

М.А. Гендельманның 110 жылдығына арналған «Сейфуллин окулары – 19» халықаралық ғылыми - практикалық конференциясының материалдары = Материалы международной научно-практической конференции «Сейфуллинские чтения – 19, посвященной 110-летию М.А. Гендельмана». - 2023.- Т. I, Ч. IV. – С. 77-80.

**УДК 52.08**

## **МОНИТОРИНГ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

*Айтказинова Ш.К.<sup>1</sup>, к.т.н., асс. профессор,  
Капасова А.З.<sup>2</sup>, к.т.н., старший преподаватель,  
Доненбаева Н.С.<sup>2</sup>, м.т.н., старший преподаватель*

*<sup>1</sup>Казахский Национальный Исследовательский  
Технический Университет им. К.И. Сатпаева, г. Алматы  
<sup>2</sup>Казахский Агротехнический Университет им. С.Сейфуллина, г.  
Астана*

Введение. В настоящее время города и тем более мегаполисы переживают так называемый «строительный бум». Ведется интенсивное освоение территории наземного и подземного пространства - проходка метрополитена. 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. Из анализа проведенных геодезических наблюдений при строительстве инженерных сооружений на всей территории СНГ установлено, что объекты такого же рода в южном регионе имеют свои отличия от Центральных и Северных регионов. Это связано с тем, что некоторые города Средней Азии и Казахстана находятся в сейсмической зоне, в горных районах и на тектонических активных участках земной коры, особенно г.Алматы. Учитывая, условия в сейсмически опасных зонах при строительстве и эксплуатации крупных зданий и сооружений требуется особый подход к методам геодезических наблюдений за деформациями оснований и фундаментов таких важных объектов. Деформация зданий и сооружений - сложный процесс, зависящий от множества факторов. Сюда, помимо конструктивных особенностей, относят влияние природных условий (прочность и состав грунтов, интенсивность солнца, ветра и.т.п.) и деятельности человека. В общем случае под термином *деформация* понимают изменение формы объекта наблюдений. Сооружения в целом и их отдельные элементы испытывают различного вида деформации вследствие разных причин. В геодезической же практике принято рассматривать деформацию как изменение положения объекта относительно какого-либо первоначального положения.

Нормативный документ [1,2] определяет следующие виды деформаций: вертикальные перемещения (осадки, просадки, подъемы); горизонтальные перемещения (сдвиги).

Решение задач геодезического мониторинга высотных объектов осуществляется различными методами и в то же время основным нормативным документом, регламентирующим работы по выявлению деформационных процессов зданий и сооружений, с 2013 г. является обновлённый ГОСТ [1]. В целом стандарт сохранил многие положения предшественника 1981 г., не исключая при этом возможность применения современных геодезических методов, связанных с использованием современных электронных тахеометров, спутниковой навигации, а также ряда инструментальных методов. Кафедра «Маркшейдерское дело и геодезия» Казахского национального технического университета (КазНТУ им. К.И.Сатпаева) ведет работу по обеспечению устойчивости наземных и подземных сооружений «Алматыметро» с использованием современных приборов (рис.1).



Рисунок 1. а-станция метро «Москва»; б-зданий на земной поверхности станции

На контролируемых объектах закрепляли контрольные марки, мониторинговые призмы и осадочные марки, для производства дальнейших наблюдений за деформациями зданий и сооружений, обеспечивая необходимую точность согласно требованиям (рис.2, а). Массовое распространение в настоящее время получили роботизированные тахеометры с сервоприводами, обеспечивающими автоматическое вращение вокруг оси инструмента и вращение зрительной трубы (Рис.2, б). В таких приборах реализована возможность бесперебойного слежения за отражателями на огромных расстояниях. При этом специальное программное обеспечение (ПО) автоматически считывает данные приемов отдельных сеансов и результирует возможные перемещения целей на конкретный временной период.

Основным направлением развития электронных тахеометров является еще большая роботизация, сводящая функции пользователя к дистанционному контролю и управлению работой прибора. Также присутствует тенденция к оснащению приборов системами GPS. При этом тахеометры в комбинации с навигационными приемниками, цифровыми нивелирами и другими приборами, а также специальным управляющим ПО часто образуют специальные автоматизированные геодезические системы мониторинга [3].



Рисунок 2 - Расположение контрольных марок на объекте (а); мониторинг здания с применением роботизированного электронного тахеометра (б); общая схема GPS-мониторинг ветрового воздействия на высотное здание (в)

Факторами широкого использования аппаратуры пользователей глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) являются: непрерывность определения координат, всепогодность, оперативность определения координат, высокая точность получаемых результатов, малые габариты и вес приемников, малая энергоемкость, простота эксплуатации и сравнительно невысокая стоимость. В этой связи, GPS-системы могут быть эффективным инструментом при определении динамических показателей колебаний высотных зданий от ветровых воздействий. Для проведения мониторинга и комплексной оценки состояния сооружений нами использовались современные высокоточные электронные приборы фирмы Leica Geosystems (Швейцария), такие как: высокоточный тахеометр серии TCR 1201 и цифровой высокоточный нивелир DNA03, лазерный сканер Scanstation. После того как были получены данные по пунктам геодезической сети были уравнены и получены координаты в местной системе Almaty MSK, а также было проведено сгущение геодезической сети и заложены пункты геодезического обоснования для данной цели работ по которым так же был выполнен геодезический мониторинг (таблиц 1), (рис.3) [4].

