

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Бабурина Антона Александровича на тему:
«Методика высокоточного абсолютного местоопределения потребителя с
разрешением целочисленной неоднозначности псевдофазовых измерений
сигналов ГЛОНАСС»,
представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по
специальности 2.2.16. – «Радиолокация и радионавигация»

Представленная диссертация Бабурина А.А. посвящена алгоритмам высокоточного абсолютного местоопределения с помощью глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). Наиболее точным, надежным и широко используемым на практике способом высокоточного определения местоположения в пространстве с помощью ГНСС в настоящее время является режим высокоточного относительного местоопределения (известный также как RTK – real time kinematic, кинематика в реальном времени). Координаты потребителя оцениваются относительно координат базовой станции. Высокая (сантиметровая и даже миллиметровая) точность в нём достигается за счёт целочисленного разрешения неоднозначностей псевдофазовых измерений. Однако достижение такой точности возможно лишь в пределах радиуса действия поправок от базовой станции (расстояние обычно не более десятков километров). В рассматриваемой диссертационной работе разрабатывается и исследуется методика абсолютного местоопределения, в которой разрешение псевдофазовых неоднозначностей позволяет повысить точность и оперативность абсолютных местоопределений (относительно центра Земли). Поэтому отпадает ограничение на расстояние от базовой станции, однако требуется вычислять высокоточные спутниковые поправки по сети наземных станций. Таким образом, можно заключить, что тема работы является актуальной.

Научная новизна работы состоит в том, что,

- 1) Разработанная методика высокоточного абсолютного местоопределения может быть применена для обработки измерений сигналов отечественной системы ГЛОНАСС с частотным разделением, а также для совместной обработки измерений ГЛОНАСС и других ГНСС с кодовым разделением.
- 2) Разработано приложение теории S-преобразования (линейной алгебры и теории векторных пространств), позволяющее получать нестрогие целочисленные оценки целочисленных переменных недоопределённой системы линейных алгебраических уравнений для измерений псевдофаз сигналов ГЛОНАСС с частотным разделением.

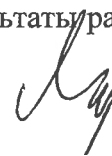
- 3) Сформулированы условия, при которых возможно осуществлять нестрогое целочисленное оценивание целочисленных переменных недоопределённой системы линейных уравнений для измерений ГЛОНАСС, при котором отличие от целых чисел пренебрежимо мало, что позволяет использовать известные алгоритмы разрешения целочисленной неоднозначности для уменьшения времени сходимости решения.

Практическая ценность результатов обусловлена тем, что:

- 1) Разработанный способ «нестрогой целочисленной» оценки псевдофазовых неоднозначностей позволил потребителям сигналов ГЛОНАСС с частотным разделением при обработке измерений применять известные алгоритмы целочисленного разрешения неоднозначности, что обеспечивает снижение времени инициализации решения по ГЛОНАСС с сантиметровым уровнем точности.
- 2) Разработан и реализован в виде специального программно-математического обеспечения алгоритм вычисления необходимых потребителю спутниковых поправок (смещений показаний спутниковых часов) по измерениям сети наземных станций, позволяющий осуществить высокоточное абсолютное местоопределение по измерениям сигналов ГЛОНАСС с частотным разделением (с использованием алгоритмов целочисленного разрешения неоднозначностей псевдофазовых измерений).
- 3) На примере обработки реальных измерений экспериментально продемонстрировано уменьшение времени сходимости решения и увеличение надёжности разрешения целочисленной неоднозначности при совместном использовании сигналов ГЛОНАСС с частотным разделением и GPS с кодовым разделением в режиме целочисленного ВАМО потребителя.
- 4) Разработанный алгоритм для целочисленного высокоточного абсолютного местоопределения однотипной НАП по сигналам ГЛОНАСС с частотным разделением схож с алгоритмом для ГНСС с кодовым разделением, что значительно упрощает модернизацию существующего программного обеспечения.

Достоверность полученных результатов обусловлена корректным использованием математического аппарата. Сделанные в работе гипотезы и адекватность используемых математических моделей реальным измерениям проверены при обработке измерений реальной навигационной аппаратуры.

Публикации автора достаточно полно отражают содержание работы, по теме диссертации было опубликовано 5 статей в журналах из списка ВАК. Результаты работы



докладывались и обсуждались на 2 научно-технических конференциях, получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Результаты работы использованы при выполнении ОКР в АО «Российские космические системы» и АО «НПК «СПП», что подтверждено соответствующими актами.

Однако, в работе можно отметить недостатки:

- 1) Применение разработанной методики в навигационном приёмнике потребителя (решение «пользовательской задачи») требует наличия специальных высокоточных спутниковых поправок. Вычисление этих поправок (решение «сетевой задачи») требует наличия сети опорных станций и обработки их измерений, что является куда более сложной задачей.
- 2) Разработанная методика рассчитана на однотипную НАП, что сужает область её применения.
- 3) Разработанная методика не включает алгоритмы оценки достоверности разрешения псевдофазовых неоднозначностей, что затрудняет практическое использование этой методики.

Тем не менее отмеченные недостатки не являются принципиальными и не снижают общей ценности работы, выполненной на высоком уровне.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать следующий вывод: диссертационная работа «Методика высокоточного абсолютного местоопределения потребителя с разрешением целочисленной неоднозначности псевдофазовых измерений сигналов ГЛОНАСС» представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, выполнена на высоком научном уровне и удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Бабурин Антон Александрович заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.16. – «Радиолокация и радионавигация».

Генеральный директор ООО «ИЦ Эм Эс Джей»

Кандидат технических наук

Дата: 07.08.2024



С.В. Люсин

Контактный телефон: +7 (985) 410-40-96

Адрес электронной почты: sergeylyusin@magellan.jp

Адрес места работы: г. Москва, ул. 8 Марта, д.1, стр.12



М.П.