

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента, доктора технических наук  
Кафтана Владимира Ивановича на диссертацию  
Хатум Хабиб Мазен на тему:

«Геодезический мониторинг деформаций приповерхностных сооружений метрополитена на основе автоматизированного и перманентного их контроля», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.32 - Геодезия

Диссертация Хатум Хабиб Мазен изложена на 193 страницах машинописного текста, содержит 47 рисунков, 22 таблицы и 5 приложений. Диссертация состоит из оглавления, введения, 4 глав с выводами по каждой из них, заключения и списка литературы, включающего 164 наименования. Научные положения, выводы и рекомендации исследований, изложенные в автореферате и диссертации, соответствуют друг другу. При чтении рукописи видна высокая геодезическая грамотность.

### **Актуальность избранной темы**

Контроль устойчивости зданий и сооружений средствами геодезических измерений является хорошо и давно разработанной технологией. Такие опасные процессы, как крены и осадки строительных конструкций во все времена беспокоили человечество, и геодезисты накопили достаточно обширный арсенал эффективных средств их контроля. Как правило, в случае наличия успешных решений достаточно давней проблемы, бывает сложно предложить что-то новое и перспективное, позволяющее существенно улучшить оценку опасности процесса и разработать новые и более совершенные подходы к решению проблемы.

Интенсивное развитие технического прогресса стимулирует необходимость адаптации новых измерительных средств к существующим технологиям. Соискатель обратил внимание на современные высокоточные роботизированные тахеометры, которые до настоящего времени широко не применялись в мониторинге устойчивости зданий и сооружений. В тоже время, при этом следует отметить, что мониторинг вертикальных смещений в следствие компенсационного нагнетания для подъема зданий и сооружений гидротехнического комплекса уже осуществлен. Специализированная технология и результаты представлены, на пример, в работах: Ustinov A.V., Kaftan V.I. Technology of monitoring the movements of hydraulic structures in the process of compensation injection. Journal of Hydraulic Engineering. 2019. V.1. P.2

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-102 от 06.05.22  
А У У С

и Устинов А.В. Результаты мониторинга вертикальных перемещений в процессе компенсационного нагнетания на опытном участке Загорской ГАЭС-2. Вестник СГУГиТ. 2018. Т.23. №4. С.128-141.

Справедливости ради необходимо констатировать, что диссертант подошел к решению важной научно-технической проблемы, расширив его на мониторинг пространственных движений и деформаций зданий и сооружений, подвергнутых влиянию открытых выработок, в частности имеющих место при строительстве метрополитена, а такое применение роботизированных тахеометров до сих пор не встречалось. Поставленная соискателем задача потребовала разработки новых методик проектирования оптимальных геодезических построений, методик уравнивания пространственных измерений, а также привлечения геомеханических моделей для прогноза опасных движений и деформаций.

Таким образом, диссертация посвящена решению актуальной задачи по разработке технологии геодезического мониторинга устойчивости зданий и сооружений при строительстве метро в Эр-Рияде (Саудовская Аравия), что имеет высокую актуальность также для России и всего мира.

### **Научная новизна работы**

Автором разработаны:

1) методика проектирования геодезической контрольной сети автоматизированных наблюдений за деформациями сооружений в связи с выработкой грунта, с учетом ее конфигурации и перерасчётом точности;

2) методика собственно геодезического мониторинга устойчивости зданий и сооружений с подробным описанием всех технологических процессов от проектирования до наблюдений, с расчетом интервалов повторения, процедурами прогнозирования смещений и деформаций, и предупреждения опасностей;

3) программная алгоритмизация вычислений на основе сравнения остаточных матриц при повторных циклических измерениях.

**Практическая значимость** работы доказана путем применения исследований и разработок на ответственном объекте – подземной станции метрополитена Эр-Рияда (Саудовская Аравия). При этом авторские методики показали свою действенность и эффективность, а так же высокую точность

полученных результатов. Натурные испытания исследований и разработок диссертанта прошли весьма успешно.

