

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИЙ ЦЕНТР «ПРОГРЕСС»

РКЦ ПРОГРЕСС

(АО «РКЦ «ПРОГРЕСС»)

ул. Земеца, д.18, г. Самара, 443009, тел. (846) 955-13-61, факс (846) 992-65-18, E-mail: mail@samspace.ru
ОКПО 43892776, ИНН 6312139922, КПП 631201001

от 06.03.2026 № 1408-2026-41

На № 604-10-629 от 05.02.2026

Отдел подготовки кадров

высшей квалификации

«Московского авиационного института

(национального исследовательского

университета)»

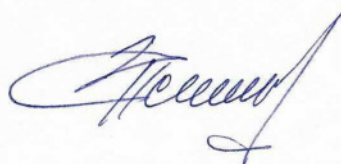
125993, Москва, Волоколамское ш., д.4

Отзыв официального оппонента
о диссертации Кутоманова А. Ю.

Направляю Вам Отзыв официального оппонента о диссертации Кутоманова Алексея Юрьевича на тему «Метод организации баллистико-навигационного обеспечения управления полетом многоспутниковых космических систем дистанционного зондирования Земли в условиях техногенного засорения околоземного космического пространства», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.5.16. «Динамика баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки)».

Приложение: «Отзыв...» на 7 л. в 2 экз.

Первый заместитель
генерального директора –
генеральный конструктор



Р.Н. Ахметов

Исп.: В.Е. Юрин , 1408 , т. 8(846)2289447

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

12 03 2026

ОТЗЫВ

официального оппонента, д.т.н. Ахметова Рауиля Нургалиевича,
о диссертации **Кутоманова Алексея Юрьевича** на тему
**«Метод организации баллистико-навигационного обеспечения управления полетом
многоспутниковых космических систем дистанционного зондирования Земли в
условиях техногенного засорения околоземного космического пространства»**,
представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности
2.5.16. «Динамика баллистика, управление движением летательных аппаратов
(технические науки)»

Диссертационная работа Кутоманова Алексея Юрьевича посвящена разработке метода баллистико-навигационного обеспечения (БНО) управления полетом космических систем, состоящих из 100 и более КА из единого центра с учетом ограничений на используемые вычислительные ресурсы и необходимости выполнения действующих соглашений по уменьшению техногенного засорения околоземного космического пространства (ОКП).

Создание многоспутниковых космических систем (КС) позволило сделать большой шаг вперед в части решения актуальных практических задач по оперативному мониторингу отдельных районов земной поверхности и планеты в целом, но потребовало пересмотреть подходы к баллистическому и навигационному обеспечению управления КС. Это связано, в том числе, с заполнением низких околоземных орбит сотнями и тысячами новых спутников и необходимостью предотвращения опасных сближений с ними. На примере КС глобального мониторинга компании Planet Labs на базе 199 наноспутников форм-фактора CubeSat размерности 3U соискатель демонстрирует неэффективность традиционных подходов, предполагающих необходимость управления каждым КА отдельно, для управления многоспутниковыми системами: для реализации всех процессов управления задействуются 18 станций наземного комплекса управления с 36 антеннами, расположенными в Северной Америке, Европе и Австралии, а также 4 территориально распределенных центра управления полетами, что сравнимо с суммарным количеством средств, привлекаемых для обеспечения управления всей орбитальной группировкой гражданского назначения Госкорпорации «Роскосмос».

В настоящее время Национальным проектом по развитию космической деятельности на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года предусмотрено существенное расширение орбитальной группировки Госкорпорации «Роскосмос», включая появление многоспутниковых космических систем, объединяющих КА, функционирующие на различных орбитах, имеющие различные характеристики целевой аппаратуры и преимущественно низкую степень автономности. Исходя из этого, разработка нового метода баллистико-навигационного обеспечения управления полетом многоспутниковых космических систем в условиях техногенного засорения ОКП с учетом ограничения ресурсов представляет собой **актуальную научную проблему**, имеющую важное экономическое значение.

Диссертация состоит из введения, шести глав и заключения.

Во **введении** показана актуальность выбранной темы исследования, проведен обзор работ по постановке и решению различных задач баллистического проектирования и управления полетами космических систем ДЗЗ, дана оценка степени разработанности научной проблемы в целом, выбраны объект и предмет исследований, сформулирована цель диссертационной работы, перечислены задачи, решаемые для достижения поставленной цели, отмечены новизна и практическое значение работы, даны сведения о публикациях автора работы и ее апробации, определены положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена рассмотрению современного состояния баллистико-навигационного обеспечения полета многоспутниковых систем дистанционного зондирования Земли. Анализируются существующие подходы, зарубежные практики (на примере Planet Labs), выявляются проблемы и формулируются критерии оценки эффективности методов БНО.

Во **второй главе** рассматриваются вопросы развития методов БНО управления многоспутниковыми КС ДЗЗ, планы развертывания таких систем в России и мире, а также приводятся международные стандарты и договоры, влияющие на процессы организации БНО управления полетами в части ограничения техногенного засорения ОКП. Предлагается схема управления всей системой как единым объектом, включая единое баллистическое информационное пространство и автоматизацию процессов.

