

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

**Диссертационный совет:** Д 212.125.12

**Соискатель:** Вернигора Людмила Витальевна

**Тема диссертации:** Разработка схем локализации и идентификации автоматических космических аппаратов с использованием оптических лазерных маяков

**Специальность:** 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)»

**Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:**

На заседании 29 ноября 2018 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, соответствующую критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, установленным Положением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, и принял решение присудить Вернигора Людмиле Витальевне ученую степень кандидата технических наук.

**Присутствовали:** председатель диссертационного совета В.В. Малышев, заместитель председателя диссертационного совета М.Н. Красильщиков, ученый секретарь диссертационного совета А.В. Старков, члены диссертационного совета: В.Т. Бобронников, В.С. Брусов, В.Н. Евдокименков, А.В. Ефремов, С.Ю. Желтов, А.И. Кибзун, М.С. Константинов, В.П. Махров, С.И. Падалко, В.Г. Петухов, В.Н. Почукаев, Ю.Н. Разумный, Г.Г. Райкунов, Г.Г. Себряков, Ю.В. Тюменцев.

Ученый секретарь диссертационного совета

Д 212.125.12, к.т.н.

И.о. начальника отдела УДС МАИ  
Т.А. Аникина



*Handwritten signature of A.V. Starikov*

А.В. Старков

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.12**

на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
(ФГБОУ ВО МАИ)

**по диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 29.11.2018 г., протокол № 33

О присуждении **Вернигора Людмиле Витальевне**, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка схем локализации и идентификации автоматических космических аппаратов с использованием оптических лазерных маяков» по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)» принята к защите «27» сентября 2018, протокол № 25, диссертационным советом Д 212.125.12 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ, Московский авиационный институт), 125993, Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, 4, приказ о создании совета № 105/нк. от 11.04.2012 г.

**Соискатель** Вернигора Людмила Витальевна 1985 года рождения, в 2008 г. окончила Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московский авиационный институт (государственный технический университет) (МАИ) по специальности «Космические летательные аппараты и разгонные блоки» с присуждением квалификации «инженер».

**В период подготовки диссертации** соискатель является прикрепленным лицом для подготовки диссертации на соискание ученой степени кандидата наук без освоения программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения



высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» к кафедре «Системный анализ и управление» факультета «Аэрокосмический» с 1 сентября 2017 года по 31 августа 2020 года.

**Диссертация выполнена** в МАИ на кафедре «Системный анализ и управление».

**Научный руководитель** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Системный анализ и управление» факультета «Аэрокосмический» МАИ **Пичхадзе Константин Михайлович**.

**Официальные оппоненты:**

- 1. Муртазов Андрей Константинович** – гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, доцент, директор обсерватории ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина».
- 2. Прохоров Михаил Евгеньевич** – гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук, доцент, заведующий лабораторией космических проектов государственного астрономического института имени П.К. Штернберга МГУ.

Все оппоненты дали **положительные отзывы о диссертации**.

**Ведущая организация**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, дало **положительное заключение** (заключение было заслушано и одобрено на заседании кафедры «Астрономии и космической геодезии» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет» 9 ноября 2018 года), заключение подписано профессором Института физики Казанского федерального университета, доктором физико-математических наук, директором Астрономической обсерватории им. В.П. Энгельгардта Ю.А. Нефедьевым. Отзыв утвержден проректором по научной деятельности Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Д.К. Нурғалиевым.

В заключении указано, что диссертация соискателя Вернигора Людмилы Витальевны «Разработка схем локализации и идентификации автоматических космических аппаратов с использованием оптических лазерных маяков» представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, содержащую решение актуальной научной задачи и имеющей важное научное и практическое значение. Работа соответствует паспорту специальности 05.13.01 - «Системный анализ, управление и обработка информации» (авиационная и ракетно-космическая техника). По актуальности темы, новизне и практической значимости полученных научных результатов, содержанию и оформлению рассматриваемая диссертационная работа соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 - «Системный анализ, управление и обработка информации» (авиационная и ракетно-космическая техника). Автореферат работы в полной мере отражает содержание диссертации.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается** наличием публикаций в соответствующей сфере исследования, компетентностью в области науки по специальности 05.13.01 - «Системный анализ, управление и обработка информации» и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет» является одной из ведущих организаций в области исследования Луны.

