

УДК 528.4:332.3

DOI:10.33744/0365-8171-2025-117.1-132-138

UDC 528.4:332.3

**УДОСКОНАЛЕННЯ МОНІТОРИНГОВИХ ПРОЦЕСІВ ОБ'ЄКТІВ БУДІВНИЦТВА З
ВИКОРИСТАННЯМ ГЕОДЕЗИЧНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ**

**IMPROVEMENT OF MONITORING PROCESSES OF CONSTRUCTION OBJECTS USING
GEODETIC INFORMATION SYSTEMS**



Касьянов Володимир Володимирович, кандидат технічних наук, доцент кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків, Україна, e-mail: kasyanow.vladimir@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-3506-5982>



Мамонов Костянтин Анатолійович, доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків, Україна, e-mail: kostia.mamonov2017@gmail.com

<http://orcid.org/0000-0002-0797-2609>



Радзінська Юлія Борисівна, кандидат технічних наук, Доцент кафедри Земельного адміністрування та геоінформаційних систем, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, м. Харків, Україна, e-mail: radzinskayayb@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-1661-7975>



Желтобрюх Андрій Олександрович, магістр спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій», Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків, Україна, e-mail: takneprikolno@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0004-7087-1394>

Анотація. Визначена актуальність дослідження. Моніторинг характеризується системою формування повної, достовірної інформації про технічний стан об'єктів будівництва, який обумовлений просторовими, містобудівними, екологічними параметрами, для реалізації моніторингових процедур застосовуються сучасні геодезичні, геоінформаційні та інші системи.

Досягнута мета дослідження щодо характеристики моніторингових процесів об'єктів будівництва з використання геодезичних інформаційних систем. Для досягнення поставленої мети вирішені завдання: обґрунтування геодезичної інформаційної системи; інструментарій здійснення геодезичної інформаційної системи.

Використання геодезичних інформаційних систем у будівництві дозволяє забезпечити точність виконання робіт, підвищити ефективність управління проектами та зменшити ризики. Інтеграція із сучасними технологіями (такими як BIM і GNSS) відкриває нові можливості для координації учасників проекту, моніторингу виконання завдань і оптимізації ресурсів.

Характеризуючи практичні аспекти геодезичної інформаційної системи визначено, що геодезичний моніторинг об'єкта будівництва виконаний із використанням сучасного обладнання, такого як електронний тахеометр South NTS 352 RL, забезпечив отримання високоточного аналізу стану конструктивних елементів будівлі. Завдяки впровадженню BIM-технологій результати геодезичних вимірювань інтегровані у цифрову систему, що дозволило створити тривимірну модель об'єкта, провести детальний аналіз змін геометрії конструкцій та оцінити ступінь їх пошкоджень.

Використання BIM-технологій дозволило ефективно інтегрувати всі геодезичні дані і перетворити їх у віртуальну модель будівлі, що дало змогу створити точне і детальне відображення об'єкта, яке включало кілька важливих елементів: положення ригелів на рівнях поверхів, що дозволило чітко візуалізувати їх стан і виявлені відхилення; деталі пошкоджених конструкцій, включаючи деформації, які стали результатом вибуху; геометрія фасадних стін, що була побудована з урахуванням вертикальних відхилень і деформацій, що виникли в результаті руйнувань. Цей процес, завдяки інтеграції різних даних у єдину віртуальну модель, дозволяє зробити модель максимально реалістичною і точною. Такий підхід є надзвичайно важливим для подальшого оцінювання потенційних загроз або визначення масштабів необхідних ремонтних робіт. Віртуальна модель дозволяє не тільки візуалізувати будівлю, але й здійснювати прогнози щодо її подальшого відновлення та оптимізації проекту.

Ключові слова: моніторинг, об'єкти будівництва, геодезичні інформаційні системи, геодезичний моніторинг, використання земель.

Вступ. Будівництво виступає індикатором розвитку економіки держави і є важливою сферою у контексті функціонування інших галузей та життєдіяльності населення. За останні роки спостерігаються неоднозначні процеси у будівельній сфері, де хвилеподібними тенденціями визначаються: індекс будівельної продукції, загальна площа житлових і нежитлових будівель. Найбільш постраждав від ведення військових дій житловий сектор. Тому виникає необхідність застосування сучасного інструментарію відбудови об'єктів земельно-майнового комплексу, забезпечення ефективності використання земель.

