

Сергій Миколайович Заворотний

кандидат технічних наук, старший викладач кафедри геодезії, картографії та землеустрою
Національний університет «Чернігівська політехніка» (Чернігів, Україна)

E-mail: zavorotnyiserhii@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2139-8877>. ResearcherID: [KIB-2615-2024](https://pubs.rsos.royalsocietypublishing.org/author/KIB-2615-2024)

**АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНИХ МЕТОДІВ
МОНІТОРИНГУ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД ОБ'ЄКТІВ
ІСТОРИКО-КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ**

У роботі виконано аналіз сучасних інженерно-геодезичних методів моніторингу будівель і споруд з урахуванням особливостей моніторингу об'єктів історико-культурної спадщини. Розглянуто практичний досвід створення нової основи для подальшого моніторингу історичної будівлі міста Вроцлав із висвітленням особливостей створення мережі контрольних точок для періодичного моніторингу деформацій. Наведений найбільш ефективний метод моніторингу розкриття тріщин у будівлях чи спорудах історико-культурного значення на основі практичного досвіду.

Ключові слова: інженерно-геодезичний моніторинг; деформації; будівлі та споруди; нівелювання; опорна мережа.

Рис.: 4. Бібл.: 9.

Актуальність теми дослідження. В умовах війни одним із найбільш важливих питань після збереження та відновлення територіальної цілісності України є збереження об'єктів історико-культурної спадщини. Місто Чернігів є одним із найбільш древніх міст України, будівлі та споруди історико-культурної спадщини якого мають не тільки місцеве, а й державне значення. Оскільки ці будівлі мають значний період експлуатації виникає необхідність створення моніторингової бази та виконання на її основі періодичного моніторингу об'єктів сучасними методами для уникнення непередбачених руйнівних деформацій унаслідок вибухів та вібрацій пов'язаних із ними. З метою контролю за можливими деформаційними процесами будівель та споруд використовують методи інженерно-геодезичні методи моніторингу. Ця стаття має оглядовий характер та призначена тільки для аналізу наявних методів.

Постановка проблеми. Геодезичний моніторинг будівель та споруд включає складну систему вимірювань, фіксацій отриманих результатів та їх аналітичної обробки, з метою визначення можливих деформацій. Зазвичай моніторинг виконується в період будівництва та перших років після завершення (залежно від складності об'єкта), коли виникають найбільші деформації. Інші деформації можуть бути спричинені техногенними впливами, допущенням помилок при проєктуванні чи в процесі будівництва, використанні неякісних будівельних матеріалів, неправильна експлуатація тощо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Нормативне забезпечення проведення геодезичного моніторингу регламентується нормативною базою [1-4]. Питанням геодезичного моніторингу будівель та споруд займаються такі вітчизняні науковці, як М. С. Яковенко, Є. В. Зорін, Ю. Б. Мелашенко, О.В. Нестеренко. Зокрема, у роботі [5] викладено матеріали багаторічного досвіду моніторингу будівель та споруд. Методи геодезичного моніторингу висвітлені в роботі [6]. Частково у своїх роботах розглянули інженерно-геодезичний моніторинг історичних будівель розглянуто в роботі [7]

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Виконавши аналіз літературних джерел було визначено, що велику увагу приділяють питанню інженерно-геодезичному моніторингу нового будівництва та супроводу під час процесу осідання об'єкта, водночас проблема моніторингу будівель та споруд історико-культурної спадщини висвітлено частково або відсутні.

Метою статті є проведення аналізу сучасних інженерно-геодезичних методів моніторингу будівель та споруд з метою можливості їх використання для збереження об'єктів історико-культурної спадщини міста Чернігова.

