АННОТАЦИЯ

диссертационной работы на тему:

**«РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА
ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ И ТЕХНИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ ВЫСОТНЫХ И УНИКАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ И
СООРУЖЕНИЙ»** представленной на соискание степени доктора
философии (PhD) по специальности 8D07306-«Геопространственная
цифровая инженерия»
САЙЛЫГАРАЕВОЙ МАРИИ АЛТЫНБЕКОВНЫ

Целью исследования является разработка и апробация методов мониторинга и оценки технического состояния зданий, построение прогнозных моделей смещений несущих конструкций на основе геодезических измерений с учетом пространственно-временного взаимодействия объектов с геологической и сейсмической средой со значениями энергетического класса землетрясения $K=6-7,5$ в районе возможных подземных колебаний интенсивностью 3-4 балла.

Основная идея работы заключается в проведении геодезических измерений за осадками несущих конструкций зданий в вертикальной плоскости, вычисление параметров деформаций, построение прогнозных моделей смещений и выявлении закономерностей изменения смещений во времени.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования является здание жилого комплекса в микрорайоне Рахат и подземное многофункциональное сооружение.

Предмет исследования. Установление деформационных процессов в несущих конструкциях здания и сооружения на основе геодезического мониторинга.

Задачи исследования. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Сбор и анализ материалов комплексных периодических инженерно-геодезических измерений для определения количественных параметров деформаций зданий и сооружений.
2. Проведение высокоточных инструментальных наблюдений в период эксплуатации зданий и сооружений.
3. Математическая обработка результатов геодезических измерений, вычисление параметров деформаций и построение прогнозных моделей, на основе полученных данных.
4. Обработка результатов геодезических наблюдений для выявления закономерностей изменения смещений во времени и разработка рекомендаций.

Методы исследований.

Используется комплексный подход, включающий теорию и методы проведения геодезического мониторинга деформационных процессов высотных и уникальных зданий и сооружений, вероятностно-статистический анализ, аналитическая методика прогнозирования и математическое моделирование с использованием современных компьютерных технологий.

Актуальность темы диссертации.

В настоящее время везде в мире большими темпами ведется строительство высотных, подземных зданий и уникальных инженерных сооружений, которые выделяются своими архитектурными формами, сложными конструктивными элементами и применением новейших строительных технологий и материалов. Подобные здания и инженерные сооружения, отличающиеся своей оригинальностью и уникальностью, становятся визитной карточкой городов-мегаполисов, придавая им неповторимый легко узнаваемый стиль.

В Алматы в разное время возводились уникальные по своим архитектурным решениям здания, которые внесены в списки культурного наследия и являющиеся символом южного города. К ним относятся гостиница «Казахстан», телевизионная и радиовещательная башня «Кок-Тобе», многофункциональный подземный центр, многофункциональные высотные здания, создающие дополнительные нагрузки на устойчивость здания, которые могут привести к деформационным сдвигам в сооружении. Ярким событием, влияющим на устойчивость городских строительных объектов, является землетрясение, которое произошло в г.Алматы 24 января 2024 г. магнитудой 6 баллов. В результате сильных подземных колебаний во многих жилых домах, объектах социальной важности были обнаружены трещины и повреждения.

Поэтому для обеспечения нормальной работы здания и предотвращения опасных смещений были проведены техническое обследование и геодезические наблюдения за деформационными процессами в основных несущих и ограждающих конструкциях подземного сооружения.

В этой связи разработка эффективных методов выявления и прогнозирования деформаций высотных и уникальных зданий и инженерных сооружений является актуальной проблемой по успешному решению и развитию вопросов обеспечения надежности, долговечности и безопасности эксплуатации ответственных сооружений. Решение данного вопроса способствует повышению эффективного использования высотных и уникальных зданий и сооружений и помогает рационально планировать различные регламентные работы, в том числе геодезические наблюдения за деформацией сооружений и приносит определенный социальный эффект.

Внедрение новых методов и средств геодезических измерений должно сопровождаться и новой методикой обработки результатов измерений. Только комплексное решение задачи позволит добиться максимальной эффективности и будет отвечать современным требованиям. Мониторинг, основанный на геодезических методах измерения, является одним из

важнейших инструментов обеспечения надежности здания и контроля деформационных процессов.

Научные положения, выносимые на защиту:

1. Усовершенствование методики геодезического мониторинга вертикальных смещений несущих конструкций здания с учетом сложных геологических условий основания, колебаний уровня грунтовых вод, уплотнения грунта под статической нагрузкой и накопления повреждений из-за частых слабых подземных сейсмических толчков.

2. Построение прогнозной математической модели деформационных смещений сооружения в виде цифровых 2D и 3D моделей здания с учетом пространственно-временного взаимодействия исследуемых объектов с геологической и сейсмической средой со значениями энергетического класса землетрясения $K=6-7,5$ и возможными подземными колебаниями интенсивностью 3-4 балла.

3. Выявление закономерностей развития деформационных процессов в отдельных несущих конструкциях здания в вертикальной плоскости с учетом сложных геолого-морфологических условий грунтового основания и сейсмических колебаний, вызывающих дополнительные динамические нагрузки и ускоряющих процессы деформации.

