



Акционерное общество
«Государственный ракетный центр
имени академика В.П.Макеева»
(АО «ГРЦ Макеева»)

Российская Федерация, Челябинская область,
г. Миасс

✉ Тургоякское шоссе, 1, г. Миасс,
Челябинская область, 456300

☎ 351-3/28-63-70 📠 351-3/55-51-91; 24-12-33

Телеграфный адрес: «Рубин» 624013

E-mail: src@makeyev.ru

ОКПО 07549733, ОГРН 1087415002168

ИНН/КПП 7415061109/742150001

От 15.05.2018 № 161485

На № _____ от _____

Экз. № 1

Ученому секретарю
диссертационного совета
ДС 212.125.12
Московского авиационного института
(национального исследовательского
университета)
кандидату технических наук,
доценту Старкову А.В.
125993, г. Москва, А-80, ГСП-3,
Волоколамское шоссе, д.4

Настоящим направляю отзыв АО «ГРЦ Макеева» на автореферат диссертации Мина Тейна на тему «Оптимизация траекторий космических аппаратов с использованием эволюционной стратегии с адаптацией ковариационной матрицы», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук, по специальности 05.07.09 - «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Приложение.

1 Отзыв, не секретно, экз. №1,2 на 4 листах каждый.

С уважением, главный ученый секретарь

АО «ГРЦ Макеева,

кандидат технических наук

С.Т. Калашников

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ

Лх. № 23 05 2018

ОТЗЫВ

Акционерного общества «Государственный ракетный центр имени академика В.П. МАКЕЕВА» на автореферат диссертации Мина Тейна на тему **«Оптимизация траекторий космических аппаратов с использованием эволюционной стратегии с адаптацией ковариационной матрицы»**, представленной на соискание ученой степени доктора технических наук, по специальности 05.07.09 - «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

С помощью разработанного комплекса методов оптимизации межорбитальных и межпланетных траекторий КА с ЭРДУ на основе совместного применения условий оптимальности принципа максимума и численного алгоритма эволюционной стратегии с адаптацией ковариационной матрицы в работе представлены результаты анализа оптимальных траекторий межорбитальных и прямых межпланетных перелетов КА ЭРДУ, в том числе с использованием гравитационных маневров у промежуточных планет.

В последнее время для повышения эффективности выполнения транспортных космических маневров благодаря высокому удельному импульсу нашло широкое применение электроракетных двигательных установок малой тяги. Появилась необходимость разработки математических моделей, описы-

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ
Вх. № 23 05 2018

вающих оптимальные траектории КА с ЭРДУ при использовании сложных схемы межорбитальных и межпланетных перелетов, развивать подходы, позволяющие надеяться на получение глобальной, а не локальной экстремали при траекторной оптимизации в механике космического полета. Все это определяет актуальность работы

Решение поставленных в работе задач привело к получению ряда научных результатов, имеющих несомненную научную новизну и практическую значимость. По нашему мнению, научная новизна работы состоит в том, что:

Сформирована методическая база решения задачи оптимального управления движением КА с ЭРДУ при совместном использовании условий оптимальности принципа максимума и численного метода оптимизации, представляющего собой эволюционную стратегию с адаптацией ковариационной матрицы.

Разработан устойчивый с вычислительной точки зрения метод оптимизации многовитковых межорбитальных перелетов КА с ЭРДУ между некомпланарными орбитами, задач траекторной оптимизации при рассмотрении прямых гелиоцентрических перелетов КА с идеально-регулируемой ЭРДУ и для КА с нерегулируемым двигателем.

Предложен подход к оптимизации траекторий КА с ЭРДУ и разработан трехступенчатый метод решения сквозной задачи оптимизации для сложных траекторий перелета КА.

Разработаны алгоритм анализа и оптимизации сложных схем межпланетного перелета КА к небесным телам Солнечной системы с использованием гравитационных маневров.

Достоверность полученных результатов подтверждается обоснованием системы допущений, использованием апробированного математического аппарата теории полета ракет, тестированием разработанных методик и программно-математических моделей, обсуждением результатов на представительных научных семинарах, конференциях и публикацией основных результатов в ведущих рецензируемых научных журналах, определенных ВАК Ми-

нистерства образования и науки РФ, сравнением с результатами, опубликованными другими авторами, в том числе российскими, американскими и европейскими исследователями.

Полученные теоретические, методические и практические результаты использовались на кафедрах 601 и 202, и в НИИ ПМЭ МАИ.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

Разработан новый методический подход для решения задач оптимизации траекторий межорбитальных и межпланетных перелетов КА с ЭРДУ, проектирования сложных схем межпланетного перелета КА к небесным телам Солнечной системы с использованием гравитационных маневров у промежуточных планет и дополнительных импульсов скорости на гелиоцентрических участках перелета.

С использованием разработанных методов и программного обеспечения можно проводить проектно-баллистический анализ ряда перспективных космических миссии в том числе:

- выведение КА с низкой околоземной орбиты на ГСО с использованием космической транспортной системы на базе РН, ХРБ и ЭРДУ;
- выведение КА на систему рабочих гелиоцентрических орбит для исследования Солнца;
- выведение КА на орбиту около планеты назначения для исследования этой планеты или его спутников.

В качестве недостатков необходимо отметить следующее:

1 Из материалов автореферата видно, что формирование оптимальных траекторий проводится без участия в процессе оптимизации начальной орбиты с учетом старта с поверхности Земли.

2 В автореферате присутствует ряд описок:

- на странице 22 в 8 абзаце сверху указан очень необычный удельный импульс ЭРДУ да еще с размерностью м/с;
- на странице 43 в иностранных публикациях с 42 по 45 имя автора Мин Тейн написано на русском языке.

Отмеченные недостатки не снижают научной значимости полученных автором результатов и не изменяют общую положительную оценку диссертационной работы.

Вывод: Изложенный в автореферате материал позволяет сделать вывод о том, что диссертационная работа удовлетворяет требованиям ВАК России, а её автор – Мин Тейн заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 05.07.09 - «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Заместитель генерального конструктора
по проектированию изделий и комплексов
АО «ГРЦ Макеева


С.Ф. Молчанов

Начальник отдела баллистики


М.С. Голунов

Начальник группы отдела баллистики


В.М. Низовцев

Главный ученый секретарь
АО «ГРЦ Макеева,
кандидат технических наук




С.Т. Калашников

Адрес: 456300, г. Миасс, Челябинская область, Тургоякское шоссе, д.1

Тел. 8(3513)28-63-70; e-mail: src@makeyev.ru

АО «Государственный ракетный центр имени академика В.П. Макеева»