

ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертации Оливии Адилсон Педро

«Метод расчета маневров малого космического аппарата, оснащенного двигателями малой тяги», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов

Актуальность темы диссертации

Диссертация относится к классу задач оптимального управления тягой космического аппарата (КА) для сближения с целью за заданное время в окрестности круговой орбиты. Ускорение, создаваемое двигательной установкой малой тяги, мало по сравнению с ускорением создаваемым притяжением Земли. Это приводит к тому, что продолжительность работы двигателя при каждом его включении может быть сравнима с периодом обращения КА вокруг Земли, таким образом использования традиционной импульсной теории маневрирования недостаточно. В качестве цели может выступать реальный КА или крупногабаритный космический мусор, а также точка на целевой орбите, в которой должен оказаться активный КА в заданный момент времени. Таким образом решение данной задачи может быть использовано в таких важнейших космических миссиях как сближение и стыковка КА, формирование заданной конфигурации спутниковых систем и спутниковых групп, перевод космического мусора на орбиты захоронения, создание систем обслуживания КА. В настоящее время в этих проектах возрастает роль малых КА, которые всё чаще оснащаются двигателем малой тяги (МТ) вследствие их эффективности, что значительно увеличивает спектр решаемых задач. Данные задачи уже рассматривались в теоретических работах, получили свою практическую реализацию. Однако проекты усложняются со временем, накладываются дополнительные ограничения на управление, совершенствуются двигательные установки (ДУ). Увеличение на порядки числа МКА, составляющих спутниковые системы, требует расчета управления непосредственно на борту МКА. Таким образом рассматриваемая в диссертации задача несомненно актуальна и имеет большое практическое значение.

Новизна научных положений, выводов и рекомендаций

Научная новизна проведённых исследований и полученных результатов заключается в том, что:

– найдено новое аналитическое решение задачи оптимизации траектории КА с идеально регулируемым двигателем ограниченной мощности (ИРОМ-двигателем), при наличии ограничений на ориентацию ДУ МТ;

- получено новое численное решение задачи оптимизации траектории КА с ИРОМ-двигателем, при наличии ограничений на ориентацию ДУ МТ;

- предложено новое численное решение задачи оптимизации траектории КА, оснащенного двигателем ограниченной тяги и постоянной скоростью истечения (ОТСИ-двигателем), при наличии ограничений на ориентацию ДУ МТ;

- были разработаны алгоритмы решения компланарной и некомпланарной задачи встречи, выполняемой КА при импульсной модели маневров и при исполнении маневров двигателями малой тяги, также был предложен алгоритм решения компланарной и некомпланарной задач встречи при ограничении на величину нескольких крайних маневров.

Значимость результатов для науки и практики

Значимость результатов для науки и практики определяется:

- возможностью использования полученных аналитических решений для проектно-баллистического анализа перспективных космических миссий;

- использованием предложенных алгоритмов в качестве начального приближения для решения задач оптимизации траекторий КА с двигателями ограниченной тяги и постоянной скоростью истечения;

- предоставленной возможностью использовать каналные управления для решения задач, с ограниченными возможностями системы управления;

- применение предложенных в диссертационной работе численно-аналитических решений повышает оперативность и надежность расчетов, что позволяет использовать разработанные алгоритмы на борту реальных МКА.

Степень обоснованности полученных результатов

Обоснованность и достоверность полученных результатов подтверждается следующими факторами:

- численно-аналитическим моделированием, проведенным с использованием различных математических моделей движения, что позволяет надежно оценить точность и устойчивость решения при изменении исходных данных и параметров;

- сравнением с альтернативными результатами других авторов.

Замечания к оформлению работы

1. Имеются повторяющиеся таблицы с близкими результатами. Таблицы с результатами при разных значениях тяги или времени иногда дают очень близкие значения. Возможно, часть из них можно сократить или объединить.

2. Смещение стилей изложения. В некоторых местах используется разговорный стиль (например, «можно сказать»), а в других – перегруженный академический.

Замечания общего характера

1. В работе, как следует из приведенных примеров, рассмотрен только вариант оптимальной начальной фазы (разнице в аргументах широты), когда затраты суммарной характеристической скорости на встречу равны затратам на переход между орбитами. Необходимо было рассмотреть также вариант с неоптимальной фазой, такая задача обычно требует качественно другого решения.

2. Численно-аналитический метод определения параметров компланарной и некомпланарной встречи позволяет найти параметры не оптимального, а рационального решения, т.к. заранее задан линейный закон распределения величин маневров по виткам.

3. В работе приведены примеры решения с ограниченной величиной крайних маневров только для компланарной встречи. Следовало привести аналогичные результаты и для некомпланарной встречи.

4. Задача некомпланарной встречи решена автором с использованием только трансверсальных и нормальных составляющих импульсов скорости. Представляется целесообразным дополнить исследование рассмотрением более общего случая, включающего все три составляющие импульсов;

Указанные недостатки не влияют на общую положительную оценку работы.

Общее заключение

Диссертация является законченным научно-техническим исследованием, представляет решение актуальной задачи управления полетом КА, оснащенного двигательной установкой малой тяги.

Автореферат и опубликованные работы достаточно полно отражают основное содержание диссертации и характеризуют результаты проведенных исследований.

Полученные в диссертации результаты для оптимизации траекторий МКА, оснащенных идеально регулируемые двигателями ограниченной мощности, позволяют решать задачи, когда на ориентацию двигательной установки малой тяги наложены ограничения. В работе предложено линейное распределение величины маневров по виткам, что позволяет получать рациональные решения как для близкой к импульсной реализации маневров, так и в случае их большой продолжительности. Разработанные в диссертации численно-аналитические методы обладают высокой надежностью, их можно реализовать на борту КА.

Уровень решаемых задач и качество их решения соответствуют требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук. Содержание диссертации соответствует специальности 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов.

Диссертация Оливио Адилсон Педро «Метод расчета маневров малого космического аппарата, оснащенного двигателями малой тяги» является завершенной научной работой, которая отвечает критериям пп. 2.1-2.6 Положения о присуждении ученых степеней во ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», утвержденного 22.01.2024 ученым советом РУДН (протокол № УС-1).

Оливио Адилсон Педро заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов.

Заместитель начальника ЦУП АО «ЦНИИмаш»,
кандидат технических наук (05.07.09)

А.Ю. Кутоманов

«05» 05 2025 г.

Подпись А.Ю. Кутоманова удостоверяю.

Главный учёный секретарь АО «ЦНИИмаш»,
д.т.н., с.н.с.

В.Ю. Ключников



АО «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» (АО «ЦНИИмаш»)
Почтовый адрес: 141070, Московская обл., г. Королёв, ул. Пионерская, д. 4
Тел./факс: +7(495)513-59-51, +7(495)512-21-00
Электронная почта: corp@tsniimash.ru