

Отзыв научного руководителя

о диссертанте Иванюхине Алексее Викторовиче и его диссертации 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, дистанционное управление движением летательных аппаратов».

Иванюхин Алексей Викторович является выпускником кафедры 601 МАИ 2011 года. По окончании университета он был рекомендован для обучения в аспирантуре. В ходе работы над диссертацией Алексей Иванюхин продемонстрировал глубокие знания в области механики космического полета, владение методами оптимизации траекторий космических аппаратов, владение современными средствами вычислительной техники, современным программным обеспечением. Свою квалификацию в области проектирования траекторий космических аппаратов, использующих электроракетные двигательные установки, он подтвердил выполненной им диссертационной работой.

Актуальность представляемой работы определяется следующим:

- Целесообразностью повышения эффективности выполнения транспортных космических маневров с использованием электроракетных двигательных установок благодаря их высокому удельному импульсу;
- При разработке программы развития электроракетных двигательных установок необходимо иметь информацию о рациональных уровнях характеристик этих установок для перспективных космических программ. В частности, очень важно иметь оценки минимальной тяги и минимальной электрической мощности, при которых транспортный космический проект может быть реализован. Методы получения этих оценок и развивает аспирант.

- При проектировании космических транспортных систем важно иметь информацию о влиянии на характеристики проекта параметров двигательной установки космического аппарата. Аспирант в своей работе предлагает метод, который позволяет, в принципе, исследовать всю область существования решений транспортной задачи в пространстве основных параметров электроракетной двигательной установки.

Новые научные результаты, полученные в диссертационной работе:

- Сформулирована новая постановка задачи проектирования траектории перелета КА с ЭРДУ, критерием оптимизации которой выбрана начальная тяговооруженность КА (она минимизируется), в качестве ограничения рассматривается ограничение на массу КА, доставляемого на конечную орбиту.
- Разработан метод построения границы области существования в пространстве основных параметров ЭРДУ (тяги и удельного импульса). Метод может использоваться для проектирования прямых и сложных схем межпланетных перелётов КА. Метод использует решение задачи о нахождении минимальной начальной тяги для осуществления космического маневра; и продолжение этого решения по искусственно вводимому параметру.
- Считаю необходимым отметить, как интересную и новую, идею о возможности рассмотрения задачи оптимизации траектории КА с ЭРДУ с бесконечным удельным импульсом. Диссертант показал возможность и эффективность использования решения этой задачи для продолжения решения в область реальных удельных импульсов.
- Считаю новыми некоторые результаты качественного анализа проведенных аспирантом численных расчетов при оптимизации межпланетных перелетов.

Например, при анализе прямых перелетов к Марсу и Венере характеристическая скорость маневра, рассматриваемая как функция

даты старта и времени перелета, имеет локальный довольно пологий максимум, расположенный между двумя минимумами, соответствующими быстрым и медленным перелетам. Интересно, не только то, что отсутствует ярко выраженный энергетический хребет, характерный для химических двигателей, но и существование седловых точек рассматриваемой зависимости. При анализе прямых перелетов к Меркурию локальный максимум пропадает, а вместо этого максимума и двух седловых точек появляется одна седловая точка.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

1. На основе разработанных математических моделей и численных методов разработан комплекс программно-математического обеспечения для оптимизации межпланетных траекторий КА с электроракетной двигательной установкой, позволяющий проанализировать границу области существования решения в пространстве основных проектных параметров ЭРДУ (удельного импульса и тяги).

2. Разработанный аспирантом метод позволяет получить проектно-баллистические оценки межпланетных проектов КА с ЭРДУ для основных проектных параметров ЭРДУ, расположенных в области существования решения.

3. Разработанный метод позволяет получать оценки оптимальных параметров как солнечных ЭРДУ, так и ядерных ЭРДУ для широкого круга постановок задач транспортных маневров при межпланетных перелетах.

Достоверность полученных результатов подтверждается:

- использованием строгих математических методов при разработке моделей, описывающих анализируемые траектории КА и оптимальное управление его движением;
- использованием апробированных численных методов для решения систем дифференциальных уравнений;
- использованием при оптимизации траектории КА полного набора необходимых условий оптимальности принципа максимума;

• совпадением результатов анализа оптимальных гелиоцентрических траекторий с ЭРДУ, выполненных с помощью разработанных в диссертационной работе методов, с опубликованными результатами других авторов;

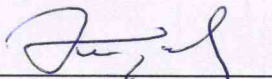
Основные результаты, полученные в диссертационной работе, опубликованы в четырех научных работах в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

Диссертационная работа Иванюхина А.В. является законченной научно-квалификационной работой, в которой разработан метод построения области существования решения задачи межпланетного перелета КА с электроракетной двигательной установкой в пространстве основных параметров этой установки и проектно-баллистического анализа проекта транспортной системы для параметров из области существования решения.

Диссертационная работа Иванюхина А.В. соответствует критериям, установленным Положением ВАК о порядке присуждения ученых степеней и званий.

Иванюхин А.В. является квалифицированным специалистом в области проектирования и оптимизации траекторий межпланетных перелетов КА и заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 – «Динамика, баллистика, дистанционное управление движением летательных аппаратов».

Научный руководитель:
д.т.н., проф.
главный научный сотрудник
НИИ ПМЭ МАИ


Константинов М.С.

Подпись Константинова М.С. заверяю

Зам. директора НИИ ПМЭ МАИ




Плохих А.П.