

О Т З Ы В

официального оппонента, доктора технических наук, доцента Вшивковой Ольги Владимировны на диссертацию Васильева Глеба Евгеньевича на тему: «Метод обработки результатов линейно-угловых пространственных измерений в незакрепленной геодезической сети при деформационном мониторинге», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.22. Геодезия

1. Актуальность темы диссертации

Деформационный мониторинг – одно из обязательных условий обеспечения безопасного строительства и эксплуатации объектов разного назначения. Геодезические измерения были и остаются одним из самых эффективных методов реализации деформационного мониторинга. Современный период в развитии геодезических методов контроля деформаций характеризуется расширением области их применения, повышением требований к точности, оперативности и степени автоматизации; наблюдается разрыв между нормативным обеспечением данного вида работ и современными методами и средствами измерений, пришедшими на смену традиционным методам геодезического деформационного мониторинга.

Согласно нормативным документам, основным методом работ по мониторингу, остается геометрическое нивелирование, в то время как на практике, благодаря бурному развитию электронных приборов, широко используют различные вариации линейно-угловых построений. В этой связи большое внимание уделяется совершенствованию методов построения геодезических сетей, в том числе деформационных. Классические принципы построения сетей, такие как триангуляция, трилатерация и полигонометрия, постепенно уступают место блочной тахеометрии и методу свободных станций, и многие работы производятся в свободных сетях. Данные тенденции в развитии геодезии требуют разработки, исследования и нормативного закрепления новых подходов к обработке информации, представлению результатов наблюдений, оценке точности. В частности, необходима разработка метода свободных станций для целей мониторинга с описанием проектирования сети, технологии измерений и обработки их результатов для достижения определенных классов точности.

Решению отмеченных актуальных вопросов и посвящена диссертация Васильева Г.Е.

2. Научная новизна диссертации

– Разработан метод производства деформационного мониторинга по результатам циклических наблюдений деформаций пунктов незакрепленных геодезических сетей специального назначения, выполненных со свободных станций.

По сути, речь идет об обосновании и реализации нового принципа построения геодезических сетей, который предполагает полную автономию (независимость) от исходных пунктов при создании сети и сравнении результатов измерений по циклам. Это стало

07.03.26

ВХ.№9 42 от 27.03.26

возможным лишь в последнее время в связи с бурным развитием компьютерных технологий и электронных приборов. Реализация метода измерений со свободных станций предполагает объединение наборов данных (координат точек), полученных со свободных станций в различных системах координат. Автором используется известный способ преобразования координат по параметрам Гельмерта. Показано, что для мониторинговых наблюдений, при которых измерения можно считать равномасштабными, масштабный коэффициент можно принять равным единице. Рассматриваются трехмерные системы координат, что позволяет осуществлять мониторинг пространственных деформаций. Особое внимание уделено случаю ориентирования оси z по отвесной линии, которому отдается предпочтение. Особое внимание автор уделяет выбору связующих пунктов из общего числа точек сети. Для выявления стабильных пунктов, используемых для определения параметров преобразования, использованы два подхода: итеративный перебор всех пунктов с определением их стабильности и перебор ограниченного числа пунктов, определенных, как наиболее стабильные. Предложенные решения прошли апробацию на практическом примере.

– Разработан алгоритм оценки деформаций пунктов геодезической сети специального назначения при повторных наблюдениях на основе перевычисления параметров Гельмерта в пространственной системе координат.

Сопоставление свободных сетей на разных циклах наблюдений также выполняется на основе вычисления параметров Гельмерта. При этом необходимо найти такие величины параметров, при которых вектора смещений всех связующих пунктов будут минимальны. Данная задача представляет собой классическую задачу многомерной оптимизации. Автором при ее решении применен метод прямого поиска с переменным шагом. Разработана программа для реализации вычислительного алгоритма. Выполнено сравнение результатов вычислений с известными программами SpatialAnalyzer и MathCad, согласно которому, все три подхода дают практически идентичные результаты, но разработанный автором алгоритм проще в реализации, чем параметрический способ, а увеличение объема вычислений с учетом быстродействия современной вычислительной техники не является критическим ограничением.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Выводы и рекомендации, сделанные автором в ходе работы, основываются на обширных теоретических и экспериментальных исследованиях. Результаты исследований согласуются с современными научными данными. В тексте диссертации в полной мере отражен процесс исследования и его результаты. Полученные автором свидетельства о регистрации программы для ЭВМ и акт внедрения от ООО «Промгеодезия» подтверждают достоверность и обоснованность полученных результатов. Полнота и достоверность результатов исследования

подтверждаются, в том числе, научными публикациями и апробацией в ходе выступлений с докладами на научных мероприятиях:

- IV Всероссийская научно-практическая конференция «Геодезия, Картография, Геоинформатика и Кадастры. Производство и образование»;
- Научная конференция студентов и молодых ученых «Полезные ископаемые России и их освоение»;
- V Всероссийская научно-практическая конференция «Геодезия, Картография, Геоинформатика и Кадастры. Инновации в науке, образовании и производстве»;
- LXXI Международная научно-практическая конференция «Advances in Science and Technology»;
- II Международная научно-практическая конференция «Территория науки: актуальные вопросы, достижения и инновации».

