

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
32.1.004.01, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФГУП «ВСЕРОССИЙСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ФИЗИКО-
ТЕХНИЧЕСКИХ И РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ»
ФЕДЕРАЛЬНОГО АГЕНТСТВА ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ
РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 20.12.2023 протокол №11

О присуждении **Давлатову Руслану Аскарджоновичу**, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка методов измерения градиентов гравитационного потенциала в околоземном пространстве» по специальности «2.2.8 – Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды» принята к защите 16 октября 2023 г. (протокол №6) диссертационным советом 32.1.004.01, созданным на базе Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ФГУП «ВНИИФТРИ») Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии, 141570, Россия, Московская область, г. Солнечногорск, р.п. Менделеево, промзона ВНИИФТРИ, корпус 11, утвержденным Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации №79/нк от 26.01.2022 г.

Соискатель **Давлатов Руслан Аскарджонович**, 18 января 1992 года рождения, в 2014 году окончил ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии», квалификация - инженер по специальности «Прикладная геодезия» (диплом специалиста с отличием 107724 0759480). С 2014 г. по настоящее время работает в ФГУП

«ВНИИФТРИ» последовательно в должностях инженер 1 категории, младший научный сотрудник, начальник лаборатории. С 2018 г. по н/в соискатель преподает в ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии» на кафедре «Высшей геодезии» дисциплину «Геодезическая гравиметрия».

Диссертация выполнена в научно-исследовательском отделении разработки и эксплуатации средств метрологического обеспечения координатно-временных и навигационных систем (НИО-8) ФГУП «ВНИИФТРИ».

Цель диссертации состоит в повышении точности и детальности измерений градиентов гравитационного потенциала.

Научный руководитель – Фатеев Вячеслав Филиппович, доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ, начальник научно-технического центра «Метрологического обеспечения наземной и космической гравиметрии» (НТЦ 82) ФГУП «ВНИИФТРИ».

Официальные оппоненты:

Милюков Вадим Константинович - доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией лазерных интерферометрических измерений Государственного астрономического института им. П.К. Штернберга Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Россия, 119234, Москва, Университетский проспект, д. 13.

Гусев Игорь Витальевич - кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отдела 03002 АО «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения», Россия, 141070, Московская область, г. Королев, ул. Пионерская, д. 4 -

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация - Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского» Министерства обороны Российской Федерации, г. Санкт-Петербург, - в своем **положительном**

отзыве, подписанном начальником кафедры метрологического обеспечения вооружения, военной и специальной техники, к.т.н., доцентом Кравцовым Александром Николаевичем и профессором кафедры, д.т.н. Мищенко Владимиром Ильичом и утвержденном заместителем начальника Военно-космической академии по учебной и научной работе, д.т.н., профессором Кулешовым Юрием Владимировичем, указала, что:

– диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой автором получено новое решение актуальной научной задачи, обладает научной новизной, а также научной и практической ценностью;

– содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации. В нем изложены все основные результаты, выносимые на защиту, дано достаточно полное представление о научной и практической значимости работы;

– диссертация по теме, содержанию и полученным результатам соответствует пунктам 5, 6 паспорта научной специальности 2.2.8 «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды», технические науки;

– полученные новые научные результаты и выводы, изложенные в диссертации, являются достаточно обоснованными и достоверными;

– результаты исследования реализованы в Федеральном государственном унитарном предприятии «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений»;

– диссертация Давлатова Р.А. оформлена в соответствии с требованиями ГОСТ 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления», четко структурирована, характеризуется научной строгостью и последовательностью изложения материала;

– полученные результаты целесообразно использовать в АО «Информационные спутниковые системы имени академика М.Ф. Решетнева», в АО «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения», в Федеральном агентстве по техническому регулированию и метрологии, в Военно-топографическом управлении Генерального штаба Вооруженных Сил Российской Федерации.

