

«22» 09 2024 г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор по НИОКР

АО «Концерн

радиостроения «Вега»



В.В. Мекекечко

2024 г.

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Бабурина Антона Александровича на тему: «Методика высокоточного абсолютного местоопределения потребителя с разрешением целочисленной неоднозначности псевдофазовых измерений сигналов ГЛОНАСС», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.16 – «Радиолокация и радионавигация».

Работа соискателя Бабурина А. А. посвящена методикам высокоточных абсолютных местоопределений навигационного приёмника с разрешением целочисленной неоднозначности псевдофазовых измерений, а также алгоритмам вычисления необходимой высокоточной корректирующей информации (смещений показаний спутниковых часов) по измерениям сигналов ГЛОНАСС с частотным разделением.

Актуальность темы исследования:

Возрастающие требования к точности и оперативности местоопределений навигационной аппаратуры потребителя (НАП) не могут быть удовлетворены базовыми средствами глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). Для повышения точности, надёжности, целостности, непрерывности местоопределения широко используются системы функциональных дополнений ГНСС – спутниковые системы дифференциальной коррекции. Для достижения таких точностей с помощью ГНСС необходимо компенсировать систематические смещения в измерениях, использовать высокоточную эфемеридно-временную информацию (ЭВИ) и так называемые псевдофазовые измерения, которые обладают достаточной (сантиметровой, миллиметровой) точностью.

Цель диссертационной работы автора заключена в повышении оперативности ВАМО (высокоточного абсолютного местоопределения) путём снижения времени сходимости навигационного решения (времени достижения сантиметрового уровня точности решения) по измерениям сигналов ГЛОНАСС за счёт разрешения целочисленной неоднозначности псевдофазовых измерений, а также за счёт совместного использования нескольких ГНСС (глобальных навигационных спутниковых систем) в режиме целочисленного ВАМО.

Теоретическая значимость работы состоит в разработке общего подхода с учётом характерных особенностей решения задачи (пользовательской и сетевой) высокоточных абсолютных местоопределений с разрешением целочисленной псевдофазовой неоднозначности по измерениям сигналов любой ГНСС как с кодовым, так и с частотным разделением.

Практическая значимость результатов исследования:

1) Разработанный способ «нестрого 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 ВАМО 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 ВАМО 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 ВАМО одноплатной НАП по сигналам ГЛОНАСС с частотным разделением схож с алгоритмом для ГНСС с кодовым разделением, что значительно упрощает модернизацию существующего программного обеспечения.

Научная новизна результатов исследования:

1) Разработанная методика высокоточного абсолютного местоопределения потребителя с разрешением целочисленной неоднозначности псевдофазовых измерений применима к измерениям сигналов ГЛОНАСС с частотным разделением, в отличие от известных методик для ГНСС с кодовым разделением.

2) Разработано приложение теории S-преобразования (линейной алгебры и теории векторных пространств), позволяющее получать нестрого целочисленные оценки целочисленных переменных недоопределённой системы линейных алгебраических уравнений для измерений псевдофаз сигналов ГЛОНАСС с частотным разделением.

3) Сформулированы условия, при которых возможно осуществлять нестрого 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.

Автореферат и опубликованные Бабуриным А. А. работы достаточно полно отражают основное содержание диссертации.

В целом работа написана ясным и четким научным языком, на современном уровне, доказательно. Однако, по материалам диссертационной работы можно сделать *следующие замечания:*

1. Задача определения местоположения сводится к решению системы линейных уравнений. В тексте диссертации есть ссылки на источники по фильтрации Калмана или вычисления МНК-оценки. Однако нет формульного отражения алгоритмов непосредственно определения местоположения (МП).
2. По каким показателям автором в работе проводилось оценивание совершенства определения местоположения МП?
3. Для чего нужна см точность определения цели с характерными размерами в единицы метров?
4. В целях получения высокой точности определения местоположения применение фазовых измерений приводит к неоднозначному и относительному результату. Каким образом в работе достижение высокой точности совмещается с решением неоднозначности измерений?
5. Оценка, сравнительный анализ автора в аспектах степени затрат и полученного в работе результата.

6. С какой целью автором в названии темы и непосредственно в работе используется термин «абсолютного»?

Несмотря на отмеченные выше замечания, диссертационная работа является глубоким, серьезным и тщательно выполненным научным исследованием.

При этом стоит отметить, что при подготовке работы автором уделено должное внимание не только глубокому ее содержанию, но и оформлению. В частности, грамотно составлены все необходимые разделы, выводы по каждой главе, так и в целом заключение. В приложении выделены аспекты, которые являются направлением для дальнейших исследований.

Основные результаты работы опубликованы в 5 печатных работах (в изданиях, входящих в Перечень ВАК рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук). Получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Результаты работы использовались в АО «Российские космические системы» и в АО «НПК «СПИ», а также в учебном процессе Московского физико-технического института (национального исследовательского университета), что подтверждается соответствующими актами.

Суммируя вышесказанное и учитывая общий объем проведенных исследований и полученные результаты, считаю, что представленная к защите диссертационная работа Бабурина А. А. является законченным квалификационным научным исследованием, соответствует требованиям ВАК МО РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор достоин присуждения искомой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.16 – «Радиолокация и радионавигация».

Кандидат технических наук, доцент
Начальник отдела по научно-исследовательской работе
Научно-образовательного центра
АО «Концерн радиостроения «Вега»
121170, г. Москва,
Кутузовский проспект, д. 34

Майстренко

Евгений Владимирович

тел.: +7 (499) 753 40 04

(доб. 1215),

моб.: +7 (916) 339 70 03,

e-mail: emaistrenko@mail.su,

evgeni-maistrenko@yandex.ru

29.08.2024

Подпись к.т.н., доцента
Е.В. Майстренко заверяю.

Заместитель начальника
управления по работе
с персоналом

И.В. Самойленко

С отзывом ознакомлен 02.09.2024
Федоров И. Бабури