

ОТЗЫВ

официального оппонента

доцента кафедры

«Управления конкурентоспособностью аэрокосмических предприятий»

Института космических технологий

Российского университета дружбы народов,

к.т.н. Ковкова Джорджа Владимировича

на диссертацию Войсковского Андрея Павловича

«Автономное управление движением центра масс геостационарного космического аппарата на этапах довыведения, перевода в рабочую позицию и удержания»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09. «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов»

Актуальность темы диссертационного исследования

Применение электроракетной двигательной установки (ЭРДУ) для довыведения космического аппарата (КА) на геостационарную орбиту (ГСО) позволяет существенно увеличить массу доставляемой полезной нагрузки благодаря значительному удельному импульсу ЭРДУ. Эта идея уже используется на практике и приносит значительную экономическую выгоду.

Однако, довыведение КА на ГСО с помощью ЭРДУ – весьма длительный процесс, занимающий несколько месяцев. Для управления ориентацией тяги ЭРДУ требуется оперативная информация о траектории движения аппарата. Традиционно эту задачу решают с помощью наземного комплекса управления, на который, таким образом, ложится значительная дополнительная нагрузка.

Снизить нагрузку на наземные службы позволяет перенос средств решения задач управления и навигации непосредственно на борт выводимого КА. Данное утверждение справедливо не только для этапа довыведения, но и для перевода КА в рабочую позицию и последующего удержания КА в рабочей позиции в течение всего срока службы, то есть десяти-пятнадцати лет.

В связи со сказанным, автономизация процесса управления движением и навигации КА на ГСО на основных этапах его жизненного цикла является актуальной задачей.

Структура и содержание работы

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

Во введении сформулированы цели исследования, его актуальность и научная новизна, обоснованы практическая значимость работы и достоверность полученных результатов.

В первой главе диссертации приводится анализ состояния обсуждаемой в работе проблемы с учетом российского и международного опыта,

формулируется постановка технической задачи управления движением центра масс КА с использованием собственной ЭРДУ малой тяги.

Во второй главе приводятся упрощенные математические модели управляемого возмущенного движения центра масс КА на этапах довыведения на ГСО, перевода в рабочую позицию и удержания в точке стояния, а также полная нелинейная модель возмущенного движения. С учетом особенностей используемых моделей формализуются исходные задачи автономного управления движением, рассматриваемые в стохастической постановке как задачи управления по полным данным в рамках теоремы разделения.

В третьей главе приводится описание алгоритма довыведения формализованного в виде численной зависимости ориентации вектора тяги ЭРДУ от вектора состояния КА. Данная задача решена в детерминированной постановке, однако, в работе алгоритм использует не точные значения компонент вектора состояния КА, а результаты решения навигационной задачи, формируемые блоком навигации, включенным в замкнутый контур управления движением. В главе приводится решение стохастической задачи управления на этапах приведения в рабочую позицию и удержания путем синтеза оптимального управления квазилинейной дискретной стохастической системой по полным данным с использованием принципа оптимальности Беллмана.

В четвертой главе диссертации описывается программный комплекс, разработанный автором для решения рассматриваемых в диссертационной работе задач. Здесь приведено описание его архитектуры, состава модулей и их назначения. В этой же главе описаны результаты моделирования процесса управления движением КА на ГСО на различных этапах его жизненного цикла. Делается вывод о состоятельности выбранных автором методов и средств решения, поскольку терминальная точность управления соответствует всем международным требованиям по точности позиционирования КА на ГСО.

Научная и практическая значимость результатов

В рецензируемой работе решена задача автономного управления движением центра масс КА на этапе довыведения, перевода в рабочую позицию и удержания в точке стояния в стохастической постановке с учетом детерминированных возмущений от гравитационного поля Земли, гравитации Луны и Солнца и случайных ошибок реализации управления и навигации.

Практическая значимость работы состоит в том, что автору удалось подтвердить реализуемость автономного управления КА на ГСО на основных этапах жизненного цикла. Внедрение подобных систем позволило бы получить значительный экономический эффект.

Результаты работы апробированы в двух публикациях в журналах, индексируемых в международной системе цитирования Scopus, что соответствует необходимому количеству трудов для защиты диссертации. Также результаты были представлены на конференциях различного уровня, включая международные: 25-й Симпозиум Европейского космического агентства по проблеме «Динамика космического полета» (Мюнхен, Германия, 2015); Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием

«Космонавтика XXI века» (Королев, Московская обл. 2016); 15-я конференция Авиация и Космонавтика (Москва, МАИ, 2016 г).

Рекомендации по использованию результатов диссертации

Результаты диссертации могут быть рекомендованы к использованию на предприятиях, специализирующихся в ракетно-космической отрасли, в том числе занимающихся проектированием и разработкой систем навигации и управления КА, предназначенных для функционирования в составе спутниковых систем мониторинга, связи, ретрансляции, навигации и телевидения на ГСО.

Замечания по диссертации

В качестве недостатков работы можно отметить следующие.

1. В диссертации упоминается архитектура программного комплекса, но в качестве архитектуры приводится только функциональная схема конкретной системы. Архитектура затрагивает гораздо более значимые и широкие понятия, чем те, которые рассмотрены в данной работе.

2. Возмущающие факторы моделируются в данной работе только как стохастические. Такая модель дает средние по множеству реализаций оценки характеристик точности, обеспечиваемые разработанными алгоритмами. На практике множество возмущающих факторов включает не только стохастические, но и неопределенные, а также нечеткие. Таким образом, следует ожидать, что реально достижимая точность в отдельных реализациях не будет соответствовать заявленным характеристикам. Возможно, автору следовало бы использовать оценки в наихудших условиях, применяя так называемый гарантирующий подход.

Заключение

о соответствии диссертации критериям и требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» (утверждено Постановлением Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук

В целом диссертация А.П. Войсковского оставляет положительное впечатление, так как представляет собой законченное научное исследование, посвященное решению актуальной научно-технической задачи управления движением центра масс КА на ГСО. Работа выполнена аккуратно, на высоком уровне и содержит необходимые элементы новизны.

Диссертационная работа Войсковского А. П. отличается внутренней логикой, высоким уровнем теоретического осмысления решаемой научной задачи и практического применения предлагаемых выводов, рекомендаций и научных результатов работы.

Автореферат правильно отражает содержание диссертации, а сама диссертация полностью соответствует избранной научной специальности и имеет явную практическую направленность.


Диссертация имеет высокую практическую значимость для разработки перспективных космических средств.

Таким образом, диссертационная работа Войсковского А. П. полностью соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» (утверждено Постановлением Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Автор диссертации, Войсковский Андрей Павлович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Доцент кафедры
«Управления конкурентоспособностью
аэрокосмических предприятий»
Российского университета дружбы народов,
к.т.н.

117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6
телефон раб. 8(495)434-53-00,
телефон моб. 8(985)765-59-38
e-mail : kovkov_dv@pfur.ru

 Д.В.Ковков
«07» декабря 2016 года

Подпись доцента кафедры «Управления конкурентоспособностью аэрокосмических предприятий» Института космических технологий Российского университета дружбы народов Д.В. Ковкова заверяю