В отзыве ведущей организации имеются замечания:

1) В диссертации в явном виде не обоснована необходимость определения всех составляющих градиентов гравитационного потенциала.

2) В работе не приведены оценки стабильности гравитационного поля для реализации многомесячных измерений над определенной территорией.

3) Представленная в работе орбитальная конфигурация многоспутникового градиентометра подразумевает периодическую корректировку положения спутников на орбите. Однако, из текста диссертации не ясно, какой срок функционирования космических аппаратов (КА) на орбите для формирования банка измерительной информации на участке коррекции инерциальных систем.

4) В пункте 2.5.1 работы в явном виде не представлены структура и состав многоспутникового кластера геодезических космических аппаратов.

5) Из пункта 2.5.2 работы не ясно, как при моделировании орбитального движения КА в кластере из 6 КА учитывались внешние условия и возмущения, и какая при этом использовалась модель движения.

6) Из автореферата не ясно, как учитывались вибрационные воздействия при выполнении экспериментов на разработанных наземных макете и стенде.

Ведущей организацией отмечается, что имеющиеся замечания не снижают существенно ценность представленной работы, которая, несомненно, заслуживает положительной оценки.

Вывод ведущей организации:

Диссертационная работа по научному содержанию, глубине и полноте выполненных исследований, а также объему полученных результатов,

соответствует требованиям пунктов 9-14 Положения о присуждении ученых степеней для диссертаций, представленных на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, **Давлатов Руслан Аскарджонович**, **достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.8 «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды».**

Основные положения результатов исследования **опубликованы в 17 научных трудах, из них 9 – в изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Российской Федерации, в том числе 3 – в БД RSCI.** По результатам работы получены два патента на изобретение, два свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ и баз данных. Результаты диссертации докладывались на 27 международных и всероссийских научно-технических конференциях.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Давлатов Р.А., Донченко С.С., Лавров Е.А., Соколов Д.А., Скакун И.О., Гунин П.М. Результаты исследования фазовых шумов лазерного интерферометра для проекта космического детектора гравитационных волн SOIGA. Оптический журнал. 2023. Т. 90. № 6. С. 3-14.
2. Давлатов Р.А. Исследование перспективной космической измерительной системы для формирования навигационных гравиметрических карт // Приборы. 2021. № 7 (253). С. 34-47.
3. Давлатов Р.А., Фатеев В.Ф., Сильвестров И.С., Лопатин В.П. Космическая многоспутниковая система геофизического мониторинга. Состав и применение // Альманах современной метрологии. 2021. № 2 (26). С. 52-67.
4. Давлатов Р.А., Сильвестров И.С., Фатеев В.Ф. Методы калибровки космических гравитационных градиентометров // Измерительная техника. 2020. №1. С. 5-11.
5. Давлатов Р.А., Фатеев В.Ф. Анализ возможностей космического градиентометра на свободных массах // Альманах современной метрологии. 2020. № 2 (22). С. 65-72.

6. Давлатов Р.А., Фатеев В.Ф., Лопатин В.П. Возможности использования системы ГЛОНАСС для формирования гравиметрической многоспутниковой системы // Альманах современной метрологии. 2020. № 4 (24). С. 65-85.

7. Давлатов Р.А., Фатеев В.Ф. Многоспутниковый кластер для определения параметров гравитационного поля Земли // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2019. Т. 62. № 5. С. 470-476.

8. Давлатов Р.А., Фатеев В.Ф., Лопатин В.П. Применение навигационной аппаратуры ГНСС на борту наноспутника // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2018. Т. 61. № 5. С. 437-445.

9. Давлатов Р.А., Пустовойт В.И., Фатеев В.Ф. Лазерные гравиметры на основе интерферометра Фабри-Перо // Физические основы приборостроения. 2017. Т. 6. № 3 (25). С. 63-71.

