



МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБОРОНЫ РОССИИ)
ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
КАЗЕННОГО ВОЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ВОЕННАЯ АКАДЕМИЯ
РАКЕТНЫХ ВОЙСК
СТРАТЕГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ
ИМЕНИ ПЕТРА ВЕЛИКОГО
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
В Г. СЕРПУХОВЕ

г. Серпухов, Московская обл. 142210
ул. Бригадная д. 17
varvsn-serp@mail.ru

«30» 10. 20 г. № 382/0042

На № 847-15/7999 от 06.10.2020г.

Председателю

диссертационного совета Д 308.005.01

при ФГУП «ВНИИФТРИ»

Некрасову Виталию Николаевичу

п/о Менделеево, Солнечногорский р-н,
Московская обл., ФГУП «ВНИИФТРИ»,
141570

Уважаемый Виталий Николаевич!

На Ваш исх № 847-15/7999 от 06.10.2020г. направляю отзыв
официального оппонента д.т.н. профессора Шолохова А.В. по диссертации
Боброва Дмитрия Сергеевича.

Приложение: отзыв на 6 листах в 3 экз.

С уважением,

Заместитель начальника филиала Военной академии
Ракетных войск стратегического назначения имени Петра Великого
по учебной и научной работе

полковник

Д. Ковальков

Исп. Шолохов А.В.
Т.47-22

Балаханов
10.11.20.

ФГУП «ВНИИФТРИ»	
Вх. №	12614
«10»	11 20 20 г.
на	1 листах
ПОДПИСАНИЕ НА 18 ЛИСТАХ	

ОТЗЫВ

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

В последние годы имеет место значительный прогресс в повышении точности и производительности средств измерения компонент гравитационного поля Земли. Достигнутые и ожидаемые уровни точности измерителей, размещаемых на подвижных объектах, позволяют решать задачи уточнения местоположения на основе сопоставления измерений с соответствующей картой поля. Известно, что в этом случае качество решения задачи навигации зависит, главным образом, от пространственной изменчивости поля (используемой компоненты гравитационного поля), а также точности измерителя и самой карты.

Создание карты – задача не новая в научном плане. Однако и сегодня не найдено её «общее решение», а методы обработки результатов гравиметрических определений активно развиваются и совершенствуются. Подтверждением этому может служить число и тематика работ, представленных сегодня на профильных научно-технических конференциях и в научных изданиях. Оригинальность таких работ определяется, в основном, целевым назначением создаваемых карт, используемыми доступными измерительными данными (получаемыми, как правило, от новых средств измерений) и привлекаемой априорной информацией.

Последующее использование гравиметрических карт для целей навигации может рассматриваться, как существенная особенность решения задачи создания таких карт, поскольку погрешности определения местоположения в большей степени зависят от высоких гармоник, нежели низких. Соискателем для создания карт предлагается использование конкретных современных цифровых моделей рельефа и плотности пород со своими характеристиками точности. Но, несмотря на очевидную возможность повышения точности параметров гравитационного

поля с этими данными, вопрос о результирующей точности карт и точности определения местоположения с их помощью оставался открытым для научных исследований. Это и определяет актуальность темы разработки методов и средств создания навигационных гравитационных карт.

Степень обоснованности сформулированных в диссертации и выносимых на защиту научных положений, выводов и рекомендаций, достоверность и научную новизну рассмотрим в порядке изложения их в работе. Такой же порядок сохраним и для критических замечаний.

Научная новизна метода повышения точности и детальности создания навигационно-гравитационных карт ускорения свободного падения (УСП) на основе дополнительного учета влияния рельефа и плотности пород литосферы может быть определена на основе сравнения с широко известной и используемой на практике классической формулой поправки за притяжение промежуточного слоя (редукция Буге, формула (2.17) диссертации). В отличие от классического, в авторском методе аномальная поправка за промежуточный слой определяется с учётом неодинаковой плотности элементов промежуточного слоя. Вывод расчётных формул здесь проведён корректно на основе апробированного математического аппарата предметной области. Использование дополнительной информации (о рельефе местности и плотности), потенциально обеспечивает повышение точности результирующих оценок УСП. Соискателем найдены современные источники информации для реализации метода (цифровая модель рельефа и модель плотностного строения пород) и доказана возможность их использования путём оценки точности создаваемых карт.