У цьому контексті заслуговує на увагу розробка та реалізація моніторингу об'єктів будівництва з використанням геодезичних інформаційних систем. Проблемним питанням залишається розробка геодезичних інформаційних систем, підготовка фахівців для їх застосування. Крім того, поглиблюють представлені процеси необхідність удосконалення моніторингових процесів об'єктів нерухомості. Отже, тема дослідження є актуальною і має своєчасний характер.

Огляд існуючих теоретичних розробок. В існуючих наукових дослідженнях обґрунтовані теоретичні положення до визначення моніторингу, інструментарій якого застосовується для об'єктів нерухомості. Зокрема, на методах моніторингу будівель і спорудо зосереджується увага у [1–3].

Визначено інструментарій автоматизації систем моніторингу:

- датчики деформації;
- датчики тиску;
- щілиноміри;
- акселерометри;
- інклінометри;
- тахеометри [4–5].

Моніторинг технічного стану будівель і споруд проводиться з метою:

- контролю та оцінення впливу природних, техногенних, антропогенних та інших факторів на технічний стан об'єкта, прилеглої забудови та навколишнього середовища;
- виявлення в об'єктах негативних змін напружено-деформованого стану;
- забезпечення безпечного функціонування об'єктів за рахунок своєчасного виявлення на ранній стадії негативних змін напружено-деформованого стану конструкцій та ґрунтів основ;
- відстеження міри і швидкості зміни технічного стану об'єкта для здійснення у разі потреби екстрених заходів із запобігання його обваленню [4, 6].

Для проведення моніторингу будівель і споруд застосовується нормативні документи: ДБН А.2.2-3-2014 «Склад та зміст проектної документації на будівництво», ДБН В.2.2-15-2019 «Житлові будинки. Основні положення», ДБН В.3.1-2-2016 «Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних конструкцій і основ промислових будинків та споруд», ДСТУ Б В.2.6-210:2016 «Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються».

Запропоновані основні елементи моніторингу об'єктів будівництва:

- програма моніторингу, в якій встановлюються: необхідні контрольовані параметри; види фізичних вимірювань, кількість і місця проведення; періодичність виконання оцінення технічного стану будівлі чи споруди;
- інформаційна система забезпечує збір, систематизацію, обробку, зберігання, доступ, відображення і розповсюдження даних про стан будівельних конструкцій будівель і споруд в різні періоди будівництва та експлуатації;
- система обстежень технічного стану, спостережень і діагностики параметрів будівельних конструкцій [4].

Визначено, що моніторинг – це система, задачею якої є збирання достовірної і оперативної інформації про стан експлуатаційної спрацьованості елементів будівель і споруд та інженерних систем, аналіз інформації з метою оцінювання впливу факторів на стан експлуатаційної спрацьованості елементів, прогнозування термінів відновлення, оцінка ефективності експлуатації [4].

Отже, моніторинг характеризується системою формування повної, достовірної інформації про технічний стан об'єктів будівництва, який обумовлений просторовими, містобудівними, екологічними параметрами, для реалізації моніторингових процедур застосовуються сучасні геодезичні, геоінформаційні та інші системи.

Метою дослідження є характеристика моніторингових процесів об'єктів будівництва з використання геодезичних інформаційних систем. Для досягнення поставленої мети вирішуються завдання:

- обґрунтування геодезичної інформаційної системи;
- інструментарій здійснення геодезичної інформаційної системи.

Виклад основного матеріалу. Геодезична інформаційна система характеризується як комплексний інструмент, що включає апаратне, програмне забезпечення та алгоритми для збору, зберігання, аналізу, обробки та візуалізації геопросторових даних. Основна роль геодезичної інформаційної системи у будівництві полягає у тому, що вона дозволяє поєднати модельне зображення території (електронне відображення карт, схем, супутникових та аерозображень земної поверхні) з інформацією табличного типу (різноманітні статистичні дані, списки, тощо). Геодезична інформаційна система допомагає в оптимізації процесів управління проектами, підвищенні точності робіт та забезпеченні постійного моніторингу виконання будівельних робіт. У сучасних умовах зростання масштабів будівництва та ускладнення інженерних задач вимагає інноваційних підходів, зокрема інтеграції геодезичних систем у кожний етап реалізації будівельного процесу. Геодезичні інформаційні системи впливають на формування та реалізацію геодезичного моніторингу об'єктів будівництва. Виділяють наступні системи:

- моніторингові;
- проектні;
- будівельно-виробничі;

Моніторингові системи служать для безперервного спостереження за станом будівельних конструкцій як під час активного етапу будівництва, так і після завершення проекту, коли об'єкт здано в експлуатацію. Моніторинг здійснюється за допомогою сучасних високоточних приладів, зокрема лазерних сканерів, датчиків деформації, тахеометрів і супутникових технологій GNSS, які дозволяють фіксувати найменші зміни та зміщення у реальному часі [7].