По результатам работы получены **два патента** на изобретение:

– Давлатов Р.А., Денисенко О.В., Сильвестров И.С., Фатеев В.Ф. «Лазерный космический гравитационный градиентометр» RU 2754098 С1 (2021 г.);

– Давлатов Р.А., Фатеев В.Ф., Денисенко О.В., Федотов В.Н., Сильвестров И.С. «Способ измерения гравитационного ускорения космического аппарата» RU 2768557 С1 (2022 г.);

два свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ:

– Давлатов Р.А., Сильвестров И.С., Фатеев В.Ф., Карапетян М.Н. «Программно-математическая модель в обеспечение сбора первичной измерительной информации ГСМГПЗ» RU 2020662723 (2020 г.);

– Давлатов Р.А., Фатеев В.Ф. «Программа для моделирования лазерного космического гравитационного градиентометра на свободных массах» RU 2023666518 (2023 г.);

два свидетельства о государственной регистрации баз данных:

– Давлатов Р.А., Денисенко О.В., Сильвестров И.С., Фатеев В.Ф., Лопатин В.П., Мурзабеков М.М. «База данных результатов расчета

высокоточной планетарной модели гравитационного поля Земли» № RU 2018621324 (2018 г.);

– Давлатов Р.А., Денисенко О.В., Сильвестров И.С., Фатеев В.Ф., Бобров Д.С. «База измерительных данных» № RU 2018621380 (2018 г.).

В отзыве официального оппонента Милюкова В.К. имеются следующие замечания по содержанию:

1. Стр. 25. «Для этого с использованием модели гравитационного поля EGM2008 выполнен расчет на участке 1° на 1° с шагом $0,01^\circ$ ».

- Не ясно, о каком конкретном участке поверхности Земли идет речь.

2. Стр. 27 (о модели ГПЗ, представленной разложением по сферическим гармоникам): «Таким образом параметрами любой модели ГПЗ являются: степень n и порядок t , а также погрешность определения коэффициентов C и S ».

- В первую очередь основными параметрами являются значения самих коэффициентов C и S .

3. Стр. 29. (О справедливости формулы 11): «Стандартная формула оценки детальности (или пространственного разрешения) НГК в зависимости от степени модели имеет вид [22]: (Показана формула (11))»

- Ссылка [22] мне недоступна, поэтому происхождение формулы (11) установить не удалось. Поскольку речь идет о гармонических коэффициентах разложения ГПЗ, то основной характеристикой каждой гармоники является ее длина волны, соответственно пространственное разрешение, которое представляет каждая гармоника, характеризуется длиной волны (обычно используется длина полуволны $\lambda/2$). Первая гармоника разложения $n=1$, характеризует Землю, представленную сферой, соответственно длина полуволны такой гармоники равна длине полуокружности шара, т.е. $\lambda/2(n=1) = \pi \times R_3 = 20\,015$ км. Расчёт, проведенный по формуле (11), дает иной результат: $\lambda/2(n=1) = 13\,320$ км. Из приведенных рассуждений следует очень простая формула для вычисления длины полуволны для гармоники n -й степени: $\lambda/2(n) = \pi \times R_3/n$, которой все пользуются.

4. Стр. 29. «На сегодняшний день самые детальные модели имеют пространственное разрешение на уровне 9-10 км, к ним относится модель EGM2008 [25].»

- Есть более полные современные глобальные модели Земли. Например, такой моделью является комбинированная глобальная модель XGM2019e, реализованная в разложениях 760, 2190 и 5540 сферических гармоник. Представление до степеней и порядков 5540 соответствует пространственному разрешению ~ 3.6 км [http://icgem.gfz-potsdam.de/tom_longtime].

5. Рисунки 24 (стр. 86) и 25 (стр. 89), на которых представлен многоспутниковый кластер, состоящий из трех пар спутников, мало информативны, поскольку непонятно, как движутся КА по орбитам, как расположены орбиты относительно друг друга. Было бы гораздо понятней, если бы на рисунках были полностью изображены орбиты КА.

