УДК 528.482

Старостина О.В. кандидат технических наук, доцент
доцент кафедры «Геодезия и картография»
Карагандинский технический университет
Казахстан, г. Караганда
Кожухов К.Д.
Магистрант
2 курс, факультет «Маркшейдерское дело и геодезия»
Карагандинский технический университет
Казахстан, г. Караганда

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ДЕФОРМАЦИЙ ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА В КАРАГАНДЕ

Аннотация. В статье представлены результаты комплексного геодезического мониторинга 26-этажного жилого комплекса, расположенного в городе Караганда. Для фиксации пространственных деформаций использованы современные методы наблюдений, включая GNSS-измерения, электронную тахеометрию и 3D-сканирование. Построена опорная геодезическая сеть и геодинамический полигон, проведены циклические измерения, рассчитаны невязки и выполнено уравнивание. Представлены графики осадок и смещений, выявлены особенности поведения здания в сложных инженерно-геологических условиях. На основании анализа полученных данных предложены рекомендации по долговременному наблюдению и инженерной защите объекта.

Annotation. The article presents the results of comprehensive geodetic monitoring of a 26-storey residential complex located in the city of Karaganda. Modern observation methods, including GNSS measurements, electronic total station measurement, and 3D scanning, were used to record spatial deformations. A reference geodetic network and a geodynamic polygon were built, cyclic measurements were carried out, discrepancies were calculated and equalization was performed. Graphs of precipitation and displacement are presented, and the features of the building's behavior in difficult engineering and geological conditions are

revealed. Based on the analysis of the data obtained, recommendations for long-term monitoring and engineering protection of the facility are proposed.

Ключевые слова: геодезический мониторинг, деформации зданий, осадка фундамента, GNSS-измерения, 3D-сканирование.

Keywords: geodetic monitoring, building deformations, foundation settlement, GNSS measurements, 3D scanning.

Введение

В условиях плотной городской застройки и интенсивного строительства актуальность мониторинга технического состояния зданий возрастает многократно. Высотные жилые дома особенно подвержены воздействию как природных, так и антропогенных факторов: сезонных температурных колебаний, вибраций от транспорта, изменений уровня подземных вод и неравномерной осадки основания. Наиболее надёжным и информативным способом контроля за состоянием конструкций является геодезическое наблюдение за деформациями, позволяющее фиксировать пространственные смещения с высокой точностью.

Целью исследования является выполнение цикла геодезических наблюдений за пространственным положением контрольных точек, закреплённых на фасадах здания, и анализ выявленных изменений. В качестве основных методов использованы GNSS-наблюдения и электронная тахеометрия. Для повышения достоверности фиксации деформаций наблюдения проводились в два этапа с интервалом в один год. Особое внимание уделено точкам, расположенным на углах и по высоте здания — на всех этажах.

Объект исследования

Исследуемый объект - жилой комплекс, расположенный по адресу: г. Караганда, ул. Бауыржана Момышулы 26/2. Здание состоит из 26 этажей, имеет центральный подъезд, по 5 квартир на каждом этаже. Высота одного этажа - 3,5 метра, общая высота - около 91 м. Здание возведено в 2022 году на участке с переменными грунтовыми условиями. Участок характеризуется плотной застройкой и ограниченной видимостью для спутниковых наблюдений (Рисунок 1).

Рисунок 1 - Объект исследования. Жилой комплекс

Методика проведения мониторинга

Перед выполнением измерений был проведён визуальный осмотр здания с целью предварительного выявления потенциально подвижных и уязвимых участков фасада. Учитывая высотность сооружения (26 этажей) и ограниченную доступность периметра здания в условиях плотной городской застройки, было принято решение использовать тахеометрические наблюдения с ориентированием методом обратной засечки.

Для этого требовалось заранее вынести и закрепить несколько постоянных реперов на удалении 15–30 метров от фасадов здания. Основной задачей являлось обеспечение таких условий, при которых тахеометр мог бы быть ориентирован с любой стороны здания на два или более известных пункта, обеспечивая высокоточные угловые и линейные измерения.

Дополнительна была выполнена цифровая модель участка в AutoCAD, на которой проведена разбивка оптимальных точек установки реперов (Рисунок 2).