В **третьей главе** описаны математические модели, используемые для решения задач БНО управления полетами КА ДЗЗ в условиях космического мусора, включая модели орбитального движения, модели проведения динамических операций, планирования решения задач БНО, а также расчета периодичности покрытия различных районов Земли многоспутниковой космической системой ДЗЗ.

Четвертая глава представляет результаты исследований возможности применения существующих методов решения задач БНО управления полетами КС, состоящих из нескольких десятков КА к космическим системам, состоящим из сотен КА. Оцениваются число ресурсов, необходимых для решения любой комбинации суточных баллистических задач, максимальное и минимальное время, необходимое для решения вышеперечисленных задач, а также максимальное и минимальное число маневров, необходимых для жесткого поддержания баллистической структуры многоспутниковой КС.

В **пятой главе** обобщаются синтезированные методики и алгоритмы организации процессов БНО управления многоспутниковыми космическими системами ДЗЗ в условиях техногенного засорения ОКП.

Шестая глава содержит результаты оценки эффективности разработанного метода.

В заключении приведены основные результаты работы, а именно:

1. В интересах решения поставленной научной проблемы проведена декомпозиция процессов БНО космических систем ДЗЗ, включающих разнородные КА.

2. Разработана комплексная математическая модель БНО управления многоспутниковыми КС ДЗЗ.

3. Проведен комплексный анализ возможности использования существующих подходов, используемых при БНО управления КС, состоящих из нескольких десятков КА, для управления полетами многоспутниковых КС ДЗЗ. Обоснованы объективные критерии оценки возможности использования существующих подходов к решению задач БНО управления полетами многоспутниковых КС ДЗЗ.

4. Разработана методика построения единого баллистического информационного пространства, позволяющего осуществлять моделирование орбитального движения КА, функционирующих на различных орбитах, имеющих различный состав источников навигационных измерений, различную точность определения орбит, время автономного существования, а также различные характеристики целевой аппаратуры, в единой среде моделирования.

5. Разработана методика построения системы планирования процессов БНО управления полетами, позволяющая в автоматизированном режиме создавать планы проведения баллистических расчетов на различные интервалы времени, обеспечивать связь созданных планов с конкретными вычислительными задачами, а также отслеживать их выполнение, проводить предварительную оценку правильности решения баллистических задач.

6. Разработана методика поддержания баллистической структуры многоспутниковой КС ДЗЗ с учетом решения целевых задач системой в целом, позволяющая

существенно сократить общее число маневров, проводимых КА, по сравнению с существующими подходами.

7. Предложен метод и обоснована возможность создания автоматизированной системы БНО управления многоспутниковой КС ДЗЗ.

8. На основании результатов исследований и характеристик разработанных методик и алгоритмов, которые вошли в предлагаемый метод БНО управления полетом многоспутниковых КС ДЗЗ, сделан вывод о реализуемости предложенных подходов при управлении многоспутниковыми КС ДЗЗ из единого центра с учетом всех рассмотренных ограничений.

9. В рамках практической реализации метода БНО управления многоспутниковыми КС ДЗЗ предложен технический облик нового информационно-вычислительного комплекса для решения полного цикла задач БНО управления полетами.

Соискатель выносит на защиту следующие положения:

1. Комплексная модель оперативного БНО управления полетами многоспутниковых КС ДЗЗ в условиях техногенного засорения ОКП.

2. Методика построения единого баллистического информационного пространства, позволяющая моделировать движение разнородных КА в одной системе.

3. Методика построения системы планирования процессов БНО управления полетами, позволяющая осуществлять автоматизированное планирование и контроль решения баллистических задач.

4. Методика поддержания баллистической структуры многоспутниковой КС ДЗЗ с учетом решения целевых задач системой в целом.

5. Непосредственно метод БНО управления многоспутниковыми КС ДЗЗ в условиях техногенного засорения ОКП (как совокупность разработанных методик), отличающийся от известных возможностью оперативного решения всего спектра задач БНО управления полетами многоспутниковой КС ДЗЗ из единого центра с учетом необходимости соблюдения мер по снижению техногенного засорения ОКП в части проведения маневров уклонения и организованного завершения полета.

6. Результаты экспериментальной отработки метода БНО управления многоспутниковой КС ДЗЗ в условиях техногенного засорения ОКП в условиях, приближенных к реальным.

Выносимые на защиту научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, обладают **новизной**.

Обоснованность и достоверность научных положений и основных результатов диссертационной работы **обеспечивается** за счет согласованности теоретических выводов с

результатами натурных и вычислительных экспериментов, а также апробацией основных положений работы в печатных трудах и докладах на российских и международных конференциях. Основные теоретические положения подтверждены практической реализацией при оперативном управлении КС ДЗЗ, в частности, "Канопус-В".

