



**НПО
ЛАВОЧКИНА**

Акционерное общество
«Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина»
(АО «НПО Лавочкина»)

Ленинградская ул., д. 24, г. Химки, Московская область, 141402, ОГРН 1175029009363, ИНН 5047196566
тел.: +7 (495) 573-56-75, факс: +7 (495) 573-35-95, e-mail: npol@laspace.ru, www.laspace.ru

01 СЕН 2023

« 01 » _____ 20 ____ г.

№

517/ 18970

На № _____

от _____

Ученому секретарю
диссертационного совета
Д 24.2.237.03, к.т.н.
Старкову А.В.

Московский авиационный
институт
125993, г. Москва,
Волоколамское шоссе, д. 4

УТВЕРЖДАЮ
Первый заместитель
генерального директора –
генеральный конструктор,
к.т.н.



А.Е. Ширшаков

2023

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации
Аунг Мьо Тант

«Проектирование низкоэнергетических перелетов к Луне с использованием точек либрации системы Земля – Луна», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16 – Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов

Работа Аунг Мьо Тант посвящена решению крупной **актуальной научной проблемы** разработки регулярного метода проектирования низкоэнергетических траекторий перелёта космических аппаратов к Луне и последующего выведения КА на орбиту вокруг неё.

Автор справедливо замечает, что данный метод позволит повысить эффективность выполнения транспортных задач при реализации перелетов к

Отдел документационного
обеспечения МАИ

« 13 » 09 2023

Луне для грузовых перевозок. Также отмечает, что грузовые перевозки допускают увеличение времени выполнения перелета.

Научная новизна диссертации состоит в том, что в ходе выполнения работы впервые разработана регулярный метод проектирования низкоэнергетических траекторий перелёта к Луне.

Отметим наиболее важные **научные результаты** работы:

1. разработан метод проектирования низкоэнергетических перелетов к Луне, предполагающий использование в качестве начального приближения траекторию, проходящую через окрестность коллинеарных точек либрации L1 или L2 системы Земля-Луна;

2. введены условия, обеспечивающие близость формы, размера и расположения оскулирующих геоцентрических орбит точки либрации и космического аппарата в момент прохождения космическим аппаратом окрестности точки либрации;

3. использованы характеристики промежуточной орбиты, на которую КА переводится при старте с низкой околоземной орбиты, как оптимизируемые характеристики схемы перелета;

4. использованы положения восходящего узла лунной орбиты по отношению к плоскости земного экватора при нахождении начального приближения оптимизируемой траектории;

5. использован промежуточный импульс скорости как методический прием, повышающий эффективность разработанного метода.

Считаем, что **практическим** результатом является то, что применение разработанного метода к освоению Луны позволит реализовать лунные грузовые перевозки с увеличением массы полезной нагрузки по отношению к классическим более быстрым, но и более энергетически затратным схемам выведения КА на Луну.

Работа Аунг Мью Танг вносит существенный вклад в развитие такого научного направления как космическая баллистика в части проектирования траекторий перелёта к Луне, а также в части разработки алгоритмического и программного обеспечения.

Наряду с достоинствами диссертации следует отметить следующие замечания и недостатки:

1. В тексте автореферата отсутствует обзор как отечественной, так и зарубежной литературы по рассматриваемой в работе проблеме. В частности, построением таких низкоэнергетических траекторий перелета на Луну занимались и занимаются Петухов В.Г., Ивашкин В.В., Муртазин Р.Ф. и Улыбышев Ю.П. В тексте диссертации есть ссылки на работы Ивашкина В.В. и Петухова В.Г. Однако, про них в тексте автореферата не сказано ни слова.

2. Непонятно, зачем в автореферате использовать такое большое количество знаков после запятой для обозначения характеристик рассматриваемых траекторий. Значения для скоростей приводятся с точностью до 6-го знака после запятой, для длительностей перелета – с

точностью до 7-го знака после запятой и т.д. С практической точки зрения такая точность не имеет смысла.

