

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Мина Тейна на тему «*Оптимизация траекторий космических аппаратов с использованием эволюционной стратегии с адаптацией ковариационной матрицы*», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.07.09 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Диссертационное исследование, выполненное Мином Тейном, анализирует одну из наиболее актуальных задач механики космического полета – задачу поиска глобального экстремума при оптимизации траекторий космических аппаратов (КА) с электроракетными двигательными установками (ЭРДУ) и/или химическими двигательными установками. Несмотря на усилия большого числа исследователей, данная область остается недостаточно проанализированной и в настоящее время.

Актуальность данной работы обусловлена тем, что в настоящее время в России и мире существует большое число проектов межпланетных космических миссий, требующих чрезвычайно больших затрат топлива для их реализации. И в этих задачах поиск наилучшего решения является особенно чувствительным для осуществления проекта в целом.

Судя по автореферату, в диссертационной работе отражены следующие ключевые вопросы:

1. Сформирована методическая база для решения задачи оптимального управления движением КА с ЭРДУ с помощью совместного использования условий оптимальности принципа максимума и численного метода оптимизации, представляющего собой эволюционную стратегию с адаптацией ковариационной матрицы.

2. Предложен подход к оптимизации траекторий КА, на основе сведения задачи оптимизации (в том числе краевой задачи принципа максимума) к задаче безусловного минимума вспомогательной функции, состоящей из суммы квадратов невязок и оптимизируемого критерия, взятого с весовым коэффициентом для получения глобального оптимума.

3. Разработана методика проектирования сложных схем межпланетного перелета КА к небесным телам Солнечной системы с использованием гравитационных маневров у промежуточных планет и дополнительных импульсов скорости на гелиоцентрических участках перелета.

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ
Вх. №
" 06 / 06 2018 г.

4. С использованием разработанных методов и программного обеспечения можно проводить проектно-баллистический анализ космических миссий в различных постановках (таких как: выведение КА с низкой околоземной орбиты на геостационарную орбиту с использованием космической транспортной системы на базе комбинации химических разгонных блоков и ЭРДУ, выведение КА гелиоцентрическую орбиту для исследования Солнца, межпланетные перелеты КА к планетам и их спутникам), что проиллюстрировано на множестве приведённых в работе примеров.

Полученные в работе результаты отличаются определенной теоретической новизной. В частности, разработана оригинальная методика поиска глобального экстремума в задачах оптимального управления и конечномерной оптимизации, возникающих в механике космического полёта.

Несомненна и практическая значимость результатов диссертационного исследования. Так, в работе дается большой объем результатов, полученных при решении задач оптимизации межпланетных и межорбитальных перелётов. В ходе выполнения диссертационного исследования, создано программное обеспечение, реализующее предложенные методики.

Обоснованность правильности решения и достоверность результатов подтверждаются использованием адекватных математических моделей движения, использованием апробированных численных методов, и не противоречит результатам других авторов.

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

- 1) Работа значительно выиграла бы, если бы автор провел анализ и классификацию различных экстремалей, полученных в рассматриваемых задачах.
- 2) Из текста автореферата не вполне понятен выбор автора именно в пользу СМАЕС метода среди прочих стохастических подходов, как и не ясна причина обратиться именно к этой группе методов, пренебрегая более строгими с точки зрения математического обоснования диагональными методами и методами интервального анализа.
- 3) В выражениях (1) и (9) различные функции имеют одинаковое обозначение.
- 4) Излишнее внимание уделено описанию работы Хансена и Остермайера.

Указанные замечания не снижают общей ценности проведенного исследования.

Вывод: судя по автореферату, диссертационная работа Мина Тейна «Оптимизация траекторий космических аппаратов с использованием эволюционной стратегии с адаптацией ковариационной матрицы» является самостоятельным и законченным

исследованием, содержит решение актуальной научной задачи, имеющей важное значение для развития теории и практики механики космического полета. Она соответствует критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям. Автор диссертационной работы заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.07.09 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Руководитель НТЦ ПАО «РКК Энергия»

доктор технических наук

Улыбышев Юрий Петрович

Заместитель начальника отдела ПАО «РКК Энергия»,

Кандидат технических наук

Заборский Сергей Артурович

Подписи Улыбышев Ю.П., Муртазина Р.Ф. и Заборского С.А. заверяю:

Ученый секретарь Публичного акционерного общества

«Ракетно-космическая корпорация «Энергия»

кандидат физико-математических наук

Хатунцева Ольга Николаевна

Исп. Заборский С.А.

тел. 8 (495) 513-61-45

e-mail: sergey.zaborsky@rsce.ru