Муртазов Андрей Константинович – автор порядка 300 научных трудов. Область научных интересов – экология околоземного пространства, астрофизика, спутниковая метеорная астрономия.

Прохоров Михаил Евгеньевич – автор более 150 научных трудов. Область научных интересов – астрономия, космические исследования.



**Основные результаты диссертационной работы** изложены в 4-х научных работах, опубликованных в научных журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий ВАК, 1 работа в рецензированном научном издании, входящем в международные реферативные базы данных и системы цитирования (МРБД), 1 патент. Всего по теме диссертации соискатель имеет 10 опубликованных работ.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Багров А.В., Вернигора Л.В., Вятлев П.А., Мартынов М.Б., Папченко Б.П., Сысоев В.К. Создание светодиодных оптических маяков для космических аппаратов // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. 2011. №4. С. 37-43. (№545 перечня ВАК, действующим до 30.11.2015, №187 перечня ВАК от 09.08.2018).
2. Bagrov A.V., Vernigora L.V., Vyatlev P.A., Martynov M.B., Papchenko B.P., Sysoev V.K. Creation of Light Emitting Diode Optical Beacons for Spacecraft // Solar System Research. №7. 2012. P. 562–567. (№263 перечня МРБД от 03.08.2018)
3. Багров А.В., Барабанов А.А., Вернигора Л.В., Вятлев П.А., Мартынов М.Б., Пичхадзе К.М., Сысоев В.К. Применение лазерных диодных маяков для определения координат космических и наземных объектов // Космические исследования. 2013. Т. 51. №5. С. 419-427. (№1145 перечня ВАК, действующим до 30.11.2015).
4. Горячев А.В., Смотряев С.А., Багров А.В., Вернигора Л.В., Сысоев В.К. «Особенности конструкции световых маяков для лунных посадочных станций» // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина 2013. №2. С. 31-34. (№545 перечня ВАК, действующим до 30.11.2015, №187 перечня ВАК от 09.08.2018).
5. Вернигора Л.В., Пичхадзе К.М., Сысоев В.К. Анализ параметров излучателя оптического маяка для системы навигации космических аппаратов // Труды МАИ. 2017. № 95. URL: <http://trudymai.ru/published.php?ID=84553>. (№2186

перечня ВАК, действующим до 30.11.2015, №2030 перечня ВАК от 09.08.2018).

6. Багров А.В., Вернигора Л.В., Мартынов М.Б., Сысоев В.К. Автономное сигнальное устройство // Патент №110857, RU 110857 U1, 2011.

**На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы:**

**1. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет» (ведущая организация). Отзыв положительный.**

По представленной работе можно сделать следующие замечания:

1. Стр. 46 Текст «Поэтому и вся система селенодезических координат имеет километровую точность в центре лунного диска, и в несколько раз хуже - на его краях» не соответствует действительности. Автор голословно утверждает о километровой точности без каких либо ссылок на первоисточники. В реальности достигается точность порядка 80 - 150 метров в плановых координатах и 200 - 350 метров в координате, направленной к Земле. Так как при наземных наблюдениях измеряется не величина размеров опорного объекта, например, кратера Местинг А, который приводит диссертант в качестве примера, а его центр и при большом числе измерений и определяется его достаточно точное положение.
2. Стр. 17 Текст «Предлагаемая схема координатных измерений не нуждается в группировке спутников (типа GPS или ГЛОНАСС) и позволяет проводить измерения с борта единичного спутника, что повышает живучесть систем координатного позиционирования». Это можно сказать в лучшем случае для идеального случая.
3. Стр. 48 Текст «Центр прямоугольной системы координат относится к центру масс Луны». Это можно говорить для селеноцентрической системы координат, а что в случае квазидинамической системы? Очевидно, что все спутниковые системы являются квазидинамическими. При этом в работе ни слова не говорится, что оси



системы селеноцентрической динамической системы координат должны совпадать с осями инерции Луны. Правда у миссии LRO это основное условие динамической системы координат как раз и не выполняется, так как она является квазидинамической и использование ее для высокоточной привязки вызывает много вопросов.

