликованных данных;
- теоретическое обобщение современных достижений в области координатных измерений;
- разработанные математические модели измерений и погрешностей измерений, алгоритмы, а также 13 патентов РФ и 3 программы для ЭВМ, созданные автором лично или в соавторстве.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, которые содержатся в диссертации, подтверждаются внутренней

непротиворечивостью результатов и логической целостностью работы, использованием значительного объема эмпирического материала, широкого представительства анализируемых научных публикаций и не вызывающих сомнения результатов исследований отечественных и зарубежных авторов, законодательных актов и нормативных документов, а также апробацией научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, на 26 всероссийских и международных конференциях. Всего по теме диссертации было проанализировано 178 источников, на основе анализа которых были сформулированы цели и задачи диссертации, направления поиска новых научных знаний в области координатной метрологии и её метрологического обеспечения. Теоретические исследования базируются на использовании современных методов теории математической статистики, теории измерений, обработки результатов измерений с помощью регрессионного анализа, аффинных преобразований, дискретного преобразования Фурье, разработанных алгоритмов искусственных нейронных сетей и аналитической геометрии в пространстве, а также законодательной и прикладной метрологии. Исследования ПИ проводились методами математического моделирования, использовались программы для ЭВМ, заложенные производителями в МКСИ, а также разработанные в процессе выполнения данной работы. При создании образца оптико-электронного комплекса основное внимание уделено выявлению ПИ длин, горизонтальных и вертикальных углов, влиянию внешних условий на ПИ и взаимному расположению ортогональных координат.

Достоверность и новизна положений, выводов, рекомендаций работы

Достоверность результатов диссертационной работы Голыгина Николая Христофоровича базируется на теоретически обоснованных математических моделях, прошедших экспериментальную проверку адекватности основных теоретических положений, на которых основаны методы и средства метрологического обеспечения исследований мобильных координатных средств измерений (МКСИ) и разработанный диссертантом Оптико-электронный комплекс для исследований МКСИ. Достоверность положений и выводов также

обосновывается применением математических и программных методов решения прикладных задач, разработанных программ для ЭВМ, подтверждением результатов экспериментальными измерениями различными методами, а также применением аттестованного измерительного оборудования и методик измерения при проведении экспериментальных исследований. Достоверность рекомендаций работы подтверждается широким внедрением результатов работы, в частности, разработанной в рамках хоздоговора с авиационным предприятием, прошедшей апробацию и внедрение Программы по измерению координат точек откалиброванным на оптико-электронном комплексе лазерным трекером, являющемся разновидностью МКСИ – более 200 критических точек самолета с целью определения положений основных его осей, определяющих тангаж, крен и рыскание, позволившая выполнить измерения с коэффициентом запаса, равным двум относительно допуска 0,5 мм в реальных условиях производства. В плане подтверждения достоверности и новизны положений, выводов и рекомендаций работы имеется целый ряд других внедрений её результатов на предприятиях с высокотехнологичными производствами, где точность измерений применяемых МКСИ существенно определяет требуемые эксплуатационные показатели выпускаемой наукоёмкой продукции.

Достоверность новизны научных положений диссертации заключается в прошедшей апробацию и широкое внедрение на предприятиях высокотехнологичных отраслей промышленности созданной обобщенной методологии координатных измерений, основанной на математических и физических моделях измерений и погрешностей измерений 3D-оптико-электронного комплекса, генерирующего эталонные сферические координаты для исследований и передачи единиц длины и угла от первичных эталонов к МКСИ, обеспечивающего современный уровень точности измерений в нормальных и производственных условиях.

Замечания по диссертационной работе

У оппонента имеются замечания к работе, основные из которых следующие.

1. Недостаточно полно проведён анализ международного опыта метрологического обеспечения мобильных координатных средств измерений.

2. На стр. 86 в формуле (2.9) обозначения переменных в частных производных не совпадают с использованными в предшествующем тексте (n_i, m_i вместо n, m).

3. Не объяснено, почему аттестация на 24-метровом компараторе с помощью лазерного трессера выполнена только до 21-го метра.