Проектні геодезичні інформаційні системи займають важливе місце на етапі підготовки та проектування будівельних робіт. Вони забезпечують інтеграцію просторових і геологічних даних, що допомагає приймати обґрунтовані рішення стосовно вибору ділянок для будівництва, планування інфраструктури та використання відповідних будівельних технологій.

Будівельно-виробничі геодезичні інформаційні системи є безпосередньо пов'язаними з організацією та контролем процесів під час будівництва. Їх основна функція полягає в координації дій всіх учасників проекту, контролі термінів виконання робіт та оптимізації використання ресурсів. За допомогою таких систем будівельні компанії можуть інтегрувати проектну документацію з фактичними даними, відстежувати прогрес на кожному етапі будівництва та забезпечувати доступ до актуальної інформації у режимі реального часу.

Геодезична інформаційна система надає можливість інтегрувати екологічний моніторинг у процес будівництва, відстежуючи вплив робіт на повітря, ґрунт і воду. Наприклад, система може аналізувати рівень викидів транспортних засобів, що використовуються на об'єкті, або відстежувати стан водних ресурсів поблизу майданчика [8].

Застосування програмних платформ, призначених для обробки геодезичних даних, є ключовим елементом системи управління будівельними процесами. Платформа ArcGIS є однією з найважливіших у цій сфері завдяки розширеному набору інструментів для управління геоданими та створення інтегрованих картографічних моделей. Ця високопродуктивна геоінформаційна платформа дозволяє виконувати аналіз рельєфу, створювати тривимірні моделі території та будівельних об'єктів, а також проводити прогнозування впливу природних і техногенних факторів на проєктовані споруди. Такий комплексний підхід дозволяє приймати обґрунтовані рішення на основі точних даних, що значно знижує будівельні ризики та підвищує рівень безпеки на об'єкті. ArcGIS забезпечує єдину інформаційну базу для всіх підрозділів підприємства, що дозволяє уникнути дублювання даних і сприяє ефективній координації між фахівцями [9].

Іншим важливим інструментом є AutoCAD Civil 3D, платформа для проектування та автоматизації інженерних робіт, яка поєднує геодезичні дані з будівельними проєктами. Ця платформа дозволяє працювати з такими елементами, як поверхні, горизонтальні й вертикальні профілі, траси та інші інфраструктурні об'єкти, створюючи цифрові моделі об'єктів із високою точністю. Civil 3D забезпечує легку інтеграцію з геопросторовою інформацією, що значно підвищує ефективність проектування та знижує ризики, пов'язані з неточностями у побудові об'єктів. Таким чином, інженери можуть створювати точні цифрові моделі об'єктів, що слугують основою для подальшого аналізу та оптимізації процесів.

Застосовується спеціалізоване програмне забезпечення Leica Infinity, призначене для управління геодезичними даними. Leica Infinity дозволяє імпортувати й обробляти дані з різних геодезичних пристроїв компанії Leica, таких як GPS-приймачі, тахеометри та лазерні сканери. Платформа об'єднує дані з різних джерел у єдину інформаційну базу, що полегшує управління великими обсягами інформації та знижує ризик втрати важливих даних. Leica Infinity забезпечує високу точність вимірювань і можливість експорту даних у формати, сумісні з іншими програмами, що є важливим для інтеграції всієї системи підприємства.

Тахеометри є іншими важливими інструментами, що забезпечують точне розташування об'єктів завдяки вимірюванню відстаней, горизонтальних і вертикальних кутів. Тахеометри використовуються для дослідження складних і важкодоступних ділянок, включаючи лісові або густонаселені території. Перевагою тахеометрів є їхня інтеграція з програмним забезпеченням, що дозволяє передавати зібрані дані безпосередньо в геодезичну інформаційну систему. Це значно

скорочує час на обробку інформації й знижує ризик помилок, які можуть виникати при ручному введенні даних [10].