3. В формуле 4 не указано, учитываются ли при моделировании движения КА возмущения от нецентральности гравитационного поля Луны, от давления солнечного света, а также от гравитационных полей Юпитера, Венеры и Марса. Считаем, что учет указанных возмущений существенно влияет на низкоэнергетические траектории перелета. Их учет может привести к тому, что полученные в работе траектории могут «рассыпаться». Это также влияет и на универсальность рассмотренного в работе метода.

4. Текст автореферата плохо вычитан, в нем присутствует большое количество опечаток и недочетов:

- стр. 7, 17 строка сверху: Эти соотношения позволяЮт.....;
- стр. 9, 12 строка снизу: пришлоСЬ;
- стр. 10, 9 строка снизу: ...используется МЕТОД эволюционной стратегии..;
- стр. 10, 7 строка снизу: В четвертой главе прИводятся результаты.....;
- стр. 12, 10 строка сверху: ...КА БЫЛИ близки...;
- стр. 12, 2 строка снизу: **Этап 2.** Уточнение траекторИ...;
- стр. 13, 12 строка сверху: **Этап 3.** Уточнение траекторИ.....;
- стр. 15, 2 строка сверху: ... При первом сближениИ...;
- стр. 15, 9 строка сверху: ... правильно пишется «радиус-вектора»;
- стр. 16, в подписи к рисунку 7 не указано на оси какой системы координат, спроецированы возмущающие гравитационные ускорения;
- стр. 16, 9 строка сверху: ... На начальных двух с половиной сутКАХ;
- стр. 16, 3 строка снизу, самый нижний абзац: в первом предложении не написано на оси какой системы координат приведены проекции геоцентрической траектории перелета в окрестность Луны, но в подписи к рисунку 8 говорится об эклиптической системе координат;
- стр. 17, 3 строка сверху: Эта точка соответствует первой точкЕ...;
- стр. 17, 10 строка сверху: правильно писать «радиус-вектора»;
- стр. 17, 13 строка сверху: правильно название метода – метод сопряженнЫХ градиентОВ;
- стр. 17, 3 строка снизу: Время сообщения КА импульса скорости принималось равнЫМ времени...;
- стр. 18, 5 строка снизу: неправильно написано предложение, по мнению рецензентов следовало бы написать так: В остальныХ разделАХ главы 4 АНАЛИЗИРУЮТСЯ полученные низкоэнергетические лунные траектории.
- стр. 20, 2 строка снизу – вместо запятой должна быть точка;
- стр. 20, 1 строка снизу – пропущено слово «равна»;
- стр. 21, 3 строка сверху: правильно писать «радиус-вектор».

Указанные недостатки не влияют на качество выполненной диссертантом работы и не снижают общее положительное впечатление и оценку проведенного научного исследования и разработанного нового научного подхода.

Несмотря на ряд недостатков и множество опечаток, основной текст автореферата написан емко, грамотным и лаконичным языком, легко читается.

Основываясь на тексте автореферата, можно заключить, что диссертационная работа Аунг Мьо Тант написана добросовестно, является законченным и реализованным на практике научным исследованием, выполненным автором самостоятельно. Данная научно-квалификационная работа соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, согласно п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 № 842), а ее автор, Аунг Мьо Тант, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Авторы дают согласие на включение своих персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени кандидата наук Аунг Мьо Тант и их дальнейшую обработку.

Математик 1-ой категории
отдела баллистики и навигации,
кандидат технических наук



Гордиенко Евгений Сергеевич

Заместитель начальника
отдела баллистики и навигации,
кандидат технических наук



Симонов Александр Владимирович

Начальник сектора
отдела динамики полета
космических аппаратов



Розин Петр Евгеньевич

Акционерное общество «Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина» (АО "НПО Лавочкина")

Почтовый адрес: 141402, РФ, г. Химки, Московская область, Ленинградская ул., д. 24.

Телефон: +7 (495) 573-56-75

Официальный сайт: <http://www.laspase.ru/>

Электронная почта: npol@laspase.ru