

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу **ВЕРНИГОРА Людмилы Витальевны** на тему «Разработка схем локализации и идентификации автоматических космических аппаратов с использованием оптических лазерных маяков», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника).

Диссертационная работа Вернигора Людмилы Витальевны посвящена разработке схем локализации и идентификации автоматических космических аппаратов с использованием оптических лазерных маяков.

Основное внимание в данной работе уделено двум направлениям: первое – определение местоположения лунных посадочных станций с помощью бортовой телекамеры орбитального аппарата и оптических лазерных маяков; второе – локализация и идентификация околоземных космических аппаратов с применением автономных оптических лазерных маяков.

Актуальность данной диссертационной работы обусловлена необходимостью:

- определения местоположения лунных посадочных станций относительно центра масс Луны и создания долгоживущих реперов для построения сетки селенодезических координат высокой точности;
- создания оптических маяков для последующих лунных экспедиций;
- создания автономного индикатора состояния околоземных космических аппаратов.

Оценивая **содержание** диссертационной работы, следует отметить, что представленный материал изложен логически верно, последовательно и по существу. Диссертационная работа изложена на 142 страницах

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ
Вх. № _____
" 13 / 11 / 20 18

машинописного текста и состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы из 75 наименований. Результаты работы опубликованы в 6 статьях в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК. На защиту вынесены 4 результата, полученные автором.

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы цель и задача исследования, научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В первой главе представлен краткий, но подробный обзор используемых сегодня методов определения координат космических аппаратов в пространстве и на поверхности небесных тел. Проведен анализ применения оптических маяков на основе полупроводниковых источников света в этой области. Также разработан алгоритм и проведен выбор источника излучения для оптических маяков на борту КА.

Во второй главе представлен метод и выведены все уравнения, необходимые для определения местоположения посадочных станций с помощью бортовой телекамеры орбитального аппарата и оптических лазерных маяков. Этот метод, в применении к Луне, позволит с высокой точностью локализовать местоположение КА относительно центра масс Луны и использовать оптический лазерный маяк как реперную точку для установления высокоточной системы селенодезических координат. Представлены основные характеристики и конструкция оптических маяков для посадочных станций «Луна-Глоб» и «Луна-Ресурс-1». А также проведена оценка эффективности совместного использования оптических маяков и радиомаяка, которая повысит точность определению координат посадочных станций на Луне.

В третьей главе рассмотрено использование автономных оптических лазерных маяков для локализации и идентификации околоземных космических аппаратов. Представлена математическая модель вычисления времени видимости оптических лазерных маяков на борту КА наземными оптическими телескопами. Проведен анализ наземных средств для наблюдения автономных оптических лазерных маяков на борту КА.

Представлены проекты конструкций автономных оптических маяков для КА. Проведена оценка эффективности лазерной локации космических аппаратов с применением оптических лазерных маяков. А также представлены перспективы использования оптических лазерных маяков для высокоточных наземно-космических исследований.

В заключении представлены основные результаты, полученные в ходе исследования.

Все полученные результаты подтверждены расчетами, а некоторые и экспериментальными исследованиями. **Достоверность** результатов сомнений не вызывает. Работа не является чисто теоретической разработкой, реализация которой должна осуществиться в далеком будущем, лазерные маяки, созданные с участием диссертантки с использованием результатов настоящей диссертации уже нашли **практическое применение** в миссиях «Луна-Глоб» и «Луна-Ресурс-1», а также могут быть использованы для построения сетки селеноцентрических координат высокой точности и для локализации и идентификации околоземных космических аппаратов.

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.

Следует отметить, что указанные замечания не носят принципиального характера, не снижают общей ценности проделанной работы и полученных научных и практических результатов и могут быть рассмотрены в качестве рекомендаций к проведению дальнейших исследований.

Отдельно хочу положительно отозваться о строгом подходе автора диссертации к отбору результатов, выносимых на защиту. В конце каждой главы диссертации присутствует подраздел с результатами главы. Этих результатов в несколько раз больше, чем вынесенных на защиту. Но на защиту вынесены только четыре наиболее весомых, полностью оригинальных результата. При этом ни одно из приведенных выше замечаний к этим результатам напрямую не относится.

Материалы диссертации достаточно полно отражены в научных публикациях.

В заключении отзыва хочу отметить, что диссертация Л.В. Вернигора «Разработка схем локализации и идентификации автоматических космических аппаратов с использованием оптических лазерных маяков» представляет собой законченную научно-исследовательскую работу,

выполнена на высоком научно-техническом уровне в соответствии с паспортом специальности 05.13.01 – системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника). Диссертация соответствует требованиям ВАК Минобрнауки РФ, а ее автор Вернигора Людмила Витальевна достойна присуждения степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника).

Текст автореферата соответствует содержанию диссертации.

Заведующий лабораторией космических проектов ГАИШ МГУ
(119991, Москва, Университетский проспект 13)
доктор физ.-мат. наук, доцент

М.Е. Прохоров

09 ноября 2018г.

Подпись зав.лаб.космических проектов ГАИШ МГУ М.Е. Прохорова заверяю

И. о. директора ГАИШ МГУ
д.ф.-м.н., профессор



К.А. Постнов