



Государственный научный центр Российской Федерации
Федеральное автономное учреждение

**ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
АЭРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
имени профессора Н.Е.Жуковского
ФАУ «ЦАГИ»**

Жуковского ул., д. 1, г. Жуковский, Московская область, 140180
тел.: +7 495 556-4303, факс: +7 495 777-6332, www.tsagi.ru
ОГРН 1225000018803, ИНН 5040177331, КПП 504001001, ОКПО 50205960

19.10.2023 № 2/15-10-10160

На № _____ от _____

Ученому секретарю
диссертационного совета 24.2.327.03
А.В. Старкову

125993, г. Москва, Волоколамское
шоссе, д.4, МАИ, отдел Ученого и
диссертационных советов

Уважаемый Александр Владимирович!

Направляю Вам отзыв на автореферат диссертации Юн Сон Ук «Оптимизация траекторий космического аппарата с электроракетной двигательной установкой при наличии возмущающих ускорений», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Приложение: Отзыв в 2-х экз., на 3 листах каждый.

С уважением,

Ученый секретарь
диссертационного совета № Д 403.004.01
при ФАУ «ЦАГИ»
доктор физико-математических наук

М.А. Брутян

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«26» 10 2023.

005485

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Юн Сон Ук

«Оптимизация траекторий космического аппарата с электроракетной двигательной установкой при наличии возмущающих ускорений», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16. – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов»

Диссертационная работа Юн Сон Ук посвящена оптимизации межпланетных и межорбитальных перелетов космических аппаратов (КА) с электроракетной двигательной установкой (ЭРДУ) с учетом возмущений, обусловленных притяжением удаленных небесных тел и нецентральностью гравитационного поля Земли. Для выполнения поставленной в работе задачи – повышения эффективности космических миссий КА с ЭРДУ, автором предложены новые подходы к решению поставленных задач и методики, обеспечивающие заметное преимущество полученных в результате траекторий и программ управления тягой ЭРДУ по сравнению, например, с известным и широко применяемым методом точечных сфер действия.

Актуальность рассматриваемой работы обусловлена растущим интересом к межпланетным перелетам, включая полеты к Луне и спутникам других планет. Использование ЭРДУ обеспечивает топливную и энергетическую экономичность таких миссий, приводя в то же время к существенному увеличению продолжительности возникающих многовитковых траекторий полета и к росту влияния действующих возмущений. В этом случае оптимизация управления с учетом возмущающих факторов необходима как для планирования полетного задания, так и для гарантии выполнения всего проекта.

Судя по автореферату, **научная новизна** диссертационной работы заключается в следующем:

1. Разработана методическая база для оптимизации возмущенных многовитковых траекторий КА на основе принципа максимума Понтрягина и метода продолжения решения по параметру с использованием новой независимой переменной (вспомогательной долготы) и аппарата комплексных дуальных чисел для автоматического дифференцирования.
2. Для построения оптимальных траекторий КА с заданной тягой предложен метод автоматизации решения краевых задач, не требующий задания начального приближения варьируемых параметров.

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«26» 10 2023.

3. Предложено решение задачи сквозной оптимизации перелета КА с ЭРДУ на окололунную орбиту с использованием канонических преобразований.
4. Разработан новый подход к оптимизации межпланетных траекторий КА с малой тягой на базе использования коллинеарных точек стыковки планетоцентрических и гелиоцентрических участков траектории.
5. Разработан комплекс программно-математического обеспечения для оптимизации межпланетных и межорбитальных траекторий, а также траекторий перелета к Луне.

Практическая значимость настоящей диссертации состоит в разработке методики и комплекса программно-математического обеспечения для оптимизации межпланетных и межорбитальных траекторий, включая траектории космических буксиров с ЭРДУ при выполнении космических транспортных операций между околоземной и окололунной орбитами для обеспечения лунных пилотируемых программ.

Достоверность представленных результатов обеспечивается использованием строгих математических методов, сравнением полученных решений с результатами других авторов и тестированием вычислительных программ и применяемых преобразований.

Вместе с тем, судя по автореферату, работа не лишена **недостатков**:

- В численных примерах возмущенных межорбитальных перелетов не учитывается влияние аэродинамического ускорения и ускорения от светового давления.
- Не приведено информации о вычислительной трудоемкости разработанных методов оптимизации (процессорном времени решения задач в рассмотренных численных примерах, сравнения вычислительной трудоемкости задач оптимизации в рассматриваемой автором постановке с фиксированной угловой дальностью и свободным временем и в традиционной постановке с фиксированным временем перелета).
- В пояснении к формуле (16) не приведено описание переменной r_1^* .

Указанные замечания не снижают общей научной ценности проведенного автором исследования.

Вывод: судя по автореферату, диссертационная работа Юн Сон Ук «Оптимизация траекторий космического аппарата с электроракетной двигательной установкой при наличии возмущающих ускорений» является самостоятельным и законченным исследованием, содержит решение актуальной научной задачи, имеющей большое значение для развития теории

и практики механики космического полёта. Работа соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения учёных степеней (п.9-14), а её автор, Юн Сон Ук, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16. – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Начальник сектора НИО-15 ФАУ «ЦАГИ»
кандидат технических наук
старший научный сотрудник

Янова Ольга Васильевна

Тел. +7 (495) 556-31-09,
E-mail: yanova2007@yandex.ru
Адрес ФАУ «ЦАГИ»: 140180, Московская обл., г. Жуковский,
ул. Жуковского, д. 1

Подпись Яновой О.В. заверяю:

Ученый секретарь
диссертационного совета № Д 403.004.01
при ФАУ «ЦАГИ»
доктор физико-математических наук



М.А. Брутян