

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

**ФАКУЛЬТЕТ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ
ТА УПРАВЛІННЯ ТЕРИТОРІЯМИ**

Кафедра інженерної геодезії

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ БАКАЛАВР**

на тему:

**ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНИЙ МОНІТОРИНГ ДЕФОРМАЦІЙ
КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ ПОШКОДЖЕНИХ ВНАСЛІДОК
ВОЄННОЇ АГРЕСІЇ**

Бобко Владислава Олексіївна

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

**ФАКУЛЬТЕТ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ
ТА УПРАВЛІННЯ ТЕРИТОРІЯМИ**

Кафедра інженерної геодезії

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

доц., к.т.н. Дем'яненко Р.А.

“ ___ ” _____ 2025 року

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ БАКАЛАВР**

**ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНИЙ МОНІТОРИНГ ДЕФОРМАЦІЙ
КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ ПОШКОДЖЕНИХ ВНАСЛІДОК
ВОЄННОЇ АГРЕСІЇ**

Я як здобувач вищої освіти КНУБА розумію і підтримую політику закладу з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Здобувач: Бобко Владислава Олексіївна
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

193 «Геодезія та землеустрій»
(спеціальність)

193.01 «Геодезія»
(освітня програма)

Група зГД- 32ск

Керівник проф, к.т.н. Кузьмич О.Й.
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

Ідентичність підтверджую

Київ 2025 р

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: Геоінформаційних систем та управління територіями

Випускова кафедра: Інженерної геодезії

Ступінь вищої освіти : бакалавр

Спеціальність: 193 «Геодезія та землеустрій»

Освітня програма: 193.01 «Геодезія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

доц., к.т.н. Дем'яненко Р.А.

“ ___ ” _____ 2025 року

**З А В Д А Н Н Я
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ БАКАЛАВР**

Бобко Владиславі Олексіївні

1. Тема роботи «Інженерно-геодезичний моніторинг деформацій конструкцій будівель пошкоджених внаслідок воєнної агресії»

затверджена наказом ректора КНУБА № 565/22/25 від «09» травня 2025 року

2. Керівник роботи: Кузьмич Олександр Йосипович, к.т.н., професор

(прізвище, ім'я та по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Термін подання здобувачем роботи до захисту 6.06.2025 р.

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Вступ

Р.1. Загальні відомості про деформації інженерних споруд

Р.2. Проектування та виконання інженерно-геодезичних робіт

2.1. Методи спостереження за деформаціями споруди

2.2. Проектування мережі осадових марок

2.3. Результати моніторингу

3. Організація геодезичних робіт

3.1. Організація геодезичних робіт

3.2. Планування і визначення кошторисної вартості

3.3. Техніка безпеки і охорона праці

5. Графічний матеріал за розділами	
1.	Постановка задачі
2.	Методи спостереження за деформаціями споруди
3.	Базова геодезична основа
4.	Проектування мережі деформаційних марок
5.	Виконання геодезичних робіт
6.	Автоматизований метод моніторингу
7.	Результати моніторингу

5. Консультанти розділів кваліфікаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірив	
		дата	підпис
Розділ 1.			
Розділ 2.			
Розділ 3.			

6. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1.	01.05.2025
Розділ 2. 50%	16.05.2025
Розділ 2. 100%	28.05.2025
Розділ 3.	06.06.2025
Остаточне оформлення роботи	09.06.2025
Направлення роботи для перевірки на плагіат	10.06.2025
Попередній захист роботи на випусковій кафедрі	16.06.2025
Направлення роботи на рецензування	16.06.2025

7. Дата видачі завдання 22.04.2025 р

Керівник	(підпис)	<u>Кузьмич О.Й.</u> (прізвище та ініціали)
Здобувач	(підпис)	<u>Бобко В.О.</u> (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Вступ.....	6
РОЗДІЛ 1. Загальні відомості про деформації інженерних споруд.....	8
1.1. Постановка проблеми.....	8
1.2. Види деформацій інженерних споруд.....	10
1.3. Склад геодезичних робіт при вимірюванні зсувів, осідань і деформацій	15
РОЗДІЛ 2. Проектування та виконання інженерно-геодезичних робіт.....	23
2.1. Вибір методу спостереження за деформаціями споруди.....	23
2.2. Проектування мережі осадових марок.....	26
2.3. Результати моніторингу.....	31
2.3.1. Спостереження за горизонтальними зміщеннями пошкодженої будівлі за допомогою автоматизованого методу (датчиків нахилу).....	33
2.3.2. Спостереження за горизонтальними зміщеннями Блоку 2 житлового комплексу за допомогою електронного тахеометра.....	39
2.3.3. Спостереження за осіданнями пошкодженої будівлі методом геометричного нівелювання.....	46
РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ.....	50
4.1 Організація геодезичних робіт.....	50
4.2. . Планування і визначення кошторисної вартості.....	53
4.3 Техніка безпеки виконання геодезичних робіт на будівельному об'єкті.....	57
Висновки.....	61
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	62

ВСТУП

Проблема інженерно-геодезичного моніторингу пошкоджених будівель внаслідок російської агресії є надзвичайно актуальною в сучасних умовах. Це твердження не просто констатація факту, а крик про допомогу, що лунає з кожного міста та села України, яке зазнало руйнівного впливу війни. Масштаби знищень житлових будинків, об'єктів критичної інфраструктури, промислових підприємств та культурної спадщини вражають. У таких умовах забезпечення безпеки людей та планування майбутнього відновлення неможливе без ретельного та систематичного інженерно-геодезичного моніторингу.

Інженерно-геодезичний моніторинг пошкоджених будівель – це комплекс робіт, спрямованих на визначення технічного стану конструкцій, виявлення деформацій, прогнозування їх розвитку та надання рекомендацій щодо подальшої безпечної експлуатації або необхідності демонтажу. В умовах, коли будівлі зазнали вибухових навантажень, пожеж, осколкових уражень, їхні несучі конструкції можуть мати приховані пошкодження, які неможливо виявити візуально. Саме тут на допомогу приходять високоточні геодезичні методи.

Першочерговим завданням такого моніторингу є оцінка ступеня аварійності будівлі. Це критично важливо для безпеки рятувальників, які працюють на завалах, а також для мешканців, які можуть повертатися до частково пошкоджених будинків. Своєчасне виявлення ризику раптового обвалення може врятувати життя. Геодезисти за допомогою спеціального обладнання, такого як тахеометри, лазерні сканери та безпілотні літальні апарати (БПЛА), створюють точні тривимірні моделі пошкоджених об'єктів, фіксують найменші зміни в їхньому положенні, крени, осідання та інші деформації.

Наступним важливим аспектом є збір даних для майбутньої відбудови або консервації. Точні геодезичні вимірювання дозволяють об'єктивно оцінити обсяг руйнувань, визначити міцність збережених конструкцій та розробити оптимальні

проекти відновлення. Без цих даних будь-які будівельні роботи будуть схожі на рух наосліп, що може призвести до неефективного використання ресурсів та, що гірше, до повторних аварій.

Проведення інженерно-геодезичного моніторингу в зонах, що постраждали від бойових дій, пов'язане з низкою викликів. Це і потенційна небезпека для самих фахівців через можливі повторні обстріли або наявність нерозірваних боєприпасів, і обмежений доступ до об'єктів, і величезний обсяг робіт, який необхідно виконати в стислі терміни. Тому все частіше використовуються дистанційні методи, зокрема лазерне сканування та аерофотозйомка з БПЛА. Ці технології дозволяють швидко отримати великий масив точних просторових даних з безпечної відстані, мінімізуючи ризики для персоналу.

Дані, отримані в результаті моніторингу, стають основою для прийняття важливих управлінських рішень: чи підлягає будівля відновленню, які саме конструкції потребують посилення, чи безпечно знаходитися поруч з об'єктом. Вони також є важливою доказовою базою для фіксації збитків, завданих агресором, та майбутніх репарацій.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ДЕФОРМАЦІЇ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД

1.1. Постановка проблеми

Головним завданням моніторингу деформацій будівель і споруд є забезпечення своєчасного, детального та достовірного інформування про розвиток небезпечних деформаційних процесів з метою вчасного їх усунення та забезпечення якісного та безпечного процесу будівництва і експлуатації.

Моніторинг за технічним станом є дуже важливим, оскільки втрата експлуатаційної придатності будь-яких об'єктів є недопустимою та може призвести до катастрофічних наслідків.

В першу чергу, такі явища можуть потягнути за собою втрату людських життів та завдати значних фінансових затрат на ліквідацію і відновлення. Неконтрольовані деформаційні процеси об'єктів історико-культурної спадщини можуть призвести до втрати історичної цінності та до фізичної втрати таких об'єктів.

Деформаційні процеси в конструкціях стратегічних об'єктів, що перевищують гранично допустиму величину, можуть призвести до катастрофічних наслідків для людей і призвести до значних економічних втрат та нанести шкоду довкіллю. [22]

Темі геодезичного моніторингу деформацій будівель і споруд приділили значну увагу вітчизняні вчені геодезисти та геотехніки, такі як: Баран П.І., Войтенко С.П., Шульц Р.В., Староверов В.С, Бойко І.П., Третяк К.Р. та інші. [22].

Моніторинг деформацій будівель і споруд інженерно-геодезичними методами та іншими інструментальними технологіями регламентовано чинними нормативними документами [12,7,11,8,14,10,9,5,6].

1. ДБН А.2.1-1-2008. Вишукування, проектування і територіальна діяльність. Інженерні вишукування для будівництва. Київ: Мінрегіонбуд України, 2008. 76 с.
2. ДБН А.3.1.-5:2016. Організація будівельного виробництва. Київ: Мінрегіонбуд України, 2016. 46 с.
3. ДБН В.1.3 - 2:2010. Геодезичні роботи у будівництві. – К., 2010. – 70 с.
4. ДБН В.13-2:2010. Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Геодезичні роботи у будівництві. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 55 с.
5. ДБН В.2.1-10-2018. Основи та фундаменти споруд. Основні положення. Київ: Мінрегіонбуд України, 2018. 36 с.
6. ДБН В.2.1-5-2007. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів. Київ: Мінрегіонбуд України, 2008.
7. ДСТУ Б В.2.1-30:2014. Грунти. Методи вимірювання деформацій основ будинків і споруд. – К., 2015. – 29 с.
8. ДСТУ-Н Б В.1.2-17:2016 Настанова щодо науково-технічного моніторингу будівель і споруд. Чинний від 2017-04-01. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2017. 58 с.
9. Наказ від 06.08.2022 № 144 «Про затвердження Методики проведення обстеження та оформлення його результатів» / Міністерство розвитку громад територій України. Київ: 2022

Застосування інженерно-геодезичних методів моніторингу є визначення зміни геометричних параметрів конструкцій під час обстеження технічного стану будівель та споруд, що постраждали від воєнної агресії, представлено у статті [28,15].

В даній роботі розглядається використання комбінованих методів інженерно-геодезичного моніторингу за деформаціями будівель, пошкоджених

внаслідок влучання уламків боєприпасу на прикладі житлового комплексу в м. Києві.

Житловий комплекс розташований у м. Київ на правому березі.

Даний житловий комплекс представлений у вигляді двох блоків, які з'єднані переходом на 1 поверсі.

Під час повітряної тривоги 02 січня 2024 року до Блоку 2 житлового комплексу потрапив уламок боєприпасу, що спричинив пошкодження будівельних конструкцій та викликав пожежу на 22 поверсі.

1.2. Види деформацій інженерних споруд

Під зовнішньою непорушністю сталевих та бетонних конструкцій будівель, невидимо для ока, можуть відбуватися процеси, що приховують потенційну загрозу. Зсуви ґрунту, осідання фундаментів, крени та вигини – це не просто технічні терміни, а сигнали, які подає споруда. Мистецтво та наука інженерно-геодезичного моніторингу полягає саме в тому, щоб розшифрувати ці "послання", вчасно виявити найменші зміни та запобігти катастрофічним наслідкам.

У геодезичній термінології будь-які зміни в просторовому положенні або формі споруди називаються деформаціями.

Коли будівля зміщується горизонтально, ми говоримо про зсуви. Це може бути як рух цілої споруди, так і окремої ділянки ґрунту під нею.

Якщо споруда опускається вертикально, це називається осіданням. Осідання зазвичай пов'язане з ущільненням ґрунтів під вагою конструкції.

Причини цих "захворювань" будівель різноманітні: від природних процесів, таких як неоднорідність ґрунтів, зміна рівня ґрунтових вод, карстові явища, до впливу зовнішніх сил – сейсмічної активності, сильного вітру, вібрацій від транспорту чи будівництва, або навіть пожеж та руйнувань,

спричинених, наприклад, військовими діями. Наше завдання – не лише виявити деформацію, але й зрозуміти її джерело.

Високі споруди, як-от телевежі чи вежі житлових комплексів, особливо чутливі до змін. Нерівномірне осідання фундаменту, постійний тиск вітру або навіть неоднорідне нагрівання сонячними променями можуть спричинити їхній нахил (крен). У найгіршому випадку це може призвести до "перелому" чи вигину верхньої частини конструкції. Для виявлення таких нюансів ми вдаємося до комплексних спостережень: від ретельного аналізу фундаменту до моніторингу впливових зовнішніх факторів.

Як саме спостерігають за нахилом , зсувами , тріщинами інженерних споруд?

Нахил споруди можна визначити методом вертикального проектування (за допомогою оптичних або лазерних приладів вертикального проектування).

При визначенні крену споруди у двох взаємно перпендикулярних площинах використовують метод нахилоного проектування . Попередньо закріплюють дві точки на відстані 1.5 – 2 висоти споруди у двох взаємно перпендикулярних площинах .

Нахил споруди визначають за допомогою стаціонарно закріплених рівневих клінометрів .

