

УДК 621.396.946

РАЗРАБОТКА ОБОБЩЕННОГО АЛГОРИТМА РАСЧЁТА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ ЛАЗЕРНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ, ФУНКЦИОНИРУЮЩЕЙ В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ВАКУУМА

Еремук В.В. (Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Российская Федерация),
Горошков В.А. (Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Российская Федерация),
Ромашов В.А. (Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Российская Федерация),
Островский Д.П. (Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Российская Федерация),
Научный руководитель – д.т.н., доцент Грищенко А.Ю.
(Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Российская Федерация)

Введение. Список направлений развития федеральной космической программы Российской Федерации на 2016–2025 годы включает в себя освоение Луны. Одной из важнейших задач в данном направлении является задача создания лунной навигационной системы. В настоящее время ведётся разработка систем позиционного контроля лунных посадочных станций с помощью налунных лазерных маяков. Многократные наблюдения таких лазерных маяков телевизионным комплексом с борта искусственных спутников Луны позволяют привязать лунную систему координат к данным маякам как к точечным реперам. Налунные лазерные маяки вблизи полюса Луны [1] позволят уточнить положение оси вращения Луны и измерять широту заданной точки с высокой точностью [1,2]. Важно отметить, что лазерные маяки также позволят установить связь системы лунных координат с системой небесно-механических координат [3], в которых определяются параметры движения искусственных спутников Луны. Получение этой связи позволит обеспечивать выведение космических аппаратов в точку с заданными лунными координатами (и при необходимости осуществлять посадку в неё) с точностью порядка нескольких метров [4]. Существуют проекты [5-8], в которых описывается концепция построения полноценной навигационной системы для Луны, с использованием лазерных маяков и оптических средств приема излучения, размещенных на космических аппаратах в окололунном пространстве. Актуальность работы определяется требованием наличия инструментария выбора моделей электронно-оптических компонентов при построении лунной навигационной системы на основе лазерных маяков. Предметом исследования является лазерная навигационная система, образованная источником излучения, средой передачи (космический вакуум) и приёмником. Научно-практическая новизна работы заключается в разработке на основе построенной методики оценки энергетических характеристик светочувствительной матрицы приёмника орбитального аппарата вполне универсального, обобщенного алгоритма расчёта энергетических характеристик электронно-оптических компонентов лазерной навигационной системы, функционирующей в условиях космического вакуума. Разработанный алгоритм позволяет выполнять оценку характеристик электронно-оптических компонентов как для условий лунного дня, так и для условий лунной ночи. Ограничением разработанного алгоритма является его неприменимость для небесных тел с наличием атмосферы. Целью исследования является разработка обобщенного алгоритма выбора моделей электронно-оптических компонентов лазерной навигационной системы, функционирующей в условиях космического вакуума. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: выделить компоненты лазерной навигационной системы, выполнить их анализ; формализовать метод определения требований к характеристикам светочувствительной матрицы приёмника орбитального аппарата; разработать обобщенный алгоритм расчета энергетических характеристик лазерной навигационной системы..

Основная часть. При известных мощности и длине волны передатчика, может быть рассчитана эквивалентная изотропно-излучаемая мощность. Потери оптического сигнала сводятся к потерям в оптических системах приёмника и передатчика. Потери в среде космического вакуума, в которой распространяется полезный сигнал, отсутствуют или

пренебрежимо малы. Потери в оптических системах могут быть определены с помощью достаточно хорошо разработанного математического аппарата оценки энергоэффективности приемных оптических устройств. Расчёт энергетических характеристик лазерной навигационной системы может производиться посредством двух различных методов. Первый метод заключается в расчёте характеристик налунного маяка на основе первичного выбора характеристик приёмника (светочувствительной матрицы и оптической системы) орбитального аппарата. Второй метод заключается в расчёте характеристик светочувствительной матрицы и оптической системы орбитального аппарата на основе первичного выбора характеристик налунного маяка. В начале работы алгоритма, на вход подается значение флага `is_day`. Значение флага `is_day` равное «1» соответствует лунному дню, значение равное «0» соответствует лунной ночи. Далее, запрашивается набор параметров для вычисления результата. При выполнении расчёта для условий лунного дня, на вход алгоритма подаются параметры: регистрируемый камерой орбитального аппарата поток излучения от лунной поверхности, диаметр входного зрачка, заднее фокусное расстояние, спектральное пропускание оптической системы, апертура приёмника, угол зрения камеры орбитального аппарата. При выполнении расчёта для условий лунной ночи, на вход алгоритма подаются параметры: время регистрации, длина волны, площадь апертуры, квантовая эффективность на заданной длине волны, размер изображения лазерного маяка на выходном изображении, апертура приёмника, угол зрения камеры орбитального аппарата. Результатом работы алгоритма является значение мощности передатчика. В рамках работы приведены примеры расчетов для лунного дня и лунной ночи. Адекватность полученных результатов подтверждается их сопоставлением с результатами расчётов, выполненных в аналогичных исследованиях.

Выводы. В результате работы получен обобщенный алгоритм выбора моделей электронно-оптических компонентов лазерной навигационной системы. Разработанный алгоритм позволяет выполнять расчёт характеристик налунного маяка по заданным характеристикам электронно-оптических компонентов приёмника (светочувствительной матрицы и оптической системы) орбитального аппарата. В качестве иллюстрации приведены примеры расчётов для лунного дня и лунной ночи. Анализ полученных в примерах расчётов результатов и их сопоставление с результатами расчётов, выполненных в аналогичных исследованиях, подтверждает адекватность полученного алгоритма и метода. Результаты исследований востребованы для решения задачи создания лунной навигационной системы в рамках выполняемых лунных проектов Федеральной Космической программы. Разработанный в ходе исследования алгоритм расчета энергетических характеристик налунного маяка может быть использован в качестве инструментария выбора электронно-оптических компонентов при построении лунной навигационной системы на основе лазерных маяков.

Еремук В.В. (автор)

Подпись

Гришенцев А.Ю. (научный руководитель)

Подпись

Список использованных источников:

- 1 Багров А. В. и др. Глобальная оптическая навигационная система для Луны //Труды МАИ. – 2018. – №. 99. – С. 6-6.
- 2 Багров А. В. и др. Двухволновая оптическая лунная навигационная система //Труды МАИ. – 2020. – №. 112. – С. 13.
- 3 Чеботарев В. Е. Лунная информационно-навигационная обеспечивающая система //Наукоемкие технологии. – 2018. – Т. 19. – №. 12. – С. 77-81.

- 4 Голяков А. Д., Ричняк А. М. Исследование отказоустойчивости оптико-электронной навигационной системы автономного космического аппарата //Труды МАИ. – 2021. – №. 117. – С. 20.
- 5 Багров А. В. и др. Построение оптической лунной навигационной системы на базе космических аппаратов АО" НПО Лавочкина" //Космическая техника и технологии. – 2019. – №. 4 (27). – С. 12-26.
- 6 Чеботарев В. Е., Кудымов В. И., Коняев А. В. Земные навигационные технологии в селенодезическом обеспечении //Космические аппараты и технологии. – 2018. – №. 2 (24). – С. 79-83.
- 7 Багров А. В. и др. Двухволновая оптическая лунная навигационная система //Труды МАИ. – 2020. – №. 112. – С. 13.
- 8 Дмитриев А. О. и др. Анализ вариантов навигационных систем для Луны //Труды МАИ. – 2021. – №. 118.