УДК 528.4

ГЕОДЕЗИЧНИЙ МОНІТОРИНГ ЗА ПРОЦЕСОМ ОСІДАННЯ ФУНДАМЕНТУ БАГАТОПОВЕРХОВОЇ БУДІВЛІ

Дорош Любов[1*], Гринішак Микола[2]

[1-2] Кафедра геодезії та землеустрою, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна, *e-mail: liubov.dorosh@gmail.com

Анотація. *Ці дослідження спрямовані на розв'язання питань геодезичного моніторингу висотних споруд, зокрема методи спостереження за деформаціями конструкцій. Проведено ґрунтовний аналіз сучасних підходів та обґрунтовано необхідність використання високоточного геометричного нівелювання короткими променями, що відповідає нормативним вимогам точності у фіксації величини осідань. Робочий алгоритм охоплював встановлення деформаційних марок у фундаменті, проведення геодезичних спостережень з використанням високоточного нівелювання, а також аналіз та інтерпретацію отриманих даних. Представлено результати вибору базових висотних пунктів і місць розміщення деформаційних марок. Виконано аналіз змін висот марок за результатами п'яти серій спостережень, які охоплювали період з вересня 2019 року до червня 2024 року. Зібрані дані вказують на нерівномірне осідання фундаменту по периметру будівлі, що стало причиною утворення тріщин на її конструкції. На основі досліджень пропонується здійснення додаткових геологічних, гідрогеологічних та механіко-будівельних робіт для визначення можливості подальшої експлуатації споруди. У перспективі важливо забезпечити регулярний геодезичний контроль стану фундаменту з метою своєчасного виявлення критичних змін.*

Ключові слова: *деформація будівлі; геометричне нівелювання коротким променем; програма спостережень за деформаціями; деформаційна марка, осідання.*

Актуальність теми дослідження

Своєчасне спостереження за деформаціями споруд має велике значення для визначення міцності та стійкості останніх, для попередження їхнього руйнування або своєчасного оповіщення про настання аварійного стану. Спостереження ведуть з початку будівництва засобами дуже точних, ретельних і систематичних геодезичних вимірів, різноманітних за своїм характером. Геодезичні виміри повинні бути забезпечені високоточною і стабільною планово-висотною геодезичною мережею.

Результати періодичних спостережень дають можливість виявити не тільки значення деформацій, але і вжити профілактичних заходів для нормальної експлуатації інженерної споруди та технологічного обладнання. Геодезичні роботи на цьому етапі виконуються високоточними приладами за спеціально розробленою програмою.

Методика

У роботі (Mamajonova, 2023) наведені правила застосування методу візуального контролю, метою якого є виявлення незначних видимих проявів деформацій на початковій стадії чи зміни положення елементів конструкцій об'єкта. Згадані методи базуються на досить типових наземних геодезичних вимірюваннях. Шляхом поєднання різних методів досягається комплексний результат досліджень.

У наступній статті (Shults, 2023) автором висвітлено підхід до вирішення задач моніторингу споруд із використанням інтегрованої GNSS-системи та неметричних камер з QR-кодованими цілями. Запропонована методика дозволяє визначити зміну

геометричних параметрів конструкції під впливом зовнішніх факторів або навантажень, на основі чого можна спрогнозувати величини деформацій в подальшому.

Цікавим є застосування методів лазерного сканування для моніторингу будівель та споруд (Ćmielewski et al., 2023; Madimarova et al., 2022). За словами авторів, перевагою такого методу є швидке отримання великої кількості інформації, проте великий обсяг часу затрачається саме на опрацювання отриманих даних.

У праці фахівців з лазерного сканування (Zhou et al., 2022) представлено огляд методів та застосувань дослідження на основі візуалізації та лазерного моніторингу. Також пропонується застосування автоматичних безконтактних систем моніторингу і створення алгоритмів та програм для вирішення цих проблем.