4. Стр. 133 ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Заключение написано очень кратко, не дано развернутое описание полученных автором результатов. Отсутствует раздел о перспективном использовании проведенных диссертантом исследований, не определено в каких организациях и проектах они будут востребованы. Также в «Заключение» обычно приводятся благодарности коллегам, которые помогали в проведении диссертационных исследований и своему научному руководителю, в данной же диссертации этот пункт отсутствует.
5. Стр. 136 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ. В приведенном диссертантом списке практически отсутствуют ссылки на статьи в ведущих зарубежных журналах, в том числе и на работы российских разработчиков использования лазерных маяков в навигационных целях, например А.В.Багрова. Из этого следует, что по теме диссертации не сделан полноценный обзор зарубежных работ и работ, опубликованных российскими учеными в ведущих мировых научных изданиях.
6. Несмотря на сообщения в разделах «Выводы к главе», что были «разработаны методы» и «найденны требуемые параметры», в тексте самих глав было бы хорошо также видеть эти сообщения, а также непосредственно вклад самого диссертанта показан не совсем определенно.
7. В работе мало информации, каким способом будут определены координатные положения самих маяков и к чему они будут в итоге привязаны?
8. Утверждение в диссертации, что лазерные маяки на поверхности Луны будут первыми в истории реперами с собственным размером в доли

сантиметра, к которым может быть привязана сетка селенодезических координат высокой точности верно только с ответом на вопрос: сколько потребуется маяков для установки достаточно точной селенеоцентрической системы координат на всей сфере Луны? По нашим расчетам, не менее 560 световых маяков.

9. Недостаточно обоснован выбор мощности лазерного излучения для проведения измерений оптического маяка на лунной посадочной станции с помощью телевизионной камерой орбитального аппарата.
10. Не четко описана циклограмма работы маяка для локализации лунной посадочной станции с помощью оптических средств орбитального аппарата.
11. Не проведен сравнительный точностной анализ измерения положения лунной посадочной станции другими методами измерений помимо бортовой телекамеры орбитального аппарата и оптических лазерных маяков.
12. Ни в автореферате, ни в диссертации не определен личный вклад диссертанта в проведенные диссертационные исследования.

В диссертации имеется ряд стилистических и орфографических замечаний:

Стр. 5 В тексте «создания автономного индикатора состояния околоземных космических аппаратов» лучше вместо слова «состояния» использовать «положения»

Стр. 5 В тексте «Целью работы является разработка схем локализации и идентификации автоматических космических аппаратов с использованием оптических лазерных маяков» лучше вместо слова «схем» использовать «систем».

Стр. 6 В тексте «Разработана математическая модель вычисления времени видимости автономных оптических лазерных маяков на борту околоземных КА с помощью наземных оптических средств наблюдения» вместо «Разработана математическая модель» лучше написать «Разработан алгоритм».

Стр. 11 В тексте «Однако необходимо отметить, что это преимущество наземных и космических средств распространяется только на область



околоземного космоса» вместо слова «космоса» понятнее было бы слово «пространства».

Стр. 16 В тексте «Задача комплекса - определение трех координат места посадки с точностью порядка 1 метра» не понятно о каких координатах идет речь.

Стр. 30. В предложении «Три излучающие апертуры с конической диаграммой направленности, равной 30 градусам и длиной волны 0,81 мкм позволяют определить все параметры взаимного положения и относительного движения пассивного КА на расстоянии до 200 м» не хватает запятой.

