

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации

Орлова Александра Александровича

«Оптимизация сложных схем перелёта КА с электроракетными двигателями при граничных условиях смешанного типа», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Исследование, представленное в диссертации Александра Александровича Орлова, посвящено анализу одной из наиболее актуальных задач современной механики космического полёта – задаче оптимизации траекторий космических аппаратов (КА) с электроракетными двигательными установками (ЭРДУ). Хотя в настоящее время существует достаточно большое количество исследований на данную тему, эта область науки до сих пор требует пристального внимания. Связано это с тем, что оптимизации траекторий космических аппаратов с электроракетными двигательными установками является сложной задачей и представляет значительные трудности. Работа принадлежит к школе профессора Михаила Сергеевича Константинова в Московском авиационном институте, известной своими работами по исследованию полетов космических аппаратов с электроракетными двигательными установками и разработке методов решения разнообразных задач в этой области механики космического полета.

Актуальность данной работы определяется тем, что в настоящее время в России и в мире существует большое число космических проектов, требующих для своей реализации значительных энергетических затрат. Проблема поиска оптимальных решений в подобных миссиях встаёт весьма остро, поскольку в значительной степени определяет возможности реализации таких проектов в целом.

Научная новизна диссертационной работы, судя по автореферату, заключается в следующем:

1. Сформирована методическая база для решения задач поиска оптимального управления движением КА с ЭРДУ на основе использования принципа максимума Понтрягина в комбинации с методом продолжения по параметру. При этом предлагаемая методика позволяет проводить сквозную оптимизацию межпланетных траекторий с гравитационными манёврами и не требует решения вспомогательных задач;

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ
Вх. № _____
30 10 2018 г.

2. Проведена модификация метода продолжения по гравитационному параметру для возможности его применения при решении многоточечных краевых задач, в частности, для задач межпланетного перелёта с гравитационными манёврами;

3. Предложен подход к решению краевых задач межпланетного перелёта с ограничениями смешанного типа, которые, в зависимости от постановки, могут возникать при проведении оптимизации траекторий с гравитационными манёврами;

4. На основе предлагаемых методик и соответствующего программного обеспечения, разработанного автором, можно проводить проектно-баллистический анализ миссий межпланетных перелётов, что проиллюстрировано на многих примерах, приведённых в работе.

Результаты, полученные в работе, отличаются определённой **научной новизной**. В частности, разработана эффективная методика поиска оптимальных решений при межпланетных перелётах, позволяющая проводить сквозную оптимизацию траектории уже на первом этапе расчёта. Предложен оригинальный способ записи в общем виде условий оптимальности при гравитационных манёврах. Такой подход позволяет объединить два случая в рамках одной краевой задачи, когда угол поворота асимптоты пролётной гиперболы меньше или равен максимальному. В результате этого получается краевая задача с ограничениями смешанного типа, которую предлагается решать путём ввода в граничные условия дополнительных ослабляющих переменных.

Практическую значимость настоящей диссертации определяет большой объём численных результатов, полученных при решении множества задач прямого перелёта и перелётов с гравитационными манёврами. В качестве источника питания маршевой двигательной установки использовались ядерная и солнечная энергоустановки, то есть оба возможные в настоящее время источники энергии для ЭРДУ. Ценной особенностью постановки расчетов оптимизация межпланетных траекторий с солнечной ЭРДУ является то, что величина тяги является ступенчатой функцией гелиоцентрического расстояния КА. Тем самым в постановке схемы полета учитывается уменьшение мощности солнечных батарей при удалении КА от Солнца.

Достоверность представленных результатов подтверждается применением адекватных математических моделей движения, использованием хорошо известных численных методов и соответствии их результатам других авторов.

Судя по автореферату, в работе присутствуют и некоторые **недостатки**.

Так, из рисунка 3 автореферата следует, что модуль базис-вектора при гравитационном манёвре уменьшается, в то время как, исходя из условий оптимальности, он должен увеличиваться.

Указанное замечание не снижает общей научной ценности проведённого автором исследования.

Вывод: судя по автореферату, диссертация Александра Александровича Орлова «Оптимизация сложных схем перелёта КА с электроракетными двигателями при граничных условиях смешанного типа» является самостоятельным и законченным исследованием, содержит решение актуальной научной задачи, имеющей важное значение для развития теории и практики механики межпланетного перелета с двигателями малой тяги. Работа соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения учёных степеней (п.9-14), а её автор, А.А. Орлов, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Кандидат физико-математических наук,
Старший научный сотрудник
Федерального государственного учреждения
"Федеральный исследовательский центр
Институт прикладной математики
имени М.В. Келдыша Российской академии наук".

Г. Б. Ефимов

18 мая 2018

(125047, Москва, Миусская площадь, д. 4,
e-mail: efimov@keldysh.ru , раб.тел. 499 220 78 33)

Подпись Г.Б. Ефимова. заверяю. Ученый секретарь Института прикладной математики имени М.В. Келдыша РАН, кандидат физико-математических наук



А.И. Маслов