Таблица 1 – Результаты мониторинга по опорным пунктам на станции «Москва»

№ репера	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	$\Delta h$
A-1	811.477	811.472	811.475	811.474	-3
A-3	810.664	810.663	810.663	810.658	-6
A-5	811.337	811.344	811.335	811.330	-7
A-7	812.412	812.416	812.408	812.410	-2
A-9	812.560	812.569	812.555	812.559	-1
A-11	812.403	812.408	812.406	812.403	0
A-13	812.648	812.655	812.648	812.646	-2
A-15	812.713	812.705	812.707	812.712	-1
A-17	812.861	812.858	812.858	812.859	-2
A-19	813.271	813.275	813.270	813.268	-3
A-21	813.955	813.955	813.955	813.955	0
A-23	814.344	814.346	814.344	814.342	-2
A-25	814.692	814.696	814.693	814.689	-3
A-27	815.035	815.039	815.033	815.031	-4
A-29	815.346	815.349	815.344	815.345	-1
A-31	812.288	815.289	815.287	815.288	0
A-33	816.831	816.831	816.825	816.831	0
A-35	816.843	816.845	816.842	816.843	0
A-37	817.236	817.236	817.236	817.234	-2
A-39	817.870	817.871	817.872	817.869	-1

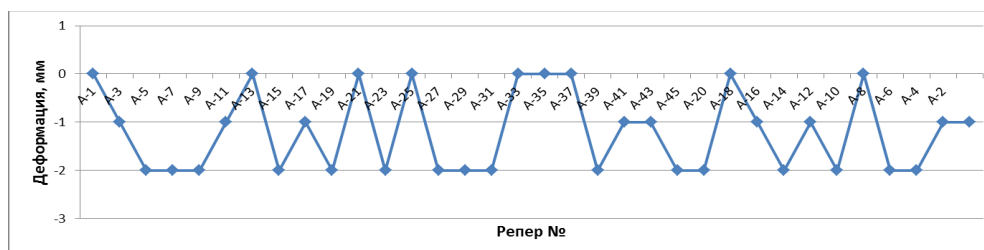


Рисунок 3 - График оседания репера по станции «Москва»

Эффективной мерой снижения степени сейсмической опасности в горной выработке является перечень мероприятий, предусмотренных «Инструкцией по безопасному ведению горных работ на рудных и нерудных месторождениях, объектах строительства, подземных сооружений, склоновых и опасных по горным ударам». Конечной целью для всех геомеханических исследований является обеспечение промышленной безопасности, то для сохранения подземных и наземных инженерных сооружений необходимо принимать меры по укреплению и упрочнению пород. При проходке метрополитена г.Алматы применяется метод химической цементации, который состоит из:

- бесшовной гидроизоляции кровли, полов, стен и др.
- водоподавления грунтовых/напорных вод, устранения капеза, намоканий, гидроизоляции деформационных швов полиуретановой пены;
- химического закрепления горной породы, почвы, строительных сооружений и гермитизация при проникновении воды и газа.

Опыт работы по применению способа проходки метрополитена г.Алматы с укреплением породы химическим способом [5-8] приведен на рисунке 4.



Рисунок 4 - Проходка туннеля с укреплением породы химическим способом

Выводы. Современные методы, рассмотренные нами, позволяют комплексно решать основные задачи геодезического мониторинга. Основная цель мониторинга деформаций – оценка перспективы состояния сооружения с точки зрения надежности, долговечности и безопасности его эксплуатации. Кроме того, прогноз позволяет обеспечить рациональное планирование различных ремонтных и реставрационных работ.

### Список литературы

- 1 . ГОСТ 24846–81 ГРУНТЫ. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений. Астана, 2003.
- 2 . СН РК 1.04.04-2002 Обследование и оценка технического состояния зданий и сооружений. / Астана, 2003.
- 3 . Пискунов М.Е. Методика геодезических наблюдений за деформациями сооружений. М.: Недра, 1980.
- 4 . Nurpeissova M., Ormanbekova A., Bek A. The Geodetic Monitoring of the Engineering Structures Stability Conditions [Text] / Journal of Engineering and Applied Sciences, -2017. - P. 9151-9163.
- 5 . Нурпеисова М.Б., Копжасарулы К. Мустафаулы Р. Наблюдение за деформациями инженерных сооружений в районе строительства «Алматыметро» [Текст] / Горный журнал Казахстана, №6, 2014.- С.18-20.
- 6 . Yambayev H. Special devices for engineering and geodetic works [Text]: – М.: MICAS, 2014.-380 p.
- 7 . Нурпеисова М.Б., Орманбекова А.Е., Бек А.А. Оценка технического состояния инженерных сооружений [Текст]: монография LAR LAMBERT Academic Publshing. -Германия, 2015.- 117 с.
- 8 . Nurpeissova M., Ormanbekova A., Бек A. The Geodetic Monitoring of the Engineering Structures Stability Conditions [Text] / Journal of Engineering and Applied Sciences, -2017. - P. 9151-9163.