



Государственная корпорация по космической деятельности «Роскосмос»



Акционерное общество
«Институт навигационных технологий»

Георгиевский проспект, дом 5, пом. 1, ком. 47–61А, этаж 3, г. Зеленоград, г. Москва, 124498,
тел. / факс (495) 944–70–33, эл. адрес: office@inav.ru, веб-сайт: www.inav.ru
ИНН 7735147066, КПП 773501001, ОГРН 1157746879025

Экз. № 1

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора по
науке АО «Институт навигации»,

К.Т.Н., доцент



Л.В. Юрасова

11 ноября 2022 г.

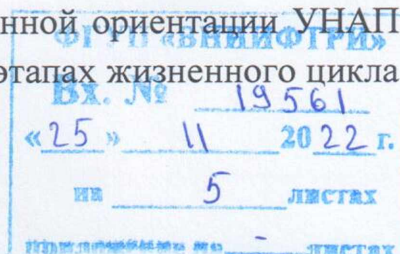
ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Фролова Анатолия Александровича
«Совершенствование методов измерения углов пространственной ориентации
угломерной навигационной аппаратурой потребителя ГЛОНАСС»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 2.2.10 – Метрология и метрологическое обеспечение

Актуальность темы диссертации. Для определения углов пространственной ориентации (курс, крен, тангаж) подвижных объектов на поверхности Земли, акватории мирового океана и в воздушном, околоземном и космическом пространстве, в последнее время активно используется высокоточная угломерная навигационная аппаратура потребителя (УНАП).

Несмотря на наличие рабочего эталона (РЭ) координат местоположения первого разряда, существующие методы и средства оценки точностных характеристик УНАП имеют ряд недостатков:

– средства передачи единицы углов пространственной ориентации УНАП при их непосредственном использовании на различных этапах жизненного цикла



аппаратуры (разработки, изготовления, юстировки на объекте, эксплуатации), не в полной мере соответствуют требованиям потребителей по погрешностям измерений углов пространственной ориентации и своим функциональным возможностям;

- методы и средства оценки точностных характеристик УНАП (составная часть РЭ координат местоположения первого разряда, наклонно-поворотные стенды, высокоточная интегрированная инерциально-спутниковая аппаратура, средства фазовых измерений приращений координат в реальном времени) не обеспечивают возможность проведения работ без снятия аппаратуры (антенных модулей аппаратуры) с объектов;

- для оценки точностных характеристик УНАП в настоящее время нормируется случайная погрешность формирования разности фаз и не нормируется систематическая погрешность.

Также необходимо учесть, что в государственной поверочной схеме для координатно-временных средств измерений отсутствуют эталоны для аттестации составной части (РЭ), используемой для оценки точностных характеристик УНАП.

В сложившейся ситуации диссертационная работа Фролова А.А. направлена на устранение несоответствия требований к определению точностных характеристик УНАП и возможностей существующих методов и средств обеспечения единства координатно-временных измерений, является весьма актуальной.

В работе Фролова А.А. решены **научные задачи** исследования, заключающиеся в разработке методов:

- калибровки имитатора сигналов глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС) в части систематической погрешности формирования разности фаз несущих частот навигационных сигналов на радиочастотных (РЧ) выходах и уточнением модели погрешности;

- передачи единицы плоского угла составной части рабочего эталона координат местоположения, применяемого для измерения углов пространственной ориентации;

- передачи единицы плоского угла УНАП без её демонтажа с объекта в полевых условиях;

- оперативной начальной юстировки УНАП на объекте испытаний (объекте эксплуатации).

Соискатель сформировал логичную структуру исследований в виде пяти последовательно выполненных этапов, на каждом из которых получены значимые научные результаты.

Целью диссертационной работы является повышение точности и оперативности измерений углов курса, крена, тангажа угломерной навигационной аппаратурой потребителя ГЛОНАСС.