Для визначення зсуву споруди чи ділянки місцевості в межах можливого зсуву закріплюють геодезичні знаки . За межами зсуву закріплюють опорні точки .

Залежно від виду активності напрямку і швидкості зсуву визначають :

- *осьовий , або одномірний зсув* , коли зміщення точок визначають відносно заданої опорної лінії (осі) ;
- *плановий , або двомірний зсув* , коли зміщення зсувних точок визначають по координатах X та Y в горизонтальній площині .
- *висотний зсув* – для визначення вертикальних зміщень закріплених точок ;

- *просторовий або тривимірний зсув* , коли визначають переміщення зсувних точок за координатами X , Y та H .

Планові зміщення визначають за допомогою прямих , обернених геодезичних засічок , методом полігонометрії , комбінованих способів , які включають вимірювання напрямків , кутів , відстаней і відхилень від створів .

Висотні зміщення визначають методом геометричного та тригонометричного нівелювання .

Просторові зсуви місцевості зручно визначати методом фототеодолітного знімання .

Найбільш ефективно і доцільно для визначення зсувів у напрямку , площині та просторі використовують сучасні електронні тахеометри й особливо безвідбиткові тахеометри, які дають змогу автоматизувати процеси вимірювань та обчислення результатів вимірів .

Спостереження за зсувами проводиться щонайменше один раз на рік або частіше у випадку коливань руху зсувів .

Коли будівлі "говорять": мистецтво та наука інженерно-геодезичного моніторингу деформацій.

Під зовнішньою непорушністю сталевих та бетонних конструкцій будівель, невидимо для ока, можуть відбуватися процеси, що приховують потенційну загрозу. Зсуви ґрунту, осідання фундаментів, крени та вигини – це не просто технічні терміни, а сигнали, які подає споруда. Мистецтво та наука інженерно-геодезичного моніторингу полягає саме в тому, щоб розшифрувати ці "послання", вчасно виявити найменші зміни та запобігти катастрофічним наслідкам.

Що ж означають ці "послання"? У геодезичній термінології будь-які зміни в просторовому положенні або формі споруди називаються деформаціями.

Тріщини на конструкціях – це найочевидніший, але часто вже тривожний сигнал деформації. Їхнє вимірювання проводиться безпосередньо на поверхні, де

вони з'явилися. Щоб відстежити динаміку розвитку тріщини, ми використовуємо спеціальні маяки – невеликі плитки з гіпсу чи алебастру, встановлені поперек тріщини в найширшому її місці. Якщо маяк тріскає, це пряме свідчення активної фази деформації. Ширину тріщин контролюють за допомогою точних інструментів – лінійки, деформометри, щілинометри, вимірювальні скоби.

Під постійною вагою споруди ґрунти в її основі повільно ущільнюються, викликаючи поступове опускання – осідання. Однак, осідання може бути спровоковане й іншими факторами: карстовими явищами, зсувами ґрунту, коливаннями рівня ґрунтових вод, або навіть сейсмічною активністю та роботою важких механізмів. Особливо небезпечним є просідання – швидка вертикальна деформація, що виникає при раптовому ущільненні пористих або рихлих ґрунтів.

Коли будівля зміщується горизонтально, ми говоримо про зсуви. Це може бути як рух цілої споруди, так і окремої ділянки ґрунту під нею.

Якщо споруда опускається вертикально, це називається осіданням. Осідання зазвичай пов'язане з ущільненням ґрунтів під вагою конструкції.

Причини цих "захворювань" будівель різноманітні: від природних процесів, таких як неоднорідність ґрунтів, зміна рівня ґрунтових вод, карстові явища, до впливу зовнішніх сил – сейсмічної активності, сильного вітру, вібрацій від транспорту чи будівництва, або навіть пожеж та руйнувань, спричинених, наприклад, військовими діями. Наше завдання – не лише виявити деформацію, але й зрозуміти її джерело.

Виявлення Невидимого: Моніторинг кренів та зсувів

Високі споруди, як-от телевежі чи вежі житлових комплексів, особливо чутливі до змін. Нерівномірне осідання фундаменту, постійний тиск вітру або навіть неоднорідне нагрівання сонячними променями можуть спричинити їхній нахил (крен). У найгіршому випадку це може призвести до "перелому" чи вигину верхньої частини конструкції. Для виявлення таких нюансів ми вдаємося до комплексних спостережень: від ретельного аналізу фундаменту до моніторингу впливових зовнішніх факторів.

Як ми вимірюємо нахил?

Існує декілька високоточних методів:

Метод вертикального проєктування: Використовуємо спеціальні геодезичні прилади (оптичні або лазерні), що створюють ідеальну вертикальну вісь. Вимірювання відхилень споруди від цієї уявної лінії дає нам картину крену.

Метод похилого проєктування: Застосовується для більш детального аналізу крену в двох напрямках, що дозволяє отримати просторове уявлення про нахил.

Клінометри: Ці надчутливі датчики, стаціонарно закріплені на конструкції, забезпечують безперервний або періодичний моніторинг найменших змін нахилу, стаючи "нервовою системою" будівлі.

Зсуви – Горизонтальні Рухи:

Коли ми говоримо про зсуви, йдеться про горизонтальні переміщення. Для їх фіксації ми розгортаємо цілу мережу:

- деформаційні знаки – безпосередньо на споруді або в зоні її потенційного руху.
- опорні точки – на стабільній, нерухомій ділянці, що слугує нашим еталоном.

Зсуви можуть бути:

Одномірними (осьовими): Рух уздовж однієї лінії.

Двомірними (плановими): Переміщення в горизонтальній площині (за координатами X і Y).

Тривимірними (просторовими): Найповніша картина, що включає рух по X, Y та H (висоті). Це дозволяє побачити повний вектор зміщення.

Наш технологічний арсенал для вимірювання зсувів вражає: від класичних засічок та полігонометрії до сучасних електронних тахеометрів (особливо безвідбиткові моделі, що дозволяють вимірювати на відстані без встановлення відбивачів), які автоматизують процес, роблячи його швидким та ефективним.

Для масштабних проєктів та моніторингу динамічних процесів дедалі частіше застосовуються супутникові GPS/GNSS-прилади, що забезпечують високу точність та оперативність даних.

1.3. Склад геодезичних робіт при вимірюванні зсувів, осідань і деформацій

Склад геодезичних робіт при вимірюванні зсувів, осідань і деформацій такий:

- Розроблення методів і визначення періодів вимірювання зсувів, осідань і деформацій;
- Розроблення схеми, методів і програми застосування планових і висотних опорних мереж;
- Розроблення конструкцій геодезичних знаків;
- Розроблення періодів і методів перевірки положення знаків опорної мережі;
- Закладання знаків;
- Вимірювання для створення опорної мережі (тріангуляція, полігонометрія, геометричне нівелювання);
- Вимірювання величини горизонтальних і вертикальних зміщень, величин крену і переносу споруди, тріщини і виміри їх розмірів.

Вимірювання деформацій будівель та споруд носять систематичний характер, періодичність виконання 1 раз на місяць. Періодичність може змінюватись в залежності від етапів будівництва.

1. Горизонтальні зміщення конструкцій споруди .

Горизонтальні зміщення споруди виникають при боковому тиску ґрунтів , води , вітру і т. ін.

Методи вимірювання горизонтальних зміщень: горизонтальні зміщення інженерних споруд та їх окремих елементів вимірюють лінійно-кутовим, створним і стереофотограмметричним способами, прямим та оберненими висками.

Лінійно-кутовий спосіб: Цей метод поєднує вимірювання відстаней та кутів. Для цього навколо споруди створюють спеціальні геодезичні мережі (триангуляції, трилатерації, полігонометрії, комбіновані мережі, засічки). Вибір мережі залежить від розмірів споруди, її форми, необхідної точності та умов на місці.

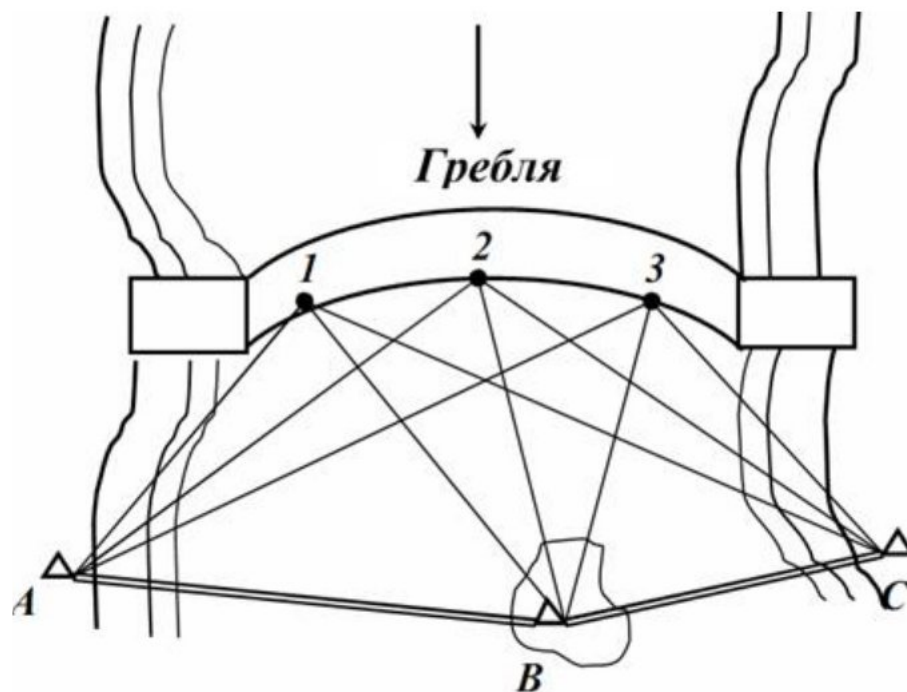


Рисунок 1.1. – Визначення горизонтального зміщення споруди методом триангуляції (А, В, С – опорна мережа; 1, 2, 3 – марки).

Важливо: У кожному циклі вимірювань необхідно використовувати одну й ту ж схему та методику. Це дозволяє отримати надійні дані про зміщення конструкцій споруди з часом.

Створний спосіб ідеально підходить для спостереження за деформаціями прямолінійних споруд (наприклад, дамб, довгих будівель, тунелів) в одному або двох вибраних напрямках (X та Y).

Принцип: створюється пряма лінія (створ) за допомогою оптичних приладів (теодолітів, нівелірів, автоколімаційних систем) або лазерних променів. Ми вимірюємо відхилення деформаційних марок від цієї прямої лінії.

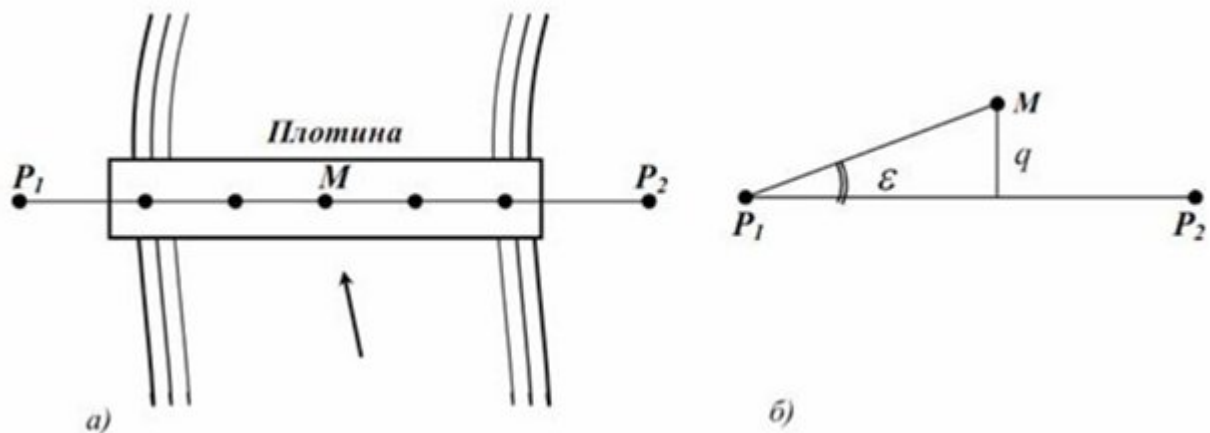


Рисунок 1.2. Визначення горизонтального зміщення споруди створним методом: а) спосіб рухливої марки; б) спосіб малих кутів

Обчислення зміщень: Зміщення обчислюються як різниця відхилень від створу між початковим та поточним циклами вимірювань.

Лазерні технології: Сучасні лазерні теодоліти, нівеліри та ротарні нівеліри дозволяють створювати видимі лазерні створи та площини, що значно спрощує процес вимірювань.

Струнний спосіб: Подібний до створного, але замість оптичного променя використовується натягнута сталева струна (діаметром 0.2-0.6 мм). Горизонтальне зміщення марки визначається як перпендикулярне відхилення від цієї струни. Точки кріплення струни мають бути поза зоною деформацій.

Метод пересування марки: Марку, яка вимірюється, пересувають так, щоб її центр збігся з оптичною візирною віссю приладу. Різниця відліків показує величину горизонтального зміщення.

Метод малих кутів: Для визначення відхилення від створу (нестворності) q_n вимірюється дуже малий кут (альфа) між лінією створу та напрямком на деформаційну марку, S , а також відстань до цієї марки S . У кожному циклі за допомогою точного теодоліта вимірюють малий (паралактичний) кут (альфа) на кожен деформаційну марку . Відстань S_i визначені в першому циклі спостережень

Сучасні електронні тахеометри можуть обчислювати це відхилення автоматично. При використанні сучасних електричних теодолітів і тахеометрів величину нестворності отримують за програмним забезпеченням приладу .