Виклад основного матеріалу. Будівлі історико-культурної спадщини міста Чернігова є не від’ємною частиною історичного надбання України, об’єкти якого були побудовані майже тисячу років тому. Одним з яскравих представників є Спасо-Преображенський собор, який є одним із найдавніших храмів Русі (1033-1034 рр.). До таких факторів належать: власна вага об’єкта чи комплексу, додаткові навантаження чи їхня динамічна зміна (наприклад, тиск вітру), динамічні впливи (наприклад, вібрації), нестабільності основи, зміни температурних режимів та вологість, тиск води або льоду, якщо будівлі чи споруди знаходяться поблизу водойм, утворення карстів, помилки та недосконалості, що допущені під час будівництва, втрата пружних властивостей та міцнісних характеристик будівельних матеріалів та інше [2].

З метою усунення передчасного руйнування та запобігання знищенню будівель та споруд історико-культурної спадщини Чернігова, необхідно проводити періодичний геодезичний моніторинг. Сучасні інженерно-геодезичні методи моніторингу будівель та споруд, що застосовуються в цивільному будівництві, надають можливість завчасно виявити недопустимі деформації та передбачити незворотний процес руйнування.

Дані методи характеризуються можливістю отримання великої кількості інформації включаючи визначення числових характеристик переміщення характерних точок будівель та споруд у певний проміжок часу за допомогою їх фіксації в місцевих або умовних системах координат [2].

Відповідно до [1] у процесі моніторингу історичних споруд визначаються такі характеристики деформацій: для наземної частини будинку: а) відхили від вертикалі (крен) будівельних конструкцій (осей колон, стін, ліфтових шахт тощо) або будівлі (споруди) загалом; б) деформації колон і інших бетонних конструкцій; в) розкриття тріщин, динаміка їхнього розвитку.

Залежно від технічного завдання та характеристик деформацій, які потрібно визначити, можна виокремити такі інженерно-геодезичні методи моніторингу будівель та споруд: моніторинг вертикального переміщення будівель та споруд; моніторинг горизонтального переміщення будівель та споруд; 3D лазерне сканування будівель та споруд; моніторинг за допомогою GNSS вимірів; стереофотограмметрія; моніторинг за допомогою БПЛА; інклінометрія; моніторинг за допомогою автоматизованих геодезичних комплексів (АГК); комбіновані методи.

На рис. 1 наведено сучасні інженерно-геодезичні методи моніторингу будівель та споруд [8].

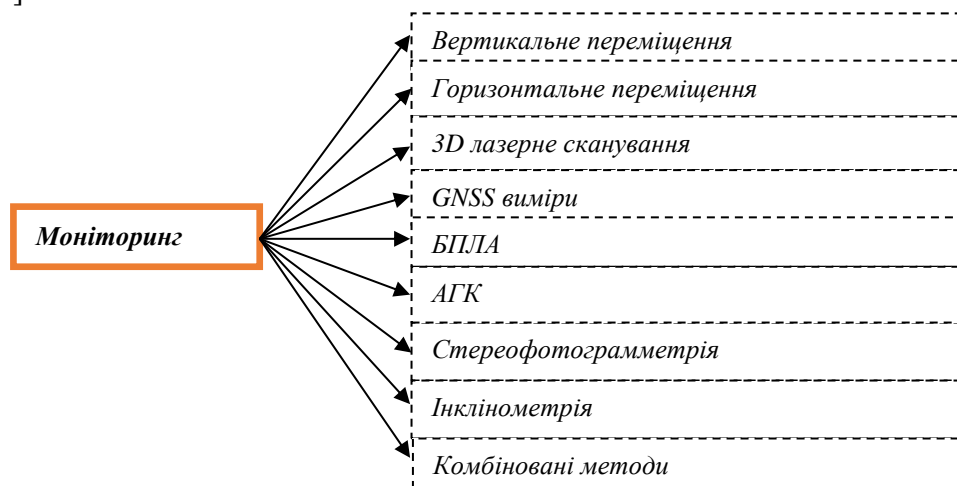


Рис. 1. Сучасні інженерно-геодезичні методи моніторингу будівель та споруд
Джерело: розроблено автором.