Теоретическая значимость работы Кутоманова А.Ю. состоит в системном развитии вопросов БНО управления полетами многоспутниковых космических систем ДЗЗ, включающих в свой состав разнородные КА. Соискатель предложил перейти от решения задач БНО управления каждым КА, входящим в космическую систему, к решению задач управления системой в целом, с учетом поддержания характеристик решения целевых задач системой, заданных на этапе баллистического проектирования. Такой подход позволил решить поставленную научную проблему в условиях техногенного засорения ОКП из единого центра без увеличения числа задействуемых ресурсов ЦУП пропорционально увеличению числа управляемых КА в космической системе.

Практическая ценность работы заключается в результатах внедрения разработанного автором метода и программной реализации его составляющих непосредственно в процессы управления космической системой ДЗЗ "Канопус-В", а также возможности их использования при создании и развертывании перспективных отечественных многоспутниковых космических систем.

Проведенные исследования являются **новыми**, результаты, выносимые автором на защиту, **получены впервые** и новизна их также не вызывает сомнений.

Обоснованность и достоверность научных положений и основных результатов диссертационной работы **обеспечивается** за счет согласованности теоретических выводов с результатами натурных и вычислительных экспериментов, а также апробацией основных положений работы в печатных трудах и докладах на российских и международных конференциях. Основные теоретические положения подтверждены практической реализацией при оперативном управлении КС ДЗЗ, в частности, "Канопус-В".

Научный уровень полученных в диссертации результатов создания метода баллистико-навигационного обеспечения управления полетом многоспутниковых космических систем ДЗЗ в условиях техногенного засорения околоземного космического пространства достаточно высокий.

В целом диссертация оставляет хорошее впечатление, написана грамотно и последовательно. Результаты диссертационного исследования опубликованы в 33 работах, из которых 15 – в изданиях, включенных в перечень ведущих рецензируемых научных журналов, включённых ВАК России в список изданий, рекомендуемых для опубликования основных научных результатов диссертации на соискание учёной степени кандидата и

доктора наук, соответствующих специальности 2.5.16 – Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов, 3 – в иностранных изданиях, индексируемых в международных базах данных Scopus/Web of Science. Автореферат и опубликованные работы в полной мере отражают содержание и основные научные результаты диссертации.

Вместе с тем, на мой взгляд, представленная диссертационная работа имеет **ряд недостатков:**

1. Глубина анализа состояния исследований в предметной области. В первых главах достаточно подробно описывается современное состояние БНО полета некоторых систем ДЗЗ, но не рассмотрены особенности БНО:

– КС ДЗЗ с высокой степенью автономности (например, КС «Ресурс-П»), характерной особенностью которых является решение большинства задач БНО на борту КА, а для управления используется малопунктная схема;

– децентрализованных многоспутниковых КС;

– функционирующей КС «Starlink», которая, хоть и не относится к КС ДЗЗ, является примером успешного решения задач, схожих с задачами, которые решает соискатель.

2. В качестве базового варианта многоспутниковой КС, относительно которого оцениваются все предлагаемые улучшения, принята, очевидно, крайне примитивная КС, что несколько обесценивает полученные результаты (эффект деления на ноль). На мой взгляд, диссертация бы только выиграла, если бы соискатель оценил эффект от реализации предложений для нескольких вариантов многоспутниковых КС с различной степенью автономности, в основе БНО которых лежат различные известные подходы.

3. Описание некоторых зависимостей изменения одних баллистических параметров от других некорректно и требует уточнения: например, изменение наклона в зависимости от МСВ (рисунок 4.9).

Однако указанные замечания и неточности не снижают ценности и научной новизны работы.

Диссертация Кутоманова Алексея Юрьевича представляет собой законченное научное исследование проблемы организации процессов баллистико-навигационного обеспечения управления полетами постоянно расширяющимися космическими системами, состоящими из разнородных КА, функционирующих на различных орбитах с учетом ограничений на оперативность решения всех суточных баллистических задач, ограничений на использование ресурсов, а также с учетом необходимостью соблюдения всех требований по ограничению техногенного засорения околоземного космического пространства. Диссертационная работа выполнена автором на высоком научном уровне. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Все основные

результаты работы опубликованы. Текст диссертации представляет собой законченную работу. Автореферат полностью соответствует основному содержанию диссертации.

Диссертация Кутоманова Алексея Юрьевича отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук (пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней), а ее автор Кутоманов Алексей Юрьевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.5.16. «Динамика баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки)».

Официальный оппонент,
доктор технических наук



Ахметов Равиль Нургалиевич

Место работы и должность:

Акционерное общество «Ракетно-космический центр «Прогресс»
443009, Самара, ул. Земеца, 18

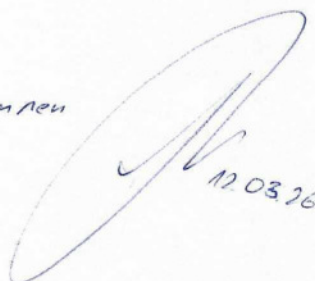
Первый заместитель генерального директора –
генеральный конструктор

Подпись Ахметова Р.Н. удостоверяю.
Заместитель генерального директора
по персоналу




М.П. Ф. Картавенко

С отзавом озаченом лени



12.03.26