



Госкорпорация «Росатом»  
Федеральное государственное унитарное предприятие  
**МОСКОВСКОЕ  
ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКОЕ  
БЮРО «Марс»  
(ФГУП МОКБ «Марс»)**

1-й Шемиловский пер., д.16  
Москва, 127473  
Телефон (495) 688-64-44, факс (499) 973-18-96  
E-mail: office@mokb-mars.ru  
ОКПО 07544111, ОГРН 1027739113654  
ИНН 7707058167, КПП 770701001

18.10.18 № 246/5264  
На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

**Ученому секретарю  
диссертационного совета  
Д 212.125.12  
А. В. Старкову**

125993 г. Москва, А-80, ГСП-3,  
Волоколамское шоссе, д.4, МАИ,  
Ученый совет МАИ

На исх. №601-16 374 от 29.06.2018

Уважаемый Александр Владимирович!


Направляю Вам отзыв на автореферат диссертационной работы «Оптимизация сложных систем перелета КА с электроракетными двигателями при граничных условиях смешанного типа» Орлова Александра Александровича по специальности 05.07.09 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Приложение:

Отзыв на 4-х листах в 2-х экз.

С уважением,

Заместитель директора  
ФГУП МОКБ «Марс»  
по научной работе

 В.Н. Соколов

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации

**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».

В своём исследовании диссертант затрагивает ряд методических вопросов, связанных с оптимизацией межорбитальных перелётов КА с ЭРДУ с учётом влияния возмущений. Несмотря на то, что к настоящему времени применение жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) получило широкое распространение в космических программах многих стран мира, ведутся непрерывные дискуссии о возможности их замены на более эффективные двигатели, к которым можно отнести электроракетные двигательные установки (ЭРДУ). К настоящему времени уже реализован ряд космических проектов, использующих ЭРДУ в качестве маршевых двигательных установок. Такое положение вещей объясняется тем, что ЖРД практически достигли своих предельных возможностей и не предвидится способов, которые бы позволили существенно увеличить их удельный импульс и конструктивное совершенство. В этом плане ЭРДУ представляют перспективное направление за счёт того, что они обладают на порядок большей энергетической эффективностью по сравнению с ЖРД.

Следует отметить, что использование ЭРДУ в качестве маршевых двигательных установок существенно усложняет проведение оптимизационных расчётов траекторий для реализуемых миссий. Таким образом, перед инженерами и учёными стоит задача разработки эффективных методов оптимизации траекторий с ЭРДУ.



В связи с вышеизложенным, можно сделать вывод, что настоящая работа является **актуальной**, а решаемая проблема разработки эффективной методики оптимизации межпланетных траекторий представляет существенную значимость в ракетно-космической отрасли.

Судя по автореферату, соискатель правильно определил цели и задачи исследования и использовал адекватные методы решения.

Для решения оптимизационной задачи автор использовал необходимые условия оптимальности принципа максимума Л.С. Понтрягина. Получаемая в результате краевая задача решалась методом продолжения по параметру.

**Научная новизна** настоящей работы определяется:

- разработкой новой методики оптимизации межпланетной траекторий, включающих гравитационные манёвры, отличающейся отсутствием необходимости решения каких-либо вспомогательных задач;
- разработкой нового подхода к постановке краевой задачи для межпланетных перелётов с гравитационными манёврами, заключающейся в объединении в точках гравитационных манёвров двух случаев, когда высота пролётной гиперболы больше или равна минимально допустимой, путем ввода в граничные условия дополнительных ослабляющих переменных;
- подробным рассмотрением в качестве численного примера межпланетного перелёта от Земли к Юпитеру. Автор исследует как прямой перелет с Юпитеру, так и перелет с одним и двумя гравитационными манёврами у Земли с солнечной электроракетной двигательной установкой. Автор анализирует и случай, когда может быть использована ступенчатая зависимость тяги маршевой двигательной установки от гелиоцентрического расстояния.

**Практическая значимость** работы состоит в разработке эффективной методики оптимизации межпланетных перелётов, включающих

гравитационные манёвры, разработке, на основе данной методики, программного обеспечения и получения с его помощью численных результатов для ряда межпланетных миссий.

**Достоверность** полученных автором результатов, теоретических положений и выводов определяется путём учёта всех необходимых факторов, оказывающих влияние на получаемое решение оптимизационной задачи и применением обоснованных допущений для рассматриваемых задач.

Результаты работы прошли достаточную апробацию на четырёх научно-технических конференциях, чтениях и семинарах. По результатам работы опубликовано три статьи в журналах, входящих в перечень ВАК или международные базы данных (МБР). Одна статья была переведена и напечатана в англоязычном журнале, входящем в МБР.

Объём автореферата и его оформление соответствует требованиям ГОСТ и специальности, по которой диссертация представлена к защите.

В качестве недостатков автореферата необходимо отметить:

- в задачах перелёта космического аппарата от Земли к Юпитеру для всех рассматриваемых схем не учитывалось влияние гравитационного поля Юпитера, хотя оно может оказывать достаточно сильное влияние на траекторию космического аппарата.
- в автореферате не уделено достаточного внимания анализу результатов, полученных при проведении оптимизации траекторий Земля-Юпитер для прямого перелёта и с одним и двумя гравитационными манёврами.

Указанные недостатки не являются принципиальными и не снижают высокой оценки представленной на рассмотрение диссертации, а полученные результаты заслуживают положительной оценки, так как данная диссертация выполнена на высоком теоретическом и экспериментальном уровне и полученные результаты не вызывают сомнений.

Выводы:

1. По материалам, изложенным в автореферате, можно сделать вывод о том, что диссертационная работа А.А. Орлова является законченной научно-квалификационной работой, содержащей новое решение актуальной научно-прикладной проблемы повышения эффективности космических транспортных операций КА с ЭРДУ.

2. По актуальности, научной новизне и практической значимости полученных результатов диссертационная работа полностью соответствует п.п. 9-14 "Положения о присуждении учёных степеней", а её автор, Александр Александрович Орлов, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 – Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов.

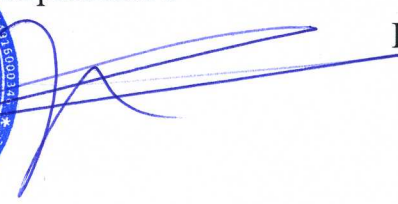
Начальник направления №1  
ФГУП МОКБ «Марс», к.т.н., доцент

  
16.10.79

М.А. Шатский

Подпись М.А. Шатского удостоверяю  
Заместитель директора ФГУП МОКБ «Марс»  
по научной работе, Заместитель генерального  
конструктора, д.т.н.





В.Н. Соколов