

ОТЗЫВ

Официального оппонента
д.т.н., профессора Сошникова Валерия Николаевича
на диссертацию Кружкова Дмитрия Михайловича

«Современные и перспективные интегрированные системы высокоточной навигации космических аппаратов на геостационарной и высоких эллиптических орбитах на основе использования ГНСС-технологий»,

представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности: 05.13.01- «Системный анализ, управление и обработка информации (Авиационная и ракетно-космическая техника)».

Актуальность темы диссертационного исследования

Актуальность диссертационной работы Д.М. Кружкова обусловлена необходимостью создания и совершенствования космических аппаратов (КА) различного целевого назначения, функционирующих на геостационарной и высоких эллиптических орбитах (ГСО и ВЭО) или на участке выведения КА на ГСО. Группировки рассматриваемых орбитальных КА решают важные задачи связи, телекоммуникаций, навигации и ретрансляции. Для обеспечения высокой точности решения навигационной задачи для этих КА существующие методы, разработанные для навигационной аппаратуры наземных, надводных и воздушных подвижных объектов, а также - низкоорбитальных КА, не могут быть использованы. Это вызвано существенными различиями геометрических и временных характеристик условий наблюдения спутников, используемых в существующих ГНСС. Диссертация посвящена исследованию систем навигации таких классов КА, для которых высокая точность навигации должна быть обеспечена при существенном изменении геометрических и временных характеристик условий наблюдения спутников, используемых в существующих ГНСС. Эти исследования весьма актуальны и важны для разработки и совершенствования рассматриваемых систем.

Структура и содержание работы

Рецензируемая диссертационная работа содержит введение, четыре главы, заключение, и список литературы.

Во введении проведён анализ работ в области разработки спутниковых систем, связи, навигации, телекоммуникаций и телевидения, мультимедиа и ретрансляции на геостационарной и высоких эллиптических орбитах. В результате проведённого анализа определены требования, предъявляемые к точностным характеристикам оценок компонент вектора состояния КА при выведении КА на орбиту, ее последующей коррекции и удержания КА в рабочей точке в процессе функционирования. На основе этого анализа определяется облик системы навигации, обеспечивающей оценку вектора состояния КА с требуемой точностью на рассматриваемых участках полёта. Приводится обоснование использования сильно связан-

ной архитектуры навигационной системы, включения в расширенный оцениваемый вектор состояния КА систематических ошибок различной природы и разработки адаптивного алгоритма оптимальной фильтрации навигационных измерений для обеспечения устойчивости, помехозащищенности и высокой точности определения навигационных параметров КА.

В первой главе выполнен обзор существующих методов и средств решения задачи определения навигационных параметров для КА на ГСО и ВЭО. Приведено обоснование выбора необходимого аппаратного состава интегрированных систем навигации рассматриваемых типов КА. Проведена формализация технической постановки задачи.

Во второй главе определён облик интегрированных систем навигации КА на ГСО, ВЭО и при выведении на ГСО с использованием двигателя малой тяги. Для рассматриваемых диссертантом систем основой являются алгоритмы оптимальной фильтрации навигационных данных для сильно связанной схемы, основанные на различных модификациях фильтра Калмана (ФК). Используемый в работе расширенный вектор состояния КА, включающий около шестидесяти компонент, позволяет достичь потенциально высокой точности решения навигационной задачи, однако при этом увеличивает риск расходимости оценок. Автором применяется для оценки параметров движения КА «скалярная» модификация ФК, что объясняется высокой устойчивостью данного алгоритма при оценке вектора состояния большой размерности, а также значительной гибкостью настройки такого алгоритма фильтрации. Для оценки компонент вектора тяги КА на участке выведения на ГСО автор применяет квазилинейную модификацию ФК.

В третьей главе диссертации приведено описание разработанного диссертантом программного комплекса. Приведено описание его архитектуры, состава модулей и их назначения. Реализация диссертантом деревьев классов, отвечающих принципам объектно-ориентированного программирования, позволила сделать разработанное программно-математическое обеспечение гибким, расширяемым и настраиваемым.

В четвертой главе описаны результаты моделирования процессов функционирования интегрированных систем навигации КА на ГСО, ВЭО и при выведении на ГСО. Эти результаты показывают, что разработанные диссертантом методы и программные средства решения поставленных задач обеспечивают выполнение требований к точности решения рассматриваемых в диссертации навигационных задач.

Научная и практическая значимость результатов

Научная значимость результатов заключается в решении навигационной задачи для перспективных классов КА с широкими диапазонами изменения геометрических и временных характеристик условий наблюдения спутников, входящих в состав существующих ГНСС. Практическая значимость работы автора состоит в создании гибкого, открытого, настраиваемого и расширяемого программно-математического обеспечения, разработанного в

соответствии с объектно-ориентированным подходом. Приведенные в работе результаты математического моделирования доказывают возможность выполнения поставленных требований с помощью предлагаемой диссертантом структуры интегрированной системы навигации, и - её программно-математического обеспечения.

Достоверность основных положений и выводов диссертационной работы подтверждается корректностью и строгостью обоснований принятых допущений, теоретическим обоснованием применяемого методического и алгоритмического обеспечения, большим объемом проведенного математического моделирования.

Результаты работы были представлены диссертантом в 10 публикациях, в том числе в пяти статьях в журналах, рецензируемых ВАК. Они имеют несомненную научную значимость для исследований в области высокоточной навигации КА на ГСО и ВЭО.

Рекомендации по использованию результатов диссертации

Результаты диссертации могут быть рекомендованы к использованию на предприятиях, занимающихся проектированием и разработкой навигационных систем КА и самих КА, предназначенных для функционирования в составе спутниковых систем связи, ретрансляции, навигации и телевещания на ГСО и ВЭО.

Замечания по диссертации

В качестве недостатка работы можно отметить отсутствие анализа вычислительной эффективности предлагаемых алгоритмов расчёта навигационных параметров по составному критерию точность-объем вычислений. Этот анализ имеет большое значение для реализации предлагаемых алгоритмов в бортовых вычислительных системах рассматриваемых космических аппаратов.

Заключение

Диссертация Д.М. Кружкова представляет собой законченное научное исследование, посвященное решению актуальных научно-технических задач формирования структуры и программно-математического обеспечения интегрированных систем навигации КА на ГСО и ВЭО, и при выведении на ГСО.

Работа выполнена на высоком научном уровне, и её результаты имеют большую научную и практическую значимость для создания интегрированных систем навигации КА на ГСО и ВЭО, и - при выведении на ГСО. Диссертационная работа Кружкова Дмитрия Михайловича соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а её автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01- «Системный анализ, управление и обработка информации (Авиационная и ракетно-космическая техника)».

Официальный оппонент
Заместитель начальника подразделения ФГУП «ГосНИИАС»
125319, г. Москва, ул. Викторенко, 7.
Эл. Почта: soshnikov@gosniias.ru

Профессор, д.т.н.

Сошников Валерий Николаевич

Подпись Сошникова В.Н. заверяю:

Учёный секретарь ГосНИИАС д.т.н, проф.

Мушкин С.М.

