

В ходе выполнения проекта по Соглашению о предоставлении субсидии от 08 июля 2014 года № 14.575.21.0055 с Минобрнауки России в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» на этапе № 5 в период с 01.07.2016 по 31.12.2016 выполнялись следующие работы:

3.1. Проведение совместных экспериментальных исследований и испытаний макета устройства высокопроизводительной лазерной локации на экспериментальном стенде Индустриального партнера в части электромагнитной совместимости и помехозащищенности между макетом и имитаторами бортовых систем, в части исследования влияния макета на тепловой режим имитатора космического аппарата, а также экспериментальные исследования обмена информацией между макетом и имитаторами бортовых систем.

3.2 Обобщение и оценка результатов ПНИ.

3.3 Оценка соответствия результатов ПНИ требованиям технического задания.

3.4 Оценка результативности ПНИ и эффективности результатов в сравнении с современным научно-техническим уровнем.

3.5 Разработка предложений по дальнейшему использованию результатов ПНИ.

3.6 Разработка проекта Технического задания на ОКР по созданию лазерного локатора космического базирования.

3.7 Проведение технико-экономической оценки эффективности разработанной технологии высокопроизводительной лазерной локации и устройства для ее реализации на основе применения одномерного сканирования и линейной времяпролетной камеры регистрации.

3.8 Разработка предложений по созданию демонстрационного макета и программы его презентации.

3.9 Разработка предложений по постановке космического эксперимента для летных испытаний лазерного локатора с линейной времяпролетной камерой.

При этом были получены следующие результаты:

- в результате проверки технической документации на соответствие установленной комплектности было установлено, что комплект удовлетворяет требованию п. 6.1.3.2 ТЗ, а качество выполнения и оформления чертежей соответствует требованиям ЕСКД и стандарту предприятия (ЦНИИ РТК);

- в результате проверки макета устройства высокопроизводительной лазерной локации на соответствие ЭКД было определено, что макет полностью соответствует комплекту ЭКД, а состав макета удовлетворяет требованиям п. 4.1.6 ТЗ и включает в себя источник лазерного излучения,

оптическую систему формирования излучения, систему одномерного сканирования, фотоприемную систему и систему управления работой макета и его подсистем;

- проведенные экспериментальные исследования зависимости средней мощности лазерного излучения и энергии в импульсе на выходе макета устройства высокопроизводительной лазерной локации от уровня диодной накачки и частоты следования импульсов показали, что максимальная средняя мощность достигается на предельной частоте 4 кГц, а максимальная энергия в импульсе достигается при меньших частотах следования импульса (порядка 1 кГц);

- при заданном в ТЗ минимальном темпе построения трехмерного изображения не менее 1 кадра в секунду (п. 4.1.5) в процессе проведения экспериментальных исследований продемонстрирован темп построения изображения более 20 кадров в секунду;

- в процессе проведения исследований было показано, что все команды, передаваемые от имитатора бортовых систем к макету, выполнялись макетом устройства высокопроизводительной лазерной локации адекватно, сигналы подтверждения передавались без сбоев, а установленные значения рабочих параметров всех подсистем соответствовали заданным в программе управления, установленной на компьютере имитатора бортовых систем;

- результаты исследований показали, что вплоть до частоты сканирования 11,5 Гц (23 кадра в секунду) процесс передачи информации от макета устройства высокопроизводительной лазерной локации к имитатору бортовых систем осуществлялся без сбоев, и число переданных кадров полностью соответствовало числу полученных (сохраненных) на запоминающем устройстве макета;

- анализ полученных экспериментальных данных показал, что при работе в течение 460 с и частотах сканирования от 1,5 до 11,5 Гц битовых сбоев обнаружено не было;

- полунатурный демонстрационный эксперимент на расстояниях до объекта порядка 95 м показал, что точность определения дальности до объекта составляет порядка 3 мм при заданных в ТЗ (п. 4.1.5) 15 см, а измеренные значения совпадают в пределах погрешностей с данными лазерного дальномера RGK D100;

- полунатурный демонстрационный эксперимент на расстоянии порядка 1500 м показал, что устойчивую и надежную регистрацию сигнала от объекта размерами $100 \times 100 \text{ см}^2$.

