

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ГОСУДАРСТВЕННОЙ РЕГИСТРАЦИИ,
КАДАСТРА И КАРТОГРАФИИ
(РОСРЕЕСТР)

Федеральное государственное бюджетное
учреждение

**«Федеральный научно-технический центр
геодезии, картографии и инфраструктуры
пространственных данных»
(ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД»)**

Юридический адрес: Волгоградский проспект, д. 45,
стр. 1, Москва, Россия, 109316

Почтовый адрес: Онежская ул., д. 26,
Москва, Россия, 125413

Тел. (495) 456-91-71 факс (495) 456-91-42

e-mail: info@nsdi.rosreestr.ru

ОГРН 1137746612068; ИНН 7722814241

ФГУП «ВНИИФТРИ»

Председателю
диссертационного совета Д
308.005.01

Некрасову В.Н.

г.п. Менделеево,
Солнечногорский район,
Московская область, 141570

12.11.2020 № 151/16324
На № 847-15/7999 от 06.10.2020
О направлении отзыва

Уважаемый Виталий Николаевич!

В соответствии с обращением ФГУП «ВНИИФТРИ» от 06.10.2020 № 847-15/7999 (н/в. № П-103/8372 от 13.10.2020) ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД» рассмотрело диссертационную работу Боброва Дмитрия Сергеевича на тему «Разработка методов и средств создания навигационных гравитационных карт», принятой Диссертационным советом по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 308.005.01 при ФГУП «ВНИИФТРИ» к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 «Приборы и методы природной среды, веществ, материалов и изделий» и направляет в Ваш адрес оригинал отзыва.

Приложение: оригинал отзыва на 4 л. в 2 экз.

Заместитель директора



Е.М. Мазурова

Попадьев Виктор Валерьевич
(495)456-93-00

ФГУП «ВНИИФТРИ»		
Вх. №	12 831	
«13»	11	20 20г.
на	1	листах
приложение на	8	листах

ОТЗЫВ

**официального оппонента на диссертацию Боброва Дмитрия Сергеевича
«Разработка методов и средств создания навигационных
гравитационных карт», представленной на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности 05.11.13 «Приборы и
методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий»**

Так получается, что для коррекции и навигации движущихся объектов удобны диаметрально противоположные характеристики природных процессов, служащие ориентирами: для навигации поле или процесс должны быть максимально изрезанными, обеспечивая максимум опознавательных признаков. Для коррекции бортовых инерциальных систем, наоборот, поле должно быть максимально спокойным, оказывая по возможности минимальное воздействие на БИНС. Согласен с автором диссертации, что гравитационное поле является одним из наиболее стационарных и предсказуемых во времени природных процессов, и при достаточной изученности его удобно использовать как для навигации, так и для коррекции. Поскольку гравитационное поле является безвихревым, все его производные связаны с потенциалом притяжения, при этом точность восстановления каждой из функций по её производной выше, чем вычисления производной по функции. Обновлению государственной гравиметрической съёмки в нашей стране сейчас уделяется мало внимания, поскольку геологоразведочные задачи по ним практически решены, а геодезические выводы на основе гравиметрических карт были скорее побочным продуктом.

Вычисление притяжения топографических масс важно для геофизики, и как теперь выяснилось, для навигации, но не является проблемой геодезии. Общая теория определения внешнего аномального потенциала не требует поправок за рельеф местности, например, только перепады высот и наклоны поверхности, присутствующие в простейших решениях М.С. Молоденского и В.В. Бровара. Использование топографических поправок обеспечивает лучшую интерполяцию¹, поскольку исключается влияние окрестного рельефа, представленного на детальной топографической карте. Расчет притяжения топографических масс может выполняться множеством численным методов. Однако даже самый подробный и точный расчет может содержать ошибки из-за неизвестного реального распределения плотности внутри земной коры и внутри соответствующего элемента интегрирования. В

¹ например, *Пеллинен Л.П., Остап О.М.* Об учете влияния топографических масс при вычислении уклонения отвеса и высот квазигеоида, *Studia geoph. et geod.*, 18, 1974, 319–328.

этом смысле все методы расчета топографических поправок эквивалентны.

Диссертационная работа Боброва Д. С. посвящена разработке методов и средств создания навигационных гравитационных карт, которые позволяют решать задачу гравиметрического обеспечения перспективных автономных систем навигации на основе измерения параметров ГПЗ. Диссертационная работа объемом 183 страницы состоит из следующих разделов:

Во **Введении** изложены актуальность, цель (повышение точности и детальности создания навигационных гравитационных карт) и задачи, защищаемые положения, научная новизна, практическая значимость и личный вклад автора.

В **главе 1** приводится обзор состояния методов и средств создания навигационных карт по гравитационному полю. Формулируются требования к погрешности и детальности навигационных карт аномалий силы тяжести и гравитационных градиентов на основе публикаций о возможностях гравиметрических КЭНС.