Програми для довгих створів: На дуже довгих спорудах створ може розділятися на частини, і для кожної частини застосовуються спеціальні програми спостережень.

Прямі та обернені виски: Для вимірювання горизонтальних зміщень високих гідротехнічних споруд (гребель) використовують спеціальні прямі та обернені ниткові виски з важками вагою 10 кг і більше. Вони дозволяють контролювати відхилення на великій висоті.

За створним оптичним способом використовують метод пересування марки . Для цього пересувну марку спочатку встановлюють , над центром закріпленої деформаційної марки , а потім обертанням колімаційного гвинта пересувають її центр до напрямку оптичної візирної осі приладу . Різниця відліків q буде величиною горизонтального зміщення деформаційної марки .

При визначенні горизонтальних зміщень високих гребель гідротехнічних споруд застосовують спеціальні прямі та обернені ниткові виски з важками до 10 і більше кілограмів .

2. Вимірювання осідань інженерних споруд

Під постійним тиском від ваги споруди ґрунти в її основі поступово ущільнюються і виникає зміщення чи осідання споруди по вертикалі . Осідання споруд виникає і внаслідок дії карстових і зсувних явищ , зміни рівня ґрунтових вод , сейсмічних явищ , роботи важких механізмів та ін. Внаслідок швидкої зміни структури пористих і рихлих ґрунтів виникає швидка вертикальна деформація споруди , яку називають просіданням .

Спостереження за осіданням інженерних споруд просадкою земної поверхні виконують способами геометричного і тригонометричного нівелювання , гідростатичним нівелюванням , мікронівелюванням , стереофотограмметричним способом .

При спостереженнях за осіданням інженерних споруд з підвищеними вимогами до точності виконання робіт розробляють спеціальну методику геодезичних вимірювань . Якщо на об'єкті спостереження необхідно робити вимірювання осідань різної точності , то проектують дво – і триступеневу схему геодезичних вимірювань деформацій споруд .

Як висотна основа, відносно якої визначається осідання марок на споруді, слугує мережа фундаментальних глибинних реперів, які визначають сфери можливих осідань грантів. Їх, як правило, закладають завчасно на глибину, більшу за глибину промерзання грантів в даному районі. Кількість реперів повинна бути не менше 3 - 4 (гл. Рр 1, 2, 3 рис. 7.4), щоб шляхом періодичних спостережень встановити їх на весь період вимірювання деформацій. Спостереження за осіданнями виконують циклами один раз на квартал, один раз на півроку, один раз на рік і т. д., до стабілізації осідань, тобто коли їх швидкість буде становити 1 - 2 мм на рік.[23]

Способом геометричного нівелювання можна визначати різниці висот точок, розташованих на відстані 5 – 10 м, з похибкою 0,05 – 0,1 мм, а на кілька сотень метрів – з похибкою до 0,5 мм. [23]

Залежно від необхідної точності визначення осідань застосовуються різні класи нівелювання. Так, наприклад, при визначенні осідань бетонних гребель

гідровузлів застосовують I й II класи, які характеризуються середньою квадратичною похибкою визначення перевищення на одну станцію відповідно 0,3 й 0,4 мм. При визначенні осідань промислових і цивільних будівель найчастіше застосовують II й III класи, для яких середньоквадратичні похибки визначень перевищення на станції відповідно дорівнюють 0,4 й 0,9 мм.[23]

Відмітки деформаційних точок у циклі вимірювань визначають відносно вихідного опорного репера. Відмітку вихідного репера найчастіше приймають умовно, наприклад 100,000 м, але вона стала на весь період спостережень. Для передачі відмітки від вихідного на всі деформаційні репери, розробляють спеціальну схему (рис. 7.4). При виконанні вимірювань залежно від класу нівелювання застосовують спеціальну методику й відповідні прилади. Так, при вимірах високої точності використовують ретельно вивірені високоточні нівеліри типу Н-05, штрихові інварні або спеціальні малогабаритні рейки. Нівелір встановлюють чітко по середині між спостережуваними точками, відліки беруть по основній і додатковій шкалах рейок. Нівелювання виконують при двох горизонтах приладу, у прямому й зворотному напрямках. Довжина візирного променя допускається до 25 м, його висота над поверхнею землі або підлоги - не менше 0,5 м. Нівелювання виконується тільки при цілком сприятливих умовах видимості й при досить виразних, спокійних зображеннях штрихів рейок. Дотримуються й інших запобіжних заходів, що забезпечують високу точність робіт. За отриманими результатами спостережень кожного циклу визначають позначки марок, абсолютне осідання, мм, швидкість осідання, мм/рік, будують графіки осідань (рис. 7.5).[23]

Спосіб тригонометричного нівелювання дозволяє визначати осідання точок, розташованих на істотно різних висотах, у важкодоступних місцях. Такі випадки виникають при спостереженнях за високими будинками, вежами, греблями, при проведенні вимірів через перешкоди. Найбільш висока точність, близько 0,1 мм, забезпечується при коротких (до 100 м) променях візування із

застосуванням високоточних теодолітів типу ЗТ2 і спеціальної методики вимірювань, що дозволяє вимірювати zenітні відстані з похибкою 5". Крім того, методика передбачає однотипне у всіх циклах установлення теодоліта і його ретельне дослідження, строгу вертикальність рейок, вибір часу й умов спостережень для зменшення впливу вертикальної рефракції, а також ряд інших заходів, спрямованих на ослаблення дій різних джерел похибок. Відстані до обумовлених точок повинні вимірюватися з похибкою 3 - 5 мм.[23]

Спосіб мікронівелювання застосовують при спостереженнях за взаємним висотним положенням близько розташованих точок на відстані 1 - 1,5 м. Такі завдання виникають при вивченні осідань і нахилів окремих конструкцій: фундаментів, балок, ферм, технологічного устаткування. Вимірювання виконують за допомогою мікронівеліра.[23]

Гідронівелювання забезпечує таку ж точність, як і геометричне нівелювання, але дозволяє створювати стаціонарні автоматизовані системи з дистанційним зніманням інформації. При використанні гідростатичного нівелювання застосовують різні системи, конструкція яких залежить від умов проведення робіт, необхідної точності та від способу вимірювання положення рівня рідини відносно відлікових штрихів вимірювальних посудин. Найпростіша система, що використовується на гідротехнічних спорудах, складається з відрізків металевих труб, покладених на стрижнях, що закладені у стіну. Відрізки труб з'єднуються між собою шлангами. Над трубою в точках, між якими систематично визначаються перевищення, у стіну вставляються марки з посадковими втулками для переносного вимірника. При вимірюваннях вимірник встановлюється у втулку марки. Обертанням мікрометреного гвинта вимірника досягається контакт вістря штока з рідиною, про що свідчить загорання сигнальної лампочки. У цей момент береться відлік на барабані мікрометра. При прив'язуванні гідростатичної системи до опорної нівелірної мережі на марку замість вимірника встановлюється нівелірна рейка. Існують автоматизовані системи гідростатичного нівелювання, у яких зміна положення рівня рідини в

посудинах визначається автоматично за допомогою електричних або оптико-електронних датчиків.[23]

Фотограмметричний спосіб передбачає застосування фототеодоліта для фотознімання об'єкта. Визначення деформацій взагалі й зокрема осідань цим способом полягає у вимірюванні різниці координат точок споруди, що знайдені на фотознімках початкового (або попереднього) циклу та фотознімках деформаційного (або наступного) циклу. Деформації визначаються в одній вертикальній площині, тобто в площині, паралельній площині фотознімка. При фотограмметричному способі фотографування виконують із однієї точки при незмінному положенні фотокамери в циклах. Для обчислення деформацій, крім вимірювань координат або паралаксів, на знімках необхідно знати відстань фотокамери від об'єкта та фокусну відстань об'єктива фотокамери.[23]

РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ ТА ВИКОНАННЯ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ

2.1. Вибір методу спостереження за деформаціями споруди

Важливість цього питання для будівельної галузі зараз особливо значима. Правильний підхід до інженерно-геодезичного моніторингу пошкоджених будівель і споруд дозволить вчасно виявити розвиток деформацій і розробити програму стабілізації, що допоможе запобігти майбутнім руйнуванням.

Для ефективного моніторингу деформацій існує багато різних методів, кожен з яких має свої унікальні характеристики.

До основних методів геодезичного моніторингу деформацій будівель відносять:

- Нівелювання (геометричне, тригонометричне);
- Лінійно-кутовий метод;
- GNSS-моніторинг;
- Лазерне сканування;
- Автоматизований геодезичний моніторинг (роботизовані тахеометри, датчики нахилу, електронні рівні);
- Стереофотограмметрія.

Серед них виділяються стандартні методи, такі як геометричне нівелювання та лінійно-кутові виміри.

Лінійно-кутові виміри включають вимір довжин і кутів між точками, що допомагає виявити будь-які зміни в геометрії будівлі.

Геометричне нівелювання передбачає вимір висотних різниць між різними точками на об'єкті, що дозволяє точно визначити зміну положення конструктивних елементів.

Крім стандартних методів, активно застосовуються і автоматизовані методи спостереження. Ці методи включають використання сучасних приладів і

технологій, які дозволяють здійснювати безперервний моніторинг деформацій в режимі реального часу.

Наприклад, автоматизовані станції тотальної зйомки, GPS-системи, лазерні сканери та інші високоточні прилади дають змогу збирати дані з високою точністю та швидкістю.

Автоматизований моніторинг значно підвищує ефективність і точність спостережень за деформаціями будівель.

Використання таких систем дозволяє отримувати дані в режимі реального часу, що є надзвичайно важливим для своєчасного реагування на будь-які зміни стану об'єктів.

Це особливо актуально в умовах післявоєнного відновлення, коли швидкість і точність виконання робіт є критичними для забезпечення безпеки та стабільності будівель.

Досвід виконання моніторингу за пошкодженими будівлями показує, що використання одного методу інженерно-геодезичного моніторингу є неефективним для вимірювання різних параметрів деформацій пошкодженої будівлі та не дає повної картини розвитку деформацій. [8, 9, 10]

Одним із розв'язання даної проблеми є комбінація різних методів, на основі яких формується загальна картина розвитку деформацій.

Однією з таких комбінацій є використання автоматизованого методу у зв'язці зі стандартними методами геодезичного моніторингу для виміру деформацій та зміщень.

Дана комбінація може забезпечити фахівців повними даними про горизонтальні та вертикальні переміщення, як всього комплексу в цілому, так і окремих його елементів конструкції.

Інженерно-геодезичний моніторинг часових змін деформованого стану під час відновлення будівлі/споруди, що постраждала від бойових дій внаслідок воєнної агресії РФ, розглянуто в статті [8].

Удосконалення та комбінування геодезичних методів моніторингу розглядалося у публікаціях [9, 10].

Темі обстеження та підходам до відновлення будівель та споруд присвячено публікації [7-11, 12], що зосереджені на висвітленні загальнодержавних проблем, з якими стикаються науковці в процесі відновлення, та шляхах їх вирішення.

Темі інженерно-геодезичного моніторингу деформацій будівель і споруд на сьогодні приділили значну увагу вітчизняні вчені геодезисти та геотехніки: Баран П.І., Войтенко С.П., Шульц Р.В., Староверов В.С, Боровий В.О., Бурачек В.Г., Малік Т.М., Андрущенко М.Ю., Третяк К.Р. та інші.

Спостереження за деформаціями будівель проводяться в наступній послідовності:

- розробка, узгодження та затвердження програми вимірювань (проекту спостережень);
- вибір конструкції спостереження, місця розташування і установка вихідних реперів;
- виконання планової і висотної прив'язки встановлених вихідних реперів до пунктів геодезичної мережі;
- закладка деформаційних марок в ґрунтовий масив і в конструкцію будівель;
- інструментально-геодезичні вимірювання величин вертикальних і горизонтальних переміщень і кренів;
- обробка та аналіз результатів спостережень; – складання технічного звіту [1].

При виборі методу геодезичного моніторингу за деформаціями будівлі потрібно враховувати наступні параметри:

- об'єкт моніторингу;
- спосіб здійснення моніторингу;
- прилади для здійснення моніторингу;

- точність;
- деформації у висотному чи плановому положенні;
- дистанційне отримання результатів у реальному часі;
- форма отримання результатів.

Кожний із методів геодезичного моніторингу має свої переваги та недоліки. Сьогодення вимагає розвитку комбінованих геодезичних методів для моніторингу за деформаціями будівель. Активно розвивається дистанційний та автоматичний геодезичний моніторинг, що обумовлено стрімким розвитком технологій, які забезпечують необхідну швидкість і точність збору та оброблення інформації. [9]

2.2. Проектування мережі осадових марок

Ефективність та достовірність моніторингу деформацій, зокрема осідань, критично залежать від грамотного проектування геодезичної мережі, яка складається з опорних реперів та деформаційних (осадових) марок. Правильний вибір їхнього розташування та кількості є запорукою отримання повної та об'єктивної картини деформаційних процесів.

1. Проектування опорної реперної мережі

Опорні репери є фундаментальною основою для всіх подальших вимірювань. Їхнє основне завдання – зберігати стабільне висотне (або планово-висотне) положення протягом усього періоду спостережень.

Критерії розміщення опорних реперів:

- стабільність: репери повинні закладатися поза зоною впливу будь-яких факторів, що можуть спричинити їхні власні переміщення. До таких факторів належать:
 - навантаження від самої споруди, що спостерігається, та сусідніх об'єктів;
 - вібрації від транспорту, промислового обладнання;

- температурні коливання ґрунту (сезонне промерзання-відтавання);
- зміни гідрогеологічних умов (рівень ґрунтових вод);
- будівельні роботи, що проводяться поблизу.

- близькість до об'єкта: Водночас, для мінімізації похибок передачі висотних відміток на деформаційні марки, опорні репери слід розташовувати якомога ближче до об'єкта моніторингу, не порушуючи при цьому вимогу стабільності.