У наступній статті (Kaartinen et al., 2022) розглядаються розробки для моніторингу стану конструкцій з використанням LiDAR, спрямовані на виявлення тріщин, деформацій, дефектів або змін у конструкціях з часом. Дослідження стосуються широкого спектру систем цивільної інфраструктури, включаючи мости, дороги та тротуари, тунелі та аркові конструкції, також оцінювання після катастроф тощо. Автори підкреслюють значний потенціал мобільних та стаціонарних пристроїв LiDAR (Light Detection and Ranging) для виявлення пошкоджень, оскільки сканування надає детальну геометричну інформацію про структури, що оцінюються

Виклад основного матеріалу

Для забезпечення проведення моніторингу будівлі у фундамент було закладено деформаційні марки загальною кількістю 63 знаки, що обумовлено доволі складною конфігурацією будівлі (рис.1). На об'єкті виконано 5 серій вимірів у період 09/2019 – 06/2024 рр. Виміри виконували високоточним електронним нівеліром DL-501 (серійний номер 560168) з автоматичним взяттям відліків за штрихкодовою рейкою. Перед початком кожної серії спостережень виконували дослідження нівеліра за програмою, вказано в інструкції з експлуатації приладу. Матеріали кожної серії спостережень зрівнювалися параметричним методом і виконувалась оцінка точності вимірів із використанням спеціально розробленого програмного комплексу, що базується на вирішенні оптимізаційної задачі нелінійного програмування.

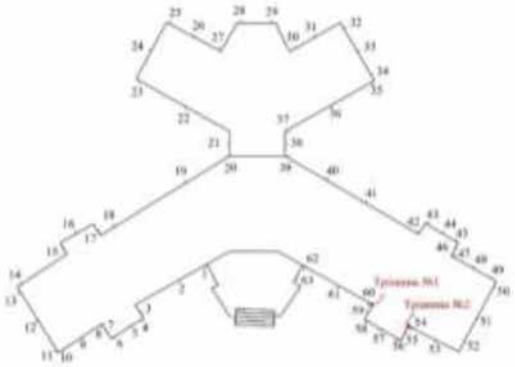

Рисунок 1. *Схема розміщення деформаційних марок на будівлі.*

Зафіксовані величини осідань на ділянках марок 43-47 та 55-59 в діапазоні від (- 2.5 мм) до (-7.6 мм) свідчать про те, що відбувається поступове осідання фундаментів відповідних сходових кліток відносно основного фундаменту будівлі, що видно і на графіку (рис. 2).

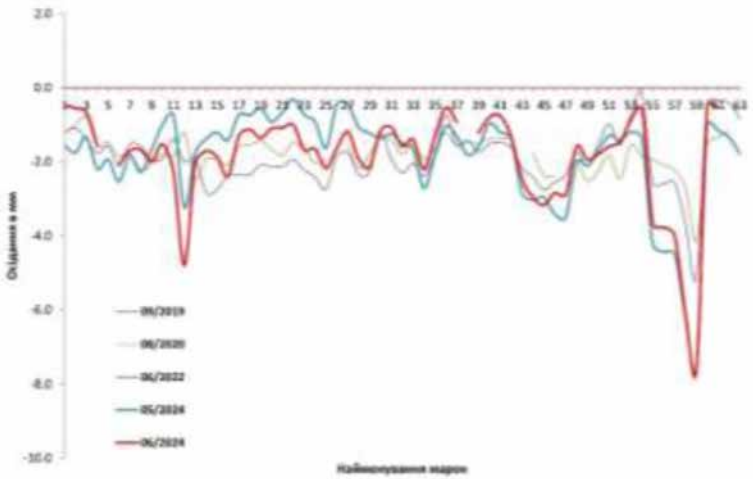

Рисунок 2. *Графік осідань деформаційних марок фундаментів будівлі за результатами вимірів у період з 09/2019 р. по 06/2024р.*

Висновки

Результати геодезичного моніторингу деформаційних фундаментних марок досліджуваної будівлі у період від 09/2019 р. до 06/2024 р. свідчать про наявність процесу осідання фундаментів сходових кліток правого крила будівлі відносно основного фундаменту (величини осідань від -2.5 мм до -7.6 мм). За досліджуваний період зафіксоване середнє осідання фундаментних деформаційних марок складає -1.9 мм. Проте найбільшу загрозу для будівлі становить саме нерівномірність осідань деформаційних марок (від -0.5 мм до -7.6 мм), що і призводить, на нашу думку, до утворення тріщин як на стінах (рис. 4), так і на фундаменті.