На Стр. 32, Стр. 35 половина страницы пустая, это присутствует и на некоторых других страницах диссертации.

Стр. 37 Здесь и далее: «1.4 Выводы к главе». К какой главе приводятся выводы? Главы, по-видимому, должны иметь нумерацию.

Стр. 43 В тексте «Главной особенностью дистанционной съемки поверхности Луны методом щелевой съемки является необходимость точного знания закона изменения ориентации и местоположения съемочного устройства для восстановления связанной геометрии снимка и привязки к планетной системе координат» более правильным было бы вместо слова «закона» использовать слово «параметров».

Стр. 55 В предложении «Российская геодезия занимает ведущие позиции в передовой науке по обработке измерений со спутников Земли, а Казанский федеральный институт в области исследования Луны» необходимо писать «Казанский федеральный университет».

Стр. 57 В тексте «например эфемериды DE423» правильно писать не «эфемериды» а «эфемерида».

Стр. 58 В тексте «Другими словами, положения планет в JPT-эфемеридах не доступны прямо, а их необходимо вычислять на основе коэффициентов и полиномов Чебышева» вместо слова «прямо» понятнее было бы записать «в явном виде».

Стр. 63 В тексте «Предложение по использованию оптических лазерных маяков для определения местоположения лунных посадочных станций проектов

«Луна-Глоб» и «Луна-Ресурс-1» с помощью бортовой телекамеры орбитального аппарата и разработка технического задания проходили с участием автора» лучше было бы записать «Разработка предложений ...выполнялись с участием автора».

Стр. 66 По предложению «Поскольку место посадки КА определено вблизи лунного полюса, этот оптический лазерный маяк будет светить в плоскости лунного горизонта» возникает вопрос, а, например, на лунном экваторе лунного горизонта не существует? Данное предложение не соответствует сущности лунной горизонтальной системы координат.

Стр. 74 В разделе «Испытания оптического лазерного маяка» не совсем понятно, проведено ли автором модельное испытание лазерного маяка или только описан алгоритм таких измерений. Все предложения написаны в настоящем времени, что обычно используется для описания метода, но не выполненных практических действий. Хотя в заключение данного раздела написано, что «Данные системы оптических лазерных маяков прошли весь комплекс автономных испытаний, которые подтвердили все необходимые оптические характеристики для работы на поверхности Луны», но не определяются конкретно какие системы и что в итоге получено.

Стр. 79 Текст «Для получения точного расположения посадочных станций на лунной поверхности, то есть для уточнения места посадки на два порядка по сравнению и баллистическим прогнозом, точной привязки орбиты лунного спутника к положению посадочных станций рассматривается гибридная система, в состав которой входят приборы микроволнового и оптического диапазонов. Данная система разработана авторским коллективом АО «НПО Лавочкина» и ИКИ РАН, в состав которого входила и автор данного диссертационного исследования» не определяет, что понимается под «уточнения места посадки на два порядка» и какой «баллистический прогноз» имеется в виду. Также не понятен конкретный вклад самого диссертанта в данное исследование.

Стр. 83 Следует более точно записывать такие высказывания, как: «В результате решения служебной задачи - получения точного места посадки ...», наверное, речь все-таки идет о «получении точных координат места посадки».



Стр. 126 Текст «главной задачей которого является измерение положений космических объектов (КО) с точностью 0,00001"» следует записать как «главной задачей которого является измерение угловых положений космических объектов (КО) с точностью 0,00001"». Соответственно, тогда более точно определяется и смысл всего абзаца.

**2. Муртазов Андрей Константинович** (официальный оппонент), доктор технических наук, доцент. **Отзыв положительный**, заверен проректором по научной деятельности ФГБОУ ВО «РГУ имени С.А. Есенина», кандидатом исторических наук, доцентом В.А. Горновым.

