



ФЕДЕРАЛЬНОЕ КОСМИЧЕСКОЕ АГЕНТСТВО

Федеральное государственное унитарное предприятие
«ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ» (ФГУП ЦНИИмаш)



ул. Пионерская, д. 4, г. Королёв,
Московская область, 141070

Тел. (495) 513-59-51
Факс (495) 512-21-00

E-mail: corp@tsnimash.ru
http://www.tsnimash.ru

ОКПО 07553682, ОГРН 1025002032791
ИНН/КПП 5018034218/501801001

16.10.2015^к исх. № 303-482

на № _____ от _____

Экз. № 1

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора
(по системному проектированию
ракетной техники, специальных
комплексов и средств двойного
назначения)



С.В. Середин

« _____ » октября 2015 г.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации ИВАНЮХИНА Алексея Викторовича на тему «Методы проектирования траекторий КА с электроракетными двигателями на основе анализа области существования решений и исследования задачи о минимальной тяге», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 – Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов

Применение электроракетных двигательных установок (ЭРДУ), имеющих высокий удельный импульс, при осуществлении межпланетных перелетов может привести к существенному снижению требований по величине массы космического аппарата (КА), выводимого ракетами-носителями, по массе требуемого на перелет топлива, к увеличению массы КА, доставляемого на рабочую орбиту, и поэтому к увеличению объема научных исследований, который может выполнить КА. Диссертационная работа Иванюхина А.В. посвящена вопросу использования таких ЭРДУ для реализации межпланетного перелета космических аппаратов (КА) и, соответственно, является важной и актуальной.

В диссертационной работе представлена оригинальная методика построения области существования решений задачи перелёта КА с малой тягой (КА с ЭРДУ), основанная на формулировке задачи оптимизации, в которой определяется минимум необходимой реактивной тяги. Такая

постановка позволяет получить необходимые количественные оценки существования решений.

Построение области существования решений задачи межпланетного перелёта КА с ЭРДУ на плоскости проектных параметров ЭРДУ является новым научным результатом. Проведение такого исследования было вызвано необходимостью точного выделения области значений проектных параметров ЭРДУ гарантированно имеющих решение траекторной задачи.

В диссертационной работе автором получены следующие основные новые научные результаты:

1) разработан метод решения задачи на минимум тяги с ограничением на величину конечной массы КА;

2) разработана методика построения области существования решений перелётов КА с ограниченной тягой в пространстве основных параметров двигательной установки;

3) разработана методика перехода с границы области существования в её внутреннюю часть с использованием сглаженного управления.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в том, что разработанная на основе задачи о минимальной тяге методика решения, развитая в диссертационной работе и отражённая в автореферате, отличается высоким уровнем автоматизации. Автором эта методика доведена до программной реализации, на которую получено свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ. Численными расчётами и качественным анализом рассматриваемых задач подтверждена целесообразность разработанного метода и методик на большом числе примеров, связанных с исследованием простых и сложных схем межпланетных траекторий, в частности представленного в автореферате перелёта Земля–Марс. Показанный в автореферате пример прямого перелёта Земля–Марс отличается большим объемом проведённых вычислений и глубиной исследования.

Полученные автором результаты отличаются научной новизной и оригинальностью.

Достоверность полученных результатов обусловлена аргументированной формулировкой задач, использованием обоснованных подходов и методов к их решению, таких как принцип максимума Понтрягина и метод продолжения по параметру. Численные результаты, полученные в диссертации, подтверждают корректность постановок и допущений автора.

Результаты работы опубликованы в рецензируемых научных изданиях, включенных в реестр ВАК и прошли апробацию на научно-технических конференциях и семинарах.

В качестве недостатков можно отметить следующее:

1) в описании методической части предлагается анализировать границу области существования решения в пространстве тяга (начальное реактивное ускорение) – скорость истечения, а в приведённом примере перелёта Земля–Марс на графике изолиний скорость истечения фиксируется одним значением и её влияние на характеристики траектории и вид изолиний не приведены в автореферате;

2) при описании численных результатов в рассмотренном в автореферате примере не приведены используемые конкретные условия оптимальности, а делается ссылка на условия, записанные ранее в общем виде.

Перечисленные недостатки являются частными и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

Диссертационная работа выполнена на достаточно высоком научном уровне и представляет завершённую квалификационную работу, соответствующую паспорту специальности 05.07.09 – Динамика, баллистика, управление движением космических аппаратов, в которой решена актуальная научная задача разработки методики определения области существования решений в пространстве основных параметров ЭРДУ для задач межпланетного перелёта КА с ограниченной тягой и формирования на ее основе устойчивой методики проектирования траекторий перелёта.

Диссертационная работа соответствует требованиям «Положения ...» ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Иванюхин Алексей Викторович, достоин присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 – Динамика, баллистика, управление движением космических аппаратов.

Начальник Баллистического центра
доктор технических наук,
старший научный сотрудник

 И.И. Олейников

Заместитель начальника Баллистического центра
доктор технических наук,
старший научный сотрудник

 А.Т. Тунгушпаев

Начальник лаборатории
кандидат технических наук
старший научный сотрудник

 Ю.Ф. Колока