4. Замечания, относящиеся к описанию работы с искусственной нейронной сетью:

- на стр. 101 встречается выражение «построением искусственной нейронной сети с гиперболическим тангенсом», на стр. 124, рис. 2.29 – «Аппроксимация функцией гиперболическим тангенсом». По-видимому, оба выражения неверно отражают суть дела, а имеется в виду то, что в нейронной сети применяется функция активации в виде гиперболического тангенса. Это подтверждается рис. 2.30.

- на стр. 153 употреблен термин «нейропрограммирование», который употребляется скорее в психологии и психотерапии (НЛП – нейролингвистическое программирование), а в области искусственных нейронных сетей обычно не используется. Собственно говоря, их использование (включая обучение) программированием и не является.

5. На стр. 101, 102 при пояснении схемы на рис. 2.17 написано: «подаётся команда на двигатель 37, который винтом 41 перемещает каретку 30 по оси Z», однако на рис. 2.17 поз. 41 отсутствует.

6. В формулах на стр. 119, 120, относящихся к дискретному преобразованию Фурье, допущена ошибка: поскольку переменная k изменяется в пределах от 1 до N , а не от 0 до $N-1$, то в аргументах синуса и косинуса должно быть $(k-1)$ вместо k . Впрочем, судя по приведённым далее результатам, вычисления были выполнены правильно, а не по ошибочным формулам.

7. На стр. 132: при описании рис. 3.1 допущен ряд ошибок в указании позиций. В частности, говорится: «Эталонная 2 и исследуемая 4 рейки через сферическую

меру (притертый к их пяткам в середине блок концевых мер) 6», тогда как эталонная рейка – это поз. 5.

8. Градиент температуры в диссертации везде указан в градусах (долях градуса), тогда как по смыслу данного понятия (скорость изменения температуры при изменении пространственного положения) должен быть указан в градусах на единицу расстояния.

9. На рис. 4.5, стр. 145, отсутствуют деления и единицы измерений по обеим осям, так что невозможно интерпретировать рисунок.

10. Общее замечание по главе 4: везде говорится о погрешности измерений, но на части рисунков на вертикальной оси подписано «Неопределённость», причём это обстоятельство никак не комментируется.

11. В работе не обосновано пространственное расположение контрольных марок.

12. Не приведён бюджет суммарной погрешности измерений пространственных координат.

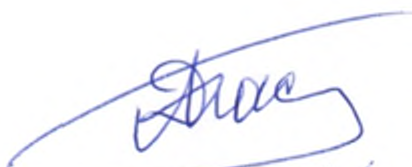
Заключение

Несмотря на указанные недостатки, диссертационная работа Н.Х. Голыгина «Оптико-электронный комплекс для исследований мобильных координатных средств измерений» имеет существенное научное и практическое значение, представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно-обоснованные технические решения по разработке оптико-электронного комплекса для исследований мобильных координатных средств измерений и рекомендации по его использованию, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие теории и практики координатных измерений сложнопрофильных объектов в критических отраслях промышленности. Диссертация соответствует всем требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям согласно п. 9, 10, 13, 14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённому Постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 г. (ред. от 25.01.2024), а её автор – Голыгин Николай Христофорович – заслуживает

присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 2.2.4 –
Приборы и методы измерения (по видам измерений).

Официальный оппонент

доктор технических наук по специальности 05.11.16 (2.2.11) –Информационно-
измерительные и управляющие системы, доцент, профессор кафедры
Измерительных информационных систем и технологий Федерального
государственного автономного образовательного учреждения высшего
образования "Московский государственный технологический университет
"СТАНКИН" (ФГАОУ ВО "МГТУ "СТАНКИН")



16.01.2026

Мастеренко Дмитрий Александрович

Подпись Мастеренко Дмитрия Александровича заверяю:

Подпись руки <u>Мастеренко Д.А.</u> удостоверяю
УДМК ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»
<i>Главный магистр</i>
<i>Куратор</i>

