



**НПО
ЛАВОЧКИНА**

Акционерное общество
«Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина»
(АО «НПО Лавочкина»)

Ленинградская ул., д. 24, г. Химки, Московская область, 141402, ОГРН 1175029009363, ИНН 5047196566
тел.: +7 (495) 573-56-75, факс: +7 (495) 573-35-95, e-mail: npol@laspace.ru, www.laspace.ru

30 ЯНВ 2024

«___» _____ 20__ г.

№

517/1781

На №

от

Ученому секретарю
диссертационного совета Д 24.2.327.03
Московского авиационного института
доктору технических наук, доценту

А.В.Старкову

125993, г. Москва, А-80, ГСП-3,
Волоколамское шоссе, д. 4, МАИ,
Ученый совет МАИ

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель генерального директора-
генеральный конструктор
кандидат технических наук



А.Е. Ширшаков
2024 г.

Отдел документационного
обеспечения МАИ

ОТЗЫВ

«31» 01 2024

на автореферат диссертационной работы Паинг Сое Ту У «Оптимизация межорбитальных перелетов с конечной тягой», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов»

Диссертационная работа Паинг Сое Ту У «Оптимизация межорбитальных перелетов с конечной тягой» посвящена проблеме оптимизации траекторий при осуществлении сложных схем межпланетных и межорбитальных перелетов космических аппаратов (КА). В работе рассматриваются методы оптимизации траекторий межорбитального многовиткового перелета вокруг Земли и траекторий межпланетного перелета.

Среди задач механики космического полета особое место занимают задачи оптимизации межорбитальных перелетов КА, оснащенных как обычными химическими двигательными установками, так и перспективными электроракетными двигательными установками (ЭРДУ). Использование ЭРДУ позволяет сократить затраты рабочего топлива на выполнение типовых транспортных космических операций, однако, из-за малой величины тяги, существенно увеличивается длительность перелета. Для повышения

эффективности космических транспортных операций при проведении проектно-баллистического анализа важное значение имеет решение задачи оптимизации траекторий перелета КА.

В настоящее время известно много методов, позволяющих проводить оптимизацию траекторий перелета КА. При этом недостатком существующих вычислительных методов является их недостаточная устойчивость и зависимость от правильности выбора начального приближения. Поэтому представляется актуальной разработка автором устойчивых быстродействующих методов численной оптимизации траекторий межорбитальных перелетов.

Целью работы Паинг Сое Ту У является развитие теории и разработка методов численной оптимизации траекторий межорбитальных перелетов КА с двигателями конечной тяги. В качестве особенностей предлагаемых методов можно отметить использование для решения краевой задачи принципа максимума двухэтапного метода с оптимизацией траектории КА с идеально-регулируемым двигателем (ИРД) на первом этапе и использованием его результатов в качестве начального приближения на втором этапе, на котором реализуется численное продолжение оптимальной траектории КА с ИРД в оптимальную траекторию КА с двигателем ограниченного ускорения (ДОУ) или двигателем ограниченной тяги (ДОТ).

Судя по автореферату, к новым научным результатам диссертационных исследований можно отнести следующие:

- метод оптимизации траекторий перелета КА с ограниченным реактивным ускорением на основе применения принципа максимума, метода продолжения и условий трансверсальности для свободных элементов конечной орбиты.
- математическая постановка и численный метод решения задачи оптимизации многовитковых траекторий с фиксированной угловой дальностью, свободным временем перелета с использованием вспомогательной долготы в качестве независимой переменной.
- определение немонотонной зависимости оптимального времени перелета от величины тяги на траекториях с фиксированной угловой дальностью в задаче перелета с минимальными затратами топлива.
- методики для оперативного анализа комбинированных схем выведения КА с ЭРДУ на геостационарную орбиту (ГСО) в вариантах с использованием и без использования разгонного блока и получение зависимости оптимальных параметров промежуточных орбит (ПО) и массы КА на ГСО от длительности выведения.

Практическая значимость диссертации заключается:

- в разработке методов оптимизации траекторий КА с конечной тягой, позволяющих вычислять оптимальные траектории без необходимости выбора начального приближения и получать верхнюю оценку затрат

характеристической скорости, требуемых на выполнение заданной космической транспортной операции;

- в разработке программно-математического обеспечения и получении численных результатов, которые могут применяться для проведения проектно-баллистического анализа перспективных космических миссий.


В качестве замечаний к работе можно отметить следующие:

1. При расчете траектории перелета между опорной и промежуточной орбитами по двухимпульсной схеме не указано, как в импульсном приближении производится учет потерь скорости.
2. Не проведена оценка влияния возмущающих воздействий при движении центра масс КА в реальном гравитационном поле на результаты решения рассматриваемых задач оптимизации.
3. Не проведен анализ чувствительности предлагаемых методов оптимизации к возможным ошибкам отработки программ управления ориентацией вектора тяги.
4. В тексте автореферата имеются незначительные опечатки.

Отмеченные недостатки не оказывают принципиального влияния на основные теоретические и практические результаты диссертационной работы.

Диссертационная работа Паинг Сое Ту У «Оптимизация межорбитальных перелетов с конечной тягой» является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена научная задача, направленная на повышение эффективности межорбитальных перелетов. Научная новизна и практическая ценность работы соответствуют требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а её автор Паинг Сое Ту У заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Заместитель начальника отдела,
доктор технических наук



30.01.24

А. Е. Назаров

Акционерное общество «Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина» (АО "НПО Лавочкина")

Почтовый адрес: 141402, РФ, г. Химки, Московская область, Ленинградская ул., д. 24.

Телефон: +7 (495) 573-56-75

Официальный сайт: <http://www.laspace.ru/>

Электронная почта: npol@laspace.ru