**Достоверность исследований** обеспечена необходимым объемом фактических измерений по разработанной методике наблюдений, обоснованностью теоретических расчетов, согласованностью результатов с альтернативными исследованиями, применением сертифицированного оборудования, приборов и программного обеспечения, а также собственно результатами реализации разработок в районе строительства метрополитена.

### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

#### ***Первое научное защищаемое положение.***

«Обеспечение точности и стабильности положения станции наблюдений при геодезическом мониторинге деформаций инженерных сооружений с использованием роботизированных тахеометров достигается применением разработанного программного алгоритма и моделированием для конкретной ситуации оптимальной конфигурации деформационной сети с дальнейшей проверкой на каждом цикле измерений относительных смещений исходных пунктов.»

Обоснованность защищаемого положения подтверждена анализом существующих подходов к оценке точности координат наблюдательной станции; сравнением точности определения координат обратной пространственной засечкой, упрощенным и точным способами, с использованием авторского оригинального алгоритма. Эти разработки позволили автору определить лучшее расположение станции относительно опорных пунктов. При этом обеспечивается проверка стабильности опорных пунктов и собственно роботизированной тахеометрической станции.

#### ***Второе защищаемое положение.***

«Оценка деформационного процесса грунтовой выемки по данным геодезических измерений наиболее эффективно может быть выполнена с учетом уточнения мест расположения роботизированной тахеометрической станции и деформационных марок на основе моделирования по разработанной программе, реализующей метод конечных элементов.»

Это положение подтверждено путем использования авторского программного обеспечения «Котлован», созданного по собственным

оригинальным алгоритмам, реализующим метод конечных элементов, на реальном объекте. Натурный эксперимент показал эффективность оригинального подхода и технологической последовательности операций.

Результаты моделирования позволили соискателю определиться с размещением, как тахеометрической станции, так и деформационных марок на обнажении котлована. Сделан правдоподобный вывод о том, что тахеометрические станции следует располагать в торцевых участках выемки.

**Третье научное положение.** «Геодезический мониторинг деформаций грунтовых выемок целесообразно выполнять по оригинальной схеме, предусматривающей разработанные алгоритмы по оптимизации расположения пунктов деформационной сети и учету деформированного состояния грунтового массива, а также по прогнозу развития процесса деформирования на основе сравнения остаточных и ковариационных матриц ошибок измерений на каждом цикле наблюдений.»

Совокупность утверждений данного научного положения строго обоснована теоретически и подтверждена в процессе натуральных испытаний на конкретном производственном объекте. Результаты работ успешно прошли производственную приемку и способствовали прокладке метрополитена. При этом реализованы все процессы разработанной технологической схемы от проектирования деформационной сети, ее установки, наблюдений, до математической обработки, оценки деформаций и прогноза их развития во времени и пространстве. При этом осуществлен учет геомеханических параметров, что успешно дополнило собственно геодезическую технологию.

Следуя оригинальной технологической схеме, автор получил погрешность определения положения марок с одной станции около 0,7 мм.

Апробация результатов исследования осуществлена путем участия в 5 международных конференциях. Результаты диссертационной работы освещены в 8 публикациях, в том числе в 3 статьях – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий ВАК, в 3 статьях – в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus и Web of Science. Получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

#### **Замечания по содержанию рукописи:**

1. Вторая глава диссертации, судя по ее названию, посвящена задачам проектирования деформационной сети. Но, в то же время, она содержит

собственно описание алгоритмов обнаружения смещений. Для этой части исследования более логично было бы дать раздел, посвящённый именно этим задачам.

2. В технологическом элементе «проектирование» хотелось бы видеть инженерно-геологическое обследование грунта.

3. В тексте имеют место термины - паразиты: «позиционирование» и «свободное стационарирование».

4. Рис. 1.5 и 1.6 непонятны. Нет объяснений, где располагаются пункты контрольной сети.

5. Стр. 23 мульда поименована «мулой»

6. На стр. 31 не объясняется, что такое «вид деформации».

7. Рис. 1.8 и 1.9 слишком элементарны для кандидатской диссертации.

8. Стр. 36-37 желательно объяснить термины «метрология зрения», «угол антенны», а также «гиперрезервация».