Моніторинг вертикального переміщення виконується за рахунок геометричного та тригонометричного нівелювання шляхом фіксування перевищень висотного положення характерних точок будівлі чи споруди у вертикальній площині. Як вказано в [6], до переваг даного методу можна віднести: висока точність (геометричне в порівнянні більш точне, ніж тригонометричне); низька вартість; простота отримання, обробки та аналізу даних. Для вимірів використовуються високоточні прецизійні нівеліри з точністю 0,3 мм/км, а як опорні точки використовують геодезичні марки, що закріплюються в конструктивних елементах будівлі та забезпечують можливість безперебійного доступу для вимірів, жорсткість та міцність [5].

Моніторинг горизонтального переміщення реалізують за рахунок виконання лінійно-кутових спостережень планового положення характерних точок будівлі або споруди в горизонтальній площині. Як точки використовуються деформаційні марки, а планове положення змінюють координат X та Y [6]. Головною перевагою цього методу є висока точність, однак вартість та рівень складності обробки та отримання інформації дещо складніший, ніж у попереднього методу. Враховуючи досвід [5] для виконання моніторингу використовують сучасні тахеометри (з кутковою точністю не менше 2" та 2 мм для віддалі), призми (відбивачі), віхи, оптичні центри та геодезичні марки.

3D лазерне сканування є одним із найбільш сучасних та продуктивних методів. Метод реалізується за допомогою сучасних 3D сканерів, які дозволяють отримати 3-вимірну модель об'єкта спостереження [6]. Ця модель відображає всі геометричні параметри об'єкта у вигляді масиву точок, що в свою чергу дозволяє виконувати аналіз кренів будівель та споруд, їхні геометричні характеристики, положення в просторі [4]. Перевагою даного методу є отримання великої кількості інформації у вигляді 3-вимірної моделі, що спрощує процес аналізу, в порівнянні з попередніми методами має значну вартість. Також сканування об'єктів історичного значення надасть можливість відтворити зруйновані конструкції внаслідок деформацій та руйнувань.

GNSS виміри забезпечує можливість визначення просторового положення точок за допомогою супутникових навігаційних систем [5]. Перевагою цього методу є миттєве отримання геодезичних координат XYZ опорних точок спостереження, але конструктивна особливість обладнання, а також часта втрата фіксованого сигналу (зменшення вікна спостереження) біля споруд та будівель унеможлиблює в деяких випадках використання GNSS обладнання для вимірів горизонтального положення будівлі та вертикального переміщення. Здебільшого цей метод використовується для спостереження динаміки змін поверхні ґрунту навколо будівель, створення опорних мереж для геодезичного моніторингу.

БПЛА. Цей метод є додатковий до інших методів та може бути застосований для створення попередніх креслень, отримання зображень у важкодоступних зонах, які характерні для історико-культурних об'єктів, сезонного спостереження тощо. БПЛА можуть бути оснащені камерою високої чіткості, RFID-зчитувачем, пристроєм GNSS, Wi-Fi, а також інфрачервоний, ультразвуковий чи лазерний сканер [3].

Автоматизовані геодезичні комплекси включають у себе цілий клас сучасного обладнання. До них належать роботизовані тахеометри, датчики постійного стеження, датчики нахилу, електронні рівні [5]. Ці прилади можуть дозволити в автоматичному чи напівавтоматичному режимі виконувати спостереження, використовуючи систему датчиків можливо виконувати постійний моніторинг за деформаціями. Сучасні системи можуть надати не тільки автоматичне виконання робіт, а навіть дистанційне з автоматичним внесенням динаміки змін у базу даних. Перевагою даного методу є швидкість отримання результатів спостережень, автономність процесу, зменшення трудовитрат, можливість виконання моніторингу в режимі реального часу [5]. Недоліком є потреба у кваліфікованих спеціалістах, залежно від комплексу – значна вартість.

Стереофотограмметрія застосовується для об'єктів зі складною геометричною формою, об'єктів, які мають швидку динаміку змін, забезпечуючи можливість поступового фотографування та спостереження за змінами з точністю до міліметрів [3; 5]. Донедавна метод був не дуже поширений, але сучасні стерефотокамери та новітні програмні забезпечення, дозволили покращити якість і збільшити швидкість обробки зображення для аналізу [8]. У результаті можливо отримати змодельовану поверхню на площину, така особливість цього методу надає можливість зберігати інформацію про об'єкти історико-культурного значення не тільки у вигляді числових показників, а й у вигляді логічно пов'язаних фото матеріалів, що дозволить при пошкодженні будівлі внаслідок воєнних дій чи значних деформацій відтворити її первісний стан.

