

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

о диссертации

«Метод расчета маневров малого космического аппарата, оснащенного двигателями малой тяги»,

представленной Оливио Адилсон Педро на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов

Актуальность темы диссертации

Использование для маневрирования малых космических аппаратов (КА) двигателей малой тяги уменьшают требуемый запас рабочего тела, что повышает эффективность миссий в целом и способствует их более широкому применению.

Разработанные в диссертационном исследовании методики могут применяться для расчёта относительного движения более чем одного КА, включая манёвры сближения и стыковки, выполнение группового полёта, создания заданной конфигурации спутниковых систем, удаление космического мусора, обслуживание КА, а также другие миссии, предполагающие взаимодействие.

Несмотря на достигнутый в настоящее время прогресс, в динамике полёта с малой тягой возникают новые вызовы, связанные с усложнением баллистических схем космических миссий, необходимостью учёта технических ограничений на работу двигательной установки, а также с развитием новых двигательных технологий и систем управления. В связи с этим, задача оптимального планирования манёвров, минимизация расхода топлива и повышение точности управления КА требует новых подходов и решений, что подтверждает актуальность проведения дальнейших исследований в данной области.

Таким образом, актуальность диссертационной работы Оливио Адилсон Педро определяется в необходимости:

- расширения области применения электроракетных двигательных установок в современных и перспективных космических миссиях;
- дальнейшего развития методов механики космических полётов КА в окрестности круговой орбиты, в том числе в задачах групповых полётов;
- разработки у методик расчёта манёвров малых КА с электроракетными двигателями, допускающих применение непосредственно на борту маневрирующего КА.

Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов, сформулированных в диссертации, подтверждается

- численно-аналитическим моделированием, проведённым с использованием различных математических моделей движения, что позволяет всесторонне оценить точность и устойчивость решения при изменении исходных данных и параметров;
- корректным использованием апробированных методов численного интегрирования при решении задачи Коши и краевой задачи для системы дифференциальных уравнений;
- корректным использованием апробированных методов решения задач на условный экстремум;
- сравнительным анализом численных результатов с результатами, опубликованными в литературе.

Полученные автором диссертации основные методические и расчётные результаты прошли апробацию на отечественных и международных научно-технических конференциях.

Таким образом, проведённое исследование, анализ научных положений и сформулированных выводов позволяют считать полученные результаты диссертации достоверными и обоснованными.

Новизна научных положений, выводов и рекомендаций

Новизна научных положений и выводов, сформулированных в диссертации, заключается в следующем.

- получено новое аналитическое решение задачи оптимизации траектории КА с идеально регулируемым двигателем ограниченной мощности, при наличии ограничений на ориентацию двигательной установки;

- получены новые численные решения задач оптимизации траекторий КА с с идеально регулируемым двигателем ограниченной мощности и двигателем ограниченной тяги и постоянной скоростью истечения, при наличии ограничений на ориентацию двигательной установки;

- разработаны алгоритмы решения компланарной и некомпланарной задач встречи, выполняемой КА при использовании импульсной теории и для КА с электроракетной двигательной установкой..

Оценивая содержание диссертации, следует отметить, диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной проблемы и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается непротиворечивой методологической платформой и взаимосвязанностью выводов. Структура диссертации соответствует заявленной теме, цели и задачам исследования, раскрывает его основные проблемы и выводы. Каждая из частей диссертации составляет органическое единство с другими частями. Диссертация обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые автором для публичной защиты, что свидетельствует о личном вкладе автора в науку. Предложенные автором

решения аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями.

Значимость полученных результатов для развития технических наук

Практическая значимость работы заключается в возможности использования полученных аналитических решений для проектно-баллистического анализа перспективных космических аппаратов с двигателями малой тяги с целью формирования алгоритмов управления относительным движением, а также в качестве начального приближения для решения задач оптимизации траекторий КА с двигателями ограниченной тяги и постоянной скоростью истечения.

Апробация и внедрение результатов исследования осуществлялись на международных и российских научных и научно-практических конференциях. Основные научные результаты диссертационного исследования отражены в научных трудах автора.

Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведённых в диссертации

Разработанные методы, алгоритмы и программно-моделирующие комплексы могут найти применение при баллистическом проектировании миссий перспективных малых космических аппаратов с двигателями малой тяги. Целесообразно применять программно-моделирующий комплекс в баллистических центрах при выполнении проектно-баллистических работ.

Соответствие работы паспорту специальности

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов, а именно:

п.1: Разработка и совершенствование математических моделей, используемых для описания движения и управления летательным аппаратом на различных режимах полёта;

п.5: Создание методов анализа и проектирования траекторий одиночных летательных аппаратов, а также группы ЛА.

