



**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО**  
**«НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ**  
**«СИСТЕМЫ ПРЕЦИЗИОННОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»**  
**( АО «НПК «СПП» )**

ОКПО 07559035, ОГРН 1097746629639, ИНН 7722698108 КПП 772201001/ 774550001

Авиамоторная ул., д.53, Москва, 111024  
www.npk-spp.ru

тел. (495) 234-98-47; факс (495) 234-98-59  
spp@npk-spp.ru

22.09.2023 № НТН-111-1776  
На \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

И.о. проректора по научной работе  
Федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Московский  
авиационный институт (национальный  
исследовательский университет)»  
д.т.н., проф. Равиковичу Ю.А.  
Волоколамское шоссе, д. 4, г. Москва, 125993

Уважаемый Юрий Александрович!

На исх. № 010/1730-1 от 04.07.2023 высылаю в Ваш адрес отзыв на диссертационную работу Терентьева Максима Николаевича на тему «Беспроводные сенсорные сети для космических систем», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по научной специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки).

Приложение: «Отзыв...», в 2 экз. на 14 л.

Генеральный директор,  
к.т.н.

*С уважением,  
Юрий*

Ю.А. Рой

Исп.: Скопинова Анастасия Владимировна  
Тел.: +7 (495) 988-21-55 доб. 16-66

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

«26» 09 2023.



**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО**  
**«НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ**  
**«СИСТЕМЫ ПРЕЦИЗИОННОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»**  
**( АО «НПК «СПП» )**

ОКПО 07559035, ОГРН 1097746629639, ИНН 7722698108 КПП 772201001/ 774550001

**УТВЕРЖДАЮ**



Генеральный директор  
АО «НПК «СПП»

Рой Ю.А.

«26» сентября 2023 г.

**ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

**Акционерное общество «Научно-производственная корпорация**  
**«Системы прецизионного приборостроения»**

на диссертационную работу Терентьева Максима Николаевича на тему  
«Беспроводные сенсорные сети для космических систем», представленную на  
соискание ученой степени доктора технических наук по специальности  
2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика  
(технические науки)

**Цель работы и ее актуальность**

В настоящее время для космических систем существует несколько направлений расширения их функциональных возможностей в области организации коммуникаций и мониторинга параметров работы при помощи беспроводных сенсорных сетей (БСС). К таким направлениям относятся организация мониторинга работы бортового оборудования и членов экипажа космических аппаратов, организация коммуникаций в рое сверхмалых космических аппаратов в условиях дефицита энергии, создание производных информационных продуктов, комплексизирующих спутниковые данные дистанционного зондирования Земли и

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

«26» 09 2023

результаты измерений наземных беспроводных сенсорных сетей. Однако существующие классы беспроводных сенсорных сетей не в состоянии удовлетворить высокие требования космических систем, заключающиеся в одновременном существенном снижении потерь данных и потребления энергии для их передачи.

Для удовлетворения названных требований космических систем в диссертационном исследовании Терентьева М.Н. предлагается создание нового специального класса беспроводных сенсорных сетей. Поставленная при этом цель – обеспечить расширение функциональных возможностей космических систем в части решения задач коммуникаций в компактных группировках космических аппаратов и задач мониторинга как на борту космического аппарата, так и в наземном сегменте за счет включения в их состав предложенного класса БСС – безусловно актуальна.

#### **Новизна научных положений и выводов**

В процессе диссертационных исследований соискателем получены следующие новые научные результаты, отличные от результатов, полученных другими авторами и выдвинутые для публичной защиты. В диссертационной работе впервые предложен и обоснован специальный класс беспроводных сенсорных сетей для космических систем и сформулированы его теоретические положения. Основным из новых теоретических положений является наличие двух разделенных паузой активных фаз на каждом сеансе работы. Это положение обеспечивает возможность одновременного сокращения потерь информации и расхода энергии при функционировании БСС, что соответствует требованиям космических систем. В обеспечение исследования и практической реализации беспроводных сенсорных сетей для космических систем созданы модель и программно-методический комплекс, обеспечивающие выполнение анализа и синтеза таких БСС.

### **Оценка содержания и завершенности диссертации и автореферата**

Диссертация представлена в виде специально подготовленной рукописи, содержит совокупность новых научных результатов и положений, имеет внутреннее единство, представляет собой целостный научный труд. Разделы диссертации изложены стройно, взаимосвязано, логично, на достаточно высоком научно-техническом и математическом уровне. Содержание работы отвечает задаче диссертационного исследования.

Основные результаты работы достаточно широко апробированы и полно опубликованы в соответствии с требованиями, предъявляемыми к докторским диссертациям.

Автореферат соответствует содержанию диссертации, составлен в соответствии с «Положением о присуждении ученых степеней», в нем изложены основные идеи и выводы диссертации, показаны личный вклад автора в проведенное исследование, степень новизны и практическая значимость результатов исследования.

Тема и содержание представляемой диссертации соответствует специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки).

### **Обоснованность и достоверность научных положений и выводов**

Достоверность и обоснованность научных положений и выводов, содержащихся в диссертации, подтверждается корректным использованием математического аппарата и методов исследования, соответствием полученных теоретических результатов с результатами экспериментальной отработки, полученными с участием автора.

