

ОТЗЫВ

официального оппонента Сташкова Дмитрия Викторовича на диссертацию **Ломаева Юрия Сергеевича** на тему "Алгоритмы повышения точности системы навигации и поддержания ее целостности" по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (космические информационные технологии) на соискание ученой степени кандидата технических наук

Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа Ломаева Ю.С. посвящена исследованию и разработке алгоритмов обработки информации, полученной от навигационных космических аппаратов глобальных спутниковых систем, для решения задач поддержания и улучшения доступности и точности навигации.

Поставленные задачи имеют научно-техническую направленность, их решение позволяет совершенствовать навигационные спутниковые системы для достижения приемлемой точности определения координат объектов в северных широтах, где на сегодняшний день производится решение навигационной задачи с достаточно большой погрешностью.

В работе приводятся алгоритмические решения, предлагается комбинированное использование алгоритмов обеспечения устойчивой идентификации объектов в случае сложности их разделения. Существующие на сегодняшний день методы обработки навигационной информации и идентификации информационных компонент рассматривались только для случаев межспутникового взаимодействия на одинаковых типах орбит. Соискатель предлагает выполнять обработку информации, обмен которой производится между космическим аппаратом высокоэллиптического орбитального сегмента и существующими космическими аппаратами глобальных навигационных систем, с целью улучшения количественных навигационных характеристик.

Структура работы

Введение диссертационной работы посвящено обоснованию актуальности исследуемой темы, формулировке цели диссертационного исследования и решаемых задач, изложению положений научной новизны, выносимых на защиту.

В первой главе рассмотрены существующие подходы к решению навигационной задачи, аналитический обзор состояния глобальных навигационных спутниковых систем на настоящий момент.

Во второй главе приведены алгоритмы обработки информации, полученной космическим аппаратом высокоорбитального сегмента (космическим потребителем) от космических аппаратов глобальных навигационных систем. Для решения навигационной задачи, приведенной в

главе 1, принимаемая космическим потребителем информация приведена к такой структуре, при которой возможна точная оценка радионавигационных параметров (доплеровское смещение частоты, задержка, фаза сигнала).

Третья глава посвящена вопросу поддержания выполняемых навигационными космическими аппаратами задач функционирования. Предложены подходы для отработки логики функционирования подсистем космических аппаратов, обеспечивающие варианты проверок алгоритмического, информационно-логического взаимодействия как в рамках бортовой аппаратуры и бортового вычислительного комплекса навигационных спутников, так и для организации межспутниковой связи, посредством которой возможно внесение поправок для уточнения параметров движения потребителя и других космических аппаратов. Для обеспечения выполнения закладываемых алгоритмов обработки информации, имитации доступных бортовых вычислительных ресурсов предложена разработка вспомогательных средств предварительной отработки программной логики бортового программного обеспечения, а также парирования нештатных ситуаций, возникновение которых возможно при информационных взаимодействиях как между аппаратами, так и отдельными космическими аппаратами.

В четвертой главе работы рассмотрено моделирование взаимодействия подсистем навигационных КА и космического потребителя на высокоэллиптической орбите для определения параметров движения космического потребителя с оптимизацией требуемых коэффициентов усиления при различных углах полураствора приемных антенн космического потребителя в реальном времени, исследование зависимости радиовидимости навигационных КА до и после оптимизации коэффициентов усиления антенных систем потребителя, применяемых алгоритмов идентификации компонент в принимаемых космическим потребителем сигналах (алгоритмы приведены в главах 1 и 2).

В заключении подведены итоги, сформулированы основные результаты и сделаны выводы по диссертационной работе.

Научная новизна полученных результатов

Соискателем получены следующие новыенаучныерезультаты:

1. Впервые разработана модель взаимодействия подсистем навигационных КА на средних круговых орбитах и КА на высокоэллиптической орбите, демонстрирующая повышение показателей точности определения параметров движения космического потребителя.

2. Разработана новая адаптивная процедура для оптимизации параметров коэффициентов усиления при различных углах полураствора приемных антенн космического потребителя в реальном времени, способствующая увеличению количества радиовидимых навигационных КА для достижения целостности навигации космического потребителя.

3. Впервые разработаны алгоритмы обеспечения устойчивой идентификации компонент наложенного сигнала в приемной аппаратуре космического 11 потребителя на основе методов численного дифференцирования, кластерного анализа и оптимизации радионавигационных параметров идентифицируемых компонент, позволяющие определять оценки радионавигационных параметров эффективнее при сравнении с используемыми методами по среднеквадратическому критерию качества идентификации.