Замечания:

1. В п. 1.2 недостаточно внимания уделено описанию использования полупроводниковых источников света в космосе в настоящее время.
2. В работе нет оценки оптимального количества оптических маяков на поверхности Луны для построения сетки селенодезических координат необходимой точности.
3. В п. 3.1 расчет необходимого угла расходимости оптического излучения в зависимости от расстояния до КА при наблюдениях с Земли является упрощенным, поскольку не учитывает поглощение в атмосфере.

**3. Прохоров Михаил Евгеньевич** (официальный оппонент), доктор физико-математических наук, доцент. **Отзыв положительный**, заверен и.о. директора ГАИШ МГУ, доктором физико-математических наук, профессором К.А. Постновым.

В качестве замечаний к диссертационной работе можно отнести следующее:

1. В разделе «Структура и объем диссертации» Введения написано, что диссертация содержит четыре главы, в то время, как их три. В автореферате эти сведения указаны верно.
2. В главе 1 на стр. 33 в таблице на рисунке 1-11 и в главе 2 на стр. 41 в расчете видимости маяка в условиях лунного дня характеристики

источника излучения даны в люксах, в то время как речь идет о инфракрасно диапазоне, где чувствительность глаза равна нулю. Следует заметить, что все расчеты в этих разделах выполнены корректно с использованием энергетических единиц и числа фотонов.

3. На стр.33 в таблице на рисунке 1-11 в требованиях к лазерным источникам света для маяков сказано «радиационная стойкость - на уровне современных чипов». Такое требование кажется мне не вполне четким.
4. В главе 2 в расчете видимости маяка лунной ночью (стр. 39) указано, что «для регистрации излучения оптического лазерного маяка необходимо собрать за время экспозиции 60 фотонов». Откуда взято это значение?
5. В главе 2 при рассмотрении вопроса видимости маяка на поверхности Луны в условиях лунных дня и ночи сказано, что изображение маяка является «однопиксельным». Далее в подразделе «Точность получаемых координат оптического лазерного маяка» этой же главы из этого факта вытекает, что положение маяка определяется с точностью 6 м, что соответствует размеру пикселя камеры (6") с высоты 200 км, при том, что собственный размер маяка - несколько миллиметров. Это рассмотрение нельзя считать полным. Если изображение маяка на ПЗС-линейке занимает хотя бы 2 пикселя, то взвешенный фотоцентр точечного изображения яркой точки, которой является маяк, может быть определено гораздо точнее. Случайная погрешность координаты фотоцентра равна размеру изображения на ПЗС-линейке деленному на отношение сигнала к шуму в изображении маяка. Поскольку маяк - яркий источник, отношение сигнала к шуму будет велико и положение фотоцентра может определяться с погрешностью с несколько раз меньше размера пикселя (6"). Надеюсь, диссертантка изучит этот вопрос в дальнейшей работе.



6. В разделе 2.3, посвященной маякам для «Луна-Глоб» и «Луна-Ресурс-1» в таблицах 2-1 и 2-2 (стр 65) указаны диапазоны излучения 400-900 нм и 400-1200 нм, соответственно. Это противоречит выводам главы 1, где рекомендовались использовать источники с длиной волны 800-900 нм. А дальше, на стр. 69, говорится, что для изготовления маяков для «Луна-Глоб» и «Луна-Ресурс-1» использованы монохроматические лазерные диоды. Какое из приведенных сведений правильное?
7. Почему для вывода излучения из излучающего модуля маяка решено было использовать световод, ведь у него довольно низкое пропускание (20%, как указано на стр. 71)?
8. Сколько отверстий используется для крепления излучающего модуля к термостабилизированной платформе? Шесть, как на фотографии 2-14, или четыре, как на рисунке 2-15? И обеспечивает такое ли их число предотвращение механических деформаций модуля?
9. Раздел, посвященный рассмотрению наблюдения оптических маяков лазерным интерферометром очень не полон. Не рассмотрены вопросы о наблюдении интерферометром близких источников, о когерентности излучения маяка, о влиянии атмосферы (если маяк установлен на Земле).
10. В списке публикаций диссертантки в публикации № 1 неверно указаны инициалы одного из соавторов - правильно Папченко Б.П.