По измерениям составляющих аномального градиента установить координаты местоположения измерителя можно (с. 14) не всегда, в разных точках он может быть одинаков.

В табл. 1 точность определения координат указана в единицах метров, а на с. 28 говорится о первых десятках сантиметров.

На с. 54-55 небольшая путаница с обозначениями.

В первой половине диссертации (с. 16, 19, 57) часто упоминается, что при наличии цифровых карт аномалий силы тяжести с точностью 2 мГал с шагом 1 км можно с помощью КЭНС достичь точность позиционирования около 1—1,5 км (900 — 1800 км). Имеется в виду уход навигационной системы за час? Рядом на с. 17 упоминается малоинформативность использования градиента для определения высоты, но судя по тексту, для навигации важно плановое положение. График вертикального градиента на рис. 1 самый информативный из представленных.

В **главе 2** исследуется вопрос возможности создания навигационных карт аномалий силы тяжести и гравитационных градиентов по глобальным моделям ГПЗ, экспериментальной оценке стабильности силы тяжести во времени и разработке методов повышения точности и детальности создания этих карт. Автором разработан метод повышения точности и детальности навигационных карт аномалий силы тяжести за счет дополнительного учета рельефа местности (цифровая модель рельефа SRTM) и значений плотности пород рельефа (цифровая модель плотности пород TopoDensT).

Стоит отдельно отметить реальные измерения, выполненные автором в различных местах России с разными природными условиями. В разделе 2.2.2

описана оригинальная методика проверки влияния влагонасыщенности почвы на величину силы тяжести с помощью двух разнесённых по высоте гравиметров.

На с. 77 можно отметить правильность выводов П. Д. Двудита, оценившего в 1969 году влияние атмосферных масс на силу тяжести в районе 20 мкГал.

Либо в формуле (2.8), либо в формуле (2.10) перед вертикальным градиентом силы тяжести δg_h должен быть минус, хотя в формуле (2.18) знак верный.

В главе 3 на примере Московского гравиметрического полигона исследованы возможности разработанного в главе 2 метода создания навигационных гравитационных карт на труднодоступные территории. На основе характеристик цифровых моделей рельефа и плотности пород сформулированы требования к точности всех составляющих аномалий силы тяжести, учитывающих приведение на высоту. Установлено, что при создании карт гравитационных градиентов для высот полета 250 м и выше влиянием плотностных неоднородностей под поверхностью эллипсоида можно пренебречь. Изучен вопрос калибровки спутниковых градиентометров по наземным измерениям.

Здесь стоит отметить, что среди всех трансформант гравитационного поля лишь сам потенциал и сила притяжения весьма близки к своим нормальным значениям. Вторые и высшие производные потенциала могут отличаться от нормальных значений минимум в 2 раза, так что для целей навигации может быть удобно рассматривать полные гравитационные градиенты (то есть использовать не аномальные, а полные значения). Помимо этого, редуцирование космических измерений на земную поверхность — обратная некорректная задача.

В главе 4 рассмотрены два способа создания навигационных гравитационных карт внутри здания: на основе прямых измерений и математического моделирования. На примере реального распределения параметров гравитационного поля над гравиметрическим стендом выполнена оценка точности моделирования 1,5 мкГал для силы тяжести и 8 Этвеш для гравитационных градиентов.

В главе 5 приводятся результаты разработки облика комплекса создания навигационных гравитационных карт, методики его применения, специального программного обеспечения, а также результаты апробации комплекса на локальном гравиметрическом полигоне.

Главы 4 и 5 написаны на практическом материале, замечаний нет.

Заключение, где сформулированы основные научные результаты и

выводы диссертационной работы.

Список литературы достаточен, содержит 116 наименований. В источнике 52 пропущено название и авторы.

Диссертация Боброва Д.С. является научной квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научной задачи, заключающейся в переработке, усовершенствовании и всестороннем исследовании методов и средств создания навигационных гравитационных карт.

Полученные в работе результаты обоснованы теоретически, подтверждены экспериментальными исследованиями и внедрены на практике. Работа выполнена на высоком научно-техническом уровне.

Практическая значимость результатов состоит в том, что предложенные методы повышают точность и детальность карт для навигации по гравитационному полю Земли.

Основные результаты диссертации опубликованы в журналах из списка ВАК. Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы.

Диссертационная работа соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК Минобрнауки России, предъявляемым к кандидатским диссертациям, соответствует специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий, а её автор Бобров Дмитрий Сергеевич достоин присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент:

Кандидат технических наук, начальник отдела геодезии Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных» (ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД»)

Попадьев Виктор Валерьевич

11 ноября 2020 г.

«Подпись Попадьева В. В. заверяю»

Владимир Сергеевич Попадьев
М. П.