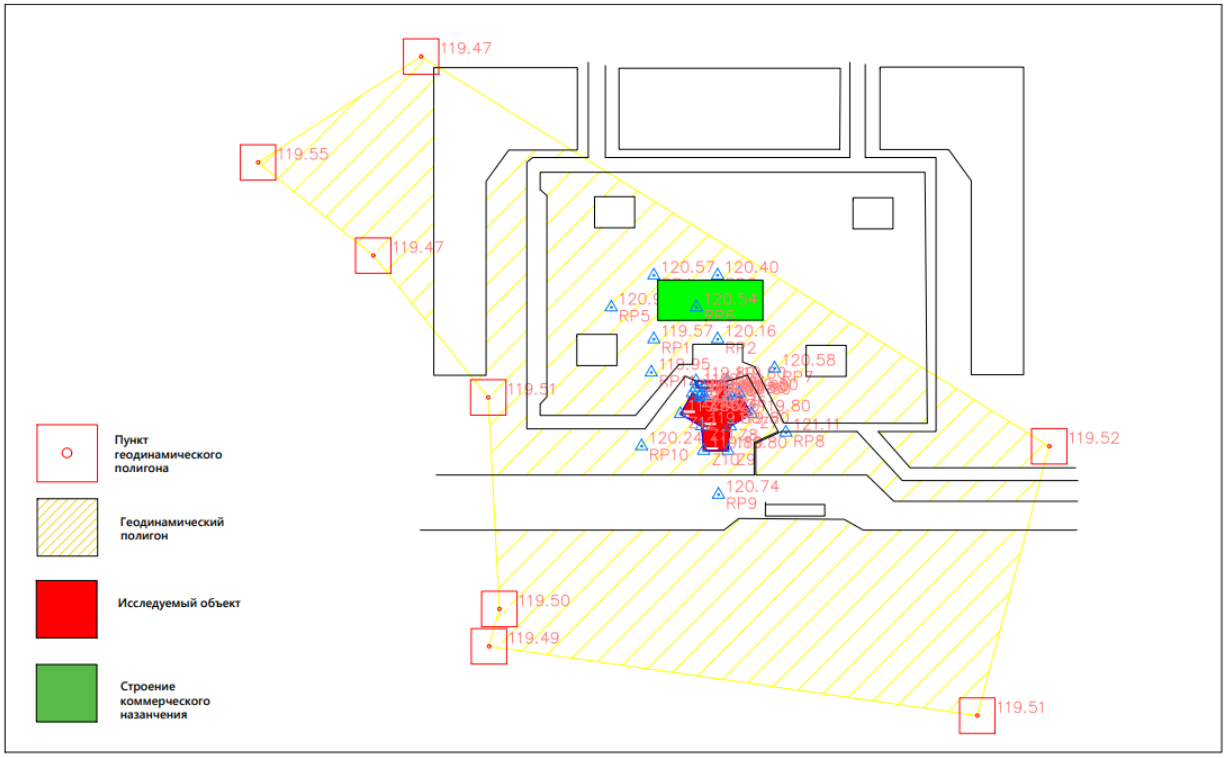

Рисунок 2 - План местности с отображением временных рэперов

Каждый репер представлял собой монолитную закладную марку с центрирующим гнездом, залитую в подготовленное основание. Расположение реперов обеспечивало формирование замкнутой сети для визуальной связи с тахеометрическими станциями, что позволило выполнять замыкание визирных ходов и повышать точность позиционирования прибора.

Тахеометрические съёмки фасада. На каждом этаже здания закреплено по 10 марок — по углам и в центральной части фасадов. Съёмка проводилась тахеометром SOKKIA IM-102. Производилась целевая съёмка с повтором через 12 месяцев. Данные сохранялись в формате .csv и далее импортировались в AutoCAD и Excel для обработки.

Сложности во время съемок. Из-за высоты здания съёмка осложнялась ограниченной видимостью в верхней части фасадов. Также трудности возникали при закреплении марок на высоте. Использовались автовышки и альпинистское снаряжение. В условиях плотной застройки также наблюдались мультипути и радиопомехи, что потребовало увеличения времени GNSS-сессий.

Результаты наблюдений

В течение года было зафиксировано:

1) осадка фундамента в юго-восточном углу до 21 мм;

2) крен верхней части здания в восточном направлении до 6.3 мм;

3) локальные горизонтальные смещения в пределах 4–7 мм на уровнях выше 20 этажа.

Результаты представлены в виде графиков осадки и крена.

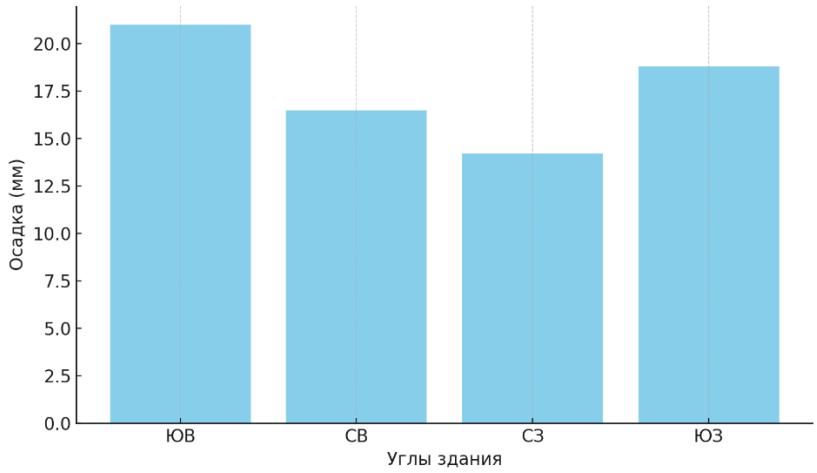

График осадок здания (мм)

