

Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)  
(МФТИ, Физтех)

Юридический адрес: 117303, г. Москва,  
ул. Керченская, дом 1А, корпус 1  
Почтовый адрес: 141700, Московская обл.,  
г. Долгопрудный, Институтский переулок, дом 9  
Тел.: +7 (495) 408-42-54, факс: +7 (495) 408-68-69  
info@mipt.ru

Ученому секретарю  
диссертационного совета  
24.2.327.03,  
д.т.н., доц. Старкову А.В.

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский  
университет)»,  
125993, г. Москва, Волоколамское  
шоссе, д. 4

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы

Юн Сон Ук

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

Диссертационная работа Юн Сон Ук посвящена разработке методики  
оптимизации возмущенных траекторий с малой тягой и применению этой  
методики для решения ряда задач: перелёта с геопереходной на  
геостационарную орбиту Земли, перелёта к Луне и ряду планет Солнечной  
системы.

**Актуальность работы** следует из необходимости разработки  
эффективной методики решения задач оптимизации траекторий перелёта с  
малой тягой с учётом моделей возмущающих ускорений.

**Научная новизна** заключается в разработке нового метода оптимизации  
на основе использования комплексных дуальных чисел, которые позволили  
вычислить вторые производные высокоточных моделей возмущающих  
ускорений, что необходимо для применения метода продолжения по  
параметру. С использованием разработанной методики получены новые  
результаты решения задач оптимизации межорбитального и межпланетного  
перелётов.

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

**Практическая значимость** диссертационной работы состоит в разработке методики для решения важной прикладной задачи оптимизации перелётов, которая может быть применена при проектировании реальных миссий к Луне и планетам Солнечной системы.

**Достоверность полученных результатов** обеспечивается сравнением решений, полученных с помощью разработанного метода, с решениями, полученными другими авторами.

Результаты диссертационной работы апробированы на основе публикаций в научной печати, входящих в перечень ВАК, и в периодических научных журналах, индексируемых Scopus, а также выступлений на научно-технических конференциях и семинарах.

Список публикаций подтверждает личный вклад автора в решение поставленной научной задачи.

По тексту автореферата возникли следующие замечания:

1. Из представленного в автореферате решения задачи оптимального управления из формулы (11) неясно, какое значение принимает релейная функция тяги  $\delta$  при нулевом значении функции переключения  $S$ .

2. В определении комплексных дуальных чисел следовало описать в тексте, что  $\varepsilon$  обозначает нильпотентный элемент алгебры дуальных чисел.

3. В описании содержания третьей главы сказано, что «разработанный метод и программное обеспечение обеспечивают возможность проведения оптимизации траектории без необходимости задания начального приближения для неизвестных параметров краевой задачи принципа максимума», что не вполне корректно, так как в заключении написано, что «в качестве начального приближения используются нулевые начальные значения сопряженных переменных».

4. Из текста автореферата не ясно, результаты, представленные в Таблице 1, получены для фиксированной даты старта или проводилась оптимизация с варьированием этого параметра.

5. Для представленной на рисунке 10 аппроксимирующей экспоненциальной зависимости расстояния между оптимальной точкой стыковки траектории и точкой либрации от угловой переменной  $K$  следовало бы указать ошибку полученной аппроксимации.

6. В описании шестой главы было получено, «чем ближе орбита планеты к орбите Земли, тем больше относительная разница в затратах характеристической скорости», но из текста непонятно, как определяется

«близость» орбит, а также справедливо ли утверждение применительно и для перелёта к внутренним планетам: Венере и Меркурию.

Указанные недостатки не снижают общую положительную оценку выполненной работы, её научную и практическую значимость.

Судя по автореферату, диссертация Юн Сон Ук является завершённой научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной научной задачи, имеющей важное значение для развития теории и практики управления движением космических аппаратов.

Представленная работа соответствует паспорту специальности 2.5.16. – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов» и требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г., а её автор Юн Сон Ук, достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16. – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Доцент кафедры  
Теоретической механики МФТИ  
к.ф.-м.н., доцент

Иванов Данил Сергеевич

Заместитель заведующего кафедрой  
Теоретической механики МФТИ  
к.ф.-м.н., доцент

Сахаров Александр Вадимович

01.11.2023

Подпись руки  
ЗАВЕРЯЮ:  
АДМИНИСТРАТОР КАНЦЕЛЯРИИ  
АДМИНИСТРАТИВНОГО ОТДЕЛА  
О. А. КОРАБЛЕВА

Сахарова А.В.  
Иванова Д.С.