- конструкція реперів: тип та конструкція опорних реперів (наприклад, глибинні, стінні) обираються з урахуванням інженерно-геологічних умов майданчика та необхідної точності. Глибинні репери, закладені нижче шару сезонних деформацій ґрунту, забезпечують найвищу стабільність.

Кількість та конфігурація опорних реперів: мінімум три репери: Це абсолютний мінімум, що дозволяє здійснювати взаємний контроль їхньої стабільності. Спостереження за зміною взаємного положення реперів дає змогу виявити нестабільний репер та виключити його з обробки або переоцінити його надійність.

Схеми розташування:

- кущова: репери розташовуються групою в одному найбільш стабільному місці.
- рівномірна: репери розподіляються по периметру зони спостережень.
- комбінована: для особливо важливих та складних споруд (наприклад, атомні електростанції, великі мости, греблі) часто поєднують обидва підходи, створюючи кілька груп реперів, рівномірно розподілених навколо об'єкта. Це підвищує надійність та дозволяє точніше оцінювати стабільність опорної мережі.

Вихідний репер: після аналізу стабільності всієї групи опорних реперів, за вихідний (основний) приймається той, що демонструє найбільшу стабільність, або група реперів, стабільність яких підтверджена. Саме від нього (або усередненого значення групи) ведуться всі подальші обчислення осідань.

2. Проектування мережі деформаційних (осадових) марок

Деформаційні марки закріплюються безпосередньо на конструкціях досліджуваної будівлі чи споруди. Їхнє завдання – фіксувати переміщення окремих частин об'єкта.

Кількість та щільність розміщення:

Число марок має бути достатнім для всебічного опису характеру та величини деформацій. Недостатня кількість марок може призвести до пропуску важливих локальних деформацій або неправильної інтерпретації загальної картини.

Приклади визначення мінімальної кількості:

Абсолютне осідання фундаменту (рівномірне) - достатньо однієї марки на досліджуваній частині фундаменту.

Нерівномірне осідання (крен, перекид): Мінімум дві марки на кожному характерному напрямку (наприклад, по осях будівлі, на протилежних кінцях фундаментної плити). Це дозволяє визначити різницю осідань.

Прогин або вигин (балки, плити) - мінімум три марки вздовж лінії прогину (по краях та в центрі прольоту). Це дозволяє апроксимувати криву прогину.

Скручування - потрібна просторова схема розміщення марок.

Фактори, що впливають на розташування марок:

- цілі моніторингу - наприклад, контроль за загальною стійкістю споруди, виявлення локальних дефектів, спостереження за розвитком тріщин.
- очікуваний вид деформацій - осідання, горизонтальні зсуви, крени, прогини, вигини, скручування.
- конструктивні особливості споруди - тип фундаменту, матеріал несучих конструкцій, наявність поверхів, консолей, деформаційних швів, характерних вузлів.
- інженерно-геологічні умови майданчика - тип ґрунтів основи, їхня неоднорідність, наявність слабких шарів, карстових порожнин тощо.

- розташування навантажень - марки слід встановлювати в місцях концентрації навантажень та на ділянках, найбільш чутливих до зміни напружено-деформованого стану.

Конкретні рекомендації щодо розміщення.

Фундаменти висотних споруд (димові труби, вежі, силоси): Рівномірно по периметру фундаменту. Для високих та гнучких споруд марки можуть встановлюватися на різних висотних ярусах для контролю кренів та вигинів стовбура.

Греблі гідровузлів: У тілі греблі (в галереях) та по її гребню, щонайменше дві марки на кожену секцію для контролю її осідання та взаємних зсувів секцій.

Підпірні стіни, причальні споруди: Вздовж споруди з інтервалом 15-20 метрів, а також на характерних ділянках (по краях, у місцях зміни висоти).

Цивільні та промислові будівлі По кутах будівлі. По периметру з інтервалом 10-15 метрів. Обов'язково по обидва боки деформаційних (температурних, осадкових) швів для контролю їхнього розкриття та взаємного зміщення блоків. На несучих колонах, особливо в місцях їхнього спирання на фундаменти. У місцях примикання поздовжніх та поперечних несучих стін. На консольних елементах.

Фундаменти під технологічне обладнання (наприклад, турбогенератори, верстати): Марки встановлюються максимально близько до технологічних осей обладнання та його опорних частин. Це важливо для того, щоб мінімізувати вплив можливих поворотів або нахилів самого обладнання на результати вимірювань його осідань.

3. Методика та схема вимірювань

Сталість схеми: Для забезпечення порівнянності результатів у різних циклах спостережень, вимірювання слід проводити за однією й тією ж розробленою інженерно-геодезичною схемою. Це стосується вибору приладів, методики вимірювань, порядку взяття відліків та послідовності ходів.

Висновок.

Вся сукупність точок, що включаються до схеми моніторингу деформацій і мають відомі (проектні або визначені в нульовому циклі) висотні позначки H_0 , (або координати X_0, Y_0), за своїм функціональним призначенням поділяється на три основні групи.

Опорні точки (репери): Це стабільні пункти, розташовані поза зоною впливу деформацій від споруди. Вони слугують вихідною основою для визначення висот (координат) деформаційних марок у кожному циклі спостережень. Їхня стабільність є ключовою для достовірності всього моніторингу.

Деформаційні точки (марки): Це точки, закріплені безпосередньо на конструкціях досліджуваного об'єкта (фундаментах, стінах, колонах, перекриттях). Їхні переміщення і є предметом вивчення.

Сполучні (вузлові або контрольні) точки: Це допоміжні точки, які можуть використовуватися для зв'язку між різними частинами мережі, для контролю точності вимірювань, або для передачі відміток у важкодоступні місця. Наприклад, тимчасові точки для встановлення приладу.

Ретельне проектування мережі для моніторингу деформацій є невід'ємною частиною забезпечення експлуатаційної надійності та безпеки будівель і споруд. Воно вимагає глибокого розуміння як геодезичних методів, так і принципів роботи конструкцій та їхньої взаємодії з геологічним середовищем. Тільки комплексний підхід дозволяє отримати об'єктивні дані, необхідні для своєчасного виявлення небезпечних процесів та прийняття обґрунтованих рішень.

2.3. Результати моніторингу

Використання комбінованих методів інженерно-геодезичного моніторингу за деформаціями будівель, пошкоджених внаслідок влучання уламків боєприпасу, на прикладі житлового комплексу в м. Києві.

Житловий комплекс розташований у м. Київ на правому березі.

Даний житловий комплекс представлений у вигляді двох блоків, які з'єднані переходом на 1 поверсі.

Під час повітряної тривоги 02 січня 2024 року до Блоку 2 житлового комплексу потрапив уламок боєприпасу, що спричинив пошкодження будівельних конструкцій та викликав пожежу на 22 поверсі



Рис. 1 Місце влучання



Рис. 2 Місце влучання всередині Блоку 2 на 22 поверсі

Через 2 дні було знято показники з датчиків нахилу, виконано геометричне нівелювання коротким променем за програмою II класу точності для визначення осідань будівель та геодезичні виміри електронним тахеометром для визначення горизонтальних зміщень.

Моніторинг виконаний за допомогою оптичного нівеліра Ni007, електронного тахеометра Sokkia iM102 та датчиками нахилу ВКВ-2.

Інженерно-геодезичний моніторинг за пошкодженим комплексом виконується кількома методами, що в сумі дають повну інформацію про деформацію та зміщення комплексу, як в цілому, так і локально по окремих елементах.

2.3.1. Спостереження за горизонтальними зміщеннями пошкодженої будівлі за допомогою автоматизованого методу (датчиків нахилу).

Спостереження за горизонтальними зміщеннями пошкодженого комплексу виконано автоматизованим методом за допомогою датчиків нахилу ВКВ-2.

В основі роботи датчика лежить явище впливу гравітаційного поля на чутливий елемент. При знаходженні контрольованого об'єкта поза статичним станом датчик вимірює результат по взаємному впливу не тільки вектору земної гравітації, але і всіх векторів прискорення і вібрації, що впливають на об'єкт, що вимірює.

За конструкцією всі застосовувані інклінометри умовно поділяються на три основні групи: одновісні інклінометри (що працює в одній осі X), двовісні інклінометри (що працюють у двох осях X та Y), тривісні (що працюють у трьох осях X, Y та Z).

Датчик ВКВ-2 є двовісний, технічні характеристики наведені в таблиці 2.1.

Вимірювання горизонтальних зміщень проводилось системою моніторингу, яка складається з шести приладів ВКВ-2, закріплених на трьох пілонах Блоку 1 та трьох пілонах Блоку 2 на рівнях в умовній системі висот - 21,800 м., +32,700 м., +62,500 м., період моніторингу складав одну годину.

Результати вимірювань накопичувались у блоці пам'яті кожного приладу. Оператор, проводив зчитування інформації з кожного приладу.

Далі інформація оброблялась на комп'ютері, на якому встановлене спеціальне програмне забезпечення. Програма обробки дає інформацію про величину нахилу пілона в точках, де встановлені вимірювальні прилади.

На рисунку 4 наведені позначення вимірювальних параметрів: осі кутів відхилення X, Y., результуючий кут нахилу Σ , азимутний напрям нахилу α у системі координат приладу.

Технічні характеристики датчика нахилу ВКВ-2

Характеристика	Значення
Діапазон виміру кутів у двох гранях, хв	рт30
Поріг чутливості, с, не більше	3
Допустиме середнє квадратичне відхилення вимірювання кута, с не більше - в діапазоні кутів +/- (0-10) хв. - в діапазоні кутів +/- (10-30) хв.	±5 ±10
Максимальний час вимірів, які можуть запам'ятовуватися під час автономної роботи (при моніторингу)	16000
Інтервали часу між двома сусідніми вимірами при моніторингу:	5с, 10с, 30с, 1хв, 5хв, 10хв, 30хв; 1 г, 6 г, 12 г, 24 г;
Внутрішні джерела живлення: - датчика ВКВ-2: елементи живлення типу D-1,5В - пульта ПДС-01: елементи живлення типу «Крона» 9В	2 шт; 1 шт.
Тривалість роботи датчика від вмонтованого джерела живлення без його заміни, часів, не менше: - при моніторингу з інтервалом 5 с - при моніторингу з інтервалом 30 с - при моніторингу з інтервалом 1 хв 1 хв	600 3600 7200 14400
Розміри, мм, не більше: - платформа з датчиком ВКВ-2 - пристрій управління ПДС-01	230*180*130 45*80*38
Маса, кг, не більше - платформа з датчиком ВКВ-2 - пристрій керування ПДС-01	5 0,5

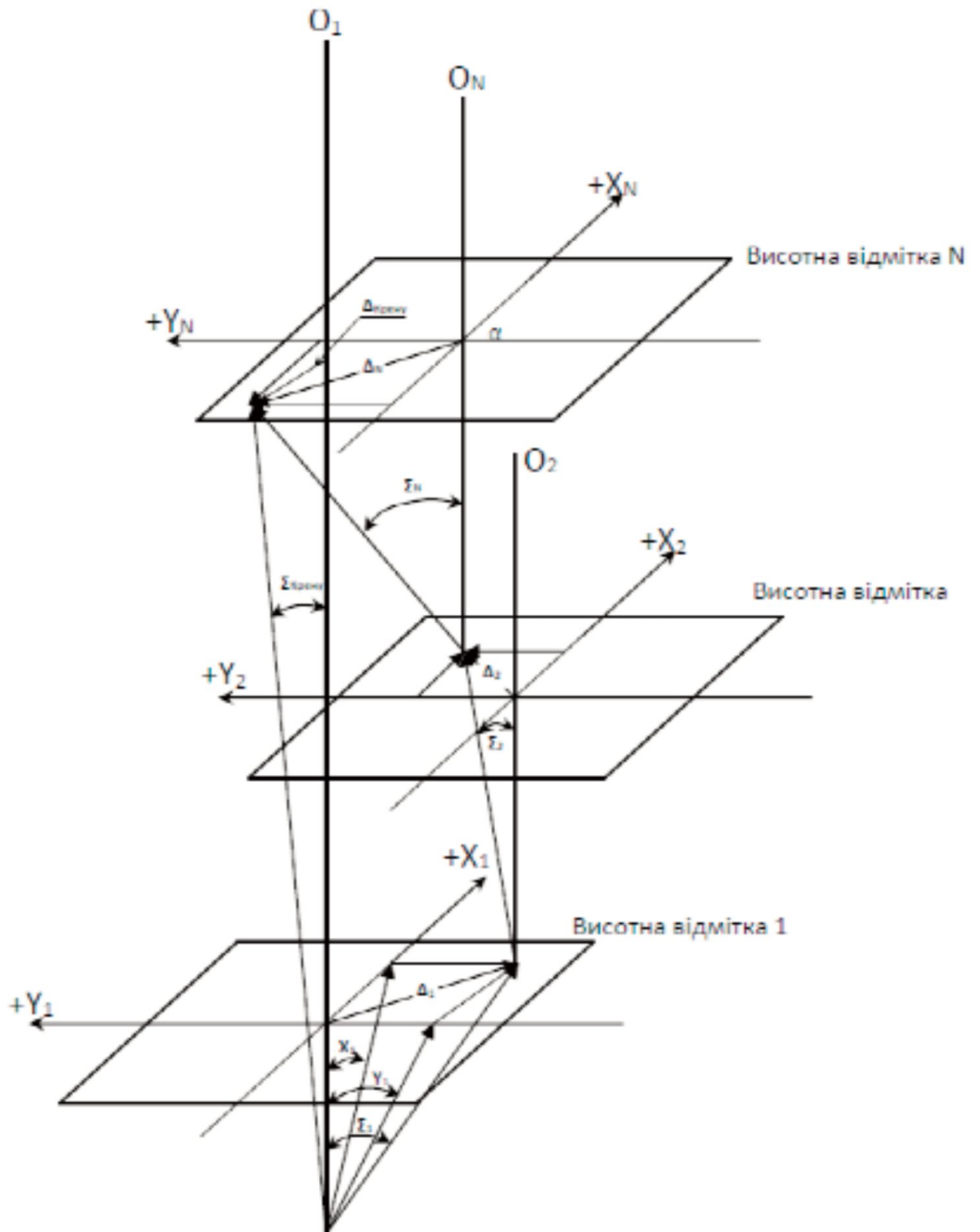


Рис. 4 Позначення вимірюваних параметрів

У момент встановлення датчиків системи моніторингу на пілонах будинків вони встановлені у вертикальне положення, так званий нульовий стан. Пілон при цьому вважається абсолютно рівним і вертикально зорієнтованим в просторі, відповідно вертикалі 01, 02, ON збігаються.

