

УТВЕРЖДАЮ  
проректор-начальник Управления научной  
политики МГУ имени М.В. Ломоносова  
доктор физ.-мат. наук, профессор  
Андрей Анатольевич Федянин



09

2023г.

## Отзыв

ведущей организации на диссертационную работу  
Аунг Мьо Танта

«Проектирование низкоэнергетических перелетов к  
Луне с использованием точек либрации системы Земля-  
Луна»,

представленной к защите на соискание ученой степени  
кандидата технических наук по специальности

2.5.16 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных  
аппаратов».

К настоящему времени имеется развитая теория возмущенного движения космических аппаратов (КА) и теория оптимальных межорбитальных и межпланетных перелетов и перелета к Луне, однако возникает вопрос о целесообразности использования так называемых низкоэнергетических траекторий перелета в системе Земля-Луна (WSB-траектории). В России Лунной тематике уделяется особое внимание. Федеральная космическая программа до 2030 года предусматривает последовательную реализацию автоматических проектов: «Луна-Глоб», «Луна-Ресурс-1 ОА», «Луна-Ресурс-1 ПА» и «Луна-Грунт» (НПО им. С.А. Лавочкина) траекториям. Миссия GRAIL по изучению лунного гравитационного поля, внутреннего строения Луны, анализа её тепловых характеристик была первой миссией, запущенной на Луну непосредственно при использовании низкоэнергетической траектории перелета. Низкоэнергетическая траектория перелета GRAIL потребовала гораздо меньше топлива, чем обычная траектория перелета.

Для нахождения траекторий движения космических аппаратов разработаны современные теории возмущенного движения, точные численные

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

«29» 09 2023г.

модели гравитационных полей небесных тел, высокоточное эфемеридное обеспечение. Несмотря на усилия большого числа исследователей, до настоящего времени практически не разработан единый методический подход для формирования таких траекторий. Работа посвящена проблеме разработки метода и численного алгоритма для проектирования траекторий данного класса.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списков использованной литературы и публикаций автора (все вместе – 138 страниц). В ней 40 рисунков и 6 таблиц с описанием результатов работы.

Во введении обозначена проблематика низкоэнергетических схем перелетов КА к Луне, а также предлагаемые автором методы проектирования низкоэнергетических лунных перелетов. Описывается структура диссертации, и приводятся основные результаты.

В первой главе дается постановка задачи проектирования траектории низкоэнергетического перелета КА на окололунную орбиту. Определяются предлагаемые методы исследования.

Во второй главе приводится четкая математическая постановка. Приведена система дифференциальных уравнений движения КА с учетом возмущений. Предлагаются алгоритмы: определения начальных условий для интегрирования системы дифференциальных уравнений при старте с околоземной орбиты; текущего положения точек либрации системы Земля-Луна и элементов оскулирующих геоцентрических орбит этих точек, а также величин импульсов скорости в начальной и конечной точках траектории перелета.

В третьей главе описан предлагаемый метод проектирования низкоэнергетических траекторий с использованием прямого перебора двух параметров схемы перелета для нахождения областей их значений, обеспечивающих удовлетворение условий пролета точки либрации. Приведено описание и применение численных методов для решения поставленной задачи.

В четвертой главе представлены расчеты траекторий и анализ полученных решений.

В заключении, в качестве основных, представлены основные научные результаты, среди которых можно отметить разработку метода проектирования низкоэнергетических лунных траекторий, использование положения восходящего узла лунной орбиты по отношению к плоскости земного экватора при нахождении начального приближения оптимизируемой траектории.

Список цитированной литературы содержит 106 названий. Результаты диссертации опубликованы в семи журнальных публикациях (4 в соавторстве) и в тезисах трех конференций.

Результаты диссертации представлены последовательно и логично. При этом можно отметить несколько мелких недочетов:

- Предложенный в диссертационной работе подход к нахождению низкоэнергетических лунных перелетов основывается на предположении, что низкоэнергетическая траектория проходит через окрестность одной из точки либрации L1 или L2 системы Земля – Луна. Четкого объяснения (доказательства), почему это так, всегда ли низкоэнергетическая лунная траектория проходит через окрестность этих точек, в диссертации не приводится.
- Полученная и описанная в диссертационной работе транспортная лунная операция не предполагает фиксирование наклона целевой окололунной орбиты. Это наклонение является важным элементом рассматриваемых на практике транспортных проблем. Было бы желательно, иметь информацию о том, как изменится (насколько увеличится) характеристическая скорость рассматриваемого маневра при фиксировании наклона целевой окололунной орбиты для диапазона возможных наклонов.
- В диссертационной работе проектирование низкоэнергетической лунной траектории проводится в рамках модели импульсной траектории. Было бы интересно получить информацию о характеристической скорости рассматриваемого маневра для располагаемых уровней реактивных ускорений, располагаемых удельных импульсов химических двигательных установок.

Это, однако, не отменяет достоинств работы Аунг Мью Танта, основные положения которой достаточно полно раскрыты в автореферате и публикациях диссертанта. Это позволяет сделать следующие выводы: тема диссертации Аунг Мью Танта важна, актуальна и вполне соответствует специальности 2.5.16 – динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов. Основные результаты являются самостоятельным и законченным исследованием и соответствует критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (п. 9 - 14) ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16 - «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Полученные результаты опубликованы в 9 работах, 2 из которых – в рецензируемых журналах рекомендованных ВАК. Также эти результаты докладывались на конференциях и семинарах. Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации.

Таким образом, можно заключить, что диссертация «Проектирование низкоэнергетических перелетов к Луне с использованием точек либрации системы Земля-Луна» соответствует требованиям пунктов 9-11, 13, 14 действующего «Положения о присуждении научных степеней», а ее автор – Аунг Мьо Тант - заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16 – динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов.

Отзыв на диссертацию заслушан и утвержден на заседании кафедры общих проблем управления Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, протокол №1 от «31» августа 2023 года.

Отзыв составил:

к.ф.-м.н., доцент кафедры  
общих проблем управления  
механико-математического факультета МГУ

 Заплетин Максим Петрович

Зам. зав. кафедрой общих  
проблем управления  
механико-математического факультета МГУ  
к.ф.-м.н., доцент

 Демидович Василий Борисович

Зам. декана по научной работе  
механико-математического факультета МГУ  
д-р физ.- мат. наук, профессор

 Иванов Александр Олегович


Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова».

Почтовый адрес: 119991, Россия, Москва, Ленинские горы, д. 1.

Тел.: +7 (495) 939-10-00.

E-mail: [info@rector.msu.ru](mailto:info@rector.msu.ru).

Адрес сайта: [www.msu.ru](http://www.msu.ru).

 Отзывом  
ознакомлен

 29.09.2023 г.