4. Научные результаты, их ценность

В работе получены важные научные результаты, основным из которых является разработка метода обработки результатов линейно-угловых пространственных измерений в незакрепленной геодезической сети при деформационном мониторинге, обеспечивающего контроль смещений пунктов деформационной сети в единой для нескольких циклов наблюдений системе координат. Разработанный метод позволяет в полной мере реализовать точностные и функциональные возможности современных высокоточных электронных средств геодезических измерений.

К важным научным результатам исследования следует также отнести следующие:

- Предложен метод построения деформационной картины на основе сравнения геометрии уравненных свободных сетей, показаны особенности и ограничения метода, связанные с влиянием окружающей среды, возможностями применяемого оборудования, необходимостью выбора стабильных пунктов для вычисления параметров преобразования.
- Проведен сравнительный анализ строгих и нестрогих методов вычислительной обработки на примере параметрического и простого поискового методов, доказана эффективность поисковой стратегии.

Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 4 печатных работах, в том числе в 2 статьях – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, в 2 статьях – в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus, получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Теоретическая значимость диссертации состоит в создании метода обработки результатов измерений в рамках циклических наблюдений за деформациями, позволяющего выявить смещения пунктов на основе прямого сопоставления геометрии свободных сетей в различных циклах наблюдений.

Практическая значимость состоит в детальной проработке предложенного метода на смоделированных и натуральных данных; алгоритмизации процесса обработки результатов периодических координатных измерений в деформационной сети и создании программного обеспечения, реализующего обработку измерений и анализ выявленных пространственных смещений пунктов деформационной сети. Практическая значимость подтверждается получением акта о внедрении результатов диссертационных исследований в ООО «Промышленная геодезия» от 13.12.2024.

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Полученные автором результаты теоретических и экспериментальных исследований рекомендуются к использованию при проведении деформационного мониторинга, в первую очередь, уникальных объектов сложной конфигурации и при повышенных требованиях к точности. Также полученные данные могут быть использованы исследователями и организациями при дальнейших изысканиях и разработках в данной области.

7. Замечания и вопросы по работе

Диссертационная работа и автореферат написаны грамотно, язык текста соответствует научному стилю. Автореферат отражает суть диссертации. Объем иллюстративного материала в достаточной степени обеспечивает наглядность представленных данных. Вместе с тем, в ходе ознакомления с текстом диссертации возник ряд предложений и замечаний:

1. Автор упоминает альтернативные подходы к поиску параметров связи между системами координат, например, использование элементов кватерниона вместо углов вращения, но не освещает подробно их недостатки по сравнению с выбранным им подходом. Хотелось бы видеть больше сравнительных данных, так как вариантов решения данной задачи существует множество.

2. Следовало обосновать выбор в качестве критерия фильтрации 0,10 мм и, возможно, предусмотреть изменение этого параметра в зависимости от приборной погрешности используемого средства измерений и требований к точности определения деформаций.

3. На рис. 2.3 смещенный пункт 5 практически во всех случаях расположен в центре сети, для которой определялись параметры преобразования. Было бы интересно исследовать влияние смещенного пункта при его расположении на периферии деформационной сети.

4. На рисунках 2.4, 2.6 и 2.7 значения окрашены в различные цвета, при этом принцип такой цветовой маркировки нигде не указывается.

5. Корреляция между данными, представленными на графиках на рисунке 4.22, и предшествующими картограммами отклонений не вполне очевидна и требует доказательства.

Отмеченные замечания и предложения не снижают общего положительного впечатления от работы и носят рекомендательный характер.

8. Заключение по диссертации

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу и соответствует пунктам 3, 10 и 12 паспорта научной специальности 1.6.22 - Геодезия. Тема исследования актуальна, поставленные задачи решены в ходе исследования.

Диссертация «Метод обработки результатов линейно-угловых пространственных измерений в незакрепленной геодезической сети при деформационном мониторинге», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.22. Геодезия полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм., а ее автор Васильев Глеб Евгеньевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.22. Геодезия.

Официальный оппонент

Заведующая кафедрой высшей геодезии

д.т.н., доцент

Вшивкова Ольга Владимировна

20.03.2026

Подпись Вшивковой Ольги Владимировны заверяю

М.П.

М.С. Вшивков
20.03.2026

Сведения об официальном оппоненте:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии»

Почтовый адрес: 105064, г. Москва, Гороховский переулок, д. 4

Официальный сайт в сети Интернет: <https://www.miiгаik.ru>

эл. почта: vg@miiгаik.ru; телефон: 8 (499) 404-12-20 доб. 3121