Відомо, що пілони не мають властивостей абсолютно жорсткого тіла і поводяться як динамічні системи (азимутний напрямок нахилу, кут нахилу на кожній висотній відмітці різний і змінюються в часі).

Тому для визначення лінійного відхилення кожної висотної відмітки (горизонтальна площина на рівні якої встановлюються вимірювальні прилади системи моніторингу) від вертикалі будинку 01, необхідно приводити показання вимірювальних приладів до системи координат, найнижчої висотної відмітки, а пілон між висотними відмітками вважати жорстким.

Додатні значення кутів нахилу всіх датчиків системи по осях X та Y зорієнтовані в одному напрямку.

Вісь X збігається з літерними назвами осей, вісь Y збігається з цифровими назвами осей об'єкта будівництва..

Значення лінійного відхилення в системі координат датчика розраховується по формулі:

$$\Delta_N = L_N * \text{tg} \Sigma_N,$$

де Δ_N - зміщення в мм;

L_N - відстань між висотними рівнями (для найнижчого рівня це відстань від поверхні землі) в мм,

Σ_N - результуючий кут, градуси.

Значення лінійного відхилення висотної відмітки від вертикалі 01 розраховується по формулі:

$$\Delta_{N_{\text{крен}}} = H_N * \text{tg} \Sigma_{N_{\text{крен}}}$$

де $\Delta_{N_{\text{крен}}}$ - зміщення в мм.

H_N - висота від землі до висотної відмітки в мм,

$\Sigma_{N_{крен}}$ - результуючий кут, градуси.

$$\Sigma_{N_{крен}} = \sqrt{(X_{N_{крен}}^2 + Y_{N_{крен}}^2)}$$

$$X_{N_{крен}} = X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_N$$

$$Y_{N_{крен}} = Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_N$$

де $X_{N_{крен}}$ та $Y_{N_{крен}}$ кутові відхилення в системі координат датчика найнижчого рівня; $X_{1,2,\dots,N}$ та $Y_{1,2,\dots,N}$ - кутові відхилення кожного датчика.

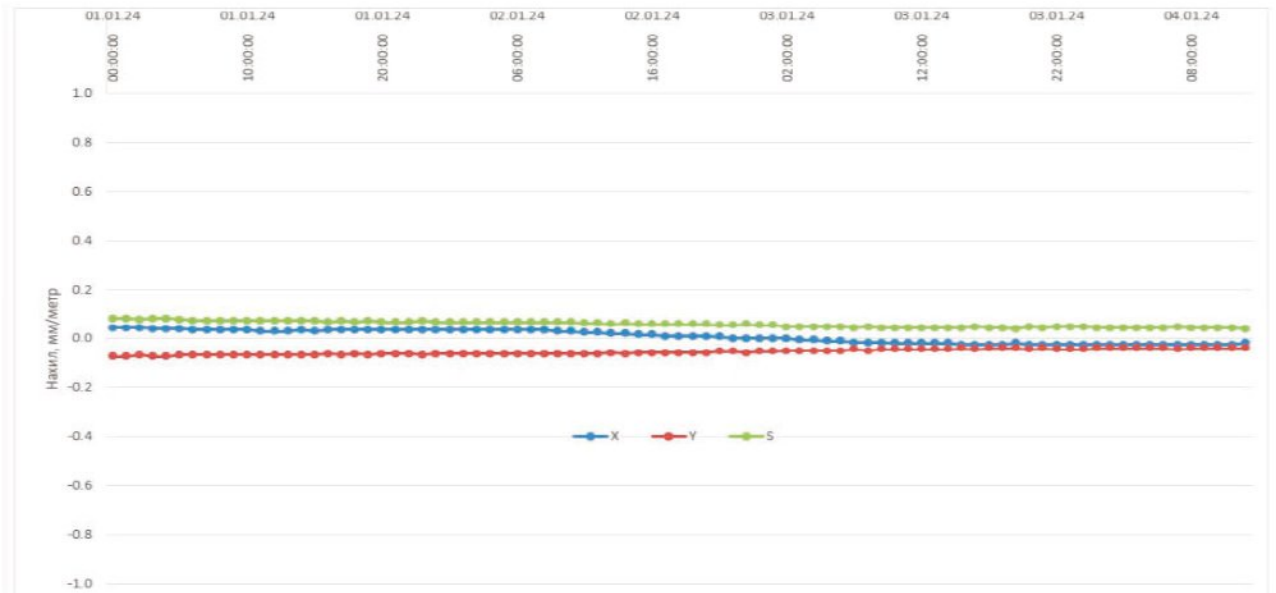


Рис. 5 Дані з датчика, встановленого на позначці -21,800 м. (блок №2) за період з 01.01.2024 по 04.01.2024.

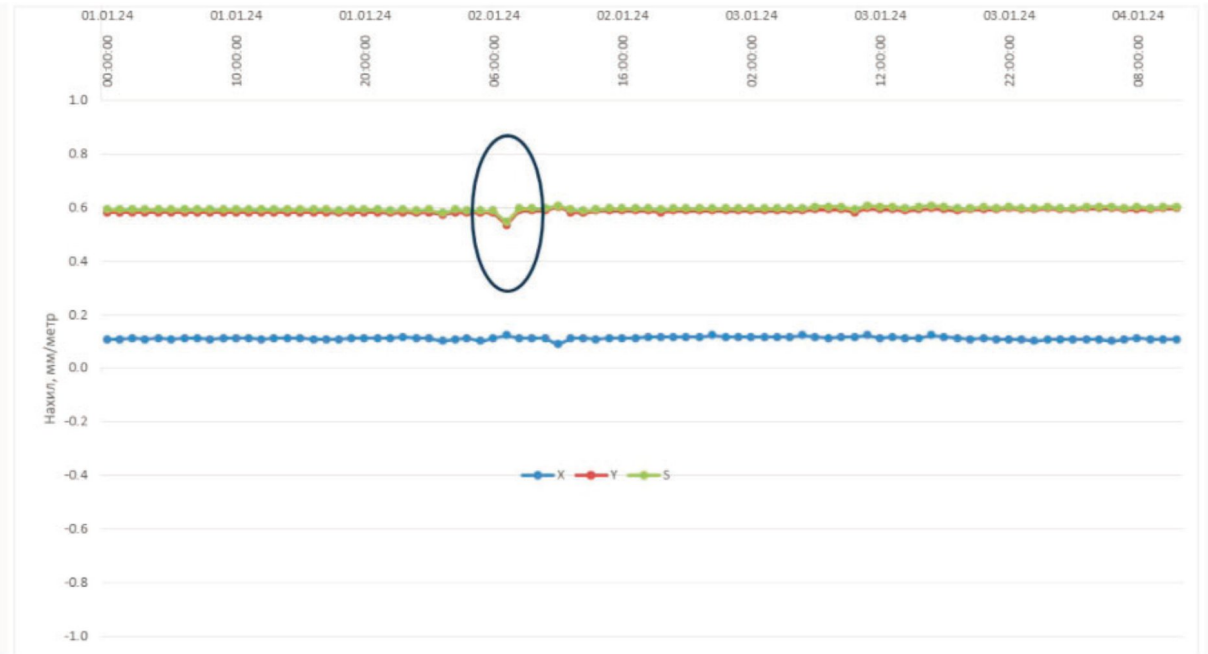


Рис. 6 Дані з датчика, встановленого на позначці +32,700 м. (блок №2) за період з 01.01.2024 по 04.01.2024

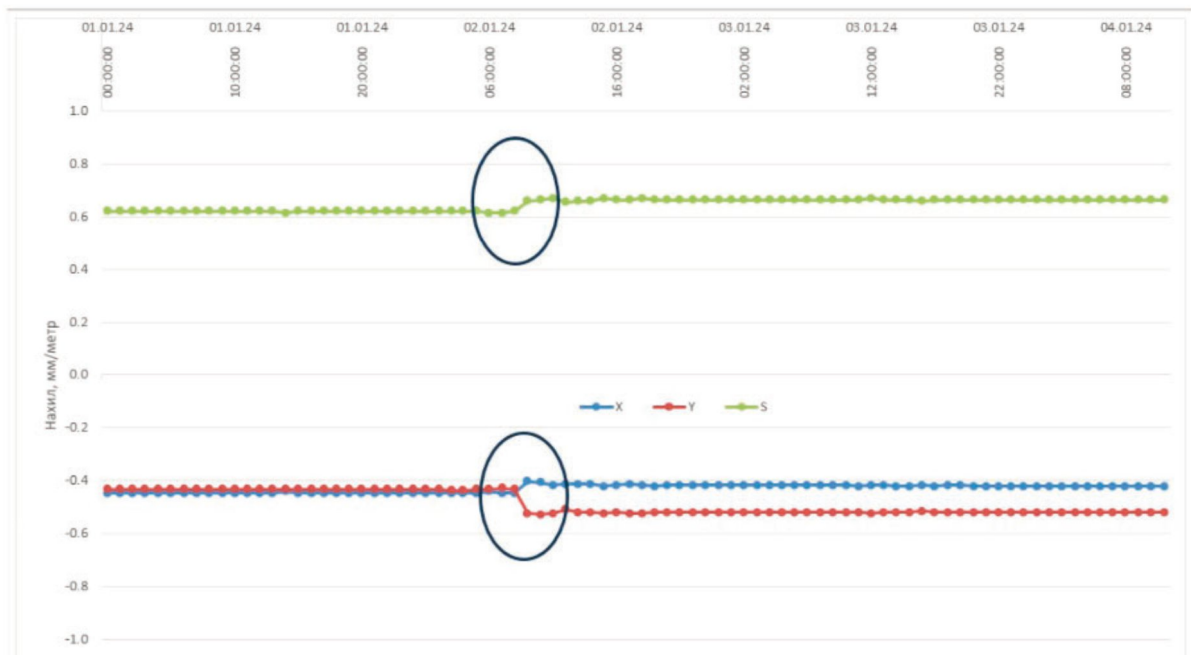


Рис. 7 Дані з датчика, встановленого на позначці +62,500 м. (блок №2) за період з 01.01.2024 по 04.01.2024

Аналіз результатів спостережень в момент пошкодження житлового комплексу показав, що змін показів датчиків нахилу Блоку 1 на позначках -21,800 м, +32,700 м та +62,500 м не зафіксовано, тому результати в статті не розглядаються та не наводяться.

Змін показів датчика нахилу Блоку 2, в конструкції якого потрапив уламок боєприпасу, на позначці -21,800 м не зафіксовано - рисунок 5. По датчику на позначці + 32,700 м. о 8 ранку 02.01.2024 зафіксовано разову зміну нахилу величиною 0,1% (приблизно 2 мм) по осі рисунок 6. Надалі покази датчика повернулися до початкового положення.

По датчику на позначці + 62,500 м о 8 ранку 02.01.2024 зафіксовано зміна нахилу величиною 0,1% (приблизно 2 мм) по осях X та рисунок 7. Надалі покази датчиків не змінилися.

Висновок . Виконавши аналіз оброблених даних з датчиків нахилу ми можемо зробити висновок, що в Блоці 1 комплексу не зафіксовано горизонтальних та вертикальних зміщень пілонів, а в Блоці 2 на +32,700 м та +62,500 м зафіксовані горизонтальні та вертикальні зміщення елементів конструкцій Блоку 2. Для визначення типу деформацій, локальні чи загальні, необхідно виконати додатково вимірювання крену будівлі.

2.3.2. Спостереження за горизонтальними зміщеннями Блоку 2 житлового комплексу за допомогою електронного тахеометра

Додатково було виконано визначення горизонтальних зміщень пошкодженого Блоку 2 житлового комплексу, спостереження виконано за допомогою електронного тахеометра Sokkia iM102 побудовою лінійно-кутової мережі.



Sokkia iM102

Нова серія електронних тахеометрів Sokkia iM-102 прийшла на зміну серії електронних тахеометрів CX-102. [21]/ Маючи найкращий в своєму класі далекомір, прилади здатні вимірювати відстані в режимі без відбивача до 500 метрів з точністю 2.0мм + 2ppm, в режимі на одну призму до 4000 метрів з точністю 1.5мм + 2ppm. Швидкість вимірювання в точному режимі становить лише 0.9 секунди, а в швидкому 0.6 секунди. Модернізоване внутрішнє програмне забезпечення з графічними символами стало більш наочним і функціональним. При цьому збережена послідовність інтерфейсів попередніх серій тахеометрів SOKKIA, що дозволить користувачам легко освоїти нові інструменти. Вбудоване програмне забезпечення і неабиякі технічні можливості

роблять тахеометри серії іМ незамінними помічниками в будівництві, маркшейдерській справі, землеустрої, топографії, під час проведення вишукувань, тощо.