Інклінометрія [8] є більш вузькоспрямованим методом і використовується в індивідуальних проєктах. Він полягає у використанні труби (моніторингова шахта), яка встановлюється у вертикальне або горизонтальне положення (залежно від характеру спостереження), по якій транспортують зонд у двох взаємно перпендикулярних напрямках (площинах). Шахта має властивість приймати деформований стан (нахилятися, прогинатися, приймати опуклу чи випуклу форму) відповідно до форми об'єкта [8].

Комбінований метод може поєднувати в собі деякі або всі вищевказані методи з метою виконання найбільш ефективного та економічно обґрунтованого геодезичного моніторингу. Залежно від характеру об'єкта, його складності, терміну спостережень, деякі методи можуть бути поєднані, а інколи навіть всі разом.

Обираючи методи для моніторингу споруди та будівлі історико-культурної спадщини, потрібно врахувати всі особливості та ретельно вивчати об'єкт, оскільки на відміну від типового будівництва історичні будівлі та споруди мають своє унікальне конструктивне та планове рішення, фундаменти, ландшафт, кліматичні та погодні умови. Також потрібно враховувати, що часто такі об'єкти розташовані комплексом, що потребує ще більш детального вивчення та процесу попередньої підготовки. Такими комплексами в місті Чернігові є комплекс історичних будівель на Валі (Спасо-Преображенський собор XI ст., Борисоглібський собор XII ст., Чернігівський колегіум XVIII ст.), комплекс будівель та споруд Свято-Троїцького собору XVII ст., Антонієві печери – печерний комплекс XI — XIX ст. та інші.

Як приклад у науковій роботі [6] для інженерно-геодезичного моніторингу були обрані два об'єкти в м. Вроцлав (Польща), один з яких Кафедральний собор Івана Хрестителя XI-XIII ст. (рис. 2) [6]. За даними авторів, попри те, що об'єкти мають вагомий історичний значення, вони не перебували під постійним геодезичним моніторингом.



Рис. 2. Кафедральний собор Івана Хрестителя [3]

Оскільки моніторинг цієї будівлі було виконано в перше, за основний метод було обрано моніторинг вертикальних переміщень геометричним прецизійним нівелюванням кодовим цифровим нівеліром Trimble DiNi 0.3. Маючи місцеву опорну геодезичну мережу, було створено горизонтальну контрольну мережу навколо об'єкта (рис. 3, а). Запроєктована нівелірна мережа складалася з 29 ділянок, які утворювали 7 замкнутих нівелірних полігонів [6]. Набір контрольних реперів (рис. 3, а [6]) складався з 20 пунктів [6]. Для подальшого проведення моніторингу була створена кутово-лінійна мережа (рис. 3, б [6]) за допомогою тахеометра Topcon GPT-7503, з точним нівелюванням мережі та використанням супутникових вимірювань GNSS. Також проєктом було передбачено подальше виконання 3D сканування приладом Leica ScanStation C10 [6].

