

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации 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»

Целью диссертационной работы Юн Сон Ук является повышение эффективности космических транспортных систем при реализации перспективных миссий с использованием электроракетной двигательной установки, что обуславливает актуальность работы.

Теоретическую значимость и научную новизну составляет разработанная в диссертации методика, развивающая идеи научного руководителя Юн Сон Ук – В.Г. Петухова по оптимизации межпланетных траекторий космических аппаратов методом продолжения с использованием комплексных дуальных чисел для специальных важных случаев рассмотрения в математической модели задачи учёта множества возмущающих факторов.

Работа выполнена на высоком научном уровне, построено множество многовитковых экстремалей Понтрягина для задач в непростой постановке с проведением сквозной оптимизации всей миссии, в том числе с малой тягой.

Достоверность результатов основана на использовании классического принципа максимума Л.С. Понтрягина и сравнении результатов работы с работами других авторов. В результате исследования разработан программный комплекс. Практическая значимость заключается в предложенном процессе автоматизации вычисления оптимальной траектории космического аппарата с двигателем заданной тяги и заданным удельным импульсом, не требующим специального подбора начальных приближений для неизвестных параметров краевой задачи.

К достоинствам работы относится рассмотрение множества примеров, в том числе построены траектории, содержащие до 500 витков.

Основные результаты опубликованы в 8 работах и докладывались на множестве научных конференций. Ответы Юн Сон Ук на вопросы на научных семинарах, свидетельствуют о том, что результаты получены лично автором диссертации.

В качестве недостатков автореферата следует отметить следующее:

1. В тексте многократно говорится, что построены оптимальные траектории. Что подразумевается под оптимальностью, доказана ли она, проверялись ли условия 2-го порядка?
2. Неясно, как в работе учитывалось ограничение на минимальное расстояние до поверхности различных тел Солнечной системы.
3. Судя по автореферату, в работе удалось разработать методику, достаточно быстро решающую краевые задачи принципа максимума, по сравнению с известными подходами. При этом непонятно, насколько просто и какие затраты по времени потребуются, чтобы пересчитать траектории, если на очередном витке космического аппарата окажется, что его координаты и скорости отличаются от расчётных.
4. Неясно, возможны ли в рассматриваемых Отдел документального обеспечения МАИ задачах режимы режимы особого управления, и исследовались ли они.

5. В автореферате присутствует текст: «После каждого успешного шага численного интегрирования методом продолжения проводилась коррекция результатов интегрирования ограниченным числом итераций метода Ньютона или гибридного алгоритма Powell», из которого непонятно:
- насколько грубые результаты получались без корректировки;
  - сколько итераций Ньютона или Powell обычно требовалось для коррекции;
  - всегда ли устойчиво удавалось в итоге достичь требуемой точности;
  - как выбиралось условие останова счёта во время коррекции.
6. Автореферат содержит незначительное количество опечаток и пунктуационных ошибок. В частности, после формулы (2) на странице (7) и 12 на стр. 9 пропущена запятая, после формулы (4) на странице (7) и (8) на стр. 8 пропущена точка, в середине стр. 17 не согласованы слова «начальная массу КА принималась».

Однако указанные недостатки не снижают теоретической и практической ценности работы.


### Выводы.

Диссертация представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему. В работе разработана методика, позволяющая решать трудные задачи космодинамики с проведением сквозной оптимизации для многовитковых траекторий при учёте возмущений.

Работа отвечает требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор **Юн Сон Ук заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук** по специальности 2.5.16 — Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов.

Кандидат физико-математических наук,  
старший научный сотрудник  
лаборатории №38 «Управление по неполным данным»  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Института проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской  
академии наук  
Эл. почта: samokhin@ipu.ru

Самохин А.С.



03 ноября 2023 г.

Подпись

ЗАВЕРЯЮ

ВЕД. ИНЖЕНЕР

ГОРДЕЕВА Ю. Ю.



Личную подпись Самохина Александра Сергеевича заверяю.

Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской  
академии наук

117997, Россия, Москва, ул. Профсоюзная, д. 65. Тел.: +7 495 334-89-10, +7 495 198-17-20