

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор

Федеральное государственное бюджетное

учреждение науки Институт оптики

атмосферы им. В.Е. Зуева Сибирского

отделения Российской академии наук,

мл.-корр. РАН, д.ф.-м.н.

Пташник И.В.



«10» ноября 2023 г.

ОТЗЫВ

Ведущей организации на диссертацию

Лапухина Евгения Геннадьевича «Оптические системы передающего и принимающего каналов спутникового лазерного дальномера для локации в двухволновом режиме», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики.

Диссертационная работа Лапухина Е.Г. посвящена разработке и исследованию оптических систем передающего и принимающего каналов лазерного дальномера для локации космических аппаратов в двухволновом (многоволновом) режиме.

Диссертация Лапухина Е. Г. состоит из введения, пяти глав, списка литературы и приложений. Работа изложена на 173 страницах машинописного текста, содержит 52 рисунка, 50 таблиц и 4-е приложения. Список литературы включает 143 наименования.

Содержание работы

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы,

сформулированы её цели и задачи, научная новизна и практическая значимость.

В первой главе представлены результаты анализа литературных источников о состоянии рассматриваемой в диссертации научной проблемы на настоящее время, рассмотрены известные расширители лазерных пучков для двух и более длин волн, указаны причины невозможности их применения для коллимации лазерного излучения на разнесенных длинах волн. Рассмотрены преимущества дальномеров, у которых оптический приемный и передающий каналы частично или полностью совмещены.

Вторая глава диссертационной работы посвящена результатам расчёта расширителей для двух длин волн по различным оптическим схемам (обратный схема Галилея, Кеплера, Кассегрена), представлены результаты расчета системы визуального контроля наведения и сопровождения цели для оптического диапазона, которые являются частью комбинированной оптической системы лазерного дальномера.

В третьей главе кратко обоснован выбор алгоритма расчета положения низкоорбитальных космических аппаратов, программа для расчета целеуказаний и результаты лазерной локации малого космического аппарата «Юбилейный-2».

В четвертой главе проведен: анализ предложенных линзовых оптических систем, способных коллимировать лазерные пучки с длиной волны 532 и 1064 нм волн; анализ оптической совмещенной схемы приемного и передающего канала; анализ качества изображения систем визуального контроля и наведения; анализ результатов расчета целеуказаний для лазерной локации.

В пятой главе приведен выбор и исследование орбит для конвейерного прохождения космических аппаратов над акваторией Северного морского пути, расчет и метод выбора варьируемых параметров для оптимизации оптической системы с большим полем зрения и широким спектральным диапазоном для мониторинга Земной поверхности.

Актуальность темы исследования

обусловлена тем, что в настоящее время для более точного определения параметров орбит космических аппаратов возможно использование дальномеров с двумя лазерными источниками с разнесёнными длинами волн. Интерес представляет создание оптической системы, которые могут одновременно коллимировать лазерные пучки для двух разнесенных длин волн без дополнительной перефокусировки. В частности, использование коллиматора в передающем и принимающем тракте дальномера приведет к качественному повышению определения задержки в оптической системе. В том числе используя коллиматор в качестве системы для визуального контроля позволит минимизировать погрешности наведения дальномера на космический аппарат.

Цель диссертационной работы.

Целью данной работы являлась разработка подхода оптимизации параметров при расчете оптических систем, и на основе данного подхода – разработка оптических систем передающего и принимающего каналов лазерного дальномера для локации космических аппаратов в двухволновом (многоволновом) режиме; построение оптимальных орбит для реализации псевдопассивной локации спутников с возможностью мониторинга Северного Морского Пути и разработка оптической системы широкого спектрального диапазона для передающего тракта бортового лазерного излучателя и дистанционного зондирования Земли; разработка программы вычисления эфемерид низкоорбитальных спутников по орбитальным элементам и экспериментальная проверка возможности локации спутников на низких орбитах с использованием МКА «Юбилейный-2».