Научная новизна результатов работы:

1. Разработана аналитическая методика прогнозирования возможных вертикальных изменений в отдельных конструкциях высотных и уникальных зданий, расположенных в зонах активных сейсмических смещений и сложных реологических грунтовых условиях, новизна которой заключается в повышении точности геодезических измерений за счет применения современных высокоточных технологий наблюдений.

2. Предложена математическая модель прогнозирования деформационных процессов отдельных участков вертикальных конструкций, отличающихся от существующих ранее цифровых двух- и трехмерных моделей здания с учетом сложного литологического строения основания и расположения объекта в зоне возможных тектонических колебаний с энергетическим классом $K=6-7,5$.

3. Установлена закономерность развития деформационных процессов в отдельных несущих конструкциях здания в вертикальной плоскости с учетом сложных геолого-морфологических условий грунтового основания и сейсмических колебаний интенсивностью 3-4 балла.

Основные результаты исследования:

1. Предложена усовершенствованная методика геодезических наблюдений вертикальных смещений в монолитной стене жилого здания путем расположения деформационных марок вдоль периметра стены на расстоянии 0,30-0,60 м от стыка вертикальной и горизонтальной поверхностей.

2. Предложена математическая методика прогнозирования смещений по отдельным участкам периметра сооружения с учетом пространственно-временного взаимодействия объектов с геологической и сейсмической

средой со значениями энергетического класса землетрясения $K=6-7,5$ в районе возможных подземных колебаний интенсивностью 3-4 балла.

3. Выполнены геодезические наблюдения подземного объекта за деформационными процессами (прогиб и оседание поверхности кровли здания). Величины оседаний до и после проведения геодезического мониторинга за 10 летний период функционирования здания от 27 мм до 130 мм. После оседания и прогибов отдельных участков кровли подземного сооружения эксплуатация здания была приостановлена.

4. Предложена аналитическая методика прогнозирования возможных деформационных изменений в период эксплуатации здания. Только за 9 месяцев наблюдений оседание кровли составит от 9.63 мм до 103.07 мм и установлена зависимость величины прогиба кровли здания от времени, который математически выражается уравнением регрессии $w=0.781 \cdot t^2 - 13.312 \cdot t + 56.906$.

5. Разработаны рекомендации по регулярному мониторингу и дополнительному укреплению конструкций в сейсмоопасных зонах для предотвращения критических деформаций с учетом влияния энергетических показателей смещения земной поверхности в течение срока существования зданий, требуется проводить дальнейшие геодезические наблюдения за возможными осадками. Принцип прогнозирования состояния инженерных и промышленных зданий и сооружений направлена на контроль технического состояния при эксплуатации и своевременное предупреждение об изменениях условий однородности моделируемых реализаций и принятия мер по сохранности на длительный срок и обеспечению их безопасности.

Личный вклад автора заключается в проведении высокоточных геодезических измерений за деформационными процессами, разработке аналитической методики прогнозирования вертикальных смещений несущих конструкций здания и сооружения.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов подтверждается:

-корректным использованием широко апробированных методов исследований и в проведении высокоточных геодезических измерений.

-достаточной сходимостью теоретических и экспериментальных исследований (надежность 0,95, максимальное значение коэффициента вариации не превышает 20%), отвечающих требованиям СНиП.

Научное значение работы

В диссертационной работе предложены методики по совершенствованию актуальной научно-технической задачи по проведению геодезического мониторинга деформационных процессов для обеспечения устойчивости и безопасности зданий и сооружений.

Практическая значимость работы заключается в установлении в процессе исследования закономерности изменения вертикальных оседаний несущих конструкций здания, установленных с учетом сложного строения грунта в основании, аккумуляции статистических нагрузок на несущие конструкции вследствие многочисленных и незначительных подземных

сейсмических толчков. Это позволяет для принятия управленческих решений по обеспечению безопасной эксплуатации жилых и подземных зданий.

Апробация работы.

Основные идеи и результаты научно-исследовательской работы докладывались на конференциях: Международная научно-практическая конференция «Сатпаевские чтения» (Алматы, КазНУ, 2021, 2022); Международная научная школа молодых ученых и специалистов «Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых» (Москва, 2021), Международная научная школа «Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр» (Москва, 2022), Международная научно-практическая конференция, посвященная к 115-летию член-корр. АН КазССР А.Ж.Машанова и 100-летию Академика АН КазССР Ж.С.Ержанова (Алматы, КазНУ, 2022); Международная научно-техническая конференция «Развитие горно-металлургического комплекса Казахстана по реализации Государственного инвестиционного проекта» (Алматы, КазНУ, 2022). Диссертация выполнена с использованием роботизированного электронного тахеометра с программным обеспечением в лаборатории "Геомеханики и геотехнологии" Инновационного инженерингового центра.

Публикация работы. По теме диссертации опубликовано 11 научных работ, из них: 1 статья в журнале, входящем в базу данных Scopus (перцентиль – 51%), 3 статьи в журналах, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере образования Министерства просвещения Республики Казахстан, 6 статей в материалах международных научно-практических конференций.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованной литературы, содержащего 107 наименований, изложена на 91 страницах компьютерного текста, содержит 8 таблиц, 61 рисунка.