6. Стр.103. Из формулы (103) следует, что величина степени и порядка определяемых гармоник ГПЗ и время накопления данных связаны обратно пропорциональной зависимостью. Рисунок 30 иллюстрирует эту зависимость. Между тем в сопровождающем тексте утверждается, что «Уменьшение времени накопления данных ведет к уменьшению степени и порядка определяемых гармоник». Т.е. связь между ними прямо пропорциональная.

7. Стр. 105. Выводы по главе 2: «Предложенный многоспутниковый градиентометр обеспечит уточнение модели ГПЗ до степени и порядка 60»

- Не ясно, в чем же преимущество? Модели ГПЗ, созданные только по данным реализованных космических миссий, имеют разложения до 300 гармонических коэффициентов [http://icgem.gfz-potsdam.de/tom_longtime].

замечания по формулировкам:

1. Стр. 10 (Введение) «Целью диссертационной работы является повышение точности и детальности измерений градиентов гравитационного потенциала».

-Корректная формулировка цели: РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ повышение точности и детальности измерений градиентов гравитационного потенциала.

2. Стр. 41. «При анализе градиентометра СНАМР были выявлены следующие основные недостатки:

1. Проект направлен только на уточнение модели ГПЗ. Первый, второй и третий градиенты гравитационного потенциала не определяются.

2. *Детальность измерений около 80 км.*

3. *Использовалась односистемная бортовая НАП».*

- Почему же это недостатки? Весь мир считает, что это как раз достоинства миссии. Миссия CHAMP была первым успешным проектом по изучению глобального гравитационного поля Земли, в котором было достигнуто рекордное разрешение статических моделей ГПЗ.

3. *Стр. 49. Выводы по отношению к системе «низкий спутник – низкий спутник»: «Система имеет низкую надежность, так как при возникновении нештатной ситуации с одним из КА вся система становится дееспособной».*

— Это банальный вывод, не стоящий особого изучения. Что касается реализованных миссий этого плана GRACE и GRACE FO, то GRACE показал высокую надежность, просуществовав на орбите вместо 5 лет, 15 лет. GRACE FO также превысил 5-летний срок нахождения на орбите.

4. *Стр. 118. «Так как гравитационное поле практически не подвержено изменениям, то при построении карт возможно использование результатов измерений в течение нескольких месяцев».*

— Это неверное утверждение. В силу движений масс в различных оболочках Земли (атмосфере, океанах и т.д.) гравитационное поле меняется постоянно. Одной из основных задач миссий GRACE и GRACE FO как раз является создание ежемесячных моделей ГПЗ, т.е. моделей, с временным разрешением 1 месяц. Важной задачей будущих геодезических миссий является увеличение как пространственного разрешения, так и временного, т.е. создание моделей ГПЗ на временных интервалах 10 дней, неделя и менее.

5. *Стр. 158. (Заключение): «Установлено, что ранее реализованные методы и средства космической градиентометрии не удовлетворяют требованиям к составу, точности и детальности определения первого, второго и третьего градиентов гравитационного потенциала».*

- Ранее реализованные миссии и не должны удовлетворять требованиям, сформулированным в диссертации. Все реализованные геодезические миссии успешно справились с поставленными задачами и внесли выдающийся вклад в развитие науки.

замечание по оформлению: В списке из 162 использованных источников 25 приведены без указания года издания (15, 64, 65, 66, 68, 71, 72, 74, 75, 84, 85, 86, 88, 90, 91, 99, 100, 103, 114, 155, 156, 157, 158, 159, 160).

Оппонент отмечает, что замечания не снижают общей ценности рецензируемой работы.

Вывод официального оппонента Милюкова В.К.:

В целом диссертационная работа Р.А. Давлатова является завершённым научным исследованием и представляет собой определённый вклад в развитие будущих отечественных программ космической гравиметрии.