Научная новизна работы заключается в том, что автором:

- 1) предложен вариативный подход для оптимизации параметров при расчете оптических систем;

2) используя вариативный подход рассчитаны и исследованы оптические системы расширителей апертуры лазерного пучка по оптическим схемам Кеплера и Галилея для одновременной коллимации лазерных пучков с длинами волн 532 и 1064 нм без дополнительной перефокусировки. Показано, что разработанные расширители по оптическим схемам Кеплера и Галилея являются дифракционно-ограниченными системами;

3) впервые предложена зеркально-линзовая оптическая схема для одновременной коллимации лазерного излучения для видимого оптического и ближнего инфракрасного диапазона длин волн без дополнительной перефокусировки. Показано, что данная система расширителя является дифракционно-ограниченной системой. Проведен анализ оптических характеристик данного расширителя;

4) показано, что предложенный расширитель лазерного пучка в обратном ходе лучей возможно использовать как приемную оптическую систему для регистрации отраженного от спутника лазерного импульса;

5) предложены два варианта расчета оптических систем для визуального сопровождения спутника при лазерной локации с использованием расширителя лазерного пучка в обратном ходе лучей. Проведен анализ оптических характеристик данного объектива. Показано, что данные варианты являются абберационно-ограниченными системами;

6) разработана программа по расчету положения спутника, с использованием которой впервые были получены результаты локации малого космического аппарата «Юбилейный-2» и показана возможность локации низкоорбитальных спутников;

7) разработана программа по расчету орбитальных элементов по оптическим ПЗС-наблюдениям;

8) определены параметры орбит для группировки спутников с конвейерным прохождением по одной трассе для реализации псевдопассивного метода локации и рассчитана оптическая система с большим полем зрения для мониторинга Земли в качестве передающего тракта для лазерного излучателя.

Научная и практическая значимость работы.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в том, что результаты могут быть использованы при проектировании и разработке лазерных спутниковых дальномеров, использующих двухлучевой (многолучевой) метод лазерной локации, а также при проектировании и разработке лазерных радаров, для расчета целеуказаний для оптических наблюдений и лазерной локации. Рассчитанная оптическая система и орбиты космических аппаратов могут быть использованы как для мониторинга акватории Северного морского пути, так и для псевдопассивной локации спутников.

Результаты диссертационной работы были использованы при первой лазерной локации МКА «Юбилейный-2» для наведения дальномера на спутник и его дальнейшего сопровождения во время локации.

Достоверность результатов подтверждается корректностью используемого математического аппарата, программного обеспечения, проведением тестовых расчетов (в том числе и различными программными продуктами), а также сопоставлением с результатами работ других авторов и программ, совпадением результатов расчета координат спутника с результатами лазерной локации спутника «Юбилейный-2».

Основные результаты исследований **опубликованы** в 26 научных работах, шесть из которых – в изданиях, входящих в перечень российских рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, три патента, три зарегистрированных программы для ЭВМ, две статьи опубликованы в издании, входящем в международную реферативную базу данных и систему цитирования Scopus, 14 статей – в материалах международных конгрессов и конференций.

Содержание диссертационной работы и автореферата соответствуют паспорту научной специальности 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики в направлениях исследований:

«разработка и создание научной аппаратуры и приборов для экспериментальных исследований в различных областях физики»;

«разработка и создание экспериментальных установок для проведения экспериментальных исследований в различных областях физики».

Замечания:

1. Структура диссертации не является цельной конструкцией. Первые две главы мало связаны с третьей и пятой главой. Четвертая глава содержит анализ результатов полученных в первых двух главах.

2. В работе встречаются термины, редко используемые в литературе и затрудняющие восприятие текста диссертации. Например, в качестве критерия качества оптической системы используется термин «углы рассеяния» вместо общепотребимого «кружок рассеяния». Термин «спутниковый лазерный дальномер», хотя и является общепринятым в узкой профессиональной среде, звучит не однозначно, поскольку может восприниматься как «бортовой спутниковый лазерный дальномер».

3. Коллиматор, рассчитанный по схеме Кеплера трудно использовать на практике для коллимации мощного лазерного излучения вследствие возможного оптического пробоя воздуха и образования плазмы в действительном фокусе окуляра.

4. Модель пропускания атмосферы, используемая в диссертации и построенная на основе информационной системы «Спектроскопия атмосферных газов», учитывает только ослабление за счёт молекулярного поглощения и не учитывает молекулярное и аэрозольное рассеяние.

Заключение по диссертационной работе

Указанные выше замечания не снижают общей ценности диссертационной работы. Представленная работа является законченным научным исследованием, ее результаты обладают высокой актуальностью, новизной и

практической значимостью. Личный вклад автора позволяет оценить большой объем работ, проделанный им для достижения поставленной цели.

Диссертационная работа «Оптические системы передающего и принимающего каналов спутникового лазерного дальномера для локации в двухволновом режиме», Лапухина Е.Г. выполнена на высоком научно-методическом уровне и соответствует всем требованиям пунктов 9 и 14 «Положение о присуждении ученых степеней» ВАК Минобрнауки РФ, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 года, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

На основании вышеизложенного считаем, что Лапухин Евгений Геннадьевич заслуживает присуждения ему степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики.

