

Отзыв научного руководителя

о диссертанте Нгуен Диен Нгок и его диссертации на тему «Проектирование траекторий межпланетных перелетов КА с электроракетной двигательной установкой с учетом нештатного временного выключения двигателя», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности

05.07.09 – «Динамика, баллистика, дистанционное управление движением летательных аппаратов».

Нгуен Диен Нгок является выпускником ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана)». Он окончил с отличием кафедру «Динамика и управления полетом ракет и космических аппаратов (СМ-3)» в 2011 году. Затем Нгуен Д.Н. продолжил свое обучение в очной целевой аспирантуре на кафедре «Космические системы и ракетостроение (601)» ФГБОУ ВПО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) (МАИ)».

В ходе работы над диссертацией Нгуен Д.Н. продемонстрировал глубокие знания в области механики космического полета, отличное владение современным программным обеспечением и вычислительной техникой. Диссертант показал себя как научный исследователь, способный формулировать цель научного исследования, разрабатывать подходы, методы и алгоритмы решения анализируемой проблемы.

Актуальность представляемой работы определяется:

- целесообразностью повышения эффективности выполнения транспортных космических маневров с использованием электроракетных двигательных установок благодаря их высокому удельному импульсу;
- необходимостью разработки математических моделей, описывающих траектории межпланетных космических аппаратов (КА) с электроракетной двигательной установкой (ЭРДУ) при использовании схемы межпланетного маневра, при которой на первом этапе гелиоцентрического

перелета используется гравитационный маневр у Земли; и методов оптимизации таких траекторий;

- необходимостью учета при проектировании межпланетной траектории КА с ЭРДУ возможности временного нештатного выключения двигателя в любой момент любого активного участка траектории.

В настоящей работе при проектировании гелиоцентрической траектории КА с ЭРДУ учитывается возможность однократного выключения двигателя в любой точке любого активного участка траектории. Критерием оптимизации при проектировании траектории рассматривается допустимая продолжительность нештатного выключения двигателя в любой точке любого активного участка. Эта продолжительность максимизируется. А проектируемая траектория выбирается так, чтобы возмущение траектории от нештатного выключения двигателя удалось парировать, выбирая новый закон управления движением КА, при котором удается решить транспортную задачу с удовлетворением ограничения по допустимому расходу топлива на перелёт.

Новые результаты, полученные в диссертационной работе:

- Сформулирована новая постановка задачи проектирования траектории межпланетного перелета КА с ЭРДУ, анализирующая возможность парирования возмущений, связанных с временным нештатным выключением двигателя в любой точке любого активного участка гелиоцентрической траектории.

- Предложен подход к проектированию межпланетной траектории КА с ЭРДУ, учитывающий необходимость парирования возмущений, связанных с нештатным временным выключением двигателя. Он основан на введении дополнительных пассивных участков на траектории гелиоцентрического перелета с выбором их характеристик (определяющих их положение и продолжительность).

- Разработан новый метод оптимизации траектории межпланетного перелета КА с ЭРДУ с учетом необходимости парирования возмущений, связанных с временным нештатным выключением двигателя в любой точке любого активного участка гелиоцентрической траектории. При этом критерием оптимизации рассматривается допустимая длительность нештатного выключения двигателя в любой точке любого активного участка. Эта длительность максимизируется.

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, оснащенных электроракетными двигательными установками, при использовании гравитационного маневра у Земли.

2. Идея необходимости проектирования траекторий с учетом возможности парирования возмущений, связанных с возможным нештатным выключением двигателя (в частности, введением дополнительных пассивных участков) может найти широкое использования в практике полетов КА с ЭРДУ.

3. Разработанный метод нахождения номинальной траектории с обеспечением большой допустимой продолжительности нештатного выключения двигателя в любой точке любого активного участка может быть использован при анализе проектов транспортных маневров КА с ЭРДУ.

4. Имеют практическое значение полученные в работе качественные и количественные результаты анализа выведения КА на гелиоцентрическую орбиту для исследования Солнца с использованием гравитационного маневра у Земли и серии гравитационных маневров у Венеры. В работе рассмотрена транспортная система на базе ракеты-носителя «Союз 2.1б», химического разгонного блока «Фрегат» и ЭРДУ с двумя параллельно работающими двигателями типа RIT-22. Показано, что, использование предлагаемых приемов и методов проектирования траектории позволяет обеспечить

возможность парирования возмущений, связанных с нештатным временным выключением двигателя в любой точке траектории гелиоцентрического перелета длительность до 7.9 суток.

5. При анализе проекта полета к Юпитеру с гравитационным маневром у Земли для космической транспортной системы на базе ракеты-носителя «Союз 2.1б», химического разгонного блока «Фрегат» и ЭРДУ с тремя параллельно работающими двигателями типа RIT-22, проанализирована возможность парирования возмущений, связанных с временным нештатным выключением двигателя ЭРДУ. Показано, что оптимизация характеристик траектории перелета Земля – Земля дает возможность допустить нештатное выключение двигателя продолжительностью до 2.8 суток.

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 полного набора необходимых условий оптимальности принципа максимума при оптимизации траектории КА;
- совпадением результатов анализа оптимальных гелиоцентрических траекторий с ЭРДУ, выполненных с помощью разработанных в диссертационной работе методов, с опубликованными результатами других авторов;
- сравнительным анализом результатов оптимизации траектории с учетом нештатного временного выключения двигателя с результатами оптимизации траектории без учета этого выключения.

Основные результаты, полученные в диссертационной работе, опубликованы в семи научных работах, четыре из которых – в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

Диссертация Нгуен Д.Н. является законченной научно-квалификационной работой, в которой предложена новая постановка задачи проектирования межпланетной траектории КА с ЭРДУ с учетом возможности парирования возмущения, связанных с нештатным временным выключением, и разработан метод решения этой задачи. Таким образом, диссертационная работа Нгуен Д.Н. соответствует критериям, установленным Положением ВАК о порядке присуждения ученых степеней и званий.

Нгуен Д.Н. 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., профессор кафедры
«Космические системы и
ракетостроение»

Константинов М.С.

Подпись Константинова М.С. заверяю.

Декан Аэрокосмического факультета МАИ



Медведский А.Л.