Вторым определяющим новизну существенным отличием авторского метода является учёт аномальной составляющей УСП, вызванной влиянием неоднородности плотности пород под поверхностью эллипсоида. По мнению рецензента, данная составляющая является парафразой аномалии Буге (не путать с поправкой Буге). Считается, что в аномалию Буге через измеренное значение УСП входит и влияние притягивающих масс глубинных элементов, вплоть до внешней границы ядра Земли. Это же непосредственно следует из классического определения аномалии Буге, как разности наблюдаемого и теоретического значений силы тяжести. Одинаков также принцип нахождения данной

составляющей и аномалии Буге (см. формулы: общеизвестную (2.17) и авторскую (2.8)). Однако есть и очевидное отличие, обусловленное новым учётом неодинаковой плотности элементов промежуточного слоя. Для нахождения данной поправки в произвольно заданной точке соискателем используется линейное интерполирование между узлами, в которых предполагаются заблаговременно выполненными гравиметрические определения УСП.

Изложенная выше оценка научной новизны (за исключением последней составляющей) в полной мере относится и ко второму авторскому методу создания глобальных навигационных гравитационных карт УСП и гравитационных градиентов на труднодоступные территории. В этом можно убедиться, сравнив формулы диссертации, соответственно: (2.8) и (3.3), (2.9) и (3.4), (2.11) и (3.5) и т.д. Особенностью является доказательство отсутствия необходимости аномальной составляющей гравитационных градиентов, но о ней подробнее будет сказано ниже.

Таким образом, научная новизна первого и второго методов определяется учётом неодинаковой плотности элементов промежуточного слоя и новой аномальной составляющей УСП, вызванной влиянием неоднородности плотности пород под поверхностью эллипсоида.

Научная новизна метода создания навигационных гравитационных карт для закрытых помещений и зданий... определяется новой задачей определения используемых для целей навигации параметров гравитационного поля и их точности с учётом сложного пространственного распределения элементарных объёмом и вариаций плотности в них.

Отнесение четвёртого выносимого на защиту научного положения (Состав, структура, методика применения и специальное программное обеспечение наземного комплекса создания навигационных гравитационных карт...) к разряду научных результатов является спорным, по мнению оппонента. Это прямо подтверждается и формулировкой самим соискателем научной новизны и практической значимости результатов диссертации во введении и автореферате. Данный результат служит хорошим примером реализации разработанных методов и подтверждением их практической значимости и достоверности. Ярко выраженная практическая направленность исследования, обширная

экспериментальная часть и согласованность результатов измерений параметров гравитационного поля вычисленным оценкам, несомненно, относятся к числу основных достоинств диссертации и повышают её ценность.

Завершая характеристику научных результатов, выносимых на защиту соискателем, оппонент отмечает, что оценка возможности калибровки спутниковых градиентометров по наземным измерениям (п. 3.3.4 диссертации) и метод калибровки гравитационных градиентометров (п. 4.5) могли быть развиты в соответствующую защищаемую методику, учитывая профиль учреждения, в котором работает соискатель и где выполнена диссертация. Остаётся сожалеть, что это перспективное и важное для практики направление исследований не получило должного развития в диссертации.

Замечания.

1. В качестве основного критического замечания оппонент отмечает отсутствие математических постановок задач, которые позволяют решать первый, второй и третий авторские методы. Это существенно затрудняет оценку новизны результатов и является источником многих огрехов.