9. На стр. 39 даны ссылки на применение метода DGPS в точном деформационном мониторинге. Но это кодовый метод и его точность определения положения имеет порядок дециметров. Здесь имеет место недоразумение, вероятно, связанное с переводом текста.

10. В разделе 2.1.1 применен термин «свободная станция», но определение «свободная» в геодезии относится к отсутствию точных опорных координат. В данном случае опорные координаты присутствуют. Именно от них определяется положение тахеометра, поэтому оно не свободно.

11. На стр. 53 говорится о закреплении опорных точек на верху зданий. Есть сомнения, что такие точки будут достаточно стабильны.

12. На рис. 2.5 желательно объяснить, почему точность положения пунктов, оцененная по МНК, везде одинакова.

13. На стр. 63 горизонтальное проложение именовано «горизонтальным расстоянием».

14. В работе приводится понятие «остаточной матрицы» для выявления деформаций, однако не указывается ее определение и назначение.

15. Начиная от стр. 64 идет речь о неких матрицах, но не указано, что это за матрицы, к каким уравнениям они относятся.

16. Стр. 64 в формулах 2 неудачный символ  $f$ , общепринятый для обозначения функции.

17. Стр. 64 в матрице В появляется ранее не объясненный элемент L. Он почему-то имеет странный вес, обозначенный буквенным символом «о». Не дано пояснение – матрицы каких коэффициентов представлены в решении.

18. На стр.65 также не объясняется символ L.

19. В формулах 2.10 символы не объяснены.

20. На стр. 70 диссертант утверждает, что «точность АТС 1 была несколько увеличена за счет использования разработанного алгоритма». На самом деле она закономерно повышена за счет уравнивания.

21. На стр. 81 непонятный термин «позиционное размещение».

22. К сожалению, в методике не видны меры по учету вертикальной рефракции.

23. Рис. 2.13 не даны пояснения к изображениям.

24. В разделе 2.3.1 не показан алгоритм определения и учета напряжений.

25. Соискателем продекларирован программный комплекс «Котлован», но его алгоритм не описан, что затрудняет оценку его эффективности.

26. Рис. 2.15 непонятно, почему систематическая ошибка не моделируется и не исключается из наблюдений.

27. Интересно понимать, как ведут себя во времени так называемые константы лазерного дальномера?

28. Стр. 107 как-то не вяжется с научными исследованиями термин «мастер-план».

29. В разделе 3.2.3 даны интервалы повторения наблюдений от одного раза в неделю до одного раза в год. В этом случае возникает вопрос: насколько важно при этом применение роботизированного тахеометра. Будет вполне достаточно обычного электронного тахеометра.

30. Стр. 143 не раскрыто, что означает ВІМ-технология.

Следует отметить, что приведенные замечания не существенно влияют на общий высокий уровень диссертации.

### **Заключение**

Диссертация «Геодезический мониторинг деформаций приповерхностных сооружений метрополитена на основе автоматизированного и перманентного их контроля», 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 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор – Хатум Хабиб Мазен – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.32 - Геодезия.

Официальный оппонент:  
главный научный сотрудник  
лаборатории геодинамики ГЦ РАН,  
доктор технических наук



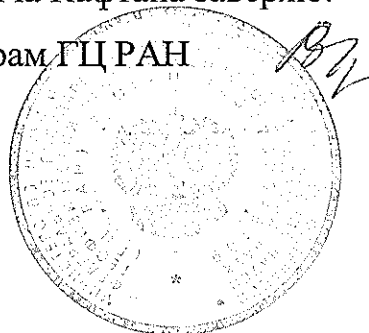
В.И. Кафтан

Тел.: +7 (906) 784-28-18  
E-mail: v.kaftan@gcras.ru

«25» апреля 2022 г.

Подпись Владимира Ивановича Кафтана заверяю.

Главный специалист по кадрам ГЦ РАН



В.П. Дасаева

«25» апреля 2022 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Геофизический центр Российской академии наук (ГЦ РАН)

119296, г. Москва, ул. Молодёжная, д. 3