



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
"КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО "АРСЕНАЛ" ИМЕНИ М.В. ФРУНЗЕ"
(АО "КБ "АРСЕНАЛ")

ул. Комсомола, д.1-3, Санкт-Петербург, 195009
Тел.: (812) 542-29-73 Факс: (812) 542-20-60
<http://www.kbarsenal.ru> e-mail: kbarsenal@kbarsenal.ru
ОГРН 1177847042229, ОКПО 06506278
ИНН 7804588900, КПП 780401001

ФГБОУ ВПО «Московский

авиационный институт»

А.В. Старкову

ш. Волоколамское, дом 4, Москва, А-

80, ГСП-3, 125993

от 10.10.2018 № 536/11-4

на № _____ от _____


Об отзыве на автореферат

Орлова А.А.

Высылаю Вам отзыв Акционерного общества "Конструкторское бюро "Арсенал" имени М.В. Фрунзе" на автореферат диссертационной работы Орлова Александра Александровича на тему "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.

Приложение: Отзыв на автореферат – в 2 экз., на 4-х листах каждый.

Первый заместитель генерального
директора

 А.И. Шевкунов

Борщин
(812) 292-49-30



DIR-650838

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ
Вх. № 25
10 2018



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
"КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО "АРСЕНАЛ" ИМЕНИ М.В. ФРУНЗЕ"
(АО "КБ "АРСЕНАЛ")

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель
генерального директора



А.И. Шевкунов

" 10 " 2018 г.

ОТЗЫВ

Акционерного общества "Конструкторское бюро "Арсенал" имени М.В. Фрунзе" на автореферат диссертационной работы Орлова Александра Александровича на тему "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

Электроракетные двигательные установки (ЭРДУ), принцип действия которых основан на создании реактивной тяги с помощью ионизированного газа, разгоняющегося в электрическом поле, в настоящее время получили широкое распространение. Данное обстоятельство обусловлено значительно более высоким удельным импульсом ЭРДУ по сравнению с жидкостными ракетными двигателями, позволяющим существенно снижать затраты топлива при проведении манёвров космического аппарата (КА) в открытом космосе. К настоящему времени ЭРДУ используются не только для поддержания орбиты искусственных спутников Земли, но и в качестве маршевых двигателей при межпланетных перелётах. В качестве успешно реализованных миссий с маршевой ЭРДУ можно отметить проекты Японского агентства аэрокосмических исследований (JAXA) Hayabusa -1 и Hayabusa -2, Deep Space

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ

№ 25 10 2018

1 (NASA), SMART-1 европейского космического агентства (ESA) и т.д. Планируются миссии BepiColombo, Solar Orbiter (ESA), где в качестве маршевых двигателей используются ЭРДУ.

В связи с этим работа Орлова А.А., посвящённая разработке методик оптимизации траекторий межпланетных перелётов КА с маршевой ЭРДУ, представляется актуальной.

Поиск оптимальных траекторий межпланетных КА проводится, как правило, численными методами, применение которых приводит к появлению трудностей, связанных со сходимостью итерационной процедуры поиска оптимального решения. В работе для решения оптимизационной задачи используется принцип максимума Понтрягина, относящийся к группе непрямых методов. Как известно, при применении принципа максимума Понтрягина сходимость итерационного процесса поиска решения сильно зависит от выбора начального приближения. Поиск хорошего начального приближения представляет значительную трудность. Особенно это актуально для сложных схем межпланетных перелётов, включающих гравитационные манёвры. Автором настоящей работы в значительной степени была решена данная задача. Взяв за основу метод продолжения по гравитационному параметру, (где в качестве начального приближения всегда используется пассивное движение КА по орбите планеты отправления), показывающий высокую эффективность при решении двухточечных краевых задач прямого межпланетного перелёта, автор провёл его модификацию. Благодаря этому появилась возможность использовать его при решении многоточечных краевых задач, например, при проведении оптимизации траекторий с гравитационными манёврами.

Так же автором настоящей работы представлена методика расчёта траекторий с гравитационными манёврами, позволяющая по сравнению с существующими методиками не так сильно увеличивать порядок краевой задачи при добавлении в неё гравитационных манёвров. Предлагаемая методика основана на использовании матрицы поворота векторов в точке гравитационного манёвра, благодаря которому часть условий оптимальности при гравитационном манёвре выполняется автоматически, что и приводит к сравнительно не сильному увеличению порядка краевой задачи.

Предлагаемые автором методики показали высокую эффективность, что видно из представленных численных примеров.

Таким образом, научная новизна работы состоит в следующем:

- метод продолжения по гравитационному параметру модифицирован для возможности его применения при решении многоточечных краевых задач;

- разработана новая методика оптимизации межпланетных траекторий КА с ЭРДУ, использующих гравитационные манёвры;

- предложен подход, позволяющий объединять различные варианты условий оптимальности в точках гравитационного манёвра и находить оптимальную траекторию в рамках решения одной краевой задачи.

Практическая значимость результатов диссертационного исследования заключается в разработке устойчивого алгоритма оптимизации межпланетных траекторий, в том числе с гравитационным манёвром, разработке программного обеспечения, реализующего данный алгоритм и получении решений для ряда схем межпланетных перелётов.

Достоверность полученных результатов определяется адекватной постановкой задачи оптимизации, использованием корректных математических моделей, применением хорошо изученных и обоснованных методов, использованием полного набора необходимых условий оптимальности, совпадением численных результатов, полученных при решении тестовых задач, с результатами других авторов.

Результаты диссертационной работы в достаточной степени апробированы на конференциях и семинарах.

Автореферат написан лаконично, оформлен в соответствии с требованиями ГОСТ и соответствует специальности, по которой диссертация представляется к защите.

В качестве недостатков автореферата следует отметить:

1. Соискатель рассмотрел численные примеры межпланетных траекторий КА с гравитационными манёврами только у Земли. Было бы целесообразно рассмотреть схемы перелётов, включающих один или несколько гравитационных манёвров у других планет солнечной системы и провести сравнительный анализ результатов.

2. В автореферате соискателем заявлено о том, что "все результаты ... получены лично автором". Однако большинство опубликованных работ выполнено в соавторстве с другими учеными, в частности с научным руководителем доктором технических наук, профессором Константиновым М.С., и нет единоличных публикаций по результатам, выносимым на защиту. Не ясно, в чем заключается личный вклад соискателя?

Указанные недостатки не снижают научную значимость полученных автором результатов и не меняют общую положительную оценку диссертационной работы.

Выводы:

1. По материалам, изложенным в автореферате, можно сделать вывод о том, что диссертационная работа Орлова А.А. является законченной научно-квалификационной работой, содержащей новое решение актуальной научно-прикладной задачи.

2. По актуальности, научной новизне и практической значимости полученных результатов диссертационная работа соответствует требованиям "Положения о присуждении ученых степеней", а ее автор, Орлов Александр Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 – Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов.

Начальник отдела организации и сопровождения
научной деятельности
кандидат военных наук



Боршин Александр Леонтьевич

Ведущий инженер-конструктор
проектно-конструкторского сектора



Цируль Даниил Георгиевич

АО "Конструкторское бюро "Арсенал" имени М.В. Фрунзе"
Адрес: 195009, г. Санкт-Петербург, ул. Комсомола, д. 1-3, Лит. М, Пом. 19-Н
Телефон: (812) 292-49-30, e-mail: kbarsenal@kbarsenal.ru
Официальный сайт: www/kbarsenal.ru