

Диссертация на соискание степени доктора философии (PhD)

по специальности 6D071100 – Геодезия

Ормамбекова Ажар Ермековна

«Разработка и совершенствование методик автоматизированного геодезического контроля за деформациями высотных зданий»

АННОТАЦИЯ

Актуальность темы. В настоящее время города и тем более мегаполисы переживают так называемый «строительный бум». Ведется интенсивное освоение территории городского пространства. При этом в связи с увеличением стоимости земельных участков наблюдается тенденция строительства высотных сооружений. В этих условиях возникает необходимость наблюдений деформационных процессов данных объектов, учитывая, что они наиболее чувствительны к изменениям состояния окружающей среды.

В настоящее время объем строительства высотных сооружений постоянно увеличивается. При этом общепризнанными мировыми лидерами в возведении высотных строений в последнее время являются Китай и Объединенные Арабские Эмираты. Самое высокое здание в мире высотой 828 м – Бурдж-Халифа – было построено в Дубае в 2010 г., также ведется строительство в Джидде (Саудовская Аравия) башни Kingdom Tower высотой 1000 м

Высотные здания относятся к числу наиболее сложных объектов строительства, ряд основных решений по их проектированию согласованно принимается международными общественными организациями инженеров и архитекторов – IABSE – ASCE и CIB.

В нормативных документах регламентируется необходимость обследования мониторинга технического состояния различных сооружений, особенно при изменении условий их эксплуатации. Однако довольно немногочисленны исследования по контролю высотных строений с применением современных геодезических измерений, связанных с технологиями дистанционного зондирования, в частности наземным лазерным сканированием.

Предпосылки для решения задачи определения деформаций высотных сооружений во многом заложены в действующей нормативно-методической литературе по оценке деформаций различных инженерных сооружений. В этой связи значительный вклад в развитие данного направления геодезических работ внесли известные ученые: Чан Мань Хунг, А.В. Комиссарова, Е.М. Медведева, А.И. Науменко, Г.А. Шеховцов, Р.В. Шульц и др.

Использование современных технологий измерений и их обработки применительно к рассматриваемой тематике отражено в отечественных исследованиях М.Б. Нурпеисовой, К.Б. Рысбекова, А.А.Игильманова, А.С.Чултукова и др.

В настоящее время имеется возможность не только выполнять контроль по нескольким точкам, по которым можно судить о наиболее важных видах деформирования (крен, изгиб, неравномерная осадка), но и на основе цифровых трехмерных моделей высотных объектов проводить оценку деформационного процесса в широком спектре возможных видов деформаций (локальное растяжение-сжатие, сдвиг и разрушение, кручение и т.д.), практически на всей его внешней поверхности. Кроме того, модельный подход позволяет рассматривать деформационный процесс комплексно: фактические данные могут использоваться в программных комплексах по оценке напряженно-деформированного состояния, существенно повышая качество решений по обеспечению безопасного функционирования высотного сооружения. Важно также отметить существенную разность в деформировании высотных и невысоких строений. Если в отношении последних, можно было отслеживать процесс деформирования по осадкам его основания, то в высотных сооружениях могут проявляться критические деформации при неподвижности основания. Решению этих актуальных вопросов и других, смежных с ними, посвящено диссертационное исследование.

Цель исследования – разработка и обоснование методики геодезического контроля деформационных процессов высотных зданий, позволяющая повысить их безопасность при строительстве и эксплуатации.

Основная идея работы заключается в разработке и апробации инновационного метода мониторинга высотных строений, основанного на использовании доступных неметрических камер с QR-кодированными мишенями, для решения задач мониторинга различных инженерных сооружений, включая высотные здания на основе машинного зрения с использованием интегрированной системы ГНСС.

Основные задачи исследования:

1. Анализ современных технологий и методов геодезического мониторинга высотных сооружений, нормативных требований и принципов организации систем автоматизированного мониторинга.
2. Разработка интегрированной системы автоматизированного геодезического мониторинга, основанной на принципах машинного зрения и спутниковых измерений.
3. Имитационное моделирование и исследование точности автоматизированной системы геодезического мониторинга высотных зданий.

Научные положения, выносимые на защиту

1. Интегрированная система автоматизированного геодезического мониторинга за деформационными процессами высотных зданий с

использованием систем цифровых камер и глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС)

2. Методика обработки результатов геодезического мониторинга за деформационными процессами высотных зданий.

Научная новизна

1. Разработана интегрированная система автоматического геодезического мониторинга и ее имитационная модель, которая позволяет в автоматическом режиме определять относительные перемещения между конструктивными элементами высотного здания с использованием машинного зрения с последующим интегрированием полученных результатов с данными ГНСС наблюдений, а также проводить исследования в различные конфигурации зданий.

2. Предложена методика обработки результатов геодезического мониторинга высотных зданий на основе современных программных комплексов (MatLab, Potomodler), которая позволяет моделировать конструктивные элементы зданий и оценить точность измерений.

Основные результаты исследования

1. Экспериментальные измерения проведены с использованием цифровой камеры General Electric G100 для проверки теоретических соображений. QR-мишень перемещалась в горизонтальной плоскости на малые заданные значения.