Характеристики SOKKIA іМ-102

Збільшення (кратність)	30x
Точність кутова	2"
Тип лазера	
Дальність без відбивача	1000 м
Дальність на плівку	500 м
Дальність на відбивач	до 6000м
Точність вимірювання відстаней без відбивача	2мм+2мм/км
Точність вимірювання відстаней на плівку	2мм+2мм/км
Точність вимірювання відстаней на відбивач	1.5мм+2мм/км
Показчик створу	
Дисплей	Графічний РК з підсвічуванням
Клавіатура	28 функціональних клавіш + клавіша на боковій панелі
Пам'ять	50000 точок
Передача даних	Картка пам'яті / кабель
Джерело живлення	Акумулятор BDC46
Час роботи	до 14 годин
Клас захисту	IP66
Діапазон робочих температур	-20°C до +50°C
Гарантія	5 років*

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕЛЕКТРОННОГО ТАХЕОМЕТРА SOKKIA іМ-102

Топографія

Винесення в натуру координат, ліній і дуг

Обернена засічка

Висота недоступного об'єкта

Кругові прийоми
Визначення недоступної відстані
Проекція точки на лінію
Обчислення площі
Вимірювання зі зміщенням
Зрівнювання теодолітного ходу
Обчислення перетинів
Базова лінія
Зйомка поперечників .
Траса

ПЕРЕВАГИ ЕЛЕКТРОННОГО ТАХЕОМЕТРА SOKKIA iM-102

Клас захисту IP66
Низький рівень споживання енергії
Впевнені вимірювання без відбивача до 500 метрів на різні поверхні
Висока точність вимірювання відстаней (1,5 мм + 2 ppm на призму, 2 мм + 2 ppm без відбивача)
Час вимірювання відстаней 0.9 секунди
Безвідбивачевий далекомір дозволяє легко виконувати вимірювання крізь перешкоди і на об'єкти невеликого розміру
Двовісний компенсатор з діапазоном роботи $\pm 6'$
Клавіша запуску вимірювань на бічній панелі
Клавіша швидкого переходу в режим налаштувань на клавіатурі
Зміна режиму роботи «без відбивача» - «призма» - «плівка» за допомогою однієї кнопки
Підсвічування сітки ниток, дисплея і клавіатури для роботи в сутінках
Пам'ять: внутрішня (50 000 точок) + зовнішня (USB flash диск)
Створюєказівник для швидкого винесення точок (у всіх моделях)
Лазерний центрир (додаткова опція)

Можливість налаштування користувачем розкладки клавіатури (дозволяє привласнити потрібне значення будь-якої програмної клавіші)

Можливість використання списку кодів

Підтримка форматів SOKKIA SDR33 / TOPCON raw, xyz, gt7, pnt

Простий експорт в AutoCAD, завантаження координат в тахеометр

Низькотемпературні моделі з індексом «L» - працюють при температурі навколишнього середовища від -35°C до $+50^{\circ}\text{C}$

Всі прилади виготовляються тільки в Японії.

Для інженерно-геодезичного моніторингу горизонтальних зміщень Блоку 2 використовувалися марки спостереження світловідбивальні плівки- рисунок 8.



Рис. 8 Марка спостереження у вигляді світловідбивної плівки RP60 Leica

Марки спостереження закріплені на фасаді Блоку 2 житлового комплексу - рисунок 9.

Вимірювання горизонтальних переміщень виконано методом прямої багаторазової засічки за допомогою електронного тахеометра.

Цей метод забезпечує отримання величин горизонтальних переміщень з похибкою, що не перевищує ± 2 мм.

Для виконання цих робіт використовується електронний тахеометр з кутовою точністю $2''$. При середній квадратичній похибці виміру кутових напрямків, рівних $m\alpha = \pm 2''$, і відстані до контрольних марок $\approx 100 \dots 150$ м

очікувана середня квадратична похибка поперечного лінійного переміщення буде дорівнювати:

$$m_{\alpha} = m_{\alpha} * L / \rho'' = c2 * 100000 / 203265 = \pm 1,0 \text{ мм.}$$



Рис. 9 Схема закріплення марок спостереження на фасаді пошкодженого Блоку 2 житлового комплексу

Похибка вимірювання похилої відстані електронним тахеометром становить ± 2 мм. Тож за умови рівного впливу, середньоквадратична похибка визначення координат марки спостереження складатиме $\sqrt{(1.0+2)} \approx 1.7$ мм.

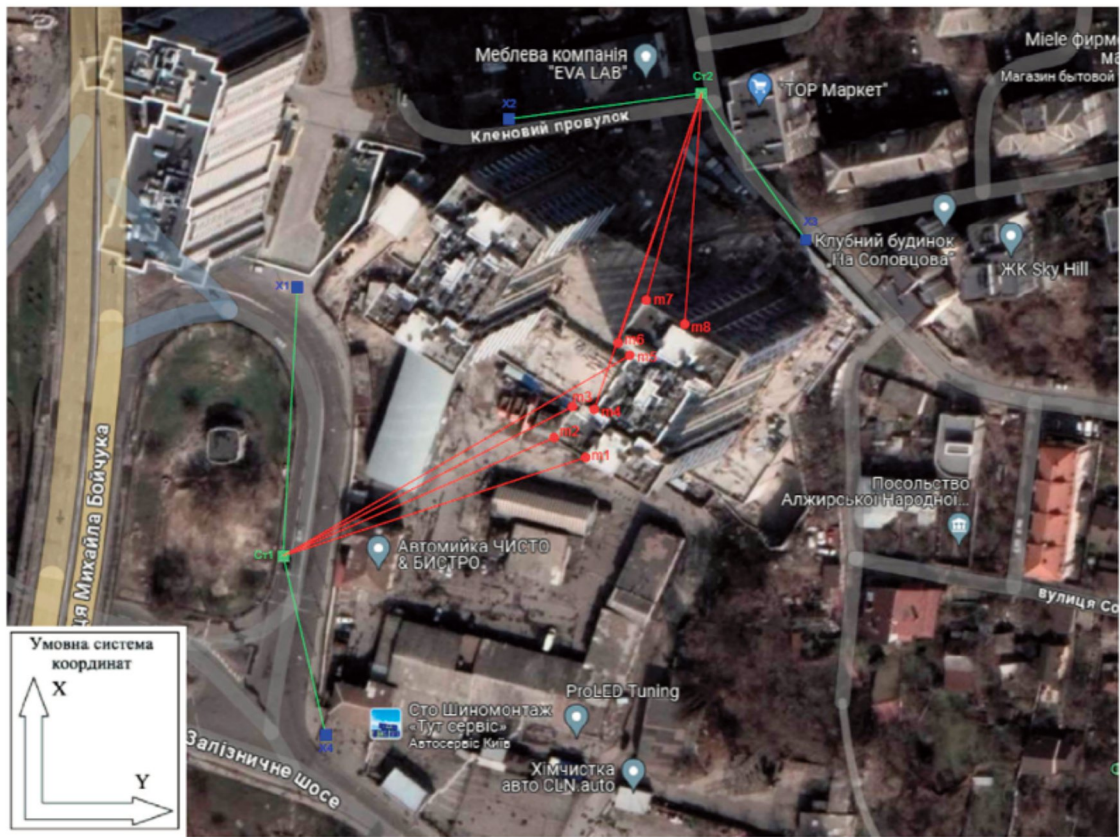
Також вираховуються похибки центрування приладу, наведення на мішень відбивача та вплив довкілля.

Таким чином, величина похибки визначення координат контрольних марок не перевищувала ≈ 2 мм. [20]

Вимірювання виконуються за схемою наведеною на рисунку 10.

Після пошкодження Блоку 2 житлового комплексу виконано 2 цикли спостереження, отримані значення порівняно зі значеннями минулих циклів та приведено у таблиці 2.

Проаналізувавши отримані дані можемо зробити висновок, що марки спостереження майже не змінили своє планове положення, окрім марки спостереження № 4 котра була біля місця влучання.



- Умовні позначення:
- m1 - марка спостереження та її номер
 - C11 - станція спостереження та її номер
 - X1 - орієнтир планового обґрунтування та його номер

Рис. 10 Схема вимірювання марок спостереження

Таблиця 2.2

Результат спостереження за горизонтальними зміщеннями

№ точки	26.12.2023		04.01.2024		10.01.2024	
	ΔX , мм	ΔY , мм	ΔX , мм	ΔY , мм	ΔX , мм	ΔY , мм
1	0	0	0	0	0	1
2	0	0	1	-1	1	0
3	0	0	0	-1	1	1
4	0	0	6	-8	1	2
5	0	0	2	3	2	1
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	1	1	0	1
8	0	0	1	1	1	0

Порівнюючи дані горизонтальних зміщень отриманих з датчиків нахилу та електронним тахеометром можна сказати, що датчики нахилу зафіксували локальні горизонтальні зміщення опорних елементів Блоку 2, що в свою чергу не несуть ніякої небезпеки стійкості будівлі.

Висновок. . Порівнявши отримані дані трьох циклів вимірювань можна зробити висновки, що осідань фундаментів Блоку 1 та Блоку 2 житлового комплексу в результаті пошкодження не зафіксовано.

2.3.3. Спостереження за осіданнями пошкодженої будівлі методом геометричного нівелювання

Спостереження за осіданням пошкодженого комплексу виконується в такій послідовності:

- встановлення деформаційних марок на вертикальних елементах пошкодженого комплексу;
- інструментальні виміри величини вертикальних переміщень;
- обробка та аналіз результатів спостережень;
- подання висновків та рекомендацій у вигляді Звіту.

Геодезичні спостереження за осіданням пошкодженого комплексу ведуться по закріплених точках деформаційних марках. Застосована конструкція деформаційної марки з кулеподібною голівкою - рисунок 11.

Деформаційні марки закладаються в місцях найбільш ефективного прояву очікуваних осідань будівель.

Для виміру осідання застосовувався метод геометричного нівелювання короткими променями за програмою II класу. Цей метод дозволяє при незначних швидкостях осідання за короткий проміжок часу визначити величину і швидкість вертикальних переміщень осадкових марок. Осідання будівлі

вимірюються нівелюванням по способу сполучення (або з використанням цифрових нівелірів з кодовими рейками).

Визначення осідання методом короткого променя виконувався з дотриманням наступних умов:

- висотна опорна мережа складається з 3 нерухомих знаків;
 - застосовувався нівелір високої точності з плоскопаралельною пластинкою,
 - ретельно вивірені, прокомпаровані штрихових рейки з інварною смугою;
- нівелювання марок виконувалось по наміченим ходам, по одній і тій же схемі, при двох горизонтах інструмента.

Для виміру осідання житлового комплексу застосовувався прецизійний нівелір Ni 007.

На кожній станції здійснювався польовий контроль спостережень: підраховувалася різниця основної та додаткової шкали рейки (не більше 3 поділок барабана – 0,15 мм.) та різниця в подвійних перевищеннях по основній та додатковій шкалах не перевищує 6 поділок барабана (0,3 мм.).

Обробка результатів спостережень містить в собі перевірку польових журналів та оцінку точності проведених польових робіт.

Після виконання зрівнювальних обчислень та отримання висотних позначок марок обчислюють такі величини:

~ величину осідання деформаційної марки ДН між двома останніми циклами поточним і попереднім:

