

## ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук, доцента Аврунева Евгения Ильича 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.

Диссертация состоит из оглавления, введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 129 наименований с 5-ю приложениями (всего 124 страницы). Диссертация хорошо иллюстрирована и содержит 76 рисунков и 6 таблиц.

### 1. Актуальность темы диссертации

Реализация мониторинга объектов капитального строительства (ОКС) является одной из важнейших задач в геодезии, обеспечивающего контроль за стабильностью в пространстве и времени и, соответственно, сохранения проектных параметров зданий и сооружений. При этом перечень задач по мониторингу деформаций связан также не только с определением соответствия проектного состояния промышленных объектов, зданий и сооружений, но и с предупреждением рисков, обусловленных опасными природными (сдвигание массива пород, атмосферные явления) и техногенными процессами (влияние соседнего строительства), а также и с обеспечением стабильности работы технологического оборудования в промышленных условиях. Поэтому своевременное предупреждение негативного развития деформационного процесса, которое в ряде случаев может привести к катастрофическим последствиям требует совершенствования геодезических методов при осуществлении мониторинга и математической обработки результатов геодезических измерений.

В настоящее время материально-техническая база геодезического производства предоставляет широкие возможности для проведения работ по мониторингу с высокой точностью и оперативностью. Нормативная литература, регламентирующая производство работ по наблюдениям за деформациями, в настоящий момент отражает не всю совокупность методов и технологий, которые могут быть применены для повышения точности и эффективности мониторинга. В том числе, в нормативной литературе недостаточное внимание уделено применению координатоопределяющих систем для высокоточного мониторинга ОКС, а также методам обработки измерительных данных, получаемых при использовании подобных систем.

Неклассические методы построения геодезических сетей, такие как метод свободных станций, также в настоящий момент не освещены в достаточной степени как в научных работах, так и в нормативных актах. В то же время, как сами подходы, так и измерительное оборудование активно применяется на практике, таким образом, задачи мониторинга зачастую решаются без необходимого теоретического обоснования.

Так, например, сегодня термин свободная станция вполне «прижился» на практике геодезических работ. Вместе с тем, каковы особенности применения метода свободной станции,

ОТЗЫВ  
ВХ. № 9-113 от 27.03.26  
АУ УС

сколько свободных станций требуется, как добиваться необходимой точности при решении конкретных задач, эти вопросы освещены недостаточно.

Таким образом, разработка методов обработки измерительных данных, полученных с применением современных высокоточных приборов, их формализация и подробное описание, является важной научной задачей, следовательно, тема данного диссертационного исследования является актуальной как с теоретической, так и с практической точки зрения.

## **2. Научная новизна диссертации**

Автором диссертации предложен новый подход к анализу и математической обработке результатов измерений при деформационном мониторинге, создан метод обработки результатов линейно-угловых наблюдений, обладающий следующей научной новизной.

Разработан алгоритм сравнения результатов циклических наблюдений за деформациями пунктов незакрепленных геодезических сетей специального назначения, выполненных со свободных станций. Для приведения в единую систему координат пунктов деформационной сети, определяемых со свободных станций, использовалось преобразование Гельмерта. При этом выбор связующих пунктов из общего числа выбирается итеративным порядком с анализом всех пунктов и определением их стабильности или перебором ограниченного числа пунктов, определенных как наиболее стабильные. Выбор способа зависит от характера наблюдаемого объекта. Так, если наблюдаемым объектом является здание или сооружение, то в качестве связующих точек предлагается использовать пункты, ближайшие к основанию или фундаменту. Если наблюдаемый объект является инженерной конструкцией сложной формы, для которой заведомо невозможно определить перечень теоретически наиболее стабильных пунктов, то для сравнения необходимо определить пункты, сохранившие свое положение в рамках итеративного перевычисления параметров по всем пунктам сети. Суть итеративного перевычисления параметров заключается в многократном вычислении параметров Гельмерта на каждой итерации с исключением пункта, имеющего превышение заданной точности. Данный подход следует признать эффективным и новым. Автором показана его эффективность в рамках проведенных исследований на производственном объекте.

Вторым решением, обладающей научной новизной следует признать разработанный алгоритм оценки деформаций пунктов геодезической сети специального назначения при повторных наблюдениях на основе перевычисления параметров Гельмерта в пространственной системе координат. Сопоставление деформационных сетей выполнялось по параметрам Гельмерта, при которых вектора смещений всех связующих пунктов были минимальны. Для решения этой задачи автор применил метод прямого поиска с переменным шагом. Разработана программа для автоматического вычисления смещения пунктов при повторных наблюдениях.