**4. ФГБУН Институт астрономии Российской академии наук (ИНАСАН).** Отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан ведущим научным сотрудником ИНАСАН, доктором физико-математических наук А.В. Багровым, заверен заведующим канцелярией ИНАСАН.

В качестве замечаний можно отметить следующее:

1. В работе представлена точность определения координат одного оптического маяка на поверхности Луны, но при этом не проведена оценка точности задаваемой на нем системы селенодезических координат для всей поверхности Луны.

2. В автореферате не приведены требования к наземным оптическим средствам для наблюдения предлагаемых оптических лазерных маяков на КА.

**5. ФГАОУВО Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики (Университет ИТМО).** Отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан профессором факультета прикладной оптики ФГАОУВО Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики, д.т.н, профессором И.А. Коняхиным, тьютором факультета лазерной фотоники и оптоэлектроники ФГАОУВО Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики, д.т.н, профессором В.Ю. Храмовым, заверен начальником отдела кадров университета ИТМО.

В качестве замечаний следует отметить следующее:

1. Из автореферата не ясно на сколько повысится точность навигационной космической задачи по определению координат посадочной станции на Луне при совместной работе оптических лазерных маяков и радиомаяков?

**6. ФГБОУ ВО Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК).** Отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан заведующим кафедрой астрономии и космической геодезии ФГБОУ ВО Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК), кандидатом технических наук В.И. Крыловым, заверен ученым секретарем МИИГАиК.

К недостаткам автореферата можно отнести:

1. Отсутствие параметров приемной аппаратуры (телевизионной камеры орбитального аппарата и наземного телескопа), принятых при расчетах технических характеристик оптических лазерных маяков в рамках ОКР «Луна-Глоб» и «Луна-Ресурс-1».



2. Отсутствие описания математической модели для вычисления времени видимости маяка на борту космического аппарата, для произвольного случая ориентации оптической оси маяка и оси вращения космического аппарата.

**7. ИКИ РАН.** Отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан техническим руководителем по КНА КА «Луна -Глоб» и «Луна-Ресурс-1» (ПА), научным сотрудником лаборатории 633 ИКИ РАН В.И. Третьяковым, заверен директором ИКИ РАН А.А. Петруковичем.

К содержащимся в автореферате материалам можно предъявить следующие замечания:

1. В автореферате не приведены результаты расчетов оптико-физических характеристик лазерного маяка (светимость, предпочтительная длина волны, модуляция) па посадочном КА станции в зависимости от параметров орбиты орбитального КА и технических характеристик установленной на нем телевизионной аппаратуры предназначенной для слежения за маяками па поверхности.
2. В автореферате не уделено должного внимания возможности совместного использования системы наземных оптических маяков совместно с орбитальными средствами в качестве составной части космического дугомера-интерферометра.
3. В автореферате не полностью раскрыта возможность совместной работы лазерных маяков и уголкового отражателей на посадочных и орбитальных КА для уточнения их координат и состояния.

**8. ИКИ РАН.** Отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан заведующим отделом космической динамики, управления и обработки информации профессором, доктором технических наук Р.Р. Назировым, ведущим математиком кандидатом физико-математических наук К.С. Федяевым, заверен ученым секретарем, кандидатом физико-математических наук А.М. Садовским.

К автореферату имеются следующие замечания:

1. В автореферате нет указаний на наличие в диссертационной работе анализа существующих методов определения времени видимости КА с наземных пунктов наблюдений, а также сравнения таких существующих методов с методом, предлагаемым автором работы. Это не позволяет в полной мере судить об оригинальности предложенного метода.
2. На рисунке 6 показана зависимость ошибки измерений положения КА от расстояния до КА. Однако остается неясным, как рассчитывалась эта ошибка. Поэтому данный результат выглядит не вполне убедительно.
3. В тексте перед рисунком 3 говорится: «угол «маяк-КА-звезда» отличается от угла «КА-маяк-звезда» на  $180^\circ$ », в то время как из самого рисунка 3 видно, что указанные углы в сумме составляют  $180^\circ$ .