2. Проведены три теста измерения смещение цели QR на расстояниях 33 м, 25 м и 17 м с помощью алгоритма фазовой корреляции. Среднеквадратичная погрешность составила 6,5 мм.

3. Проведено моделирование системы наблюдения для типового здания с высотой 90 м и 420 м. Датчики расположены на расстоянии 30 м друг от друга.

4. Представлены эллипсы ошибок для системы датчик-мишень и для относительных точностей между датчиками. Описаны вертикальные смещения, крен, изгиб и кручение здания.

5. Проверена эффективность моделирование для высокого здания интеграции системы наблюдения и ГНСС. Определены точности измерений с дополнительными и без дополнительных ГНСС наблюдений. Среднеквадратичные ошибки представлены для абсолютных и относительных координат.

Эти результаты показывают эффективность и точность измерений системы неметрических камер для мониторинга перемещений в зданиях.

Объект исследования – компьютерная модель высотного здания.

Предметом исследования – является методика автоматизированного геодезического контроля деформационных процессов высотных зданий на основе системы неметрических цифровых камер и глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС).

Методологическая база научных исследований

Методологическая база научного исследования включает анализ и обобщение научно-технической и нормативной информации, математические

методы для обработки экспериментальных данных и компьютерное моделирование. В ходе исследования проводились лабораторные испытания в Киевском национальном университете строительства и архитектуры на кафедре «Прикладной геодезии».

Методы исследования. Для решения поставленных задач была исследована система цифровых камер, определены необходимые параметры системы, проведены теоретические расчеты выходных сигналов, проведено тестирование и моделирование системы с поддержкой ГНСС и без поддержки ГНСС.

Практическая значимость

Диссертационная работа имеет практическую направленность. В ней обосновано применение системы машинного зрения для геодезического мониторинга высотных зданий. Сформулированы методические рекомендации к проведению полевого и камерального этапов съемки объектов. Кроме того, разработаны модели для двух случаев мониторинга без поддержки ГНСС для невысоких зданий и с поддержкой ГНСС для высотных зданий.

Результаты моделирования подтвердили выводы о возможностях системы, особенно в части учета данных ГНСС. Полученные результаты стали необходимой научной базой для дальнейшей разработки системы, а предложенный метод мониторинга можно автоматизировать.

В этой связи полученные результаты могут быть использованы проектными и строительными организациями при планировании и проведении работ по мониторингу технического состояния высотных зданий на основе автоматизированных технологии.

Изложенные в работе теоретические и методические положения могут быть внедрены в учебный процесс при изучении студентами специальных дисциплин направления подготовки «Геопространственная цифровая инженерия».

Личный вклад автора:

- анализ современного состояния изученности вопроса о геодезическом мониторинге высотных строений;
- постановка основных задач исследования;
- моделирование деформаций высотных строений;
- разработка и апробация автоматизированных алгоритмов для учета деформационных процессов зданий;
- формулировка научных положений и основных выводов диссертации.

Апробация работы

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих научно-практических и международных конференциях: Труды Сатпаевских чтений инновационные технологии – ключ к успешному решению фундаментальных и прикладных задач в рудном и нефтегазовом секторах экономики РК. Алматы – 2019, Труды «XVII- международного конгресса маркшейдеров»- Иркутск: ИрННТУ 2019, Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых 2019 г. Москва.

Достоверность и обоснованность результатов работы подтверждается согласованностью экспериментальных данных с теоретическими исследованиями с использованием современных сертифицированных методов обработки данных новых современных автоматизированных технологии.

Публикации

Основные научные положения и практические результаты диссертации опубликованы в 13 работах, в том числе 2 статьи - в изданиях, включенных в перечень ведущих рецензируемых научных журналов; 1 статья - в изданиях, входящих в Перечень, утвержденный Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК; 3 статьи в зарубежных журналах и 7 статей на международных конференциях.

Объем и структура работы

Текст диссертации состоит из введения, 3 глав и заключения, списка использованных источников и приложений, изложенных на 99 страницах машинописного текста и содержит 46 рисунков, 14 таблиц, список литературы из 67 наименований, 2 приложения.

Заключение

В диссертационной работе был предложен новый подход к мониторингу высотных зданий с использованием системы неметрических цифровых камер с помощью ГНСС. Проверка точности одиночной цепи системы неметрических камер на испытательном стенде подтвердила возможность обеспечения необходимой точности контроля. Предложенный метод определения смещения пары изображений на основе алгоритма фазовой корреляции показал стабильные результаты в серии натуральных экспериментов. По результатам эксперимента были изучены и определены достаточные расстояния между датчиком и мишенью, обеспечивающие приемлемую точность. Моделирование системы неметрических камер проводилось для двух случаев: без ГНСС для малоэтажных зданий; системы неметрических камер с дополнительными ГНСС наблюдениями. Моделирование показало необходимую точность для мониторинга деформаций в случае недорогой системы неметрических камер с помощью ГНСС. Результаты, представленные в работе, в основном основываются на имитационных исследованиях. Это создает основу для дальнейших исследований использования неметрических камер в реальных условиях мониторинга деформационных процессов высотных зданий.