

О т з ы в

на автореферат диссертационной работы Голыгина Николая Христофоровича на тему «Оптико-электронный комплекс для исследований мобильных координатных средств измерений», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по научной специальности 2.2.4. Приборы и методы измерения (по видам измерений).

Актуальность. Ценность диссертационной работы заключается в решении важной научно-технической проблемы создания научно-технической базы для исследований и испытаний калибровки, поверки, передачи единицы длины мобильных координатных средств измерений (МКСИ) с компенсацией систематической объемной погрешности в сферической системе координат в любой точке пространства измерений с целью метрологического обеспечения высокотехнологичных производств к крупногабаритным изделиям прецизионного машиностроения. Отечественные и зарубежные разработки здесь сегодня направлены на выявление погрешности измерений МКСИ по двухточечной схеме для измерений в ограниченном количестве контролируемых точек, они недостаточны в требуемой точности измерений в критических прецизионных технологиях, прежде всего, отечественного производства, необходимы оценки измерений координат объектов в любой точке 3D пространства.

Методы научного исследования автора базируются на использовании теории математической статистики, теории измерений, обработки результатов с использованием алгоритмов из регрессионного анализа, из аффинных преобразований, из дискретного преобразования Фурье, использования искусственных нейронных сетей и математического моделирования.

Научная новизна диссертационной работы заключается в создании программно-методического 3D-оптико-электронного комплекса, генерирующего эталонные сферические координаты для исследований и передачи единицы длины и угла от первичных эталонов к МКСИ. В диссертации автором получены новые научные результаты:

1. Метод генерации эталонной линейной шкалы измерения пространственных координат на горизонтальном линейном компараторе с двумя эталонными мерами, позволяющий уменьшить погрешности исследований (измерений) за счет устранения влияний отклонений от прямолинейности перемещения отражателя МКСИ и соблюдения принципа Аббе с 4 мкм до 0,2 мкм;
2. Метод генерации эталонной линейной шкалы измерения пространственных координат на горизонтальном линейном компараторе с поворотом направления оси измерительного канала МКСИ на 180 градусов, позволяющий компенсировать погрешности измерений.

- нсировать и минимизировать влияние из внешних условий с увеличением диапазона измерений в 2 раза по сравнению с длиной линейного компаратора;
3. Метод исследований МКСИ с помощью эталонного инварного жезла 1-го разряда и прецизионного лазерного интерферометра, позволяющий минимизировать влияние рефракции на погрешность, обеспечивая погрешность измерений не более: $(0,33+0,66L)$ мкм/м;
4. Метод генерации эталонного горизонтального угла β , позволяющего исследовать погрешности для измерений горизонтальных измерительных систем МКСИ, обеспечивающих измерение горизонтальных углов в пределах $0\div360^\circ$ с погрешностью измерений не более $0,5''$ секунды в сферической системе координат и являющихся достаточным для точности измерений в реальных условиях отечественных технологий;
5. Трилатерационный метод генерации горизонтальных эталонных углов, позволяющий исследовать горизонтальные угловые измерительные системы МКСИ с помощью композитного жезла или лазерного интерферометра по выявлению короткопериодической погрешности не более $0,5''$;
6. Метод к генерации вертикальных углов, позволяющий исследовать вертикальные угловые измерительные системы МКСИ для выявления составляющую погрешностей к вертикальным углам γ в пределах измерений $+77^\circ/-52^\circ$ с погрешностью не более $0,5''$;
7. Созданы математические модели влияния внешних условий на метрологические характеристики материальных эталонов, учитывающих отклонение внешних условий в любой точке диапазона измерений МКСИ, учитывающие отклонения по коэффициентам рефракции для компенсации влияния внешних условий только в месте расположения метеостанции, выявлены диапазоны для отклонений, при которых применение эталонов с оптическими или фотоэлектрическими микроскопами обеспечивает более высокую точность измерений, в сравнении для МКСИ с интерференционным измерителем перемещений при градиенте температуры $\Delta T \leq 0,2^\circ\text{C}$ - более 17-ти метров, при $\Delta T \leq 0,5^\circ\text{C}$ - более 10-ти метров и для $\Delta T \leq 1^\circ\text{C}$ - более 6-ти метров;
8. Разработан метод контроля длины линии в пространстве, как функции от ортогональных координат ΔX , ΔY и ΔZ , обеспечивающий контроль точности по измерениям пространственных координат (X,Y,Z) оптико-электронного комплекса 3D МКСИ в соответствии с нормативным документом ISO 10360-10 с погрешностью измерений для длины линии в пространстве ΔL (мкм) $\leq \pm [8,3\text{мкм} + 1 (\text{мкм/м}) \times L(\text{м})]$ мкм.

Практическая значимость. Полученные результаты позволяют повысить точность измерений пространственных координат точек путем выявления и компенсации для систематических и минимизации случайных составляющих

погрешностей МКСИ. Представленные угловые и линейные компараторы с алгоритмами расчета применены в поверочной установке МИИГАиК УМК-М, необходимы нашим предприятиям нашей отечественной промышленности на требуемом современном уровне точности измерений с авторской Программой по измерению координат точек откалиброванным на оптико-электронном комплексе лазерным трекером (взято было более 200 точек) самолета с целью определения положений его осей, определяющих углы тангажа, крена и курса, позволяющих выполнять измерения с коэффициентом запаса, равным двум относительно допуска 0,5 мм к реальным условиям.

Недостатки. Содержание автореферата имеет следующие недостатки:

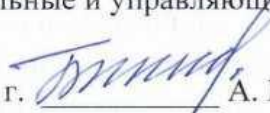
1. Автореферат, на мой взгляд, несколько перегружен уточнением для методов, которые были представлены автором в тексте из диссертации.
2. Часть из подходов можно объединить в методику (из методов) для постановки и проведения вычислительного эксперимента по измерениям.
3. Использование моделей для нейросети и их сравнение с другими.
4. В автореферате (стр. 24-25, 31) рисунки 3,4,9 представлены мелко, также не видно многих из линий изображения, что затрудняет представление из схемы для восприятия информации.
5. Часть информации и некоторых формул можно было объединить.
6. Мелкие символы на осях на рис. 22 и не все надписи на рисунках.

Указанные недостатки и отмеченные замечания не влияют на общую положительную оценку выполненной автором научной работы.

Диссертационная работа выполнена на высоком профессиональном уровне, а автор работы Голыгин Николай Христофорович заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по научной специальности 2.2.4. Приборы и методы измерения (по видам измерений).

Полтавский Александр Васильевич, Институт проблем управления Российской академии наук им. В. А. Трапезникова (ИПУ РАН), ведущий научный сотрудник.

117997, Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная, 65. Институт проблем управления РАН им. В. А. Трапезникова тел. +7495198-17-20, lab-54@b.ru. Шифр и наименование научной специальности в соответствии с номенклатурой, по которой была защищена диссертация лица представившего отзыв 05.11.16 – «Информационно-измерительные и управляющие системы (приборостроение)» д.т.н.

« 14 » 01 2026 г.  А. В. Полтавский