**9. ПАО «РКК «Энергия».** Отзыв на автореферат. **Отзыв положительный,** подписан начальником отдела ПАО «РКК «Энергия», кандидатом физико-математических наук В.Ю. Тугаенко, инженером 1-й категории ПАО «РКК «Энергия» В.В. Капрановым, заверен ученым секретарем ПАО «РКК «Энергия» кандидатом физико-математических наук О.Н. Хатунцевой.

К недостаткам можно отнести:

1. Отсутствует сравнительный анализ схемы с использованием лазерных оптических маяков и схемы с использованием ретрорефлекторов по техническим и экономическим характеристикам. В данный момент использование ретрорефлекторов широко распространено именно благодаря простоте и дешевизне установки их на космические аппараты.
2. Недостаточно подробно описывается алгоритм определения местоположения лунных посадочных станций с помощью оптических лазерных маяков и бортовой телекамеры орбитального аппарата.
3. В автореферате определена точность координат лунной посадочной станции с использованием оптического маяка и бортовой телекамеры орбитального аппарата, однако не проведен сравнительный анализ



точности определения координат лунной станции другими способами измерений.

**10. Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН.** Отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан главным научным сотрудником Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, доктором физико-математических наук Г.К. Боровиным, заверен ученым секретарем ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, кандидатом физико-математических наук А.И. Масловым.

Замечания по автореферату:

1. В автореферате сказано: «Проведена оценка точности измерения положения КА, по оптическим наблюдениям бортового оптического маяка, в зависимости от расстояния до КА для маяка непрерывного свечения и импульсного маяка с синхронизацией вспышек по времени». Однако в автореферате количественно не указана оценка точности.
2. Насколько можно судить по автореферату, автором разработана математическая модель вычисления времени видимости оптических лазерных маяков на борту околоземных КА с помощью наземных оптических средств наблюдения. Отмечено, что с помощью разработанной методики можно прогнозировать моменты видимости маяка при заданном положении оси вращения спутника. Из текста реферата трудно оценить на сколько точно математическая модель отражает реальные процессы.

**11. ФГУП ЦНИИмаш.** Отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан начальником сектора ФГУП ЦНИИмаш, заслуженным деятелем науки РФ, доктором технических наук, профессором В.А. Емельяновым, заверен главным ученым секретарем ЦНИИмаш доктором технических наук, профессором Ю.Н. Смагиным.

В качестве замечаний можно отметить следующее

1. В автореферате диссертации не приведены результаты сравнительного анализа преимуществ и недостатков лазерных маяков с радиомаяками,

в том числе с ранее предложенными организацией НПО им. Лавочкина для установки на К А миссий к астероиду «Апофис».

2. Не приведены оценки ограничений применения лазерного маяка требуемым его энергопотреблением, а также необходимыми скоростью перенацеливания и точностью ориентации поля зрения оптической системы регистрации его излучения.

#### **В дискуссии приняли участие:**

Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, шифр специальности в совете
Малышев Вениамин Васильевич	д.т.н., 05.07.09
Красильщиков Михаил Наумович	д.т.н., 05.13.01
Евдокименков Вениамин Николаевич	д.т.н., 05.13.01
Кибзун Андрей Иванович	д.ф.-м.н., 05.13.18
Ефремов Александр Викторович	д.т.н., 05.07.09

Диссертационный совет отмечает, что **наиболее существенные научные результаты, полученные лично соискателем**, могут быть сформулированы следующим образом:

1. Предложила и разработала схему определения местоположения лунной посадочной станции с оптическим лазерным маяком с помощью бортовой телекамеры орбитального аппарата.
2. Определила основные характеристики оптических лазерных маяков для лунных посадочных станций и принимала участие в разработке ТЗ на конструкцию оптических лазерных маяков в рамках ОКР «Луна-Глоб» и «Луна-Ресурс-1».
3. Предложила и разработала схему определения координат и состояния околоземных космических аппаратов с применением автономных



оптических лазерных маяков и наземных оптических средств наблюдения.