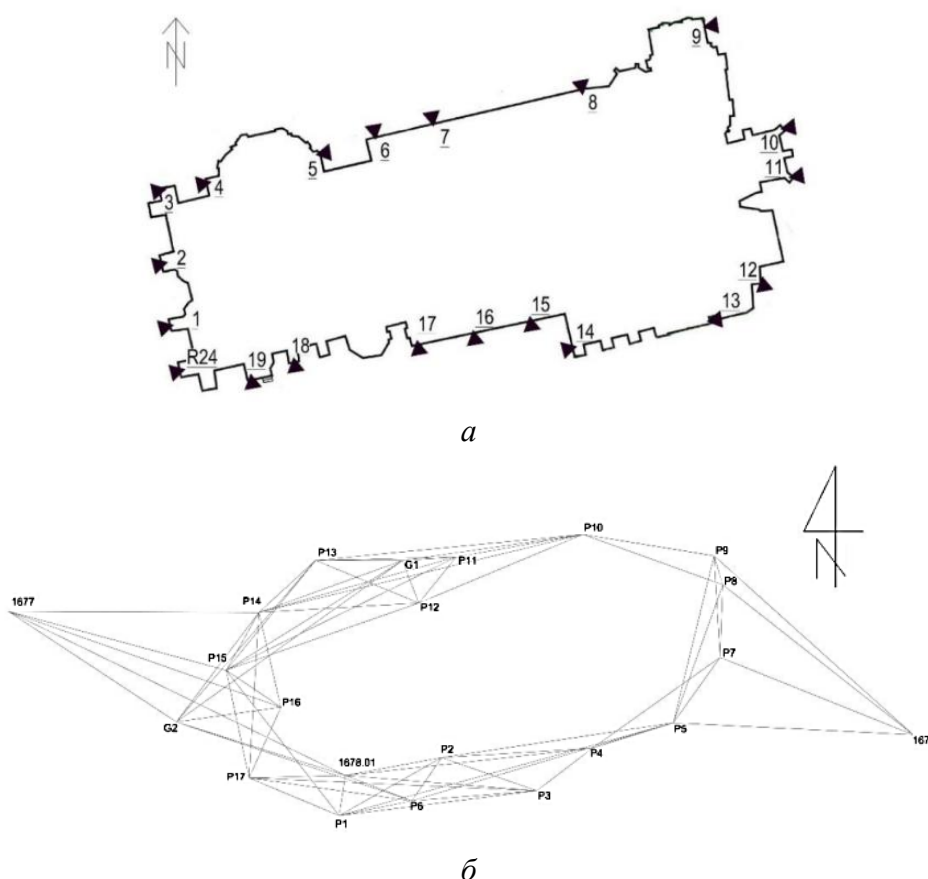
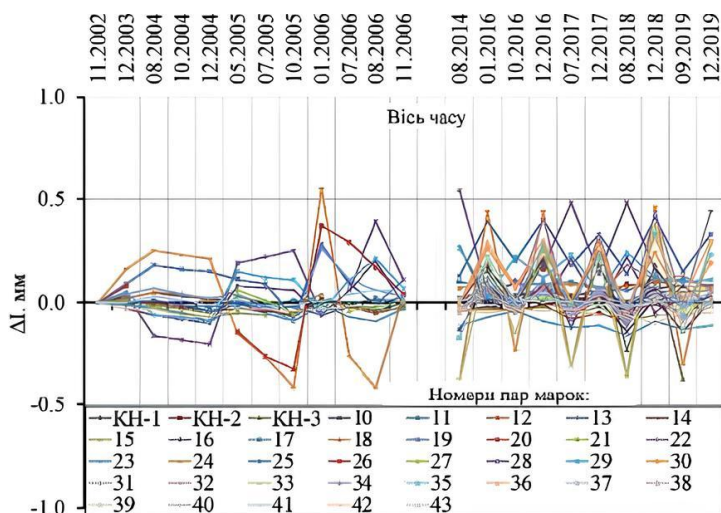
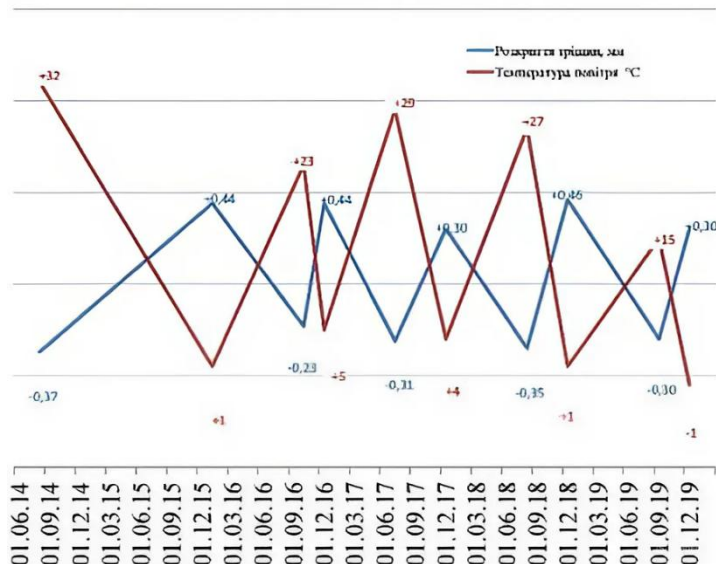