Основные результаты получены автором самостоятельно и опубликованы в научной печати. Автореферат полностью соответствует основному содержанию диссертации. **Диссертация соответствует критериям, установленным в «Положении о порядке присуждения ученых степеней» ВАК Минобрнауки России, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – Руслан Аскарджонович Давлатов достоин присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.8 – «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды».**

В отзыве официального оппонента кандидата технических наук, ведущего научного сотрудника отдела 03002 АО «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» Гусева Игоря Витальевича имеются следующие замечания:

1. В диссертации в явном виде не представлена достоверность научных положений.

2. Все системы коррекции БИНС, основанные на физических полях Земли, производят сравнение измеренных параметров с эталонным изображением. В случае, если территория имеет ограниченное количество навигационных ориентиров, применение БИНС является неэффективным, и ГПЗ тут не является исключением.

3. На странице 17 написано, что ГНСС-системы "обеспечивают высокую точность определения координат по всей территории Земли", но не указаны значения погрешностей ГНСС-определений.

4. На странице 17 написано, что БИНС обеспечивает "абсолютную автономность", что является сомнительным утверждением, т.к. для обеспечения её работы требуются начальные координаты и существует дрейф, требующий периодической корректировки. Таким образом, автономность безусловно есть, но явно не "абсолютная".

5. На странице 17 написано: "При интервалах наблюдений в несколько минут и более это не удовлетворяет современным требованиям" без указания числовых характеристик.

6. Смысл рисунка 6 на странице 26 абсолютно не понятен, вероятно, имеется ввиду аналитическое продолжение геопотенциала вниз.

7. На странице 82 в таблице 7 "Требования к интервалу измерений и погрешности приращения расстояния" не указана ссылка на представленные в таблице числовые значения.

8. В Заключении следовало бы сформулировать предложения для практического внедрения полученных разработок и направления дальнейших исследований.

Общий вывод официального оппонента Гусева И.В.:

Приведенные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертации и носят в основном редакционный и рекомендательный характер. Диссертационная работа является в достаточной степени завершённым исследованием для подтверждения научной квалификации соискателя. Все выполненные исследования являются актуальными и имеют четко выраженную научную новизну. Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации.

Диссертация Давлатова Руслана Аскарджоновича «Разработка методов измерения градиентов гравитационного потенциала в околоземном пространстве» является законченной научной работой, в которой решена

научная задача: разработки и исследование характеристик новых методов космической гравиметрии, основанных на использовании свободных масс в космосе.

Диссертация соответствует критериям п. 9 «Положение о присуждении ученых степеней» ВАК Минобрнауки России, утвержденного постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013, а её автор, Давлатов Руслан Аскарджонович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.8 «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды».

На автореферат поступили **отзывы специалистов из 11 организаций, все положительные:**

1. от **Крамлиха А.В.**, - к.т.н., доцента межвузовской кафедры космических исследований ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева» (г. Самара), с замечанием:

- не сформированы требования к системам управления движением как центра масс космических аппаратов, так и относительно центра масс.

2. от **Шувалова Г.В.**, - к.т.н., директора Западно-Сибирского филиала ФГУП «ВНИИФТРИ» (г. Новосибирск), с замечаниями по автореферату:

- не представлено описание принципа коррекции бесплатформенных инерциальных навигационных систем на основе измерений параметров гравитационного поля Земли;

- не приведено обоснование требований к погрешности измерения параметров гравитационного поля на поверхности Земли.

3. от **Демченко В.И.**, - к.т.н., начальника научно-технического комплекса, **Габриэльяна Д.Д.**, - доктора технических наук, заместителя начальника НТК по науке, **Звездины М.Ю.**, - доктора физико-математических наук, ведущего научного сотрудника отдела подготовки кадров высшей квалификации и **Хуторцева В.В.**, - доктора технических наук, начальника

управления подготовки кадров высшей квалификации ФГУП «РНИИРС» (г. Ростов-на-Дону), с замечаниями:

- из автореферата не ясно, откуда взяты требования к погрешности определения параметров гравитационного поля на поверхности Земли;
- в материалах автореферата не представлены существующие методы и средства калибровки космических градиентометров.

