

УТВЕРЖДАЮ

Проректор – начальник Управления
научной политики ФГБОУ ВО
«Московский государственный
университет имени М.В.Ломоносова»
доктор физико-математических наук,
профессор РАН



А.А. Федянин

« 31 » 10 2024 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Дмитриева А.О. на тему «Методика проектирования космического сегмента лунной оптической навигационной системы», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.13. «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов (технические науки)»

Актуальность диссертационной работы

Актуальность диссертационного исследования состоит в необходимости проектирования космического сегмента навигационного обеспечения для Луны с минимальным количеством КА и элементов налунного сегмента. Данная система должна коррелироваться с темпом освоения Луны: удовлетворять задачам и этапности запуска космических аппаратов и при этом не быть неоправданно сложной и дорогостоящей в виду ограниченного количества лунных клиентов.

Содержание диссертационной работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы из 105 наименований, изложена на 148 страницах.

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

05.11.24 г.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, раскрыта степень разработанности темы, сформулированы объект и субъект исследования, а также цель диссертационной работы и задачи, которые необходимо решить для ее достижения, отмечаются научная новизна, теоретическая и практическая значимость проведенных исследований. Перечислены методы исследования и положения, выносимые на защиту, обоснована достоверность исследования, представлена апробация работы на конференциях и публикации, в которых изложены основные научные результаты, а также отмечен личный вклад автора и соответствие темы диссертации паспорту специальности.

В Главе 1 выполнен обзор работ, посвященных построению лунных навигационных систем, и анализ предлагаемых вариантов осуществления навигационного обеспечения на Луне. По итогам обзора и анализа выделены основные характеристики и предложен критерия оценки эффективности космических систем для решения задачи позиционирования налунных объектов. Критерий опирается на оценку ключевых показателей космических систем для навигации для Луны, таких как количество КА в космическом сегменте, количество и сложность элементов налунного сегмента, точность навигации, глобальность (возможность наблюдения за всей поверхностью Луны, автономность (отсутствие зависимости от околоземных/наземных систем).

В Главе 2 предложена концепция лунной оптической навигационной системы и методика ее проектирования. Система, предложенная в работе, предполагает создание селенодезической системы координат на основе оптических лазерных диодов, такие же диоды предполагается размещать на исследуемых объектах (станциях, луноходах и т.д.). Оригинальное решение использования КА с оптическими системами в точках Лагранжа системы Земля-Луна позволит минимизировать количество КА системы, сохранив при этом возможность контроля за всей лунной поверхностью. В методике отражены этапы проектирования начиная от анализа современных проектов

по данной теме до определения характеристик и массогабаритных параметров КА.

В Главе 3 выделены основные узлы оптического тракта ЛОНС и разработан алгоритм расчета их параметров. Оптический тракт состоит из взаимодействия излучателя (маяка) и приемной системы (оптических комплексов на КА). Для определения энергетических характеристик налунного сегмента разработан алгоритм расчета энергетических характеристик оптического тракта.

Выбор длины волны светового маяка определяется отражательной способностью лунного грунта и спектральной чувствительностью оптических приборов наблюдения. Проведен расчет двух типов излучателей: на длинах волн инфракрасного и ультрафиолетового диапазонов. По результатам расчета показано, единственный вариант для обеспечения глобальной навигации на Луне из точки Лагранжа это использование ультрафиолетового источника, которому не придется превышать шум отраженного солнечного излучения.

Следует отметить использование методики проектирования КА ДЗЗ как основу для методики проектирования ЛОНС. Методика автора дополняет и модифицирует известные методики под задачу его космической системы.

В Главе 4 предложен вариант реализации КА ЛОНС с использованием имеющегося задела. Оценка реализации орбитального сегмента показывает, что возможно использование уже имеющихся разработок НПО Лавочкина при доработке и модификации КА под задачи лунной навигации, а именно КА «Луна-26» для ПОА и «Спектр-УФ» для КА в точке Лагранжа.

Предложен состав налунного сегмента ЛОНС и вариант его реализации с помощью автономных станций-пенетраторов.

В заключении приводятся результаты диссертационного исследования, которые отвечают на поставленные в начале работы задачи.

Тема и содержание диссертации соответствует паспорту специальности 2.5.13. «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов».

Научная новизна работы состоит в:

1. Разработке методика проектирования космической системы для позиционирования объектов на поверхности Луны с помощью метода определения положения объектов на Луне оптическими средствами.

2. Разработке состава и проектного облика космического сегмента лунной оптической навигационной системы. Предложена оригинальная идея использования двух аппаратов в точках Лагранжа.

3. Определении рациональных параметров оптического тракта навигационной системы, позволяющих осуществлять навигацию на Луне с наименьшими энергетическими затратами при соблюдении требований по точности и оперативности измерений.

Теоретическая значимость работы состоит в разработке методика проектирования космического сегмента ЛОНС с оптической аппаратурой с учетом особенностей работы в окололунном пространстве.

Практическая значимость результатов состоит в том, что полученные автором результаты позволят уменьшить затраты и время на проектирование КА и реализацию системы, а также способны использоваться при решении задачи построения космических систем для навигации и на других небесных телах.