Диссертационная работа и автореферат рассмотрены на заседании научного семинара Отделения лазерного зондирования Института оптики атмосферы им. В. Е. Зуева СО РАН «09» ноября 2023 г., протокол № 23 от 09 ноября 2023 г.

На семинаре присутствовало 29 научных сотрудников, из них 4 доктора наук, 13 кандидатов наук. Итоги голосования: За – 29 человек, против – нет, воздержавшихся – нет.

Директор Отделения лазерного зондирования профессор,
доктор физико-математических наук по специальности
01.04.05 – Оптика

Бобровников Сергей Михайлович _____ «10» ноября 2023 г.

подпись

дата

Подпись С. М. Бобровникова заверяю,
ученый секретарь ИОА СО РАН

О. В. Тихомирова



подпись

«10» ноября 2023 г.
дата

Сведения о ведущей организации

по диссертации Лапухина Евгения Геннадьевича «Оптические системы передающего и принимающего каналов спутникового лазерного дальномера для локации в двухволновом режиме»

по специальности 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

Полное наименование организации в соответствии с уставом	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева Сибирского отделения Российской академии наук
Сокращенное наименование организации в соответствии с уставом	ИОА СО РАН
Место нахождения	Томская область, г. Томск
Почтовый индекс, адрес	634055, Россия, г. Томск, площадь Академика Зуева, 1
Телефон	(3822) 492-738
Адрес электронной почты	contact@iao.ru
Адрес официального сайта	https://www.iao.ru/ru/
Список основных публикаций работников ведущей организации по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет (не более 15 публикаций)	
1.	Бобровников, С. М. Методика юстировки и оценка размера кружка рассеяния главного зеркала Сибирской лидарной станции / С. М. Бобровников, Е. В. Горлов, В. И. Жарков, Д. А. Трифонов // Оптика атмосферы и океана. – 2020. – Т. 33, № 7. – С. 559-564. Перевод: Bobrovnikov, S.M. Alignment Technique and Quality Check of the Primary Mirror of the Siberian Lidar Station / S. M. Bobrovnikov, E. V. Gorlov, V. I. Zharkov, D. A. Trifonov // Atmospheric and Oceanic Optics. – 2020. – Vol. 33, No. 6. – P. 696-701.
2.	Bobrovnikov, S. M. Four-aperture transceiver of Raman lidar with the minimal dead zone (calculations and experiment) to measure meteorological parameters of the atmosphere / S. M. Bobrovnikov, E. V. Gorlov, V. I. Zharkov [et al.] // Proceedings of SPIE – 2019. – Vol. 11208. – P. 112083M.
3.	Невзоров, А. А. Мобильный лидар для зондирования тропосферного озона / А. А. Невзоров, А. В. Невзоров, О. В. Харченко [и др.] // Оптика атмосферы и океана. – 2023. – Т. 36, № 5(412). – С. 410-416.
4.	Матвиенко, Г. Г. Мезостратосферный лидар для гелиогеофизического комплекса / Г. Г. Матвиенко, В. Н. Маричев, С. М. Бобровников [и др.] // Солнечно-земная физика. – 2020. – Т. 6, № 2. – С. 93-104.

5.	Тригуб, М. В. Лазерный монитор для одновременной визуализации в видимом и ближнем ИК-диапазонах спектра / М. В. Тригуб, П. И. Гембух, Н. А. Васнев, Д. В. Шиянов // Оптика атмосферы и океана. – 2023. – Т. 36, № 3(410). – С. 239-243.
6.	Балин, Ю. С. Модернизация лидара "ЛОЗА-А2" для одновременных измерений колебательно-вращательного и чисто вращательного спектров комбинационного рассеяния / Ю. С. Балин, М. Г. Клемашева, Г. П. Коханенко [и др.] // Оптика атмосферы и океана. – 2023. – Т. 36, № 8(415). – С. 687-693.
7.	Яковлев, С. В. Концепция двухканального инфракрасного лидара для мониторинга парниковых газов в приземном слое атмосферы / С. В. Яковлев, С. А. Садовников, Н. С. Кравцова // Журнал радиоэлектроники. – 2023. – № 5.
8.	Матвиенко, Г. Г. Лазерное и оптическое зондирование атмосферы / Г. Г. Матвиенко, П. А. Бабушкин, С. М. Бобровников [и др.] // Оптика атмосферы и океана. – 2019. – Т. 32, № 9. – С. 726-740.

Ученый секретарь ИОА СО РАН

О. В. Тихомирова



подпись

«10» ноября 2023 г.

дата