Висновки. Таким чином, використання геодезичних інформаційних систем у будівництві дозволяє забезпечити точність виконання робіт, підвищити ефективність управління проектами та зменшити ризики. Інтеграція із сучасними технологіями (такими як BIM і GNSS) відкриває нові можливості для координації учасників проекту, моніторингу виконання завдань і оптимізації ресурсів.

Характеризуючи практичні аспекти геодезичної інформаційної системи визначено, що геодезичний моніторинг об'єкта будівництва виконаний із використанням сучасного обладнання, такого як електронний тахеометр South NTS 352 RL, забезпечив отримання високоточного аналізу стану конструктивних елементів будівлі. Завдяки впровадженню BIM-технологій результати геодезичних вимірювань інтегровані у цифрову систему, що дозволило створити тривимірну модель об'єкта, провести детальний аналіз змін геометрії конструкцій та оцінити ступінь їх пошкоджень.

Використання BIM-технологій дозволило ефективно інтегрувати всі геодезичні дані і перетворити їх у віртуальну модель будівлі, що дало змогу створити точне і детальне відображення об'єкта, яке включало кілька важливих елементів: положення ригелів на рівнях поверхів, що дозволило чітко візуалізувати їх стан і виявлені відхилення; деталі пошкоджених конструкцій, включаючи деформації, які стали результатом вибуху; геометрія фасадних стін, що була побудована з урахуванням вертикальних відхилень і деформацій, що виникли в результаті руйнувань. Цей процес, завдяки інтеграції різних даних у єдину віртуальну модель, дозволяє зробити модель максимально реалістичною і точною. Такий підхід є надзвичайно важливим для подальшого оцінювання потенційних загроз або визначення масштабів необхідних ремонтних робіт. Віртуальна модель дозволяє не тільки візуалізувати будівлю, але й здійснювати прогнози щодо її подальшого відновлення та оптимізації проекту.

Перелік посилань

1. Лучко І. Й., Коваль П. М., Дем'ян М. Л. Методи дослідження та випробування будівельних матеріалів і конструкцій. Львів: Каменяр, 2001. 425 с.
2. Попруга Д. В., Валовой О. І. Проблеми моніторингу технічного стану будівель і споруд. Вісник Криворізького національного університету. 2013. Вип 34. С. 186–190.
3. Трикоз Л. В., Юрченко Р. В. Систематизація дефектів залізобетонних мостів залізниць України за результатами їх обстеження. Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. 2021. Вип. 197. С. 18–28.
4. Шатов С. В., Богаченко С. В. Аналіз методів моніторингу технічного стану будівельних конструкцій та законодавчих і нормативних документів. Український журнал будівництва та архітектури, № 6 (018), 2023. С. 136–142. URL: <http://uajcea.pgasa.dp.ua/article/view/299126/291588>
5. McRae J. B., Simmonds T. Long-term stability of vibrating wire instruments. One manufacturer's perspective. Proceedings of the 3th International Symposium on Field Measurements in Geomechanics. FMGM. Oslo, Norway, 1991. С. 283–293.
6. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. Київ: ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва», 2017. 44 с.
7. Longley P., Goodchild M., Maguire D., Rhind D. Geographic information science and systems. Wiley, 2015.
8. Дячун В. П., Шишкін С. В. Геоінформаційні системи та їх застосування у моніторингу навколишнього середовища. Вісник Харківського національного університету будівництва та архітектури. 2017. Т. 2. № 5.
9. Єрмаков О. В. Роль геоінформаційних систем у підвищенні ефективності управління будівництвом. Технології майбутнього. 2018.
10. Гончаренко В. М., Сидоренко Л. А. Роль високоточних gps-приймачів і тахеометрів у створенні геопросторових моделей. Сучасні технології в геодезії та картографії. 2018.