4. от **Кривцова Е.П.** - к.т.н., заместителя генерального директора ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» (г. Санкт-Петербург), с замечанием:

- недостаточно полно обоснована необходимость калибровки гравитационных градиентометров непосредственно в орбитальных условиях, а также не представлены данные о ее необходимой периодичности.

5. от **Сугаиповой Л.С.**, - доктора технических наук, ведущего научного сотрудника отдела геодезии Управления геодезии и метрологии ППК «Роскадастр» (г. Москва), с замечаниями:

- не приведена оценка погрешности коэффициентов модели гравитационного поля, которую можно сформировать с использованием предложенных космических градиентометров;

- из автореферата не ясно, откуда взяты данные о детальности измерений реализованных космических градиентометров.

6. от **Гаязова И.С.**, - доктора физико-математических наук, заведующего лабораторией космической геодезии и вращения Земли ИПА РАН (г. Санкт-Петербург), с замечанием:

- не выполнена сравнительная оценка предложенных автором методов с возможностями космических радиовысотометров для формирования навигационных гравиметрических карт.

7. от **Крылова В.И.** - к.т.н., заведующего кафедрой астрономии и космической геодезии ФГБОУ ВО «МИИГАиК» (г. Москва), с замечаниями:

- не приведены результаты анализа существующих методов и средств калибровки космических градиентометров;

- не рассмотрены возможности космического радиовысотомера для подготовки навигационных гравиметрических карт.

8. от **Клюйкова А.А.** - к.т.н., старшего научного сотрудника ИНАСАН (г. Москва), с замечаниями:

- 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;

- 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);

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

9. от **Канушина В.Ф.** – к.т.н., доцента кафедры космической и физической геодезии ФГБОУ ВО «СГУГиТ» (г. Новосибирск), с замечанием:

- не раскрыт принцип коррекции бесплатформенных инерциальных навигационных систем на основе измерения параметров гравитационного поля Земли.

10. от **Плешакова Д.И.**, - д.т.н., главного научного сотрудника 3 управления и **Зуевой А.Н.**, - к.т.н., ведущего научного сотрудника 3 управления НИЦ ТГНО «27 ЦНИИ» МО РФ (г. Москва), с замечаниями:

- при оценке картографических возможностей многоспутникового кластера космических аппаратов определена детальность в 54 км (таблица 4) при расстояниях между соседних КА 100 км. Значение 54 км, по нашему мнению, характеризует осреднение измерений «по пространству» и вычисление «нормальных точек» (на интервале полета КА в 7 с, таблица 3). На самом деле детальность измерений будет определяться расстоянием между

КА 100 км и многократные пролеты могут повысить точность, но не повысят детальность;

- высокоточный учет негравитационных ускорений на КА возможен при измерении тензора градиентов от суммарных ускорений на одном КА. Точный учет негравитационных ускорений на одном КА и их разделение с гравитационными ускорениями проблематичны;

- вывод требований к погрешности измерения градиентов в околоземном пространстве сделан на основе пересчета первого и второго градиентов с поверхности Земли на высоту по модели EGM2008 («прямая задача»). Такой подход дает очень оптимистические оценки. Правильнее такие оценки получать из решения «обратной задачи», являющейся некорректной.

11. от **Никифорова Н.И.**, - к.т.н., подполковника, начальника 2 управления, и **Черных В.С.**, - к.т.н., майора, заместителя начальника 25 отдела ФГУ «4 ЦНИИ МО РФ» (г. Королев), с замечаниями:

– в автореферате не полностью раскрыта теоретическая значимость полученных автором научных результатов;

– принятый уровень точности навигации по гравиметрическому полю Земли в материалах автореферата недостаточно обоснован;

– в описании постановки задачи, представленной в автореферате, отсутствуют исходные аналитические зависимости, что снижает понимание сути задачи исследования.