$$\Delta_h = H_j - H_{j-1};$$

~ сумарне осідання деформаційної марки з початку спостережень

$$\Sigma \Delta H = H_j - H_0$$

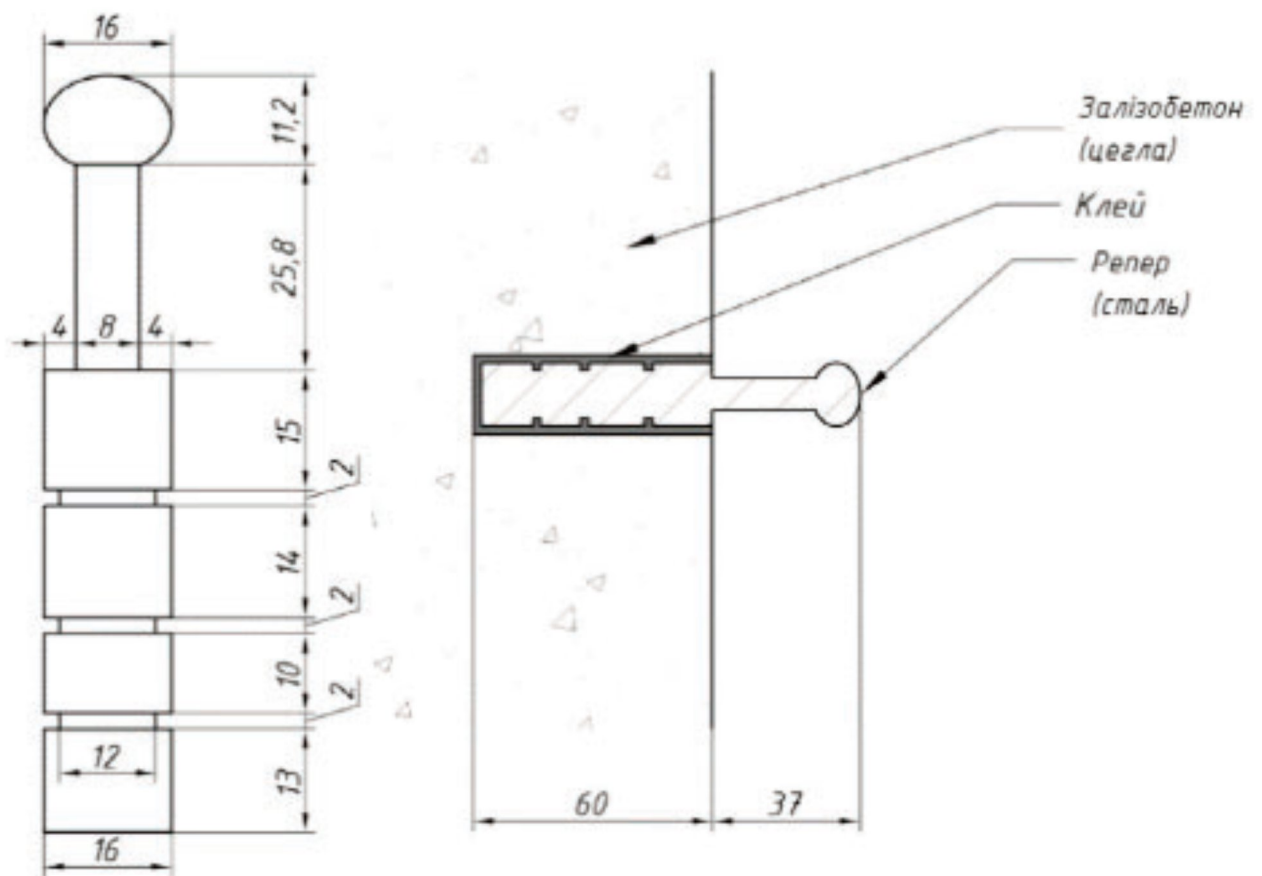
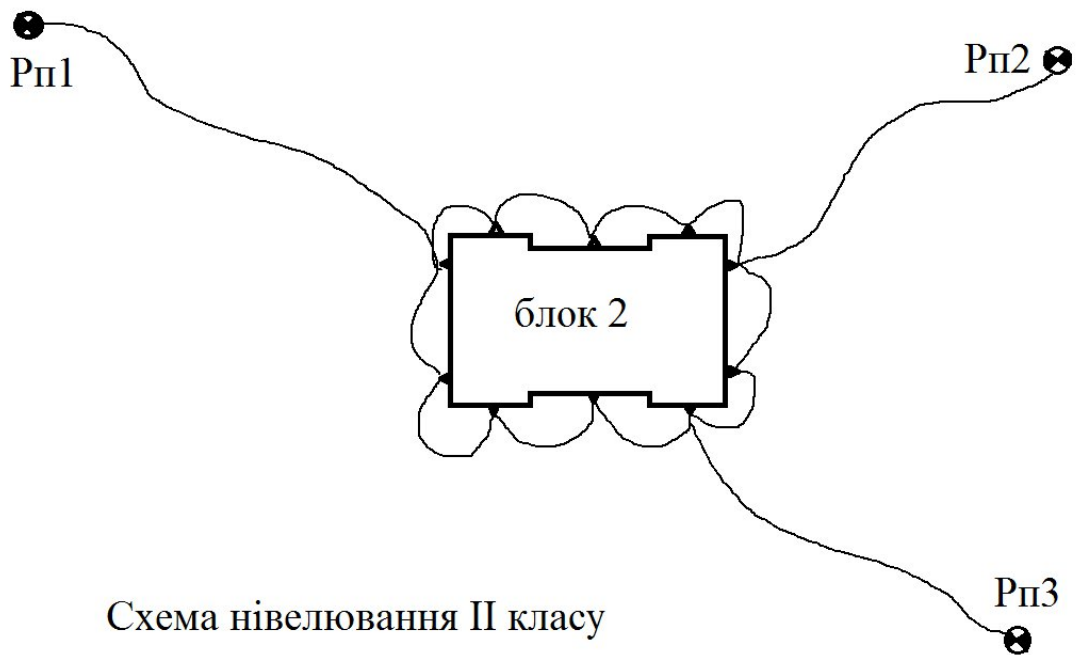


Рис. 11 Конструктив та спосіб закріплення деформаційної марки



~ середнє осідання будівлі в цілому з початку спостережень

$$\Sigma\Delta H_{\text{сер}} = \Sigma\Delta H/n;$$

де H_j - позначка деформаційної марки у поточному циклі спостережень,

H_{j-1} - позначка деформаційної марки у попередньому,

H_0 - позначка деформаційної марки у початковому циклі спостережень,

n - кількість марок на будівлі.

Таблиця 3

Значення осідань по деформаційним маркам

№ Деформаційної марки	04.12.2024	04.01.2024		11.01.2024	
	Δh , мм	Δh , мм	ΔH , мм	Δh , мм	ΔH , мм
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Середнє осідання			0,0		0,0

Висновок. Порівнявши отримані дані трьох циклів вимірювань можна зробити висновки, що осідань фундаментів Блоку 1 та Блоку 2 житлового комплексу в результаті пошкодження не зафіксовано.

РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ

4.1 Організація геодезичних робіт

Організація геодезичних робіт – це ключовий етап будь-якого проекту, що вимагає точних просторових даних. Від її якості залежить ефективність виконання робіт, точність отриманих результатів, дотримання термінів та бюджету, а також безпека персоналу.

Організація геодезичних робіт охоплює цілий комплекс заходів, які можна умовно розділити на кілька основних етапів:

1. Підготовчий етап

Отримання технічного завдання (ТЗ): Це найперший і найважливіший крок. У ТЗ мають бути чітко сформульовані мета робіт, об'єкт дослідження, вимоги до точності, перелік кінцевих продуктів (плани, карти, цифрові моделі, звіти тощо), терміни виконання.

Вивчення вихідних даних:

Нормативно-правова база: ознайомлення з чинними стандартами, нормами, інструкціями (ДБН, ДСТУ, відомчі інструкції), що регулюють виконання даного виду геодезичних робіт.

Наявні топографо-геодезичні матеріали: Збір та аналіз топографічних планів, карт, матеріалів попередніх вишукувань, даних про існуючі геодезичні мережі (репери, пункти ДГМ).

Проектна документація: Вивчення архітектурних, будівельних, інженерних проєктів об'єкта, якщо роботи пов'язані з будівництвом або реконструкцією.

Інженерно-геологічні дані: Інформація про ґрунти, рівень ґрунтових вод, яка може впливати на стабільність геодезичних знаків та вибір методів.

Розробка програми (проєкту) геодезичних робіт: Це основний організаційний документ. У ньому деталізується:

Мета і завдання робіт.

Обґрунтування вибору методів та технологій вимірювань (наприклад, GPS/GNSS, електронні тахеометри, лазерне сканування, нівелювання).

Схема майбутньої геодезичної мережі (якщо потрібна), обґрунтування кількості та місць закладки геодезичних знаків.

Перелік необхідного обладнання та інструментів.

Календарний план виконання робіт, розрахунок трудовитрат.

Кошторис робіт.

Опис необхідних програмних засобів для обробки даних.

Заходи з техніки безпеки та охорони праці.

Рекогносцировка (польове обстеження): Виїзд на місцевість для попереднього огляду території робіт, уточнення умов, вибору місць для закладки геодезичних знаків, оцінки прохідності, наявності перешкод, можливостей електропостачання тощо.

Підготовка обладнання: Перевірка справності, калібрування, завантаження необхідного програмного забезпечення.

Оформлення дозвільних документів: У разі потреби – отримання дозволів на виконання робіт у відповідних органах, доступ до території.

2. Польовий етап.

Закладка та закріплення геодезичних знаків: Встановлення постійних або тимчасових реперів та марок згідно з проектом робіт.

Вимірювання: Безпосереднє виконання геодезичних вимірювань згідно з обраною методикою та проектом:

Створення та розвиток геодезичної основи (опорні мережі, розбивочні мережі).

Топографічна зйомка.

Виконавча зйомка.

Геодезичний моніторинг деформацій.

Інженерно-геодезичні вишукування.

Ведення польової документації: Ретельне і своєчасне заповнення журналів вимірювань, ескізів, абрисів, описів пунктів. Це критично важливо для подальшої обробки та контролю якості.

Попередній контроль якості: Перевірка деяких вимірювань безпосередньо на місці для виявлення грубих помилок та їх оперативного усунення.

Дотримання техніки безпеки: Забезпечення безпечних умов праці, використання відповідного захисного спорядження.

3. Камеральний етап .

Введення даних: перенесення польових вимірювань з журналів або електронних носіїв у спеціалізоване програмне забезпечення.

Обробка вимірювань.

Математична обробка (зрівнювання мереж, обчислення координат та висот).

Контроль якості (виявлення помилок, оцінка точності).

Формування необхідних баз даних.

Аналіз даних: інтерпретація отриманих результатів, їх порівняння з проектними даними або даними попередніх циклів (у випадку моніторингу).

Створення картографічних та графічних матеріалів: Побудова планів, карт, профілів, цифрових моделей рельєфу (ЦМР), 3D-моделей споруд.

Підготовка технічного звіту: складання повного звіту про виконані роботи, що включає:

Опис мети та завдань.

Характеристику об'єкта.

Опис застосованих методів та обладнання.

Результати вимірювань та їх обробки.

Аналіз отриманих даних, висновки та рекомендації.

Графічні додатки.

4. Завершальний етап.

Здача-приймання робіт: передача замовнику всіх матеріалів та документації.

Архівування: зберігання копій матеріалів в архіві виконавця.

Ключові аспекти успішної організації:

Кваліфікований персонал: наявність досвідчених геодезистів, інженерів та техніків.

Сучасне обладнання та програмне забезпечення: використання високоточних приладів та ефективних програм для обробки даних.

Чітке планування та координація: детальний план робіт, розподіл обов'язків, регулярний контроль за виконанням.

Безпека: пріоритет безпеки всіх учасників робіт.

Контроль якості: постійний моніторинг на всіх етапах для забезпечення відповідності вимогам ТЗ та нормативним документам.

Дотримання цих принципів дозволяє успішно виконувати найскладніші геодезичні завдання.

4.2. . Планування і визначення кошторисної вартості

Визначення кошторисної вартості геодезичних робіт при спостереженні за деформаціями будівлі – це складний процес, який вимагає врахування багатьох факторів. Це не просто "ціна за метр", а розрахунок, що базується на обсязі, складності, точності та тривалості робіт.

Можна виділити основні компоненти, які впливають на кінцеву кошторисну вартість:

1. Обсяг та характер робіт:

Кількість об'єктів моніторингу: Одна будівля чи комплекс споруд?

Розміри та складність будівлі: Висотність, площа, наявність складних архітектурних форм, підземних частин, важкодоступних місць.

Кількість деформаційних марок: Чим більше точок потрібно спостерігати (осадових, стінних, планових), тим більший обсяг вимірювань.

Кількість опорних реперів: Вимагає їх закладки та періодичного контролю стабільності.

Види деформацій, що спостерігаються: лише осідання, чи також крени, горизонтальні зсуви, розкриття тріщин... Кожен вид вимагає специфічних методів та обладнання.

Кількість циклів спостережень: як часто будуть проводитись вимірювання (щомісяця, щокварталу, раз на півроку, щорічно). Чим частіше, тим вища загальна вартість.

Тривалість моніторингу: загальний термін виконання робіт (наприклад, 1 рік, 5 років, до стабілізації деформацій).

В Україні часто використовуються державні нормативи та розцінки на виконання геодезичних робіт, які слугують базою для розрахунку кошторисів у будівництві. Однак, для деформаційного моніторингу, особливо високої точності, часто застосовуються індивідуальні розрахунки, оскільки кожен об'єкт є унікальним.

Для отримання точної кошторисної вартості необхідно скласти детальне технічне завдання та програму робіт, провести рекогносцировку об'єкта, а вже потім розраховувати всі витрати.

Наприклад, виготовлення та закладення центрів геодезичних пунктів, має певний склад робіт:

- ~ Виготовлення форм.
- ~ Нарізування труб і приварювання марок.
- ~ Доставка матеріалів, форм до місця роботи.
- ~ Приготування бетонної суміші та заливання її у форми.
- ~ Закладення марок.
- ~ Риття ям або буріння свердловин.
- ~ Закладка центру.

~ Насипання кургану.

~ Складання кроків

Також, має враховуватись складність виконання робіт в залежності від категорій ґрунтів.

I категорія

М'які ґрунти (супіски, лес, легкі суглинки). Розпушування ґрунту проводиться за допомогою штикових лопат.

II категорія

Ґрунт середньої твердості (щільні суглинки, глини, дрібний гравій, м'які мергелі). Розпушення ґрунту проводиться штиковими лопатами з частковим застосуванням кирки.

III категорія

Ґрунт місця закладки вище середньої твердості (суглинок важкий з домішкою щебеню, велика галька). Мерзлі ґрунти I категорії. Розпушення ґрунту проводять кирками і ломами. Скельні марки закладаються в скелі, що виходять на поверхню землі.

IV категорія

Ґрунт місця закладки твердий (глина з валунами, сланці вивітрени, дресва). Мерзлі ґрунти II категорії. Розпушення ґрунту проводиться ломами, кирками і клинами. Скельні марки закладаються в скелі, розташовані нижче поверхні землі до 0,5 м.

V категорія

Ґрунт місця закладки розбірно-скельний (черепашник, туф, гіпс). Мерзлі ґрунти III категорії. Розпушення ґрунту здійснюють ломами, кирками і клинами.

Примітка. Характеристика категорій складності місцевості приймається та сама, що і для побудови геодезичних знаків.

