

## ОТЗЫВ

**официального оппонента, доктора технических наук, профессора Ямбаева Харьеса Каюмовича на диссертацию Царёвой Ольги Сергеевны на тему: «Метод оценки пространственных деформаций при геодезическом мониторинге памятников культурного наследия», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.32 – Геодезия**

### *Актуальность темы.*

В России и за рубежом сохранилось большое количество исторических и относительно современных памятников культуры с индивидуальными особенностями их сооружений, конструкций и мест расположения. Высокая ценность объектов этого культурного наследия предполагает индивидуальный подход к оценке их абсолютных и относительных деформаций, к их распределению и накоплению.

Эффективной технологией оценки устойчивости объектов культурного наследия являются периодические геодезические наблюдения с определением пространственных координат.

В последние десятилетия в производство широко внедряются такие точные и автоматизированные средства определения пространственных координат, как электронные тахеометры (ЭТ), в том числе и роботизированные, наземные лазерные сканеры (ЛНС), абсолютные лазерные трекеры (ЛТ), в принцип действия которых заложено координирование методом полярной засечки.

В диссертации рассмотрены технологии наблюдений с использованием (ЭТ) и (ЛНС) с закрепленных станций, а также, что особенно важно - со свободных станций. Автор не ограничился рассмотрением вопроса оценки результатов измерений в двумерном виде и предложил алгоритм пространственной оценки, которая позволяет выйти на установление общего вида деформации: растяжение, сжатие, кручение и т.д.

Работа, безусловно, актуальна для оценки состояния зданий и сооружений объектов культурного наследия.

**Идея работы** заключается в том, чтобы при наблюдениях со свободных станций (заранее не закреплённых) для оценки деформаций зданий и сооружений использовать инвариантные величины. Такими величинами, в частности, являются расстояния между деформационными марками и пространственные углы, которые определяются между каждой тройкой марок. Расстояния можно вычислить по координатам или непосредственно измерить. Углы можно только вычислить.

Далее во введении, четырех главах на 164 страницах машинописного текста, 79 рисунках и 66 таблицах последовательно излагается реализация принятой идеи.

**В первой главе** выполнен анализ методов наблюдений и обработки за деформациями зданий и сооружений, включая объекты культурного наследия. Предложено выполнять оценку деформаций с использованием инвариантных параметров.

**Во второй главе** приведена упрощенная методика выполнения полевых наблюдений при использовании от исходных данных, которые были предоставлены исполнителю геодезических работ. В частности, рассмотрены варианты реализации пространственной полярной засечки с помощью ЭТ при наблюдениях с закрепленных станций. Рассмотрены способы определения векторов смещений деформационных марок: непосредственно по результатам наблюдений, с использованием линейной пространственной засечки и метода наименьших квадратов. Разработан алгоритм определения смещенных и несмещенных (квазиопорных) марок, основанный на анализе изменений длин линий между ними

**В третьей главе** разработана методика определения абсолютных и относительных деформаций различных объектов, базирующаяся на трехмерном

анализе векторов смещений деформационных марок. Разработана методика выделения относительных деформаций из общего вектора смещений.

**В четвертой главе** выполнена апробация разработанной методики наблюдений и оценки деформаций на примере реальных объектов.

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

Заключается в разработке научно обоснованной методики геодезических наблюдений за деформациями и алгоритма выявления вида и величины деформаций.

Эта методика и алгоритм доведены до инженерных расчетов и могут быть использованы проектными и строительными организациями при наблюдениях и оценке деформаций различных зданий и сооружений.

*Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.*

Первое научное положение касается доказательства целесообразности использования инвариантных параметров (длин линий) для оценки деформаций сооружений, в том числе объектов культуры,. Положение обосновывается использованием формул для последовательного определения координат деформационных марок и длин линий. При этом построение сети выполняется в виде линейной пространственной засечки. Далее рассматриваются длины линий сети в начальном и текущем циклах наблюдений, вычисляют вектора смещений деформационных марок, которые и используют для оценки деформаций объектов культурного наследия. Научное положение доказано. Приведены математические выкладки, подтверждающие правомерность рассмотрения длин линий в качестве инвариантов, что позволяет проводить измерения со свободных станций и не приводить измерения к единой системе координат.

Второе научное положение состоит в том, что вектора смещений деформационных марок можно получить с использованием оригинальных технологий измерений, включающих схему наблюдений с закрепленных пунктов. Суть этой технологии состоит в проведении наблюдений с закрепленных съёмочных точек (двух), но в отличие от широко известного

способа со связующими точками, приведение в единую систему координат проводится по известным координатам съёмочных точек и известным ориентирным направлениям. Ось  $Z$  неизменна и изменяется только ориентирное направление, вследствие изменения положения деформационных марок. Разность векторов марок позволит получить вектора смещений. Второй способ отличается от первого тем, что используется для двух съёмочных точек один общий ориентирный знак. Если знак расположен достаточно далеко, то разворотом указанных осей можно пренебречь и считать, что направления векторов смещений на всех станциях получаются в одинаково ориентированных системах. При этом ошибка в  $2-3^\circ$ , а возможно и больше, роли не играет. Все вектора смещений будут сразу определены в одинаково ориентированной системе координат, никаких преобразований не требуется. Представленные способы вполне рабочие и могут быть реализованы на практике.

