

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки

**ИНСТИТУТ АСТРОНОМИИ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИНАСАН)**

119017, г. Москва, ул. Пятницкая, д. 48
Тел.: (495) 951-54-61, (495) 951-06-80
Факс: +7 (495) 951-55-57
e-mail: admin@inasan.ru
http://www.inasan.ru

28.10.2023 № 11261- 08-2154/481

на № 02-08/10235 от 28.10.2023

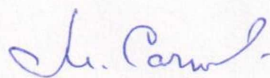
Председателю диссертационного
совета Балаханову М. В.

Уважаемый Михаил Валентинович!

Высылаем в Ваш адрес отзыв на автореферат диссертации Давлатова Руслана Аскарджоновича на тему «Разработка методов измерения градиентов гравитационного потенциала в околоземном пространстве» представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.8 «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды»

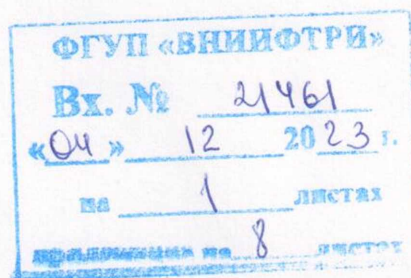
Приложения: Отзыв на автореферат диссертации на 4 листах
в 2-х экз.

Директор института
доктор физ. – мат. наук



Сачков М. Е.

Клюйков А. А.
т. 8(495)951-29-23



ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Давлатова Руслана Аскарджоновича
«Разработка методов измерения градиентов гравитационного потенциала в околоземном
пространстве» представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.2.8

«Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ
и природной среды»

Во многих сферах человеческой деятельности прочно вошло использование глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), том числе и в навигации. Однако, могут возникнуть ситуации, обусловленная объективными или субъективными причинами, когда использование этих систем будет недоступно для потребителей (военные конфликты, нахождение потребителей в лесу, в узком ущелье, под водой и т.п.). В этом случае основным средством навигации становится бесплатформенная инерциальная навигационная система (БИНС). Главным преимуществом БИНС является абсолютная помехозащищенность, поскольку постановка организованных помех такой системе невозможна. Основным недостатком этой навигационной системы является значительная погрешность местоопределения (до 1800 м за час), которая накапливается на протяженных трассах движения. Такая точность определения местоположения для большинства потребителей неприемлема. Решение проблемы повышения точности местоопределения заключается в периодической коррекции навигационных решений БИНС. Для этого используется дополнительная измерительная информация, в качестве которой могут быть:

1. Результаты измерений координат с помощью навигационной аппаратуры потребителей глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) ГЛОНАСС, GPS, Beidou и др. Однако, использование сигналов ГНСС имеет следующие ограничения: снижение точности в условиях ограниченной видимости спутников (в тоннелях, помещениях, горных ущельях и др.), а также в условиях естественных и, в особенности, преднамеренных помех.
2. Карты рельефа местности вдоль маршрута движения. Достижимая погрешность коррекции показаний БИНС не превышает 500 м. Однако, это значение возрастает при движении на участках с малым изменением рельефа. Кроме того, этот метод непригоден при навигации над акваториями.
3. Оптические изображения местности. Погрешность коррекции показаний БИНС не превышает 100 м. Вместе с тем, такая система неработоспособна над безориентирной местностью (океан, пустыня и др.) и зависит от времени суток и погодных условий.
4. Параметры магнитного поля Земли. Существенным ограничением их использования является подверженность влиянию солнечной активности и техногенного фактора.

Указанные недостатки могут быть преодолены посредством разработки и создании системы коррекции показаний БИНС на основе измерений текущих параметров гравитационного поля Земли (ГПЗ). Такая система является помехозащищенной, так как в настоящее время активные средства искажения ГПЗ неизвестны. Кроме того, совокупность измеряемых параметров ГПЗ имеет уникальные значения для каждой точки на поверхности Земли.

Одним из ключевых элементов системы коррекции показаний БИНС по ГПЗ является навигационная гравиметрическая карта (НГК) первого градиента гравитационного потенциала (ускорение свободного падения) и составляющих второго градиента потенциала с погрешностями не более 1 мГал и 5 Этивеш, соответственно. Такие карты для доступных территорий подготавливаются с помощью полевых гравиметров и градиентометров. При этом детальность измерений должна быть не хуже 1 км.

Для формирования НГК на удаленные и труднодоступные территории и акватории, является использование средств измерений, расположенных на борту космических аппаратов - космических гравиметрических средств. При этом возрастают требования к погрешности определения параметров ГПЗ в околоземном пространстве и возникает задача измерения

третьего градиента гравитационного потенциала для редуцирования (переноса) измерений на поверхность Земли:

- для первого градиента - погрешность не более 0,020 мГал;
- для второго градиента - погрешность не более 0,003 Этвеш;
- для третьего градиента - погрешность не более 0,001 Этвеш/км.

Анализ показывает, что современные космические градиентометры не обеспечивают необходимую точность и детальность при измерении составляющих градиентов гравитационного потенциала. Поэтому для подготовки глобальных навигационных гравиметрических карт на удаленные и труднодоступные территории и акватории необходима разработка новых методов космической гравиметрии для определения первого, второго и третьего градиентов гравитационного потенциала с необходимой точностью и детальностью.

В этом заключается **актуальность темы диссертационной работы.**

Целью диссертационной работы является повышение точности и детальности измерений градиентов гравитационного потенциала.

Для достижения поставленной в данной диссертационной работе цели необходимо решить следующие **задачи**:

Главная задача исследований: разработать и исследовать характеристики новых методов космической гравиметрии, основанных на использовании свободных масс в космосе.