### **Теоретическая значимость работы**

Теоретическая значимость работы Терентьева М.Н. состоит в том, что в ней впервые разработаны теоретические основы построения и функционирования специального класса беспроводных сенсорных сетей, предназначенного для

решения важной научно-технической проблемы – расширения функциональных возможностей космических систем в части решения задач коммуникаций в орбитальных группировках космических аппаратов и мониторинга как на борту космического аппарата, так и в наземном сегменте космических систем.

### **Практическая ценность работы**

Результаты, полученные в рамках диссертационного исследования, обладают высокой практической ценностью, состоящей в создании новых технических решений, расширяющих функциональные возможности космических систем. Их значимость определяется созданием программно-методического комплекса проектирования беспроводных сенсорных сетей для космических систем, выполняющего синтез и анализ таких сетей, а также подтверждением возможности снижения затрат энергии на коммуникации в космической системе в результате применения беспроводной сенсорной сети разработанного класса.

### **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы**

Результаты диссертационной работы рекомендуются к применению в организациях, решающих широкий спектр задач в области космической деятельности, таких как АО «ЦНИИМаш», АО «Корпорация «ВНИИЭМ», АО «НПО Лавочкина», АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва», АО «Научно-производственная корпорация «Системы прецизионного приборостроения». Для использования в этих организациях можно рекомендовать следующие полученные в диссертации результаты и выводы:

1. Обоснование целесообразности использования беспроводных сенсорных сетей в космических системах.

2. Класс беспроводных сенсорных сетей для космических систем и составляющие его теоретические положения, обеспечивающие дополнительные возможности снижения расхода энергии и повышения надёжности по сравнению с универсальными беспроводными сенсорными сетями.

3. Модель класса беспроводных сенсорных сетей для космических систем, создающая завершённое описание класса беспроводных сенсорных сетей для космических систем.

4. Программно-методический комплекс, включающий программный симулятор функционирования беспроводных сенсорных сетей для космических систем в условиях, определяемых обслуживаемой космической системой, и методическое обеспечение, позволяющее выполнять синтез и анализ такой сети. При проектировании беспроводных сенсорных сетей для космических систем программно-методический комплекс обеспечивает возможность целенаправленного выбора значений их топологических и функциональных параметров с целью удовлетворения заданных требований.

#### **Апробация работы**

Результаты работы были представлены и обсуждены на ряде российских и международных конференций и семинаров, среди которых конференции «Distributed Computer and Communication Networks. Theory and Applications», «Авиация и космонавтика», «International Conference of Innovative Technologies», «Актуальные проблемы создания космических систем дистанционного зондирования Земли», «Системный анализ и информационные технологии», «Computational Methods in Systems and Software», IEEE-семинар «Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies».

#### **Публикация результатов**

Результаты, полученные при выполнении диссертационного исследования, опубликованы в 47 печатных работах, из них 13 – статьи в изданиях из списка ВАК Минобрнауки РФ, соответствующих специальности 2.3.1, 2 – статьи в рецензируемых изданиях, индексируемых в международных базах данных, 1 – монография, 3 – учебные пособия, 22 – материалы конференций, 6 – свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

Автореферат и опубликованные работы в полной мере отражают содержание и основные научные результаты диссертации.

В качестве замечаний следует отметить:

1. При организации связи с помощью беспроводной сенсорной сети в орбитальных группировках требование компактности группировки может быть ослаблено или вовсе снято в случае, если в передаче информации допустимы некоторые задержки. В этом случае передача информации должна происходить тогда, когда конфигурация группировки позволит осуществить передачу, однако такая возможность в диссертации не рассмотрена.

2. В работе не рассмотрена возможность использования других, отличных от IEEE 802.15.4, маломощных стандартов связи.

3. В тексте диссертации и автореферата присутствуют технические погрешности.

Отмеченные недостатки не снижают общей положительной оценки выполненной работы.

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании секции 1 Научно-технического совета АО «НПК «СПИ», протокол № 03/2023 от 17. 08.2023 г.

### **Вывод**

В диссертации Терентьева М.Н. сформулирована и решена научная проблема, имеющая важное хозяйственное значение – расширение функциональных возможностей космических систем в части решения задач коммуникаций в компактных группировках космических аппаратов и задач мониторинга как на борту космического аппарата, так и в наземном сегменте за счёт включения в их состав специального класса беспроводных сенсорных сетей.

Выполняя диссертационное исследование, автор лично впервые предложил класс беспроводных сенсорных сетей для космических систем и создал его модель. На их основе автором лично разработаны симулятор беспроводных сенсорных сетей для космических систем и методика проектирования таких сетей. Автором

лично решена задача проектирования системы коммуникации внутри орбитальной группировки наноспутников.

Диссертация удовлетворяет требованиям пунктов 9 – 14, 25 Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор Терентьев Максим Николаевич заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки).

Главный конструктор  
направления бортовых систем  
Научно-технического центра 01  
АО «НПК «СПП»  
доктор технических наук

Агеев Юрий Дмитриевич

Начальник сектора отдела 1111  
Научно-технического центра 01  
АО «НПК «СПП»  
кандидат технических наук

Скопинова Анастасия Владимировна