

## УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе  
ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный  
технический университет»,  
д.т.н., проф. А.Г. Вострецов



«ФЦ» января 2017 г.

### ОТЗЫВ

#### ведущей организации - ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»

на диссертацию Ханьковой Екатерины Андреевны «Разработка и исследование алгоритмов оценивания параметров неустойчивости бортовых часов навигационных спутников ГЛОНАСС по данным траекторных измерений», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.14 – «Радиолокация и радионавигация».

#### **1. Актуальность темы исследований для науки и практики**

Реализация спутниковых навигационных технологий связана с выполнением комплекса частотно-временных измерений. В частности, все измерения дальностей от навигационных спутников до потребителей навигационной информации сводятся к измерению длительности интервалов времени прохождения навигационного сигнала. При этом важным обстоятельством является согласованность моментов шкал времени, от которых отсчитываются эти интервалы для всех часов, участвующих в измерениях.

Значительная доля погрешностей определения координат потребителей связана с факторной неустойчивостью характеристик часов и возникающих вследствие этого уходов моментов шкал времени часов от эталонных значений.

Исследования точности показаний часов, прогнозирование уходов этих часов от эталонных шкал времени опираются на построение математических моделей неустойчивости часов и идентификацию параметров этих моделей.

Анализ погрешностей координатно-временных определений, а также погрешностей компенсации уходов бортовых шкал времени с помощью частотно-временных поправок, построенных на основе упрощенных математических моделей нестабильности, показал, что применяемые модели нестабильности частоты не обеспечивают необходимой достоверности результатов измерений. В связи с этим диссертационная работа Ханьковой Е. А., посвященная разработке и исследованию алгоритмов оценивания параметров нестабильности частоты бортовых часов спутников ГЛОНАСС, представляется актуальной.

## **2. Основные научные результаты и их значимость для науки и производства**

Е.А. Ханьковой получены следующие новые научные результаты:

1. Разработана дополненная математическая модель нестабильности частоты для бортовых часов, учитывающая отклонения положения шкалы времени из-за эффектов гравитационной и релятивистской природы.
2. Разработан оригинальный алгоритм предварительной обработки траекторных фазовых и кодовых измерений.
3. Разработаны пути повышения точности результатов сравнения характеристик пространственно-разнесённых высокостабильных часов – по моменту шкалы времени и по отклонению частоты часов.

Предложенный метод оценивания параметров нестабильности бортовых часов и программные приложения позволяют повысить оперативность получения оценок уходов бортовых шкал времени навигационных часов и обеспечивают контроль качества частотно-временных измерений. Рассчитанные оценки ориентированы для использования в сети базовых станций ГНСС-приемников, размещенных в Новосибирской области; для проведения сеансов синхронизации пространственно-разнесенных часов на базе вторичного эталона времени и частоты ВЭТ 1-19. Подобное применение этих оценок по-

зволяет повысить уровень качества координатно-временных определений потребителя.

Результаты диссертационных исследований нашли практическое применение:

- в штатной работе Государственной службы времени ФГУП «СНИИМ» для идентификации параметров нестабильности частоты бортовых часов навигационных спутников глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS;

- в ГБУ «Центре навигационных и геоинформационных технологий Новосибирской области» для метрологического обеспечения сети активных базовых ГНСС-станций Новосибирской области в части информирования потребителей о погрешностях представления бортовых шкал времени с помощью частотно-временных поправок и об уточненных частотно-временных поправках в режиме Ultra-rapid;

- в ФГБОУ ВО «Сибирском государственном университете геосистем и технологий» в учебном процессе при подготовке курсов лекций по дисциплинам «Общая теория измерений» и «Организация и планирование эксперимента» по специальности «Метрология и метрологическое обеспечение» и при дипломном проектировании.

Применение результатов подтверждено соответствующими актами внедрения.

Автореферат соответствует содержанию диссертации. Сформулированные в диссертационной работе научные положения, выводы и рекомендации подкреплены результатами теоретических и экспериментальных исследований. Полученные теоретические результаты хорошо согласуются с результатами обработки натуральных траекторных измерений и с результатами модельных исследований. Достоверность результатов подтверждается компьютерным моделированием с использованием разработанного соискателем программного обеспечения, а также данными экспериментальных исследований в сравнении с существующими решениями. Результаты работы опубликова-

ны в рецензируемых научных изданиях и апробированы на всероссийских и международных конференциях.

### **3. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Разработанные в диссертационной работе Е.А.Ханыковой алгоритмы и программное обеспечение могут быть рекомендованы специалистам в области глобальных навигационных спутниковых систем при решении задач сравнения шкал времени и частот пространственно-разнесённых высокостабильных часов по данным беззапросных траекторных измерений, выполняемых радиотехническими средствами, в задаче метрологического обеспечения сети базовых ГНСС станций Новосибирской области.

### **4. Замечания по диссертационной работе**

1. Нет пояснений относительно того, какие параметры в уравнении дальномерных измерений (1.10) и (1.11) введены в разряд оцениваемых, а какие из них известны априорно.

2. В третьей главе автор описывает способ предварительной обработки беззапросных траекторных измерений на основе робастных алгоритмов фильтрации. При этом не дается мотивация выбора алгоритма предварительной обработки измерений и не приводится его математическое описание.

3. Не представлены числовые характеристики, позволяющие сравнивать результаты работы алгоритмов выявления и исключения выбросов.

4. Не ясно, в каких целях исследовался алгоритм построения групповой шкалы времени часов в разделе 3.5.

5. Не описаны конкретные возможности и интерфейс разработанного программного обеспечения.

Указанные замечания не носят принципиального характера и не меняют общей положительной оценки работы.

## 5.Общее заключение по работе

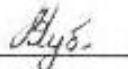
Содержание диссертации Е.А. Ханыковой, посвященной разработке и исследованию алгоритма оценивания параметров нестабильности бортовых часов, соответствует п.5 области исследований «Разработка и исследование методов и алгоритмов обработки радиосигналов и извлечения из них информации при воздействии помех. Создание помехоустойчивых систем и устройств. Разработка методов защиты и разрушения информации в системах радиолокации и радионавигации» паспорта специальности научных работников 05.12.14 – «Радиолокация и радионавигация».

Диссертационная работа имеет внутреннее единство, является завершённой научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, и содержит новые научные результаты в области радионавигационных спутниковых технологий. Выводы и рекомендации достаточно обоснованы.

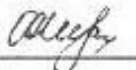
Диссертация соответствует критериям, установленным п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842), а её автор, Екатерина Андреевна Ханыкова, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.14 — «Радиолокация и радионавигация».

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден на научно-техническом семинаре кафедры теоретической и прикладной информатики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» «23» января 2017 г., протокол №1.

Председатель научно-технического семинара,  
заведующий кафедрой теоретической и  
прикладной информатики,  
д-р техн. наук, доцент,

 Чубич Владимир Михайлович/

Секретарь научно-технического семинара,  
доцент кафедры теоретической и  
прикладной информатики,  
канд. техн. наук, доцент,

 Черникова Оксана Сергеевна/