- проведенные исследования показали, что уровень помех, создаваемых макетом устройства высокопроизводительной лазерной локации в цепи питания имитатора бортовых систем, не превышает допустимых значений;

- во всех экспериментах макет устройства высокопроизводительной лазерной локации продемонстрировал устойчивость к воздействующим помехам;

- полученные в процессе экспериментов значения тепловых потоков и температур позволили сделать вывод, что такая ЛЛС обеспечения сближения и стыковки не оказывает негативного влияния на тепловой режим КА, на котором она установлена.

Выполнено обобщение и проведен анализ результатов ПНИ, которые показали, что полученные результаты продемонстрировали большие потенциальные возможности как разработанной технологии, так и ЛЛС, построенных по гибридной схеме. Мультиканальная система измерения временных интервалов имеет большой потенциал и может быть использована не только в разработанной ЛЛС, но и в любой измерительной системе, где необходимо одновременно измерять временные задержки во многих каналах с высокой степенью точности.

Анализ соответствия результатов требованиям ТЗ показал, что основные требования к выполняемым работам полностью соответствуют требованиям ТЗ, а по основным функциональным параметрам разработанный макет устройства высокопроизводительной лазерной локации превосходит заданные в ТЗ.

Оценка результативности выполненных ПНИ подтверждается достигнутыми значениями индикаторов и показателей, а соответствие полученных результатов мировому уровню подтверждается фактом подготовки 5 статей в журналах, индексируемых в базе данных Scopus (3 опубликованы, 2 приняты в печать), 2 заявок на патент.

Разработаны предложения по использованию как самих гибридных ЛЛС, так и многоканальной системы измерения временных интервалов.

Разработан проект ТЗ на выполнение ОКР по созданию ЛЛС космического базирования для обеспечения и стыковки космических аппаратов.

Проведена технико-экономическая оценка полученных результатов, включая оценку стоимости материалов и комплектующих для изготовления опытного и летного образца, необходимых макетов и стоимости отдельных этапов ОКР.

Совместно с сотрудниками РКК «Энергия» им. С.П. Королева» разработаны предложения по созданию демонстрационного макета и программа его презентации. Определены вопросы обеспечения безопасности и наглядности представления результатов. Определен список профильных выставок и конференций, на которых может демонстрироваться макет.

Совместно с сотрудниками РКК «Энергия» им. С.П. Королева» разработаны предложения по постановке космического эксперимента, который мог бы продемонстрировать возможное использование

разработанной технологии для обеспечения сближения и стыковки космических аппаратов.

В целом в процессе выполнения ПНИ разработана технология высокопроизводительной лазерной локации, реализованная в макете. Разработанный, изготовленный и исследованный макет продемонстрировал перспективность гибридных лазерных систем и большой потенциал их применения для решения задач сближения и стыковки космических аппаратов. Возможна установка подобного типа локатора на большегрузные автомобили, когда тормозной путь достаточно велик и возможность обнаружения препятствий на большом удалении может иметь принципиальное значение. Еще одной сферой применения таких систем может стать водный и воздушный транспорт.

Большой потенциал имеет разработанная многоканальная система измерения временных интервалов. Она может использоваться не только в лазерных системах, а в измерительных системах любого диапазона, в которых требуется одновременное измерение временных задержек во многих каналах. Это могут быть и многоканальные радиолокационные высотомеры, система обеспечения мягкой посадки спускаемых аппаратов пилотируемой космонавтики, построенные на базе фотонных технологий.

Полученные результаты могут позволить вывести на новый технологический уровень как космические, так и современные транспортные системы.

На данном этапе опубликована статья Артамонова С.И., Грязнова Н.А., Купренюка В.И., Романова Н.А., Соснова Е.Н. «Выбор сканера для лазерной локационной системы» (Оптический журнал, 2016, т.83, №9, с.51-59), в которой опубликованы результаты, полученные при выполнении работ третьего этапа (п. 3.5 План-графика) и изложенные в подразделе 5.2 научно-технического отчета за третий этап. В ФИПС зарегистрирована заявка на патент «Многоканальное устройство для измерения временных интервалов» (регистрационный № 2016140932 от 18.10.2016 г.)

Поставленные задачи на данном этапе работы решены в полном объеме и в соответствии с Техническим заданием и Календарным планом работ.

Комиссия Минобрнауки России признала обязательства по Соглашению на отчетном этапе и по проекту в целом исполненными надлежащим образом.