

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата технических наук

Эйсмонта Натана Андреевича

на диссертационную работу Аунг Мью Танта

«Проектирование низкоэнергетических перелётов к Луне с использованием точек либрации Земля-Луна», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности

2.5.16 - Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов

Работа посвящена проблемам динамики полета и управления космических аппаратов в миссиях к Луне, которые в последнее время вышли на передний план в связи с возобновлением интереса исследователей к изучению Луны, как в плане решения фундаментальных задач планетологии, так и в связи с ожидаемыми перспективами прикладных направлений исследований. Это возвращение к Луне после пятидесятилетнего перерыва пионеров изучения Луны, которые раньше были представлены всего двумя странами, вызвано как чисто научными вопросами, не получившими ответов во время выполненных пятьдесят лет назад миссий, так и новыми возможностями современных технологий.

Таким образом, *актуальность работы* не вызывает сомнений, особенно с учетом того, что заявленные в работе задачи главным образом направлены на получение решений в свете упомянутого выше прогресса в космических технологиях. Последние базируются на использовании цифровых концепций, в отличие от применявшейся пятьдесят лет назад аналоговой техники. И если раньше это приводило к заметным ограничениям при планировании миссий к планетам и Луне, то в настоящее время появилась возможность не включать продолжительность миссии в состав серьезных ограничений на выбор сценария миссий. Именно это изменение в новых концепциях выбираемых сценариев полёта в значительной мере используется в рецензируемой работе. Следует отметить, что в обширном списке цитируемых автором работ есть статьи, в которых используются возможности увеличения времени полета для оптимизации миссии по массе полезной нагрузки.

Новизна работы состоит в разработке методов общего характера для поиска оптимального решения. При этом основа предлагаемых подходов излагается достаточно просто для восприятия читателем в плане возможного применения для собственных

Отдел документационного
обеспечения МАИ

исследований. Иными словами, результаты работы практически готовы для *практического внедрения* при реальном проектировании лунных миссий. Здесь важно заметить, что диссертант дает конкретные примеры вычислений по предлагаемой в его работе методике, что достаточно убедительно демонстрирует ее эффективность и может использоваться для тестирования других подходов при проектировании миссий на орбиту спутника Луны. При этом, отметим, что приводимые примеры являются наглядными и достаточно информативными, что демонстрирует достаточно глубокое понимание диссертантом задач проектирования траекторий перелёта на орбиты спутников Луны в целом. И это в полной мере соответствует заявленным в тексте диссертации объекту и цели исследований. Последняя обозначена как проектирование низкоэнергетических лунных перелётов. По существу, в работе проведен поиск наиболее эффективных методов решения краевых задач, определяемых указанной выше целью.

В работе предлагается в рамках обозначенной цели метод, базирующийся на использовании в качестве начального приближения траектории, которая проходит через окрестность коллинеарных точек либрации L_1 или L_2 системы Земля-Луна. И это представляет, безусловно, существенную новизну в решении задач описываемого класса. Не перечисляя других составляющих новизны работы, укажем лишь методический неожиданно простой прием, состоящий во введении в сценарий полета промежуточного импульса, что оказалось весьма эффективной составляющей алгоритма в целом. В результате применения рассмотренных в диссертации схем низкоэнергетического перелета к Луне удается, как подтверждается в работе, получить выигрыш в тормозном импульсе при переходе на орбиту спутника Луны около 120 м/с. При этом увеличивается длительность перелета, оставаясь в то же время на приемлемом для транспортных операций уровне. Тем самым подтверждается практическая значимость представленной диссертационной работы.

Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведённых в диссертации. Разработанное программно-математическое обеспечение может использоваться для формирования оптимальных схем перелета к Луне, особенно при реализации грузовых перевозок, обеспечивающих освоение Луны. Полученные автором результаты при проектировании траекторий перелётов к Луне с выведением КА на низкую окололунную орбиту могут использоваться для баллистического проектирования реальных лунных миссий.