Соответствие содержания диссертационной работы специальности 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов подтверждается методами исследования, апробацией работы, её научной новизной и практической полезностью.

Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации

В автореферате представлены разделы, отражающие содержание и структуру диссертационной работы: актуальность, цель, задачи, методы, основные положения, научную новизну, теоретическую и практическую значимость, выводы. Приводится краткое содержание глав диссертации, описание разработанных методов, основные результаты расчётов. Таким образом, автореферат соответствует основным положениям диссертации, даёт целостное и полное представление о содержании и результатах работы.

Замечания к работе

Диссертация и автореферат написаны на высоком научном и методическом уровне. Стиль изложения построен логично, грамотен и понятен.

Вместе с тем, необходимо отметить следующее:

1. Используемая математическая модель движения не учитывает возмущения, действующие на КА, хотя величина реактивного ускорения от двигателей малой тяги сравнима с модулем возмущающего ускорения. Было

п.1: Разработка и совершенствование математических моделей, используемых для описания движения и управления летательным аппаратом на различных режимах полёта;

п.5: Создание методов анализа и проектирования траекторий одиночных летательных аппаратов, а также группы ЛА.

Соответствие содержания диссертационной работы специальности 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов подтверждается методами исследования, апробацией работы, её научной новизной и практической полезностью.

Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации

В автореферате представлены разделы, отражающие содержание и структуру диссертационной работы: актуальность, цель, задачи, методы, основные положения, научную новизну, теоретическую и практическую значимость, выводы. Приводится краткое содержание глав диссертации, описание разработанных методов, основные результаты расчётов. Таким образом, автореферат соответствует основным положениям диссертации, даёт целостное и полное представление о содержании и результатах работы.

Замечания к работе

Диссертация и автореферат написаны на высоком научном и методическом уровне. Стиль изложения построен логично, грамотен и понятен.

Вместе с тем, необходимо отметить следующее:

1. Используемая математическая модель движения не учитывает возмущения, действующие на КА, хотя величина реактивного ускорения от двигателей малой тяги сравнима с модулем возмущающего ускорения. Было

бы полезно привести в работе оценку влияния неучтённых факторов на результаты баллистического проектирования рассмотренных миссий.

2. В работе отсутствует сопоставление с современными подходами к проблемам оптимизации перелётов КА с двигателями малой тяги, представленными в зарубежной литературе. Расширение сравнительного анализа за счёт международных источников повысило бы научную новизну и авторитетность исследования.

3. Некоторые предположения в приведённых алгоритмах расчёта манёвров недостаточно обоснованы. Например, неясно, на чем основано утверждение, что импульсы скорости имеют линейное распределение по виткам.

4. В диссертации и автореферате присутствуют отдельные опечатки и неточности в обозначениях величин. Некоторые рисунки в автореферате имеют очень мелкие, плохо читаемые обозначения осей.

5. Некоторые результаты приведены с излишней точностью. Например, характеристические скорости импульсов определены с точностью до 10^{-6} м/с.

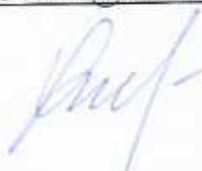
Отмеченные замечания не снижают научной и практической значимости работы и высокой положительной оценки диссертационного исследования. Замечания сформулированы в развитие темы и свидетельствуют не об ошибках автора, а о профессиональном интересе к его работе, комплексном и многогранном характере исследованных вопросов, перспективах научных изысканий, основу которых сформировал диссертант, что делает диссертацию ценной в научном и практическом отношении.

Заключение

Диссертация соискателя Оливио Адилсон Педро «Метод расчета маневров малого космического аппарата, оснащенного двигателями малой тяги» соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, отвечает критериям пп. 2.1-2.6 Положения о присуждении ученых степеней во ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», утвержденного ученым советом РУДН, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов.

Доктор технических наук (специальность 05.07.09), доцент, заведующий кафедрой динамики полёта и систем управления федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева" (Самарский университет)
Тел: (846) 267-45-04, email: starinova.ol@ssau.ru

«30» 04 2025 г.



Старинова Ольга Леонардовна

Адрес организации:

443086 Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева" (Самарский университет)

Тел.: (846) 335-18-26, e-mail: ssau@ssau.ru



Подпись Стариновой О.Л. удостоверяю.
Начальник отдела сопровождения деятельности
ученых советов Самарского университета
Бояркина У.В.
«апрель» 2025 г.