Третье научное положение посвящено оценке вида деформации рассматриваемого объекта. Решается задача о поправках при наличии избыточных измерений в геодезической сети. Вид деформаций определяется по разнице вычисленных абсолютных и относительных деформаций элементов деформационной сети (длин линий). При этом в трехмерном виде рассчитываются смещения элементов деформационной сети (абсолютные деформации) и собственно деформации элемента сети без пространственных смещений самого элемента. К достоинствам можно отнести как рассмотрение в пространственном виде деформаций, так и выделение относительных деформаций, определяющих критические деформации объекта.

***Степень достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.***

Достоверность конечных результатов работы обеспечивается корректным применением математического аппарата, применением сертифицированных геодезических приборов и соблюдением установленных правил измерений. Разработанные методики прошли экспериментальную проверку на различных

объектах культурного наследия. Полученные результаты имеют подтверждение независимых источников исследований.

### ***Научная новизна результатов работы.***

Предложена упрощенная методика геодезических наблюдений зданий и сооружений с закрепленных пунктов, в основе которой лежит использование априорной информации об объекте и характеристиках векторов смещений. Новизной является то, что в процессе обработки выполняется преобразование не самих координат деформационных марок, а составляющих векторов смещений.

При наблюдениях за деформированием объектов культурного наследия предложено использовать технологию со свободных станций и сравнивать инвариантные параметры (длины линий деформационной сети).

Разработаны оригинальные методики наблюдений за деформациями памятников культурного наследия, использующие две съемочные точки (исходные, между которыми нет прямой видимости) и деформационную сеть. Перевод в единую координатную систему выполняется не по связующим точкам, а по известным ориентирным направлениям. При этом рассмотрен случай с одним и несколькими ориентирными направлениями. Способы имеют практическую ценность в случаях, когда существуют ограничения в съемке объекта со всех сторон.

Предложена новая методика определения абсолютных и относительных деформаций с использованием векторов смещений деформационных марок.

Рассмотренные методики наблюдений и оценки успешно прошли апробацию на примере Морского Никольского Собора в г. Кронштадте и WestPark г. Бохум.

### ***Замечания:***

1. Автореферат целом соответствует содержанию диссертации, однако заметим- все схемы и рисунки отделены от основного текста и формул, помещены на двух последних страницах автореферата, как приложение ,что значительно затрудняет освоение изложенного материала хотя можно было бы безболезненно сократить текст на эти 2 страницы.

2.В таблице 1.4 приведены основные достоинства и недостатки способов геодезического мониторинга деформаций, а при их классификации лазерное сканирование , выделено отдельно наравне с нивелированием, створными измерениями и т.п. хотя и относится к способу пространственной полярной засечки

3.В диссертации приведено довольно много расчетов по априорной оценке точности геодезической сети. К сожалению, нет натуральных приложений, в том числе по проверке предлагаемых способов измерений с использованием ориентирных направлений.

4. Описание существующих способов наблюдений за деформациями различных объектов освещено не в полной мере и в этой связи не обозначена область применения предлагаемых способов

5. Хорошо рассмотрен алгоритм сравнения результатов измерений длин линий геодезической сети, однако нет конкретных примеров выявления вида деформации, например крена или сдвига.

Отмеченные замечания имеют место быть, но не снижают общего положительного впечатления о диссертации

#### ***Заключение по диссертации:***

. Основные научные результаты, полученные автором диссертации, достаточно полно отражены в 16 публикациях, в том числе в 5 публикациях в рецензируемых изданиях, рекомендованных Министерством науки и высшего образования Российской Федерации, в 3 статьях - в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus, получено 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Диссертация «Метод оценки пространственных деформаций при геодезическом мониторинге памятников культурного наследия», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.32 – Геодезия, соответствует требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский

горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 26.06.2019 № 839 адм и приказа от 16.04.2019 № 451 адм «О публикациях

основных научных результатов диссертации в рецензируемых изданиях», а ее автор – Царёва Ольга Сергеевна – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.32 – Геодезия.

**Официальный оппонент,**

Заслуженный деятель науки РФ

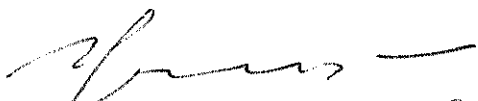
Лауреат государственных премий РФ в области науки

и техники, и образования, д.т.н., профессор

Профессор кафедры геодезии Московского

государственного университета

геодезии и картографии,

  
01.12.2020 г.  
**Ямбаев**

**Харьес Каюмович**

**Тел.: 8 (499) 322-78-00**

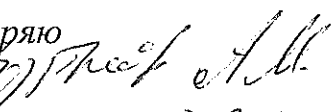
e-mail: portal@miigaik.ru

Дата:

Подпись Ямбаева Харьеса Каюмовича заверяю

(дата, подпись, печать организации)



  
руководитель по наукам –  
техническим работам.

105064, Москва, Гороховский пер., 4, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии»