

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Нгуена Нгока Диена «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, управление движением летательных аппаратов

В диссертационной работе предлагается новая постановка задачи проектирования траекторий межпланетного перелета КА с электроракетной двигательной установкой (ЭРДУ). В этой постановке предлагается учитывать возможное нештатное временное выключение ЭРДУ, которое может привести к невозможности выполнения межпланетной миссии. Предлагается проектировать траекторию межпланетного перелета КА с ЭРДУ так, чтобы иметь возможность (при небольшом увеличении запаса рабочего тела) парировать траекторные возмущения, возникающие от нештатного временного выключения двигателя. Основной мотивацией к проведению такого рода исследований послужили, видимо, следующие соображения. Опыт (зарубежный) межпланетных полетов автоматических КА с солнечными ЭРДУ (СЭРДУ) показал существования возможности (с использованием средств наземного комплекса управления) устранения возникающих в полете отказов, приводящих к отключению ЭРДУ, и продолжения полета к заданной цели по нештатной траектории (при наличии резерва рабочего тела). Понятно, что вероятность успеха операции устранения отказа возрастает при увеличении возможной длительности этой операции (времени поиска причин отказа, моделирования аварийной ситуации и т.д.). Однако увеличение длительности периода выключения ЭРДУ увеличивает степень возмущения номинальной траектории, что влечет за собой потребность в дополнительной массе рабочего тела на его парирование.

Научная новизна и актуальность проведенных автором исследований состоит в том, что им разработан методический подход к проектированию номинальной траектории полета с повышенной (с позиций баллистики), отказоустойчивостью. В качестве критерия отказоустойчивости выбрана максимально допустимая длительность нештатного отключения ЭРДУ. Эта допустимая длительность максимизируется. В качестве основного способа увеличения длительности рассмотрено введение дополнительных (по отношению к энергетически оптимальной траектории) пассивных участков. Разработана методика оптимизации времени начала и конца дополнительных пассивных участков по указанному критерию.

Использование предлагаемой методологии рассмотрено применительно к межпланетным перелетам с СЭРДУ по схеме Земля-Земля-планета (т.е. с гравитационным маневром у Земли). СЭРДУ используется здесь на участке Земля-Земля, обеспечивая достаточно высокую скорость подлета к Земле для совершения гравитационного маневра. Для оптимизации траектории Земля-Земля автором используется принцип максимума Понтрягина. Решение соответствующей краевой задачи осуществляется с использованием метода продолжения по параметру.

Автором были решены следующие конкретные задачи для КА с СЭРДУ.

1. Выполнено баллистическое проектирование траектории перелета Земля-Земля-Венера, как начальной фазы полета в близкое околосолнечное пространство. Используется транспортная система на базе ракеты-носителя «Союз 2.1б», химического разгонного блока «Фрегат» и ЭРДУ с ионными типа RIT-22. Автором показано, что введение на номинальной траектории двух дополнительных пассивных участков с одновременным увеличением длительности последнего пассивного участка позволяет получить траекторию, на которой допускается нештатное выключение двигателя с увеличением допустимой длительности в любой точке траектории перелета с долей суток до ~8 суток (при выбранном уровне запаса рабочего тела).

2. Выполнено баллистическое проектирование траектории перелета к Юпитеру по схеме с гравитационным маневром у Земли. Используется та же транспортная система. Показано, что можно увеличить допустимое нештатное выключение ЭРДУ до 2,8 суток в любой точке траектории перелета, если на траектории ввести два дополнительных пассивных участка.

Разработанная методология и полученные автором конкретные результаты могут найти практическое применение, в частности, при проводимых НПО им. С.А. Лавочкина проработках по проекту "Интергелио-Зонд".

К автореферату можно высказать следующие замечания.

1. В тексте автореферата (стр. 5) указано, что предложенный автором подход к проектированию траекторий основывается на введении дополнительных пассивных участков, а также на выборе величины гиперболического избытка скорости при старте от Земли и даты старта. В остальном тексте автореферата, включая примеры расчетов, идет речь только о дополнительных пассивных участках.

2. Система уравнений оптимального движения КА с ЭРДУ, приведенная в автореферате, справедлива для случая постоянных, не меняющихся на траектории параметров двигателей. Поддержание постоянного уровня мощности двигателей в случае солнечной электроракетной ДУ может быть реализовано путем принятия тех или иных технических решений в части системы электропитания и/или введением траекторных ограничений. Соответствующих пояснений на этот счет в автореферате не приведено.

Указанные замечания носят частный характер и не снижают общей ценности диссертационной работы Нгуена Нгока Диена. Работа представляется выполненной на достаточном высоком научном уровне, в ней поставлена и решена актуальная научно-техническая проблема.

В целом автореферат свидетельствует, что диссертационная работа «Проектирование траекторий межпланетных перелетов КА с

электроракетной двигательной установкой с учетом нештатного временного выключения двигателя» заслуживает положительной оценки, а ее автор Нгуен Нгок Диен заслуживает присуждения ему степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 – «динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании подсекции № 1-3 секции №1 Научно-технического совета Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» (ФГУП ЦНИИмаш) (протокол № 5 от 21.05.2015).

Начальник отдела ФГУП ЦНИИмаш,
кандидат технических наук
раб. тел. (495) 513 55 23

 М.Ж. Мухамеджанов

Главный специалист ФГУП ЦНИИмаш
раб. тел. (495) 513 54 84

 С.С. Климов

Подписи начальника отдела М.Ж. Мухамеджанова и главного специалиста С.С. Климова удостоверяю.

Главный учёный секретарь ФГУП ЦНИИмаш,
доктор технических наук, профессор



Ю.Н. Смагин