



Государственный научный центр Российской Федерации –
федеральное государственное унитарное предприятие

"Исследовательский центр
имени М.В.Келдыша"

(ГНЦ ФГУП "Центр Келдыша")

ул. Онежская, д. 8, г. Москва, Россия, 125438
Тел. +7 (495) 456-4608 Факс: +7 (495) 456-8228
ОКПО 07547339 ОГРН 1027700482303 ИНН/КПП 7711000836/774301001
kerc@elnet.msk.ru; http://www.kerc.msk.ru

05.12.2017 № 48-24/30

на № 601-16-230 от 13.11.2017

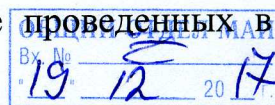
Ученому секретарю
диссертационного совета Д 212. 125.12
Федерального бюджетного
образовательного учреждения
высшего образования
«Московский авиационный институт
(национальный исследовательский
университет)» (МАИ)
кандидату технических наук, доценту
Старкову А.В.

125993, г. Москва, А-80, ГСП-3,
Волоколамское ш., д. 4.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации И.А. Николичева «Оптимизация многовиткового межорбитального перелета космического аппарата с электроракетной двигательной установкой с учетом действия возмущений», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Использование маршевых электроракетных двигательных установок в межорбитальных перелетах на сегодняшний день является одним из направлений повышения эффективности ракетно-космической техники, которое получает все более широкое распространение. Однако, баллистическое обеспечение межорбитальных перелетов с малой тягой развито недостаточно, чтобы удовлетворить потребности эксплуатантов и разработчиков. Одной из проблем здесь является решение сложных оптимизационных задач при проектировании номинальных траекторий. При этом учет возмущающих ускорений (помимо ускорения основного притягивающего тела и тяги электроракетной двигательной установки) совместно с использованием условий оптимальности в форме принципа максимума Понтрягина ведет к необходимости оперирования громоздкими выражениями и потребности в дополнительных верификационных расчетах. В связи с этим следует признать **актуальным** направление **проведенных в**



рамках представленной диссертационной работы исследований по разработке подходов к поиску оптимальных траекторий с использованием различных моделей движения, позволяющих осуществлять подробный учет ускорений, действующих на КА.

Новизна полученных результатов в первую очередь связана с использованием автоматического дифференцирования (использованием аппарата теории функции дуальных чисел) в решении различных краевых задач межорбитальных перелетов с малой тягой. Разработанная методика применима (что подтверждается приводимыми примерами расчетов) к многовитковым перелетам, в том числе со значительным набором характеристической скорости электроракетными двигателями, соответствующим перелету с геопереходных орбит на геостационарную. Новым методическим подходом является применение автором метода автоматического дифференцирования совместно с методом продолжения по параметру к задачам межорбитальных перелетов с малой тягой.

Практическая значимость результатов диссертационной работы определяется возможностью применения полученного программно-методического обеспечения для широкого спектра задач баллистики с малой тягой. При этом особую ценность представляет возможность достаточно простой замены уравнений движения на более сложные, учитывающие дополнительное влияние различных факторов.

Достоверность полученных результатов подтверждается приводимыми в автореферате полученными расчетным путем зависимостями (траекторных параметров и законов управления) для оптимальных траекторий, имеющими характерный вид, общий для зависимостей, опубликованных в литературе другими авторами.

Недостатками автореферата являются:

1. Отсутствие сравнения производительности разработанных программ, использующих автоматическое дифференцирование в расчете правых частей дифференциальных уравнений для сопряженных переменных по сравнению с программами, использующими аналитические выражения.
2. В описании результатов задачи определения минимальной потребной тяги (стр. 18-20) указывается наличие бифуркации решения, однако не указано с чем это связано (например, продемонстрированная ранее в

задаче минимизации массы топлива неединственность решения была связана с угловой дальностью перелета). Также, в автореферате не изложено как учитывается наличие неединственности решений при получении результатов, представленных на рис. 3-5 (в частности: относятся ли найденные решения к одному семейству; имеется ли переход между решениями с разной угловой дальностью при параметризации по наклонению и продолжительности перелета и не связана ли немонотонность зависимостей на рис. 4 и 5 именно с таким «перескоком» между семействами решений).

Указанные недостатки не влияют на положительную оценку результатов диссертационной работы. Как следует из автореферата, представленная диссертационная работа соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (п. 9), утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. N 842, а её автор – Николичев Илья Андреевич – заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Кандидат технических наук по специальностям 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» и 05.07.09 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов», ведущий научный сотрудник отдела 20 ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша»

А.А. Сеницын

05 декабря 2017 г.

Почтовый адрес: 125438, г. Москва, Россия, ул. Онежская, д. 8.

Контактный телефон: +7(495)456-93-13 (доб. 5-86)

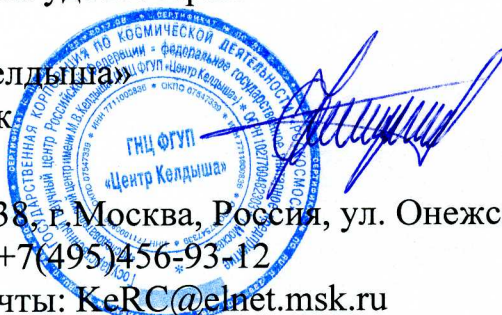
Адрес электронной почты: AlSinitin@yandex.ru

Подпись А.А. Сеницына удостоверяю

Ученый секретарь

ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша»

кандидат военных наук



Ю.Л. Смирнов

Почтовый адрес: 125438 г. Москва, Россия, ул. Онежская, д. 8.

Контактный телефон: +7(495)456-93-12

Адрес электронной почты: KeRC@elnet.msk.ru

19.12.2017

Т.Келдыш