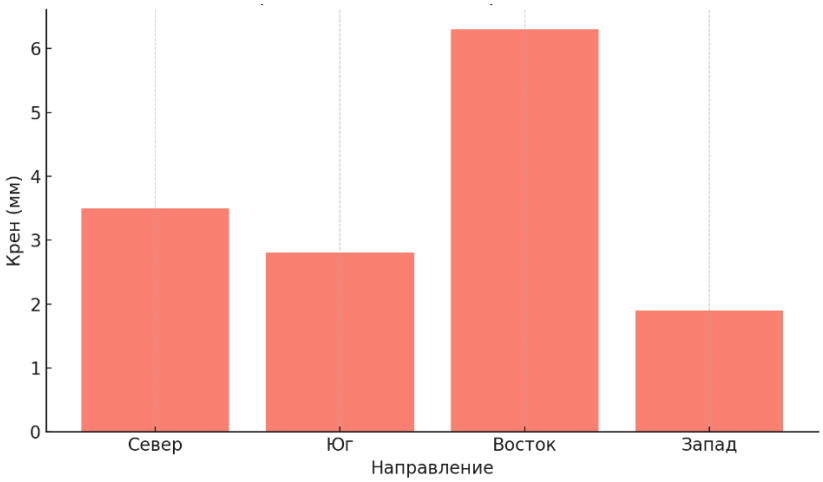

График крена здания (мм)

Таблица 1

Сводка деформаций здания

Угол/Направление	Показатель	Значение (мм)
ЮВ	Осадка	21мм
СВ	Осадка	16,5мм
СЗ	Осадка	14,2мм
ЮЗ	Осадка	18,8мм
Север	Крен	3,5мм
Юг	Крен	2,8мм
Восток	Крен	6,3мм
Запад	Крен	1,9мм

Выводы и рекомендации

В результате проведённого геодезического мониторинга были зафиксированы реальные изменения пространственного положения конструкции 26-этажного жилого здания в условиях плотной городской застройки. Использование тахеометрических методов с ориентированием по вынесенным реперам позволило получить точные данные о смещениях, осадке и крене здания по различным направлениям. Анализ результатов выявил:

1) максимальную осадку фундамента в юго-восточном углу до 21 мм;

2) неравномерный характер осадок по периметру здания;

3) развитие крена в северном направлении до 3,5 мм;

4) локальные горизонтальные смещения в пределах 4–7 мм на верхних этажах.

Рекомендуется:

1) продолжить наблюдения с периодичностью не реже одного раза в полгода;

2) при выявлении осадки более 25 мм провести инженерно-геотехническое обследование основания;

3) организовать дополнительный контроль за зонами максимальных смещений, особенно в юго-восточной части фундамента;

4) при необходимости — установить стационарные контрольные марки и автоматизированные датчики перемещения;

5) учитывать выявленные особенности при эксплуатации инженерных систем здания (лифты, водопровод, вентиляция и др.).

Комплексный подход к геодезическому контролю подтвердил свою эффективность и может быть рекомендован для применения в других аналогичных проектах.

Заключение

Проведённое исследование подтвердило, что геодезические методы, обеспечивают необходимую точность и достоверность при наблюдении за деформациями высотных зданий. В условиях ограниченной застройки и

труднодоступности верхних этажей была успешно реализована схема наблюдений, позволившая отследить динамику пространственных изменений в течение года.

Полученные данные обеспечили не только количественную, но и качественную оценку состояния здания, выявив потенциально опасные направления осадки и крена. Методика, применённая в рамках данного мониторинга, может быть масштабирована и адаптирована для других объектов, где требуется наблюдение за устойчивостью конструкций в условиях эксплуатации.

Данная работа демонстрирует значимость регулярного геодезического контроля как инструмента инженерной безопасности и долгосрочной эксплуатации зданий в современных городских условиях.

Использованные источники

1. Гончаров К.А. Геодезический мониторинг зданий. — М.: Геоиздат, 2021.
2. Трифонов С.Н. Методы контроля деформаций. — СПб.: ПГСУ, 2020.
3. Журнал «Геодезия и картография». № 2, 2023.
4. Инструкция по применению тахеометра SOKKIA IM-102.