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

Достоверность выводов и рекомендаций, сделанных автором, доказывается результатами математического моделирования и натурных наблюдений. В тексте диссертации в полной мере

отражен процесс исследования и его результаты. Полнота и достоверность результатов исследования в том числе подтверждаются апробацией на научных мероприятиях с докладами, а также публикациями автора в рецензируемых научных изданиях. Автором получен акт внедрения и свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Результаты исследования, в том числе сформулированные автором научные положения, выводы и рекомендации логически связаны между собой и являются новым шагом в теории математической обработки результатов геодезических измерений.

#### **4. Научные результаты, их ценность**

Результаты диссертационного исследования Васильева Г.Е. обладают научной и практической значимостью. В рамках исследования автором разработано теоретическое обоснование предлагаемого метода, созданы практические инструменты на их основе. В качестве результатов следует отметить:

- Разработан математический алгоритм для определения смещений пунктов свободных пространственных сетей с учетом негативных факторов, влияющих на результаты геодезических измерений;

- Выполнено обоснование применения свободной сети специального назначения для решения задач мониторинга по определению параметров деформаций ОКС с повышенной точностью;

- Доказана эффективность применения алгоритма прямого поиска с переменным шагом для решения многомерной оптимизационной задачи по поиску наилучших параметров связи (параметров Гельмерта) при определении параметров деформаций в результате математической обработки результатов геодезических измерений между несколькими циклами наблюдений;

- Выполнена программная реализация разработанного метода обработки результатов линейно-угловых пространственных измерений при определении параметров деформаций ОКС.

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 (далее – Перечень ВАК), 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 диссертационных исследований Васильева Г.Е. заключается в разработке алгоритма обработки результатов мониторинговых наблюдений, основанного на многомерной оптимизации целевой функции, зависящей от параметров связи между независимыми наборами измерительных данных, принадлежащих различным циклам наблюдений в пространственной свободной деформационной сети.

Практическая значимость заключается в предложенной системе конкретных рекомендаций к использованию созданного метода обработки результатов линейно-угловых

пространственных измерений при выполнении мониторинга объектов капитального строительства на территории Российской Федерации. Автором получен акт о внедрении результатов диссертационных исследований в ООО «Промышленная геодезия» от 13.12.2024 г, что подтверждает практическую значимость полученных результатов.

#### **6. Рекомендации по использованию результатов работы**

Полученные автором результаты теоретических и экспериментальных исследований могут быть использованы специализированными геодезическими предприятиями и проектными организациями, занимающимися проведением работ при выполнении мониторинга за состоянием зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения, особенно в случае повышенных требований к точности производства работ. Результаты работы также могут являться основой для дальнейшего исследования методов обработки пространственных измерительных данных с использованием современной вычислительной техники, и для создания соответствующих программных комплексов.

Диссертационная работа и автореферат выполнены на высоком научном уровне. Работа содержит достаточное количество иллюстративного материала, формул и расчетов, пояснений к ним. Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертационной работы.

#### **Замечания и вопросы по работе**

В то же время при ознакомлении с текстом диссертации и автореферата возник ряд замечаний и предложение:

1) Замена термина «свободная сеть» на термин «незакрепленная сеть» кажется не вполне однозначной, так как используемый термин вызывает ассоциации скорее с особенностями конструкции пунктов сети, нежели с принципом её построения;

2) Мониторинг деформаций подразумевает не только анализ текущего состояния, но и прогнозирование дальнейшего развития процесса. В диссертации прогнозированию не уделяется должное внимание;

3) В четвертой главе приведено описание применения метода на одном объекте мониторинга. Хотелось бы увидеть результаты апробации на нескольких объектах для большей репрезентативности результатов.

4) Представленные автором графические схемы (картограммы) в главе 4 показывают плановые и высотные деформации. При таком формате представления итоговых данных не вполне очевидно, в чем заключается ценность обработки именно пространственных данных.

Вышеперечисленные замечания не снижают общего впечатления от работы и не умаляют качества диссертационного исследования, а предложения носят рекомендательный характер.

#### **7. Заключение по диссертации**

Диссертация Васильева Г.Е. выполнена на актуальную тему и представляет собой законченную научно-квалификационную работу. Диссертация соответствует пунктам 3, 10 и 12 паспорта научной специальности 1.6.22. Геодезия.

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

Советник при ректорате по научной деятельности

Кандидат технических наук, доцент



**Аврунов Евгений Ильич**

20.03.2026

Подпись Аврунова Е. И. заверяю  
Ученый секретарь Ученого совета  
М.П.



**Радченко Людмила Константиновна**

**Сведения об официальном оппоненте:**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет геосистем и технологий»

Почтовый адрес: 630108, г. Новосибирск, ул. Плахотного, д. 10, телефон: +7 (383) 343-39-37

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

эл. почта: avrunov-ei@yandex.ru; телефон: 89137103266.

Шифр специальности по которой защищена кандидатская диссертация: 1.6.22 Геодезия.