

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата технических наук, доцента
ПОДРЕЗОВА Сергея Владимировича на диссертацию
ПЕЧЕРИЦЫ Дмитрия Станиславовича на тему
«Метод калибровки навигационной аппаратуры потребителей ГЛОНАСС с
использованием эталонов, прослеживаемых к государственным первичным
эталонам единиц величин», представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности
05.11.15 - Метрология и метрологическое обеспечение

Актуальность темы диссертации.

Актуальность темы диссертации определяется, прежде всего, необходимостью повышения качества метрологического обеспечения потребительского сегмента глобальной навигационной системы ГЛОНАСС в целях выполнения требований Федеральной целевой программы «Поддержания, развития и использования ГЛОНАСС».

Важным направлением работ по метрологическому обеспечению глобальной навигационной системы ГЛОНАСС является оценка характеристик инструментальной погрешности измерений псевдодальности навигационной аппаратуры потребителей (НАП). Достижение потенциальной точности определения местоположения (времени) потребителя непосредственно зависит от инструментальной погрешности измерений псевдодальности НАП, при этом ее значение должно быть существенно меньшее по сравнению с погрешностью измерений за счет космического сегмента и не должна превышать 0.2 м. В настоящее время технические и функциональные характеристики государственных первичных эталонов единиц величин (ГПЭ) ГЭТ 1-2018, ГЭТ 207-2013 при их непосредственном использовании не обеспечивают калибровку НАП с требуемой точностью.

Таким образом, разработка и исследование методов и средств измерений для определения инструментальной погрешности измерения текущих навигационных параметров НАП – **актуальная**, востребованная задача метрологии и радионавигации, что определяет актуальность рецензируемой работы.

Объектом исследований диссертации Д.С. Печерицы являются эталоны и средства измерений, обеспечивающие калибровку НАП системы ГЛОНАСС, методы измерений с их использованием для определения инструментальной погрешности измерения текущих навигационных параметров НАП стали **предметом** исследований.

Целью диссертационной работы является уменьшение погрешности измерения текущих навигационных параметров, вносимой НАП системы ГЛОНАСС.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения. Объем диссертации составляет 123 страницы.

Во введении сформулированы цель и задача диссертационной работы, основные научные результаты, выносимые на защиту, их апробация и практическая значимость, рассмотрено современное состояние обеспечения единства измерений НАП, а также проведен анализ её метрологических характеристик. Сделан вывод о необходимости уменьшения погрешности измерения псевдодальности навигационной аппаратурой с целью достижения потребителями потенциальной точности определения местоположения при приеме сигналов системы ГЛОНАСС с учётом перспектив её развития.

В первой главе проведён анализ существующих методов и средств оценки инструментальной погрешности измерений псевдодальности НАП, а также разработана схема передачи единицы времени от ГПЭ к НАП при измерении задержки навигационного сигнала. В результате анализа установлено, что основной причиной инструментальной погрешности измерений псевдодальности НАП являются различные значения задержки навигационного сигнала в приёмном тракте.

Для решения задачи калибровки НАП в местах штатного размещения без вывода из эксплуатации предложено использовать относительный метод (метод непосредственных сравнений относительно «эталонного» комплекта НАП). Для калибровки «эталонного» комплекта предложен метод полунатурного моделирования с использованием имитатора сигналов ГЛОНАСС и эталона единицы группового времени запаздывания в антеннах НАП с последующим расчётом калибровочных поправок для комплекта НАП в целом.

Применение предложенной автором схемы передачи единицы времени от ГПЭ к НАП позволяет обеспечить калибровку НАП в части систематической инструментальной погрешности измерения псевдодальности без прерывания работы в местах штатной эксплуатации с суммарной стандартной неопределённостью не более 0,1 м.

Во второй главе представлены результаты разработки метода калибровки имитатора сигналов ГЛОНАСС, который также может быть распространён на имитаторы сигналов других ГНСС.

Для решения задачи калибровки имитаторов сигналов с необходимой точностью (не хуже 0,1 нс) предложена демодуляция сформированного навигационного сигнала. Для снижения влияние неравномерности группового времени запаздывания в радиочастотном тракте, предложено использовать аналого-цифровое преобразование сигнала. В качестве аналого-цифрового преобразователя (АЦП) возможно использовать высокочастотный цифровой осциллограф с требуемыми метрологическими характеристиками.

Для разработанного метода достигнута суммарная стандартная неопределённость калибровки имитаторов в части систематической погрешности формирования псевдодальности не более 0,03 м с прослеживаемостью результатов калибровки к ГПЭ.

В третьей главе приведены результаты разработки метода калибровки НАП в части систематической инструментальной погрешности измерения псевдодальности. Калибровку НАП в части систематической

инструментальной погрешности измерения псевдодальности предложено свести к калибровке отдельных составных частей: антенно-фидерного устройства и приёмно-измерительного устройства, с последующим вычислением суммарных калибровочных поправок всего комплекта НАП.

Суммарная стандартная неопределенность калибровки НАП относительным методом с использованием эталонного комплекта НАП и апостериорной эфемеридно-временной информации ГЛОНАСС не превышает 0,1 м. При этом калибровка НАП может проводиться в местах ее штатной эксплуатации без прерывания работы.