Рис. 3. Горизонтальна контрольна мережа навколо об'єкта та кутово-лінійна мережа: а – горизонтальна контрольна мережа навколо об'єкту; б – кутово-лінійна мережа

Враховуючи великий досвід проведення моніторингів, що наведений у роботі [6], поруч із вищенаведеними методами автори виділяють методи моніторингу змін ширини розкриття тріщин. Дані спостереження виконуються за допомогою комплексу марок та переносного приладу «SDM 50/500» з компаратором [6]. Цей метод найбільш характерний для визначення величини розкриття тріщин на історичних спорудах [6]. Відповідно до розробленого плану експлуатації об'єкта був проведений моніторинг з оцінки розкриття тріщин у конструкціях будівель з метою виявлення ширини розкриття та появи нових тріщин [5]. За період спостережень було виконано 24 цикли визначення зміни розкриття тріщин «Софія Київська». Результати інженерно-геодезичного моніторингу змін розкриття тріщин (рис. 4, а [5]) та залежності розкриття тріщин від температурних змін (рис. 4, б [7]) Софіївського собору наведено на рис. 4.



а



б

Рис. 4. Результати інженерно-геодезичного моніторингу:
 а – результати інженерно-геодезичного моніторингу змін розкриття тріщин;
 б – залежність розкриття тріщин від температурних змін

У свою чергу загалом інженерно-геодезичний моніторинг необхідно виконувати комплексно (визначення крену, осідання, зміщення, розкриття тріщин тощо).

Висновки. У результаті проведеного аналізу останніх досліджень та сучасних інженерно-геодезичних методів моніторингу будівель та споруд з рахуванням досвіду моніторингу об’єктів історико-культурного значення, можна зробити такі висновки:

- є такі сучасні інженерно-геодезичні методи моніторингу: моніторинг вертикального переміщення будівель та споруд; моніторинг горизонтального переміщення будівель та споруд; 3D лазерне сканування будівель та споруд; моніторинг за допомогою GNSS вимірів; стереофотограмметрія; моніторинг за допомогою БПЛА; інклінометрія; моніторинг за допомогою автоматизованих геодезичних комплексів (АГК); комбіновані методи;
- найбільш простим, точним та менш вартісним є метод геометричного нівелювання;
- метод лазерного сканування, стереофотограмметрії та БПЛА надають не тільки числові значення, але й можливість відтворювати зображення та форму об’єкта, що важливо для історичних будівель;

- в умовах, коли на історико-культурному об'єкті взагалі не виконували геодезичний моніторинг, найбільш ефективним є комбінований метод, оскільки забезпечує найвищу точність та надає повний обсяг інформації;
- спостереження розкриття тріщин на будівлях історичного значення ефективно виконувати за допомогою комплексу марок та переносного приладу «SDM 50/500» з компаратором;
- з метою збереження об'єктів історико-культурної спадщини Чернігова необхідно виконати первинний інженерно геодезичний моніторинг та створити базу даних з метою проведення періодичних моніторинрів.