Научная новизна полученных в работе результатов исследований заключается в том, что на основе использования методов аппарата математической линейной алгебры, теории цепей, математической статистики и теории погрешности, разработаны:

- новый метод передачи единицы плоского угла рабочим эталонам для координатно-временных средств измерений и УНАП в полевых условиях с использованием высокоточного тахеометра с расширенной неопределенностью $0,35'$;

- новый метод определения калибровочных поправок к воспроизводимым имитатором сигналов разностям фаз несущих частот сигналов навигационных космических аппаратов в имитаторе сигналов ГНСС с расширенной неопределенностью 1° ;

- новый метод начальной юстировки УНАП;

- расширенная модель погрешности воспроизведения разности фаз несущих частот сигналов навигационных космических аппаратов (НКА) имитатором сигналов ГНСС, учитывающая схемотехнические особенности имитатора.

Объектом исследований являются эталоны и высокоточные средства измерений, обеспечивающие уменьшение погрешности измерений углов пространственной ориентации и начальную юстировку УНАП.

Предметом исследований являются методы, обеспечивающие уменьшение погрешности измерений углов пространственной ориентации и начальную юстировку УНАП.

Теоретическая значимость полученных научных результатов заключается в развитии государственных стандартов и методической документации для поверки угломерной аппаратуры различного назначения, в том числе, используемых в составе беспилотных летательных аппаратов.

Практическая значимость полученных результатов исследований заключается:

- в разработке метода измерения разности фаз, формируемой имитатором сигналов ГНСС, для поверки комплекта модернизированной аппаратуры имитации навигационных сигналов ГНСС составной части рабочего эталона координат местоположения первого разряда;

- в создании метода начальной юстировки УНАП на объектах потребителей, реализованного в эксплуатационных документах серийных

образцов угломерной НАП для средств поражения, обеспечения, разведки и использования в составе беспилотных летательных аппаратов;

– в практической реализации метода определения углов пространственной ориентации объекта размещения угломерной НАП с использованием тахеометра, применяемого при поверке инерциальной спутниковой навигационной системы SPAN SE LCI составной части рабочего эталона координат местоположения первого разряда;

– в реализации метода передачи единицы плоского угла от эталона плоского угла с использованием тахеометра угломерной НАП, применяемого при поверке угломерной НАП с использованием комплексов навигационных метрологических специального назначения КПА НАП.

Достоверность и обоснованность полученных результатов и выводов диссертации обеспечена применением при разработке Государственной поверочной схемы для координатно-временных средств измерений (Приказ Росстандарта № 2831 от 29.12.18), Государственного рабочего эталона единиц координат местоположения первого разряда – комплекса эталонного формирования и измерения радионавигационных параметров ЭФИР, ОКР «Метрология-2016», СЧ ОКР «Орт-В» и методиках поверки УНАП различного назначения.

Замечания по автореферату диссертации. В качестве замечаний и предложений можно отметить:

1. В четвертой главе на рисунке 5 отсутствуют обозначения искомых углов: курса (α), крена (γ) и тангажа (β).

2. В формуле 5 при вычислении угла курса плоские углы, измеренные тахеометром, и геодезический азимут участвуют в вычислениях с безразмерной угловой величиной π . Формула 5 не является универсальной, а является частным случаем для рисунка 5, и не позволяет находить решения при другом размещении объектов. Для этого в формуле 5 угол курса должен учитывать, в какой четверти располагается значение геодезического азимута.

Выводы:

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 2.2.10 – «Метрология и метрологическое обеспечение».

Исходя из содержания автореферата, диссертация Фролова А.А. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, обладающую внутренним единством и содержащую решение частных научных задач.

По научному содержанию, глубине и полноте выполненных исследований, а также объему полученных результатов, диссертационное исследование

соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, а ее автор, Фролов А.А., заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.10 – «Метрология и метрологическое обеспечение».

Руководитель проекта
АО «Институт навигации», к.т.н.



М.А. Кондрашин