В полученных отзывах имеются также замечания редакционного характера и рекомендации по дальнейшим направлениям развития исследований, однако приведённые в отзывах замечания и отмеченные недостатки не снижают научной ценности и практической значимости работы.

В целом авторы отзывов заключают, что автореферат достаточно хорошо и полно освещает поставленные перед диссертантом задачи, методы их решения и достигнутые им результаты, представленная диссертационная работа является законченной научно-квалификационной работой и

соответствует всем требованиям ВАК, автор работы – Давлатов Р.А. заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован их известностью, компетентностью, авторитетом и наличием публикаций в научно-техническом направлении, к которому относится диссертация Давлатова Р.А., а также способностью однозначно определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1. Разработан метод измерения составляющих градиентов гравитационного потенциала на основе многоспутникового кластера космических аппаратов для измерения 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. Разработан метод измерения 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. Разработан метод бортовой калибровки космического градиентометра с использованием бортовой калибровочной массы обеспечивает в полете неопределенность калибровки не более 10^{-5} Этвеш.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– впервые предложены методы определения первого, второго и третьего градиентов на основе бортовой навигационной аппаратуры и кластера малоразмерных космических аппаратов;

– предложена структура и оценены параметры лазерного бортового градиентометра на основе свободных масс;

– предложен новый метод бортовой калибровки космического градиентометра.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что результаты работы использованы при выполнении пяти НИР и ОКР (ОКР «ГГСК-точность», СЧ НИР «Вызов-Перспектива-7», НИР «Гравиградиентометр», СЧ НИР «Геовысота», СЧ НИР «Развитие-ГЛОНАСС-ВНИИФТРИ») и гранта РФФИ, о чем имеется акт о внедрении результатов диссертации.

Научная новизна полученных в работе результатов заключается в следующем:

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.

Цель диссертации достигнута.

Достоверность результатов исследования подтверждается корректностью поставленных задач исследований, согласованностью результатов имитационного моделирования с выполненными наземными

экспериментами. Кроме того, достоверность подтверждается результатами выполненных научно-исследовательских работ и гранта РФФИ, публикациями в рецензируемых изданиях, патентами на изобретение, докладами на международных и всероссийских научных конференциях.

Личный вклад автора состоит в получении новых результатов теоретических исследований, в выполнении математического моделирования, а также в разработке имитационных моделей перспективных гравитационных градиентометров. Кроме того, лично автором разработана структура и создан наземный макет лазерного одноосного градиентометра, разработан и испытан новый метод калибровки бортовых градиентометров на специальном изготовленном стенде.

В ходе защиты диссертации соискатель Давлатов Р.А. согласился с большинством замечаний и рекомендациями, изложенными ведущей организацией, оппонентами и в отзывах специалистов, ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы, привел собственную аргументацию по ряду замечаний.

На заседании 20 декабря 2023 г. диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертационная работа Давлатова Р.А. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, посвящённую решению актуальной научной задачи разработки и исследовании характеристик новых методов космической гравиметрии, основанных на использовании свободных масс в космосе, и соответствующую критериям, которые установлены Положением о порядке присуждения учёных степеней, утверждённым постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842.

За решение актуальной научной задачи разработки и исследовании характеристик новых методов космической гравиметрии, имеющей существенное значение для развития страны в области навигации и измерительной техники, а именно в области формирования гравиметрических карт удаленных территорий и акваторий для обеспечения помехозащищенной

системы навигации, Диссертационный совет 32.1.004.01 принял решение присудить Давлатову Руслану Аскарджоновичу учёную степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 3 докторов наук по специальности диссертации, участвовавших в заседании, из 15 человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» - 12, «против» - нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета



А.Н. Щипунов

Учёный секретарь диссертационного совета

М.В. Балаханов

«20» декабря 2023 г.