Список використаних джерел

1. Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Геодезичні роботи у будівництві : ДБН В.1.3-2:2010. Зі Зміною № 1. – [Чинний від 2018-06-01]. – Вид. офіц. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. – (Державні будівельні норми України).
2. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Науково технічний супровід об'єктів : ДБН В.1.2-5:2007. – [Чинні від 2008-01-01]. – Вид. офіц. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2007. – 13 с. – (Державні будівельні норми України).
3. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення : ДБН В.2.1-10:2018. – [Чинний від 2019.01.01]. – Вид. офіц. – Київ: Мінрегіон України, 2018. – 36 с. – (Державні будівельні норми України).
4. Вишукування, проектування і територіальна діяльність. Вишукування. Інженерні вишукування для будівництва : ДБНА.2.1-1-2008. – [Чинний від 01.07.2008]. – Вид. офіц. – – Київ: Мінрегіон України, 2008. – (Державні будівельні норми України).
5. Яковенко, М. Багаторічний моніторинг деформацій будівель і споруд геодезичними методами / М. Яковенко, Ю. Мелашенко, Є. Зорін, І. Бень // Наука та будівництво. – 2023. – № 3 (37). – С. 71-87. DOI: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-3-2023-8>.
6. Kuczyńska, G. Modern geodetic techniques in the monitoring of historic buildings [Electronic resource] / G. Kuczyńska, M. Stawska, A. Walicka // E3S Web of Conferences. – 2019. – № 97. – Рр. 1-11. – Accessed mode: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2019/23/e3sconf_form2018_04043.pdf.
7. Яковенко, М. С. Моніторинг сезонного розкриття тріщин на прикладі національного заповідника "Софія Київська" [Електронний ресурс] / М. С. Яковенко, О. В. Нестеренко, Є. В. Зорін, І. В. Бень // Сучасні проблеми архітектури та містобудування. – 2021. – Вип. 61. – С. 276-291. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Spam_2021_61_22.
8. Яковенко, М. С. Огляд видів геодезичного моніторингу будівель і споруд в складних інженерно-геологічних умовах [Електронний ресурс] / М. С. Яковенко, О. В. Нестеренко // Сучасні проблеми архітектури та містобудування. – 2019. – Вип. 55. – С. 341-350. – Режим доступу: http://archinform.knuba.edu.ua/article/view/199592/pdf_24.
9. Анисенко, О. В. Сучасні геодезичні прилади, їх значення і роль у геодезичних вимірюваннях [Електронний ресурс] / О. В. Анисенко, К. А. Платонова // Інвестиції: практика та досвід. – 2019. – № 4. – С. 80-83. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ipd_2019_4_13.

References

1. Research Institute of Construction Production. (2010). *Systema zabezpechennia tochnosti heometrychnykh parametrov u budivnytstvi. Heodezychni roboty u budivnytstvi : DBN V.1.3-2:2010. Zi Zminoiu № 1* [The system ensures the inaccuracy of geometric construction parameters. Geodetic works in construction (DBN V.1.3-2:2010)]. Ministry of Regional Development of Ukraine.
2. Research Institute of Construction Production. (2008). *Systema zabezpechennia nadiinosti ta bezpeky budivelnykh obiektiv. Naukovo tekhnichniy suprovod obiektiv: DBN V.1.2-5:2007* [The system for ensuring the reliability and safety of construction objects. Scientific and technical support of construction objects (DBN V. 2.1-5-2007)]. Ministry of Regional Construction of Ukraine.
3. State enterprise "State Research Institute of Building Structures". (2018). *Osnovy i fundamenti budivel ta sporud. Osnovni polozhennia: DBN V.2.1-10:2018* [Osnovitafundamentisproud. Basic provisions (DBNV.2.1-10:2018)]. Ministry of Regional Development of Ukraine.

4. Ukrainian State Main Research and Production Institute of Engineering, Technical and Environmental Research "UkrNDIINTV" (2008). *Vyshukuvannia, proektuvannia i terytorialna diialnist. Vyshukuvannia. Inzhenerni vyshukuvannia dlia budivnytstva : DBNA.2.1-1-2008 [Search, design and territorial activity. search Engineering searches for construction (DBN A. 2.1-1-2008)]*. Ministry of Regional Development of Ukraine.