4. Показана работоспособность разработанной модели, предлагаемые алгоритмы впервые реализованы на отработочном образце для проверки алгоритмического, информационно-логического взаимодействия бортовой аппаратуры подсистем и бортового вычислительного комплекса космического потребителя, что позволило увеличить объем проверок информационно-логического взаимодействия и сократить время на разработку и тестирование бортового программного обеспечения перед эксплуатацией на космических орбитах.

Результаты получены лично автором и опубликованы в научной печати.

Обоснованность и достоверность результатов и выводов диссертации

Основные положения, рекомендации и выводы, представленные в диссертационной работе, обоснованы и аргументированы. Приведен достаточно полный обзор существующих направлений совершенствования спутниковых радионавигационных систем, изучен широкий спектр применяемых методов обработки информации, полученной от навигационных космических аппаратов, а также приведена обоснованная оценка вариантов развития и совершенствования алгоритмов обработки спутниковой информации.

Предложенные в работе Ломаева Ю.С. алгоритмы, схемы и процедуры были проверены на программно-математических моделях. Был проведен сравнительный анализ эффективности разработанного алгоритмического аппарата с существующими аналогами.

Результаты диссертационного исследования обсуждались на конференциях различного уровня. Кроме того, опубликовано 18 печатных работ, включая 2 статьи в изданиях, индексируемых в международных базах, и 3 статьи в научных изданиях Перечня ВАК.

Значимость для науки и практики

Научная значимость заключается в разработке алгоритмов и программного обеспечения для решения задачи навигационных определений с применением алгоритмов обеспечения устойчивой идентификации компонент наложенного навигационного сигнала в приемной аппаратуре космического потребителя на основе методов численного

дифференцирования, кластерного анализа, оптимизации радионавигационных параметров идентифицируемых компонент.

Ценность для практики и значимость разработанных алгоритмов и методов состоит в возможности увеличения точности навигации для потребителей северных широт, поддержания целостности навигации за счет применения адаптивных алгоритмических решений и проверки работоспособности алгоритмов в пределах имеющихся вычислительных ресурсов бортового цифрового вычислительного комплекса космического аппарата.

Отдельно следует отметить, что результаты диссертационной работы Ломаева Ю.С. были использованы при разработке и выпуске научно-технического отчета в рамках СЧ НИР «Эллипс-ИСС».

Замечания по работе

1. В содержании неверная нумерация подглав в главе 1 (1.2, далее следует 1.3.1) .
2. Избыточное описание существующих глобальных навигационных спутниковых систем. Достаточно указать основной принцип их работы без приведения истории развития.
3. Проблему организации высокоточной навигации в северных широтах можно было бы проиллюстрировать графически.
4. Избыточный объем главы 1.
5. Для решения задачи навигационных определений приведены только МНК и фильтры Калмана без указания существующих альтернатив.
6. Обоснование выбора последовательного эвристического алгоритма k-эталонов выглядит не вполне убедительным.
7. Отсутствует объяснение выбора именно евклидовой метрики при разработке модифицированного алгоритма фильтрации нижних (верхних) частот.

Считаю, что сделанные замечания не влияют существенно на общую положительную оценку диссертационной работы в целом.

Оценка диссертационной работы в целом

Диссертация Ломаева Юрия Сергеевича «Алгоритмы повышения точности системы навигации и поддержания ее целостности» соответствует специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации, обладает внутренней целостностью и является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований представлена новая модель информационного взаимодействия космических аппаратов, находящихся на различных орбитах, с предложенным комплексом алгоритмов обработки информации на основе методов численного дифференцирования, кластерного анализа и методов оптимизации для решения задачи идентификации составляющих компонент,

что имеет существенное значение для теории и практики системного анализа и обработки информации.

Диссертация соответствует требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней» постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а её автор, Ломаев Юрий Сергеевич, достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент
Кандидат технических наук,
ведущий специалист по АСУ ТП
горнорудной промышленности
АО «СИНЕТИК» (г. Новосибирск)

05.03.2020

Сташков Дмитрий Викторович

Подпись Сташкова Д.В. заверяю

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР
АО «СИНЕТИК»

Г. П. Голодных

630009, г. Новосибирск, ул. 3-го Интернационала, 127
АО «СИНЕТИК»
stashkov@sinetic.ru