IMPROVEMENT OF MONITORING PROCESSES OF CONSTRUCTION OBJECTS
USING GEODETIC INFORMATION SYSTEMS

Kasyanov Vladimir, Candidate of Technical Sciences, Docent of the Department of Land Administration and Geographic Information Systems, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, e-mail: kasyanow.vladimir@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3506-5982>

Mamonov Kostiantyn, Doctor of Economic Sciences, Professor, Department of Land Administration and Geographic Information Systems, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, e-mail: kostia.mamonov2017@gmail.com, tel. +380992917354, <http://orcid.org/0000-0002-0797-2609>

Radzinska Yuliia, Candidate of Technical Sciences, Docent of the Department of Land Administration and Geographic Information Systems, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, e-mail: radzinskayayb@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1661-7975>

Zheltobriukh Andrii, Master of Specialty 193 «Geodesy and Land Management», O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, e-mail: takneprikolno@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0004-7087-1394>

Summary. The relevance of the study is determined. Monitoring is characterized by a system of formation of complete, reliable information about the technical condition of construction objects, which is due to spatial, urban planning, environmental parameters, modern geodetic, geoinformation and other systems are used to implement monitoring procedures.

The purpose of the study has been achieved to characterize the monitoring processes of construction objects for the use of geodetic information systems. To achieve this goal, the task is solved: justification of the geodetic information system; tools for implementing a geodetic information system.

The use of geodetic information systems in construction allows to ensure the accuracy of work, increase the efficiency of project management and reduce risks. Integration with modern technologies (such as BIM and GNSS) opens up new opportunities to coordinate project participants, monitor tasks and optimize resources.

Characterizing the practical aspects of the geodetic information system, it is determined that geodetic monitoring of the construction object was made using modern equipment, such as an electronic tacheometer South NTS 352 RL, provided a high -precision analysis of the state of structural elements of the building. Due to the introduction of BIM technologies, the results of geodetic measurements are integrated into a digital system, which allowed to create a three-dimensional model of the object, to carry out a detailed analysis of changes in the geometry of structures and to evaluate the degree of damage. The use of BIM technologies has allowed to effectively integrate all geodetic data and turn them into a virtual model of the building, which made it possible to create an accurate and detailed display of the object, which included several important elements: the position of rogels at the levels of floors, which allowed them to clearly visualize their condition and detected deviation; details of damaged structures, including deformations that were the result of the explosion; The geometry of the facade walls, which was built taking into account the vertical abnormalities and deformities that arose from the destruction. This process, through the integration of different data into a single virtual model, makes the model as realistic and accurate as possible. This approach is extremely important for further assessment of potential threats or determining the extent of the necessary repair work. The virtual model not only visualizes the building, but also forecasts for its further restoration and optimization of the project.

Keywords: monitoring, construction objects, geodetic information systems, geodetic monitoring, land use.

References

1. Luchko, I. I., Koval, P. M., Demian, M. L. (2001) Methods of research and testing of building materials and structures. Lviv: Kamenar, 425 p.
2. Poproug, D. V., Valovoy, O. I. (2013) Problems of monitoring the technical condition of buildings and structures. Bulletin of Kryvyi Rih National University. Issue 34. Pp. 186–190.
3. Trikoz, L. V., Yurchenko, R. V. (2021) Systematization of defects of reinforced concrete bridges of Ukraine on the results of their survey. Collection of scientific works of the Ukrainian State University of Railway Transport. Issue 197. Pp. 18–28.
4. Shatov, S. V., Bogachenko, S. V. (2023) Analysis of methods of monitoring the technical condition of building structures and legislative and regulatory documents. Ukrainian Journal of Construction and Architecture. № 6 (018). Pp. 136–142. <http://uajcea.pgasa.dp.ua/article/view/299126/291588> [in Ukrainian].
5. Mcrae, J. B., Simmonds, T. (1991) Long-Term Stability of Vibrating Wire Instruments. One Manufactura's Perspective. Proceedings of the 3th International Symposium on Field MeASUREMENTS IN GEOMECHANICS. FMGM. Oslo, Norway. Pp. 283–293.
6. DSTU-N B B.1.2-18: 2016. Guidelines for inspection of buildings and structures to determine and evaluate their technical condition. Kyiv: SE «Research Institute of Construction Production», 2017. 44 p.
7. Longley, P., Goodchild, M., Maguire, D., Rhind, D. (2015) Geographic Information Science and Systems. Wiley.
8. Dyachun, V. P., Shishkin, S. V. (2017) Geoinformation systems and their application in environmental monitoring. Bulletin of Kharkiv National University of Construction and Architecture. Vol. 2. № 5.
9. Yermakov, O. V. (2018) The role of geoinformation systems in improving the efficiency of construction management. Technologies of the future.
10. Goncharenko, V. M., Sidorenko, L. A. (2018) The role of high-precision GPS-receivers and tachometers in the creation of geospatial models. Modern technologies in geodesy and cartography.