5. Yakovenko, M., Melashenko, Yu., Zorin, E., & Ben, I. (2023). Bahatorichnyi monitorynh deformatsii budivel i sporud heodezychnymy metodamy [Long-term monitoring of deformations of buildings and structures by geodetic methods]. *Nauka ta budivnytstvo – Science and construction*, 3(37). <https://doi.org/10.33644/2313-6679-3-2023-8>.

6. Kuczyńska, G., Stawska, M., & Walicka, A. (2019). Modern geodetic techniques in the monitoring of historic buildings. *E3S Web of Conferences*, 97, 1-11. https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2019/23/e3sconf_form2018_04043.pdf

7. Yakovenko, M., Nesterenko, O., Zorin, E., & Ben, I. (2021). Monitorynh sezonnoho rozkryttia trishchyn na prykladi natsionalnoho zapovidnyka "Sofia Kyivska" [Monitoring of seasonal opening of cracks as an example. National Reserve "Sofia Kyivska"]. *Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia – Contemporary problems of Architecture and Urban Planning*, (61), 276–291. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2021.61.276-291>.

8. Yakovenko, M., Nesterenko, O. (2020). Ohliad vydiv heodezychnoho monitorynhu budivel i sporud v skladnykh inzhenerno-heolohichnykh umovakh [Review of types of geodetic monitoring of buildings and ores in complex engineering and geological conditions]. *Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia – Modern problems of architecture and town planning*, 55, 341-350. http://archinform.knuba.edu.ua/article/view/199592/pdf_24

9. Anisenko, O.V. (2019). Cuchasni heodezychni pryklady, yikh znachennia i rol u heodezychnykh vy-miruvanniakh [Modern geodetic devices, their meaning and role in geodetic measurements. *Investytzii: praktyka ta dosvid – Investments: practice and experience*, 4, 80–83. <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2019.4.802>.

Отримано 25.09.2024

UDC 528.4

Sergii Zavorotnyi

PhD in Technical Sciences, senior teacher departments of geodesy, cartography and land management
Chernihiv Polytechnic National University (Chernihiv, Ukraine)

E-mail: zavorotnyiserhii@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2139-8877>. ResearcherID: [KIB-2615-2024](https://orcid.org/0000-0002-2139-8877)

ANALYSIS OF MODERN ENGINEERING AND GEODETIC METHODS OF MONITORING BUILDINGS AND STRUCTURES OF OBJECTS OF HISTORICAL AND CULTURAL HERITAGE

The article analyzes advanced engineering and geodetic methods of monitoring buildings and structures, taking into account the peculiarities of monitoring objects of historical and cultural heritage. According to the conducted analysis, the following methods were considered: monitoring of vertical movement of buildings and structures; monitoring of horizontal movement of buildings and structures; 3D laser scanning of buildings and structures; monitoring using GNSS measurements; stereophotogrammetry; monitoring using a UAV; inclinometer; monitoring using automated geodetic complexes (AGC); combined methods. The practical experience of creating a new basis for further monitoring a historical building based on the Cathedral of John the Baptist in the city of Wroclaw is considered, highlighting the features of creating a network of control points for periodic monitoring of deformations. This work presents a horizontal control network around the object and an angular linear network, which allows the authors of the work to monitor the geometric parameters of the cathedral. The starting points were the points of the state coordinate system that were within the reach of the object. To solve the problem of monitoring the opening cracks, the most effective method of monitoring buildings or structures of historical and cultural significance was given based on practical experience. As an example, the statistical data of the results of the engineering and geodetic monitoring of changes in the opening of cracks and the dependence of the opening of cracks on temperature changes of St. Sophia's Cathedral are considered. After analyzing the modern methods of engineering and geodetic monitoring and practical experience of real objects, conclusions were made that allowed us to determine the main features of engineering and geodetic monitoring of buildings and structures of historical and cultural significance for the city of Chernihiv. A complex of works necessary for effective monitoring of the city's historical buildings has been determined. This article is an overview and is intended only for the analysis of existing methods.

Keywords: engineering and geodetic monitoring; deformations; buildings and structures; leveling; support network.

Fig.: 4. References: 9.