В четвёртой главе проведены исследования влияния учёта результатов калибровки НАП на точность сличений эталонов единиц времени и частоты и определения местоположения по сигналам ГЛОНАСС. Установлено, что использование калибровочных поправок к результатам измерений псевдодальности НАП обеспечивает сличение эталонов единиц времени и частоты по сигналам ГЛОНАСС с погрешностью в пределах ± 1 нс и позволяет снизить погрешность определения координат более чем на 30 %.

В заключении дана характеристика полученным научным результатам, сделан вывод о решении актуальной научной задачи.

На основании изложенного можно сделать вывод, что к наиболее существенным результатам диссертации, обладающим **научной новизной**, можно отнести:

- разработку метода калибровки имитатора навигационного сигнала ГЛОНАСС в части систематической погрешности формирования псевдодальности, с использованием многоканального высокочастотного аналого-цифрового преобразования с последующей демодуляцией оцифрованного сигнала с целью выделения квадратурных составляющих и фильтрацией;

- разработку метода калибровки НАП системы ГЛОНАСС в части систематической инструментальной погрешности измерения псевдодальности на основе использования полунатурного моделирования и измерения фазовых параметров антенно-фидерного тракта.

К достоинствам диссертационной работы следует отнести большой личный вклад автора в разработку методов калибровки имитатора навигационных сигналов и НАП системы ГЛОНАСС, а также большой объем экспериментальных работ по их апробации.

Однако диссертационная работа не свободна от ряда недостатков, среди которых отмечены следующие:

1. Для оценки систематической инструментальной погрешности формирования псевдодальности имитатором сигналов ГЛОНАСС осциллографическим методом формула (2.9) не приводится анализ реализуемой точности.

2. В технических требованиях для реализации метода калибровки не приведено строгое обоснование выбора частоты дискретизации АЦП.

3. Автор не указал метрологический статус НАП, для которой реализуется возможность повышения точности определения координат в

плане на 30 % по сигналам системы ГЛОНАСС за счет учета калибровочных поправок.

4. В работе имеет место использование терминологических неточностей, в частности: выражение «фазовая манипуляция «размазана» во времени», что относится к протяженности фронта огибающей навигационного сигнала; используется выражение «обеспечивается достижение потребителем потенциальной точности определения местоположения», тогда как потенциальная точность недостижима».

5. Имеют место отдельные опечатки:

- формула (2.3) пропущена переменная - текущее время;
- таблица 2.1, разность опорных частот измеряется в нс;
- пункт 5 заключения, для значения погрешности сличения не приводится расстояние между эталонами.

Отмеченные недостатки не меняют общей положительной оценки диссертации.

Полученные в диссертации результаты следует характеризовать как **достоверные**, что подтверждается успешной экспериментальной проверкой, а также признанием результатов калибровки НАП частотно-временного назначения Международным бюро мер и весов BIPM. Все полученные экспериментальные результаты подтверждают теоретические ожидания.

Результаты проведенных исследований внедрены и использованы при выполнении опытно-конструкторской работы «Метрология-2016», а также составных частей ОКР «Сантиметр-В», «КФД-В», «НСКУ-Н БАМИ», что подтверждено соответствующими актами.

Основные научные результаты диссертации опубликованы в 13 научных статьях (в том числе 4 из них – в изданиях, входящих в Перечень ВАК российских рецензируемых изданий) и 10 тезисах докладов международных и российских научно-технических конференций и симпозиумов.

Автореферат полностью отражает основные результаты и содержание диссертационной работы.

Практическая значимость полученных результатов состоит в использовании разработанных методов в первую очередь для калибровки имитаторов навигационных сигналов, а также беззапросных измерительных средств системы ГЛОНАСС и НАП частотно-временного назначения. Предложенный автором метод калибровки НАП может быть рекомендован разработчикам навигационной аппаратуры для оценки систематических погрешностей измерений опытных образцов, а разработанный метод калибровки имитаторов сигналов ГНСС необходимо внедрять при проведении поверки этих средств измерений с целью подтверждения соответствия их характеристик метрологическим требованиям.

На основании изучения диссертации, автореферата и научных статей, опубликованных автором по теме диссертации, можно сделать следующие выводы:

1. Работа соответствует специальности 05.11.15 - Метрология и метрологическое обеспечение.

2. Диссертация является законченной научной квалификационной работой, в которой предложены новые методы калибровки НАП системы ГЛОНАСС и имитаторов навигационных сигналов с использованием эталонов, прослеживаемых к государственным первичным эталонам единиц величин. Диссертация соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК Минобрнауки России.

3. Автор диссертации Печерица Дмитрий Станиславович достоин присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.15 - Метрология и метрологическое обеспечение.

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОППОНЕНТ

Старший научный сотрудник военного института (научно-исследовательского) (Email: podrezov@mail.ru)

Федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего профессионального образования
«Военно-космическая академия имени А.Ф.Можайского»

Министерства обороны Российской Федерации
(197198, г. Санкт-Петербург, Ждановская ул., д. 13. Тел.: (812) 347-95-31.
Email: vka@mail.ru)

кандидат технических наук, доцент
«25» октября 2018 г.



С.В.ПОДРЕЗОВ

Личную подпись официального оппонента
кандидата технических наук, доцента ПОДРЕЗОВ С.В. заверяю.

Начальник отдела кадров Федерального государственного
бюджетного военного образовательного учреждения высшего
профессионального образования

«Военно-космическая академия имени А.Ф.Можайского»
Министерства обороны Российской Федерации

Г.В.ПЛОТНИКОВ