4. Разработала математическую модель вычисления времени видимости оптических лазерных маяков на борту околоземных КА с помощью наземных оптических средств наблюдения.

**Новизна полученных результатов** заключается в разработке схемы определения местоположения лунной посадочной станции с оптическим лазерным маяком с помощью бортовой телекамеры орбитального аппарата, которая позволит впервые сделать привязку координат маяка к звездам и центру масс Луны и использовать его в качестве астропункта для построения сетки селенодезических координат высокой точности; разработке конструкции оптических лазерных маяков для лунных посадочных станций «Луна-Глоб»/«Луна-Ресурс-1» с учетом особенностей посадочных станций; разработке математической модели вычисления времени видимости автономных оптических лазерных маяков на борту околоземных КА с помощью наземных оптических средств наблюдения.

**Оценка достоверности результатов исследования** выявила что приведенные расчетные характеристики оптических лазерных маяков для лунных посадочных аппаратов подтверждаются экспериментальными исследованиями, выполненными в рамках ОКР «Луна-Глоб» и «Луна-Ресурс-1» (ПА).

Диссертация целостно охватывает основные вопросы рассматриваемой научно-технической задачи. Изложение полученных результатов логически связано. В работе использованы расчетные и экспериментальные методы.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики** подтверждается тем, что:

1. Разработана схема определения местоположения лунной посадочной станции с оптическим лазерным маяком с помощью бортовой телекамеры орбитального аппарата, которая позволит впервые сделать привязку координат маяка к звездам и центру масс Луны и использовать его в

качестве астропункта для построения сетки селенодезических координат высокой точности. В дальнейшем оптические лазерные маяки будут использованы как элементы управления посадкой в выбранной точке поверхности для последующих лунных экспедиций.

2. Определены основные параметры и разработана конструкция оптического лазерного маяка для лунных посадочных станций «Луна-Глоб» и «Луна-Ресурс-1».
3. Разработана схема локализации и идентификации околоземных космических аппаратов с применением автономных оптических лазерных маяков.
4. Разработана математическая модель вычисления времени видимости оптических лазерных маяков на борту околоземных КА с помощью наземных оптических средств наблюдения, которая позволит строить прогнозы сеансов наблюдения космических аппаратов.

**Результаты диссертационной работы рекомендуются к использованию** при построении сетки селенодезических координат высокой точности, а также для локализации и идентификации околоземных космических аппаратов.

**Диссертационная работа решает актуальную научно-техническую задачу** создания схемы оптической информационной системы высокоточного определения местоположения лунных посадочных станций и околоземных космических аппаратов.

Изложенные в диссертационной работе **результаты являются новыми научно обоснованными техническими решениями**, имеющими существенное значение для развития ракетно-космической техники страны в части решения практических задач, связанных с созданием новых средств навигации космических аппаратов.

**В диссертационной работе все заимствованные материалы представлены со ссылкой на автора или источник.** Тем самым работа удовлетворяет п.14 Положения о присуждении ученых степеней.



**В диссертационной работе отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты, представленные в диссертации.**

На заседании 29 ноября 2018 г. диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, и принял решение присудить Вернигора Людмиле Витальевне ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 7 докторов наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)», участвовавших в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 17, против – 1, недействительных бюллетеней нет.

Председатель диссертационного совета

Д 212.125.12, д.т.н., профессор



В.В. Малышев

Ученый секретарь диссертационного совета

Д 212.125.12, к.т.н.



А.В. Старков

И.о. начальника отдела УДС МАИ

Т.А. Аникина