2. Погрешность интерполяции (речь об аномальной составляющей УСП, вызванной влиянием неоднородности плотности пород под поверхностью эллипсоида) всегда зависит от расстояния между узлами, названного соискателем «длина профиля интерполяции». Это расстояние является одним из основных ограничений применимости известных способов интерполяции аномалии Буге. Соискатель ограничился лишь случаем длины профиля интерполяции $L \approx 5$ км (рис 2.19) при оценке погрешности созданных карт на примере трех экспериментальных профилей Московского гравиметрического полигона. Этого явно недостаточно для результата, который заявлен как метод, а значит, предполагает строгое и аргументированное обоснование.

3. Привлекаемые источники информации (цифровая модель рельефа и модель плотностного строения пород) не свободны от погрешностей, как пишет сам соискатель. В диссертации есть всё, что необходимо для оценки их вклада в итоговую погрешность навигационных гравиметрических карт и финальную точность определения местоположения. Но этот вопрос не исследован.

4. Обоснованию первого метода предшествует анализ стабильности УСП во времени за счёт изменений атмосферного давления, влагонасыщенности пород и прочих факторов. По мнению оппонента, такой анализ является лишним, принимая во внимание последующее использование гравитационных карт для целей навигации. Это же подтверждается рисунками диссертации 2.12-2.14, 2.16, 2.17, где аргументами абсцисс являются дни и даже годы, которые далее фигурируют и в единицах измерения скорости изменения анализируемых параметров.

5. В диссертации погрешности карт УСП и градиентов рассматриваются как взаимно независимые и как вероятностные математические объекты. Одновременно с этим они должны удовлетворять положениям теории потенциала (гравитационного поля Земли). Как следствие, УСП и гравитационные градиенты зависимы по физическому смыслу, а их навигационные карты должны удовлетворять условиям самосогласованности (сравним, например, формулы (2.11) и (3.5)). Это позволило бы, в частности, просто вычислять аномальную составляющую гравитационных градиентов, а не исследовать ограничения на движение объекта навигации - условия, при которых она может не учитываться. Таким образом, обусловленная физикой связь между погрешностями карт УСП и гравитационных градиентов не рассмотрена в диссертации.

Сказанное здесь позволяет вновь обратиться к первому замечанию и дополнить его тем, что постановка задачи по первому и второму методам должна быть единая.

6. Оценка навигационной информативности карт не учитывает погрешность карты (формула (3.11)). Дальнейшие комментарии излишни.

7. В качестве общего замечания официальный оппонент отмечает, что название диссертации сформулировано неудачно, поскольку не отражает научную задачу (или метод исследования).

Основные научные результаты диссертации опубликованы в 21 научном издании, в том числе требуемого уровня, и апробированы на профильных научно-технических конференциях, в том числе международных. Публикации соискателя достаточно полно отражают полученные научные результаты. Содержание автореферата соответствует основным положениям и выводам диссертации.

Качество оформления материала диссертации и автореферата высокое. Также заслуживают высокой оценки стиль изложения и использованные библиографические источники. Неоднократное личное общение с соискателем по теме диссертации не вызывает у оппонента ни малейших сомнений в высокой научной квалификации соискателя.

Отмеченные выше замечания, конечно, снижают качество диссертации, но не сказываются на её итоговой положительной оценке.

Вывод. Диссертационная работа Боброва Дмитрия Сергеевича является законченной научной квалификационной работой, в которой содержатся научно обоснованные технические решения и разработки, обеспечивающие создание высокоточных детальных навигационных гравитационных карт параметров ГПЗ на заданный район или маршрут применения и повышение точности автономного определения координат подвижных объектов и имеющие существенное значение для развития страны. Диссертация выполнена по специальности 05.11.13 «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий», соответствует требованиям п.9 "Положения о присуждении учёных степеней", а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук.

«30» октября 2020г.

Официальный оппонент –
профессор кафедры астрономо-геодезического обеспечения,
навигации и прицеливания ракетных комплексов
доктор технических наук, профессор



А.В. Шолохов

Подпись Шолохова А.В. заверяю.

Учёный секретарь

Учёного совета филиала ВА РВСН имени Петра Великого
доктор военных наук, профессор



С.П. Столяревский