Частные задачи исследований:

1. Выполнить анализ современных космических гравиметрических средств и методов их калибровки.
2. Разработать элементы теории и структуру многоспутникового кластера для совместного определения первого, второго и третьего градиентов гравитационного потенциала.
3. Исследовать структуру лазерного бортового градиентометра на основе свободных масс внутри космического аппарата и выполнить полунатурное моделирование.
4. Разработать новый метод бортовой калибровки космических градиентометров. Разработать наземный стенд калибровки и выполнить его испытания.

Объектом исследований являются космические средства измерений параметров гравитационного поля Земли.

Предметом исследований являются методы определения гравитационных градиентов в околоземном пространстве.

Научная новизна исследований заключается:

1. Разработаны элементы теории совместного измерения составляющих первого, второго и третьего градиентов ГПЗ с помощью многоспутникового кластера космических аппаратов с использованием бортовой навигационной аппаратуры ГНСС.
2. Впервые предложена структура трехосного бортового лазерного градиентометра на свободных массах на основе интерферометров Майкельсона и Фабри-Перо и оценены его характеристики.
3. Впервые испытан предложенный метод измерения второго градиента на основе созданного наземного макета одноосного лазерного градиентометра на полусвободных чувствительных массах.
4. Впервые предложен метод калибровки бортовых лазерных космических градиентометров в режиме летной эксплуатации и сформированы требования к бортовой реализации метода.
5. Впервые разработан и испытан наземный стенд полунатурного моделирования метода гравитационной калибровки космических градиентометров.

Положения, выносимые на защиту:

1. Метод измерений составляющих градиентов гравитационного потенциала на основе многоспутникового кластера космических аппаратов обеспечивает измерение составляющих первого градиента с погрешностью не более 0,020 мГал, второго градиента – с погрешностью

не более 0,003 Этвеш, третьего градиента – с погрешностью не более 0,001 Этвеш/км с детальностью 1 км.

2. Метод измерений составляющих второго градиента с использованием космического трехосного лазерного градиентометра на свободных массах на основе бортового лазерного интерферометра обеспечивает измерение составляющих второго градиента с погрешностью не более 10^{-4} Этвеш и детальностью 1 км.

3. Метод бортовой калибровки космического градиентометра с использованием бортовой калибровочной массы обеспечивает в полете неопределенность калибровки не более 10^{-5} Этвеш.

Практическая значимость диссертации заключается в возможности использования её результатов при выполнении следующих работ:

- формирование банка измерительной информации первого, второго и третьего градиентов гравитационного потенциала для создания навигационных гравиметрических карт;
- выполнение редуцирования (переноса) измерений параметров гравитационного поля с орбиты спутника на поверхность Земли;
- уточнение глобальной модели гравитационного поля Земли;
- выполнение калибровки бортового космического градиентометра в режиме эксплуатации.

Практическая направленность работы. Результаты исследований использованы при выполнении гранта РФФИ и пяти научно-исследовательских работ. Использование результатов исследований подтверждено актом реализации, полученным во ФГУП «ВНИИФТРИ».

Личный вклад автора. Автор лично проводил теоретические исследования, осуществлял математическое моделирование и разрабатывал имитационные модели перспективных гравитационных градиентометров, анализировал и обобщал полученные результаты, разработал структуру и создал наземный макет лазерного одноосного градиентометра, а также разработал и испытал на специальном изготовленном стенде новый метод калибровки бортовых градиентометров.

Апробация результатов диссертационной работы

Материалы диссертации опубликованы в 17 статьях, в том числе в 9 статьях в изданиях из Перечня ВАК российских рецензируемых изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации, и 27 докладах на научно-технических конференциях.

Несомненным достоинством диссертационной работы является получение два патентов на изобретение, двух свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ и двух свидетельств о государственной регистрации баз данных.

Основные результаты исследований изложены подробно.

Автореферат хорошо оформлен.

В качестве замечаний можно отметить следующее:

1. В проектах, представленных в таблице 1 (с.7), не измеряется ни первый, ни второй градиенты. Это косвенные измерения. Они получаются из математической обработки непосредственно измеренных величин.

2. Названия подразделов второй главы «Способ определения составляющих второго градиента по сигналам ГНСС» (с. 9) и «Способ определения составляющих третьего градиента по сигналам ГНСС» (с. 10) не полностью отражают предложенные способы, так как в их основе лежат не только измерения дальностей до ГНСС, но и измерения дальностей между геодезическими КА (ГКА).

3. В таблице 4 на с.12 число независимых составляющих второго градиента гравитационного потенциала равно не 6, а 5.

Однако, указанные замечания не снижают теоретической и практической значимости диссертационной работы и ее выводов.

Положения, выносимые на защиту, опубликованы в реферируемых изданиях и были представлены на научно-технических конференциях различного уровня.

Содержание реферата свидетельствует, что диссертационная работа Довлатова Р. А. носит законченный характер научно-квалификационной работы и соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации.

Автор диссертационной работы Довлатов Руслан Аскарджонович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.8 «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды»

Отзыв подготовил:

Старший научный сотрудник

Федерального государственного бюджетного учреждения науки

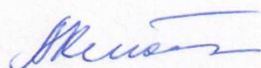
Институт астрономии Российской академии наук (ИНАСАН)

119017, г. Москва, ул. Пятницкая, 48

8(495)951-29-23

kaa5774@yandex.ru

кандидат технических. наук



Клюйков Александр Алексеевич

« 28 » ноября 2023 г.

«Подпись Клюйкова Александра Алексеевича
заверяю».

Ученый секретарь ИНАСАН

кандидат физ.-мат. наук




Фатеева А. М.