

## ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук,  
старшего научного сотрудника Непоклонова Виктора Борисовича  
на диссертацию Чистяковой Екатерины Александровны на тему  
«Разработка комплексной методики учета неприливных эффектов на пунктах  
Государственной фундаментальной гравиметрической сети»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 1.6.22. Геодезия.

### *Актуальность темы*

Растущие требования фундаментального координатно-временного обеспечения страны обуславливают необходимость дальнейшего повышения точности исходных гравиметрических данных, базирующихся на высокоточных измерениях ускорений силы тяжести (УСТ) в пунктах государственной фундаментальной гравиметрической сети (ГФГС). Одним из факторов, влияющих на точность определения УСТ в пунктах ГФГС, являются неприливные изменения силы тяжести. Учет данного фактора требует, как минимум, проведения долговременных гравиметрических наблюдений, позволяющих с высокой точностью и разрешающей способностью регистрировать изменения силы тяжести. До сравнительно недавнего времени необходимую точность могли обеспечить только абсолютные баллистические гравиметры (АБГ). Однако использование АБГ в режиме мониторинга лимитируется ограниченным ресурсом приборов данного типа. В настоящее время альтернативой АБГ могут служить современные относительные гравиметры, точностные характеристики которых в последние годы существенно улучшились, стали сопоставимыми с точностными характеристиками АБГ, при этом они более надежны с точки зрения проведения долговременных наблюдений. В этом плане особый интерес вызывает применение относительных гравиметров, специально предназначенных для регистрации изменений УСТ в пункте наблюдения – так называемых приливных гравиметров. В связи с отмеченными обстоятельствами тема диссертации Чистяковой Е.А., посвященной разработке нового научно-практического подхода к определению неприливных гравитационных эффектов в пунктах ГФГС, повышающего эффективность системы мониторинга неприливных изменений силы тяжести за счет использования высокоточных относительных измерений УСТ приливным гравиметром и усовершенствованных методических приемов обработки результатов измерений, позволяющих оптимизировать объем

ВХ № 01.05/01/30  
ДАТА 13.11.2023

измерительной информации, представляется достаточно актуальной и перспективной как в научном, так и в техническом отношении.

#### *Содержание работы.*

Общий объем диссертации - 120 страниц. Диссертация состоит из введения, основной части, заключения, списка литературы из 96 наименований, содержит 6 таблиц, 25 рисунков, 7 приложений.

Во введении обоснована актуальность, определена цель и обозначены основные задачи исследования, раскрыты научная новизна и практическая значимость полученных результатов, сформулированы научные положения, выносимые на защиту. Анализ показал, что задачи согласуются с целью исследования, а защищаемые положения увязаны с решаемыми задачами.

Основное содержание диссертации изложено в четырех разделах.

В первом разделе выполнен анализ современного состояния и существующих методик учета временных вариаций УСТ на фундаментальных пунктах, подтверждающий целесообразность введения поправок в результаты высокоточных гравиметрических наблюдений за влияние неприливных изменений силы тяжести с учетом локальных особенностей гидрологической и метеорологической обстановки.

Во втором разделе определены требования к средствам и методике измерений УСТ на пункте наблюдений, оборудованию и программному обеспечению обработки измерительной информации. Обоснована целесообразность совершенствования методики предварительной обработки результатов мониторинговых наблюдений приливным гравиметром.

Третий раздел посвящен разработке комплексной методики учета неприливных эффектов в пунктах ГФГС и ее программного обеспечения. Показано, что предлагаемая методика обеспечивает создание локальной модели временных вариаций УСТ для пункта ГФГС с погрешностью не более 8 мкГал и может использоваться для краткосрочного прогнозирования соответствующих поправок в результаты измерений. Разработанное программное обеспечение позволяет практически полностью автоматизировать процесс обработки измерительной информации гравиметров приливного типа.

В четвертом разделе представлены результаты апробации разработанной комплексной методики с использованием экспериментальных данных.

В заключении подведены итоги работы, изложены основные результаты выполненного исследования, сформулированы рекомендации по их использованию, определены перспективы дальнейших исследований.

Диссертация производит впечатление целостного, законченного научного исследования на заданную тему, выполненного лично соискателем. Выводы по разделам аргументированы. Список литературы достаточно полно отражает современное состояние исследований и разработок по теме диссертации. К несомненным достоинствам работы можно отнести то, что теоретические положения методики доведены до практической реализации в виде вычислительной программы, представленной в приложении. Оформление диссертации и автореферата соответствует ГОСТ Р 7.0.11-2011.

*Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций*

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций диссертации подтверждается результатами проведенных теоретических и экспериментальных исследований, базирующихся на проведенном анализе современного состояния исследований и разработок в области определения и учета временных вариаций ускорения силы тяжести, в том числе неприливных эффектов, при высокоточных гравиметрических наблюдениях, а также апробацией методики с использованием современных высокоточных средств измерения УСТ (FG-5, gPhone) и достаточного объема реальной измерительной информации.

*Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций*

Достоверность результатов диссертации обусловлена корректностью постановки задач, обработкой и интерпретацией результатов измерений с использованием строгих математических методов, статистической надежностью полученных оценок влияния изменений атмосферных и гидрологических параметров на УСТ, согласованностью теоретических и экспериментальных данных.

*Научная новизна*

Новыми научными результатами, полученными в рамках диссертации, являются:

- предложения по использованию приливных гравиметров в целях мониторинга неприливных изменений УСТ в пунктах ГФГС;
- комплексная методика учета неприливных гравитационных эффектов;
- результаты структурной и параметрической идентификации локальной модели изменений УСТ для конкретного пункта наблюдений.

*Теоретическая и практическая значимость исследований*

Теоретическая значимость исследования заключается в разработке критериев и математических моделей, обеспечивающих получение статистически значимых оценок локальных неприливных вариаций УСТ, обусловленных атмосферными и гидрологическими факторами.

Практическая значимость результатов диссертационного исследования состоит в следующем. Предлагаемое использование относительных гравиметров приливного типа повышает технико-экономическую эффективность системы локального мониторинга неприливых вариаций силы тяжести в пунктах ГФГС. Разработанная комплексная методика и реализующее ее программное обеспечение позволяют практически полностью автоматизировать процесс учета временных изменений силы тяжести, от сбора и предварительной обработки измерительной информации до вычисления поправок в значения УСТ.

Полученные автором результаты имеют существенное значение для развития ГФГС и повышения точности гравиметрических определений в рамках государственной программы «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС».

Автореферат диссертационной работы полностью соответствует основным положениям диссертации.

Положения диссертации опубликованы автором в пяти научных работах, в том числе три – в профильных изданиях, входящих в перечень российских рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, одна – в издании, включенном в международную реферативную базу данных Scopus. Результаты диссертационного исследования докладывались соискателем на научных конференциях, в том числе международного уровня.

По содержанию диссертации имеются следующие замечания:

1) в качестве одного из разработанных в диссертации разделов комплексной методики указано создание локальной модели временных вариаций силы тяжести (рисунок 3.1), но в положениях, выносимых на защиту, в явном виде его нет, что несколько затрудняет понимание точки зрения автора на роль и место этого результата;

2) выбор состава исследуемых неприливых факторов в теоретическом плане обоснован недостаточно убедительно. Неясно, на каком основании за рамки исследования выведены неприливые воздействия на силу тяжести, обусловленные, в частности, влиянием масс снежного покрова, атмосферного аэрозоля, вырубкой лесов, строительством массивных объектов, прокладкой тоннелей, изменением уровня водоемов, разработкой крупных месторождений;

3) недостаточно четко указаны границы области действия создаваемых моделей в пространстве и времени, отсутствует внятный механизм и регламент актуализации этих моделей;

4) содержание работы, экспериментальная часть которой выполнена с использованием зарубежных образцов гравиметрической аппаратуры, не дает ответа на обострившийся вопрос о перспективах импортозамещения в совершенствуемых технологиях поддержания и развития фундаментальной гравиметрической сети;

5) формула (3.17) для среднего абсолютного отклонения приведена с ошибкой – под знак суммы вместо истинных разностей должны входить модули (абсолютные значения) этих разностей.

Перечисленные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертации официальным оппонентом.

#### *Заключение*

Диссертационная работа «Разработка комплексной методики учета неприливных эффектов на пунктах Государственной фундаментальной гравиметрической сети» отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатской диссертации согласно п. 9 «Положение о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., и является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые обоснованные научно-технические решения в области геодезической гравиметрии, имеющие существенное значение для совершенствования и развития Государственной фундаментальной гравиметрической сети Российской Федерации, а ее автор Чистякова Екатерина Александровна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.22. Геодезия.

Официальный оппонент,

д-р. техн. наук,

старший научный сотрудник  Непоклонов Виктор Борисович

Информация об оппоненте:

09.11.2023

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии» (МИИГАиК), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, кафедра высшей геодезии, профессор

Почтовый адрес 105064, Москва, Гороховский пер, 4

Телефон +7 (499) 404-12-20 доб. 4401

Электронный адрес vbner@miigaik.ru

Шифр и наименование специальности, по которой защищена диссертация оппонента

6.2.3 – Гидрометеорологическое и геодезическое обеспечение боевых действий войск

Подпись Непоклонова В.Б. заверяю

Ученый секретарь МИИГАиК





Н.И. Константинова

09.11.2023.