Перелік літературних джерел

Mamajonova, N., & Mirzayev, B. (2023). Monitoring and analysis of geodetic visual deformation. *Theoretical aspects in the formation of pedagogical sciences*, 2(5), 139-141.

Shults, R., Ormambekova, A., Medvedskij, Y., & Annenkov, A. (2023). GNSS-assisted low-cost vision-based observation system for deformation monitoring. *Applied Sciences*, 13(5), 2813. https://doi.org/10.3390/app13052813

Ćmielewski, K., Karsznia, K., Gołuch, P., & Kuchmister, J. (2023). The concept of surveying set for geometrical dimensioning of difficultly accessible objects. *Archives of Civil Engineering*, 69(1). DOI: 10.24425/ace.2023.144192

Madimarova, G., Suleimenova, D., Pentayev, T., Khalykov, Y., Baydauletova, G., Tumazhanova, S., Stankova, H. The geodetic monitoring of deformations of a high-rise building using ground-based laser scanning technology. *Journal of Applied Engineering Science*, 2022, 20 (4), pp. 1083-1092. https://doi.org/10.5937/jaes0-37001

Zhou, H., Xu, C., Tang, X., Wang, S., & Zhang, Z. (2022). A review of vision-laser-based civil infrastructure inspection and monitoring. *Sensors*, 22(15), 5882. https://doi.org/10.3390/s22155882

Kaartinen, E., Dunphy, K., & Sadhu, A. (2022). LiDAR-based structural health monitoring: Applications in civil infrastructure systems. Sensors, 22(12), 4610. https://doi.org/10.3390/s22124610

Асоціація Фахівців Землеустрою України

Асоціація Сертифікованих Геодезистів України
ГРОМАДСЬКА ОРГАНІЗАЦІЯ

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

Міжнародної конференції "Land Unity Summit 2025" 11-12 вересня 2025 р., Івано-Франківськ

LAND UNITY SUMMIT 2025
ІВАНО-ФРАНКІВСЬК

Міністерство економіки, довкілля та сільського господарства України
ДЕРЖГЕОКАДАСТР
Державне підприємство «Центр державного земельного кадастру»
AERO GEO GROUP
GEOGROUP
КИЇВСТАР
geofix
System Solutions
ElNaV
ГЕО ПРОСТОРИ
DRONEUA
PROTRADE
PROSCAN
GNSS MARKET
ABRIS
CubicOrb
SCANFLOW
CHCNAV
α-GEO
FJDynamics
Leica Geosystems
XGRIDS
Terra solid

УДК 528+332:349
М-34

Матеріали Міжнародної конференції "Land Unity Summit 2025" 11–12 вересня 2025 р., Івано-Франківськ: Видавництво ІФНТУНГ, 2025.– Мова укр. і англ.

ISBN-978-966-694-497-2-2025

У збірнику матеріалів конференції представлені роботи, які відображають загальнотеоретичні, методологічні, практичні проблеми та результати досліджень у галузі геодезії, інженерної геодезії, картографії, аерофотогеодезії, фотограмметрії, геоінформатики, кадастру, просторового планування територій, правових відносин у галузі землекористування та раціонального природокористування. Рекомендується для науковців, викладачів, аспірантів, студентів та широкого кола громадськості.

Матеріали конференції подано в авторській редакції. Відповідальність за зміст поданих матеріалів та точність наведених даних несуть автори.

ISBN-978-966-694-497-2-2025
© ІФНТУНГ, 2025