Степень обоснованности и достоверности полученных в диссертации результатов. Применение автором диссертации известных методов математической теории

оптимальных процессов, методов механики космического полета (в частности, методов анализа ограниченной задачи четырех тел), а также использование адекватных методов моделирования движения обуславливают достоверность полученных в диссертации результатов. Достоверность полученных в диссертации результатов подтверждается и совпадением отдельных полученных соискателем результатов с известными результатами других авторов.

Результаты исследований Аунг Мью Танга достаточно полно опубликованы в статьях, а том числе в 4-х статьях в журналах, входящих в список ВАК, а также апробированы на семи международных научных конференциях.

Замечания по диссертационной работе. Не ставя под сомнение новизну и важность полученных в диссертационной работе результатов, приведу несколько замечаний по работе.

1. В работе отсутствуют результаты исследований характеристик рассматриваемого маневра (выведения КА на окололунную орбиту), как функций высоты и наклона окололунной орбиты. Ответ на вопрос о том, как затраты характеристической скорости (затраты топлива) зависят от высоты и наклона окололунной орбиты очень важны для выбора параметров лунных миссий. Прежде всего, было бы целесообразным получить оценку затрат характеристической скорости для всего интересного для практики диапазона наклонов целевой окололунной орбиты.

2. Было бы целесообразным провести оценку возможного влияния на характеристики рассматриваемой траектории низкоэнергетического лунного перелета возмущающих факторов, не учитываемых в используемой в диссертации математической модели. В частности, солнечное световое давление может несколько уменьшить гравитационное возмущающее воздействие Солнца, которое, по утверждению автора диссертации, и обеспечивает возможность временного захвата КА гравитационным полем Луны. Целесообразно проанализировать возможное влияние на траекторию низкоэнергетического перелета и других возмущающих факторов.

3. В диссертационной работе активные участки траектории лунного перелета рассматриваются в импульсной постановке. Было бы интересно проанализировать, как изменятся характеристики исследуемой траектории при использовании двигателя конечной тяги при выходе на целевую окололунную орбиту.

Перечисленные замечания не влияют на общую положительную оценку работы диссертанта.

Соответствие автореферата и диссертации паспорту специальности. Область исследования диссертации соответствует п. 1 «Расчёт траекторий движения ЛА и орбит космических аппаратов (КА) по заранее известным данным», п. 2 «Баллистическое проектирование летательных аппаратов различного назначения» и п. 3 «Динамическое проектирование управляемых летательных аппаратов и исследование динамики их движения» паспорта специальности 2.5.16 - Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации и в основном отражает основные положения и выводы диссертационной работы.

Заключение. Диссертация Аунг Мьо Танта на тему «Проектирование низкоэнергетических перелётов к Луне с использованием точек либрации системы Земля-Луна» представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу на актуальную тему. Она выполнена автором на высоком научном уровне. Проведённое научное исследование можно характеризовать как научно обоснованную разработку, обеспечивающую нахождение траекторий перелёта к Луне, требующих минимальной энергетики (минимальных затрат топлива).

По актуальности, новизне, объёму, научной и практической ценности проведённых исследований диссертация отвечает требованиям Положения о порядке присуждения учёных степеней ВАК, а её автор Аунг Мьо Тант заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16 - Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов.

Официальный оппонент

Ведущий научный сотрудник Института космических исследований РАН

к.т.н.

 Н.А. Эйсмонт

e-mail: natan-eismont@yandex.ru

Подпись Эйсмонта Н.А. заверяю.

Ученый секретарь ИКИ РАН

А.М. Садовский

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Институт космических исследований Российской академии наук»

Адрес организации: 117997, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 84/32, подъезды А2-А4.

Сайт организации: iki.cosmos.ru

С отзывом
ознакомлен
26.09.2023г.

e-mail: iki@cosmos.ru

Телефон: - +7-495-333-52-12 (канцелярия);

Факс: +7-495-333-12-48.