Достоверность результатов работы обусловлена используемыми расчетными методами и применением методов рационального проектирования технических систем, методов экспертных оценок и методов проектного моделирования. Полученные автором результаты не противоречат расчетным и экспериментальным результатам других авторов, изучающих вопрос построения космических систем с оптической аппаратурой.

Замечания по диссертационной работе:

1. Описание лунной навигационной оптической системы приведено в разделе 1, в котором содержится обзор современного состояния проблем, связанных с навигацией в окололунном пространстве, что выглядит несколько нелогично.

2 В первом абзаце на стр. 56 приведены неверные значения для угла поворота Луны вокруг оси за один орбитальный виток полярного спутника и периода обращения Луны вокруг оси. Это очевидная ошибка при работе с текстом, поскольку в других местах диссертации (например, на стр. 116) приведены верные значения указанных величин.

3. Точки Лагранжа L1 и L2 неустойчивы. Для размещения спутников непосредственно в них необходима будет их активная пространственная стабилизация. КА, работающие в точках L1 и L2, запускают на квазипериодические орбиты на которых КА обращаются вокруг точек Лагранжа – так называемые «орбиты Лиссажу». При этом спутники могут заметно удаляться от линии Земля – Луна.

4. Точность определения положения маяка в кадре с изображением Луны не связана напрямую с дифракционным разрешением оптической системы. От последней величины зависит угловое и линейное разрешение на поверхности Луны, но в системе не предполагается наличие маяков, расположенных на расстоянии в несколько метров друг от друга. При правильном выборе отношения размеров изображений точечных источников излучения (маяков) к пикселю кадра угловая погрешность определения положения маяка будет равна угловому размеру пикселя, деленному на отношение сигнала к шуму в нем. Неверные рассуждения приведены на стр. 59 и 96-97, при этом на стр. 64 даны правильные формулы.

5. В работе предлагается включать маяки на время пролета над ними полярного спутника, при этом спутники в точках Лагранжа L1/L2 работают непрерывно. Возникает некоторое противоречие.

6. Использование оптического углового интерферометра на спутниках в точках Лагранжа (стр. 66) возможно только для когерентного излучения, что предъявляет дополнительные требования к лазерам, используемым в маяках. В диссертации этот вопрос не обсуждается.

7. На стр. 68 обсуждается измерение углов между маяками, маяками и звездами и между парами звезд с помощью оптического углового интерферометра. Вызывает сомнение, что все эти измерения можно будет выполнить с помощью одного прибора.

8. Формулы (3.7) и (3.11) определяют одну и ту же величину μ , но при этом противоречат друг другу: в формуле (3.7) есть логарифм (т.е. величина μ определена в децибелах), а в формуле (3.11) логарифма нет.

9. На стр. 88-92 используется геометрический размер изображения маяка в фокальной плоскости оптической системы на борту спутников, дифракция не учитывается, т.к. не известна апертура оптической системы приемника на борту КА. Однако, на стр. 92 вводится относительное отверстие. Нужно было бы сравнить дифракционный и геометрический размеры изображений.

10. К использованию пенетраторов для установки маяков на поверхность Луна (стр. 114-115) есть следующий вопрос. Первая космическая скорость на Луне – 1,6 км/с. Это скорость артиллерийского снаряда. Можно ожидать, что заостренные пенетраторы, показанные на рис. 4.6, будут глубоко уходить в рыхлый реголит, что сузит область их видимости. Возможно, предполагается использование в пенетраторах реактивной тормозной системы, но на рисунке и в тексте это не отмечено.

В тексте диссертации имеются опечатки, но их немного.

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы и могут быть рассмотрены автором для дальнейших исследований.

Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы по необходимым квалификационным признакам: научная новизна, цели, задачи, достоверность, теоретическая и практическая значимость.

Апробация работы представлена статьями в журналах ВАК по специальности 2.5.13 и смежным специальностям, а также патентами РФ.

Заключение по диссертационной работе

Диссертационная работа Дмитриева Андрея Олеговича «Методика проектирования космического сегмента лунной оптической навигационной системы» является законченной самостоятельной научно-исследовательской работой. Она содержит элементы научной новизны, практическую значимость и достоверность результатов работы не вызывает сомнений. Результаты работы представлены в рецензируемых научных изданиях и доложены на научных конференциях. Работа полностью соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842, а ее автор, Дмитриев Андрей Олегович, заслуживает присуждения ученой степени кандидат технических наук по специальности 2.5.13. «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов (технические науки)».

Отзыв ведущей организации на Диссертацию А.О. Дмитриева принят на заседании Координационного Совета по небесной механике Государственного астрономического института им. П.К. Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова. 22 октября 2024 г., протокол № 2666.

Отзыв составил заведующий лабораторией космических проектов ГАИШ МГУ, доктор физико-математических наук, доцент М.Е. Прохоров.

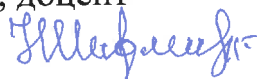
Сведения об организации

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

119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1.

Эл. почта: info@rector.msu.ru; сайт: www.msu.ru; тел.: +7 (495) 939-10-00.

Председатель Координационного совета по небесной механике ГАИШ МГУ,
кандидат физико-математических наук, доцент



Г.И. Ширмин

И.о. директора ГАИШ МГУ,
доктор физико-математических наук



О.К. Сильченко