Кошторис проведення геодезичних робіт

№ п/п	Найменування робіт	№ частин, таблиць, §§, пунктів, розділів Збірника цін на вишукувальні роботи. Зміни та доповнення до Збірника цін.	Калькуляція робіт							8	9				
			4	5	6	7									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11					
1.	Пошук нівелірних реперів		Зб.цін,ч.І,т.81,\$1,												
		к=0,85	Зб.цін,ч.І,заг.вказ.,п.14,	І	1 зн.	1,2	0,85	1,15	1,21		3	4,26			
		к=1,15	Пост.№22,ч.І,заг.пол.,п.1,	II	1 зн.										
		к=1,21	Лист №21-Д від 25.12.90 р.	III	1 зн.										
2	Прокладання ходу нівелювання 2 класу		Зб.цін,ч.І,т.18,\$3,	І	км.										
		к=0,85	Зб.цін,ч.І,заг.вказ.,п.14,	II	км.	28,9	0,85	1,3	1,5		4	191,61			
		к=1,3	Пост.№22,прим. 4 до т.19,	III	км.										
		к=1,5	Лист №21-Д від 25.12.90 р.	IV	км.										
3	Лінійно-кутові вимірювання			І	напр.	20	0,85	1,3	1,5						
			Зб.цін,ч.І,т.19,\$1,	II	напр.	24	0,85	1,3	1,5		8	318,24			
		к=0,85	Зб.цін,ч.І,заг.вказ.,п.14,	III	напр.	29	0,85	1,3	1,5						
		к=1,3	Пост.№22,прим. 4 до т.19,	IV	напр.	35	0,85	1,3	1,5						
		к=1,5	Лист №21-Д від 25.12.90 р.	V	напр.	42	0,85	1,3	1,5						
4	Камеральна обробка польових вимірювань		Зб.цін,ч.VII,т.403,\$1,												
		к=0,85	Зб.цін,ч.І,заг.вказ.,п.14,												
		к=0,7	т.403,прим.2,	І	км.	78	0,85	0,7	1,5	0,8	1,1	1,15			
		к=0,8	т.403,прим.2,	II	км.	113	0,85	0,7	1,5	0,8	1,1	1,15			
		к=1,1	т.403,прим.3,	III	км.	197	0,85	0,7	1,5	0,8	1,1	1,15			
		к=1,5	Лист №21-Д від 25.12.90 р.												
		к=1,15	Пост.№22,ч.І,заг.пол.,п.1,												
Вартість робіт :											522,10				
5	Витрати на внутрішній транспорт		Зб.цін, ч.І, т.4			11% від вартості робіт									
		к=1,5	\$1,від 10 до 15 км.			11%	1,25	1			71,79				
			Пост. №22 допов. до п.8												
6	Складання програми інженерно-геодезичних вишукувань, технічний звіт		зб.цін,т.86,												
		к=1,15	Пост. №22,заг.пол.,п.3												
		к=1,00	Пост. №22,заг.пол.,п.1			100	1,15	1	1,21	0,5	1,2	83,49			
		к=0,5	Пост. №22,заг.пол.,п.2			150	1,15	1	1,21			208,73			
		к=1,2	Пост. №22,заг.пол.,п.3												
		к=1,21	Лист №21-Д від 25.12.90 р.												
7	Збір та систематизація матеріалів вишукувань минулих років		зб.цін,т.85,												
		к=1,15	Пост. №22,ч.1,заг.пол.,п.1	III		планшет	3	1,15	1,25	1,21					
		к=1,25	Пост. №22,ч.1,заг.пол.,п.1	III		пункт	0,9	1,15	1,25	1,21	4	6,00			
		к=1,21	Лист №21-Д від 25.12.90 р.												
8	Витрати на метрологічне забезпечення єдності та точності засобів вимірювання		Пост. №22 від 1.03.90 р.			5% від суми кошторису:									
			заг.полож., п. 14			522	72	292	0,05	44,31					
9	Витрати на організацію та ліквідацію вишукувань	к=2,5	Зб. цін, т.6, Пост. №22, п.1-2 до т.6			до 2 тис.грн.				638	0,06	2,5	0,7	1	67
		к=0,7				від 2 до 5 тис.грн.				0,06	2,5	0,7			
Всього по кошторису :											1003,41				
Індекси до вартості робіт :															
К=1,32 Постанова №22 від 1.03.90 р. , Держдбур СРСР /табл. №3/.															
К=39,66 Додаток 7 до настанови табл.3 п.4															
Розрахунок по кошторису :											1003	1,32	30,78	40768	
Крім того, 20% ПДВ														8154	
Всього по кошторису :											48922				

У своїй роботі я спробувала провести кошторисні розрахунки для геодезичних робіт при дослідженні будівлі на виявлення деформацій після влучання в нього шматків снаряду. Основою для розрахунків є Постанова №22 від 1.03.90 р. , Держдбуд СРСР /табл. №3/ з подальшим застосуванням коефіцієнтів на збільшення цін .

«ЗБІРНИК укрупнених кошторисних розцінок на топографо-геодезичні та картографічні роботи» затверджений Наказом 19.02.2003 N 29/м Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 13 червня 2003 р. за N 484/7805 втратив чинність на підставі Наказу Міністерства екології та природних ресурсів N 177 (z0732-15) від 02.06.2015.

4.3 Техніка безпеки виконання геодезичних робіт на будівельному об'єкті

1. При виконанні геодезичних робіт на будівельному об'єкті слід керуватися правилами техніки безпеки, викладеними в СНиП Ш-4-80 і відомчих інструкціях, розроблених і затверджених в установленому порядку. У ПВГР (правила виконання геодезичних робіт) повинні бути передбачені заходи щодо забезпечення безпечних умов праці на геодезичних роботах.

2. При введенні на будівництві нових прийомів праці або нового устаткування геодезичні роботи слід виконувати відповідно до інструкцій, розроблених спеціально для цих випадків і затверджених в установленому порядку.

3. До виконання геодезичних робіт допускаються особи, що пройшли ввідний інструктаж і навчання правилам техніки безпеки на геодезичних і будівельних роботах, а також інструктаж зо техніки безпеки безпосередньо на робочому місці, проведення яких повинне оформлятися згідно вимогам СНиП.

4. При роботі на краю проїжджої частини дороги з інтенсивним рухом транспорту і на будівельному майданчику з великою кількістю працюючих

механізмів призначається спостерігач, в обов'язки якого входить забезпечення безпеки працюючих від рухомого транспорту і механізмів.

5. Робочі місця виконавців геодезичних робіт, розташовані поблизу перепадів за висотою на 1,3 м і більше, повинні бути захищені захисними або сигнальними огорожами відповідно до вимог СНиП Ш-4-80.

6. До робіт на висоті допускаються особи, що пройшли медичний огляд в установленому порядку.

7. Не можна виконувати геодезичні роботи поблизу навислих стінок, на краю незакріплених укосів, під стрілою екскаватора, навіть якщо він не працює, а також знаходитися поблизу екскаватора під час його роботи.

8. У зимовий час при обігріві ґрунту або бетону електрострумом лінійні вимірювання слід вести, не припускаючи торкання стрічки або рулетки арматури, що знаходиться під напругою. Не слід виконувати геодезичні роботи в місцях, де проходять неізольовані токопровідні лінії. У разі потреби проведення таких робіт електролінію слід відключити. При підсвічуванні геодезичних приладів і пристосувань необхідно користуватися тільки електричними ліхтарями різного типу.

9. Переміщення геодезистів з приладами має здійснюватися по сходових маршах, що мають огорожі. Сходи повинні бути в справному стані і надійно закріплені. Не можна ходити по опалубці, якщо вона не укріплена остаточно і не має розпорів. Слід уникати пересування з приладами по сходинках, які не очищені від бруду, снігу і льоду. Забороняється переміщатися по вертикалі, користуючись тросом, канатом, а також по краю монтажного горизонту, перемичках, перегородках, капітальних стінах.

10. Переходи з приладами від колони до колони, з ригеля на ригель припускаються тільки по зручних підмостях або переносним місткам. При роботі в небезпечних місцях виконавець повинен прив'язувати себе до міцно закріплених конструкцій запобіжним поясом.

11. При роботі геодезиста на монтажному горизонті всі отвори повинні бути закриті.

12. При передачі точок розмічувальної мережі на поверхи будівлі або споруди за методом вертикального проектування отвори в перекриттях мають бути захищені так, щоб виключити можливість попадання в них будівельного сміття та інших предметів.

13. При монтажі різних конструкцій геодезичні прилади повинні бути встановлені на відстані полуторної висоти від елементу конструкції, що монтується. Виконуючи роботи на будівельному майданчику, виконавець геодезичних робіт повинен знаходитися за межами небезпечної зони.

14. При виконавчих зніманнях водопровідних, каналізаційних та інших колодязів, при вимірах рулеткою або установці рейки усередині колодязів потрібно переконатися, що в них відсутні шкідливі гази.

15. Забороняється виконувати геодезичні роботи (припиняти роботи):

- при сильному поривчастому вітрі силою в 6 і більш балів;
- при сильному снігопаді, дощі, тумані, слабкій освітленості та інших умовах, що обмежують видимість;
- без запобіжних касок і поясів на монтажному горизонті, в зоні монтажу і дії баштового крана;
- на проїжджій частині шосейних доріг, залізниць; на будівельному майданчику при ожеледі.

16. При виконанні робіт на будівельному майданчику з використанням лазерного проміння необхідно виконувати наступні запобіжні засоби:

- категорично забороняється у включеному стані розкривати лазерні прилади і блок живлення, оскільки при цьому «вихід» приладу знаходиться під напругою 1500 – 2500 В;
- відключення роз'ємів має виконуватись не раніше ніж через 1,5 хв. після виключення блоку живлення;
- сполучні кабелі приладу не повинні мати пошкоджень;

- пучок лазера не повинен потрапляти безпосередньо в око;
- забороняється ставити дзеркала або блискучі металеві предмети на шляху проходження лазерного пучка; пучок лазера, повинен проходити за можливістю вище за голову або нижче за пояс працюючих;
- всі робітники на будівельному майданчику повинні бути добре поінформовані про шкідливу дію лазерного випромінювання на сітківку ока;
- місце, де ведуться роботи, повинне бути захищене і встановлено попереджувальний сигнал, сигнальна лампа або попереджувальний плакат;
- корпус лазерного приладу і блоку живлення необхідно заземляти; пучок лазера не повинен виходити за межі будівельного майданчика.

17. Виконання заходів щодо техніки безпеки входить в обов'язки керівників будівельних організацій. Керівник будівельної організації зобов'язаний організувати щорічну перевірку знань виконавців геодезичних робіт правил техніки безпеки.

18. Кожен нещасний випадок, що пов'язаний з виробництвом і супроводжується втратою працездатності на термін не більше одного дня, керівник робіт зобов'язаний не пізніше 24 годин розслідувати, з'ясувати причини нещасного випадку і скласти акт в чотирьох екземплярах. [24]

ВИСНОВКИ

В даному розділі висвітлена інформативність та актуальність виконання інженерно-геодезичного моніторингу пошкоджених житлових комплексів уламками боєприпасу.

Інженерно-геодезичний моніторинг відіграє значну роль в спостереженні за пошкодженими будівлями. Використання одночасно різних методів дає повну картину розвитку деформацій, тим самим сприяє розробці програми стабілізації деформацій для запобігання майбутніх руйнувань.

Спостереженню підлягають щонайменше два параметри, які залежать від конструктивної схеми будівлі.

Для найкращого результату кожен параметр потрібно спостерігати відповідним методом інженерно-геодезичного моніторингу, який зможе забезпечити найкращу достовірність результатів.

Враховуючи результати інженерно-геодезичного моніторингу осідань та автоматизованого моніторингу горизонтальних зміщень житлового комплексу, можна зробити висновки, що влучання уламка боєприпасу, що відбулося 02 січня 2024 року, значною мірою не вплинуло на деформований стан споруди.

В перспективі даного методу є виконання інженерно-геодезичного моніторингу на інших типах будівель або споруд для отримання відповідних даних, на основі яких буде можливо зробити висновок доцільності використання комбінованого моніторингу.

Інженерно-геодезичний моніторинг дозволяє вчасно виявляти критичні зміни в конструкціях будівель та вживати відповідних заходів для запобігання подальшим руйнуванням та забезпечення безпеки при відновлюванні конструкцій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Войтенко С. Визначення кренів інженерних споруд методом наземного лазерного сканування / С. Войтенко, Р. Шульц, М. Білоус // Сучасні досягнення геодезичної науки і виробництва: зб. наук. пр. – 2009. – Вип. I (17). – С. 144–150
2. Rinske van Gosliga¹, R. Lindenbergh, N. Pfeifer Deformation analysis of a bored tunnel by means of terrestrial laser scanning International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXV. – 6 p.
3. URL: <https://doi.org/10.33644/10.33644/2313-6679-34-2022-4>
4. Григоровський П.Є., Крошка Ю.В., Бень О.В., Сухойван С.Г., Інженерно-геодезичний моніторинг деформацій конструкцій будівель пошкоджених внаслідок воєнної агресії / Будівельне виробництво №76 2023. С.69-78
5. ДБН А.2.1-1-2008. Вишукування, проектування і територіальна діяльність. Інженерні вишукування для будівництва. Київ: Мінрегіонбуд України, 2008. 76 с.
6. ДБН А.3.1.-5:2016. Організація будівельного виробництва. Київ: Мінрегіонбуд України, 2016. 46 с.
7. ДБН В.1.3 - 2:2010. Геодезичні роботи у будівництві. – К., 2010. – 70 с.
8. ДБН В.13-2:2010. Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Геодезичні роботи у будівництві. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 55 с.
9. ДБН В.2.1-10-2018. Основи та фундаменти споруд. Основні положення. Київ: Мінрегіонбуд України, 2018. 36 с.
10. ДБН В.2.1-5-2007. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів. Київ: Мінрегіонбуд України, 2008.

11. ДСТУ Б В.2.1-30:2014. Ґрунти. Методи вимірювання деформацій основ будинків і споруд. – К., 2015. – 29 с.
12. ДСТУ-Н Б В.1.2-17:2016 Настанова щодо науково-технічного моніторингу будівель і споруд. Чинний від 2017-04-01. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2017. 58 с.
13. Ісаєв О.П. Геодезичний моніторинг - з досвіду виконання геодезичних робіт кафедри інженерної геодезії КНУБА / Ісаєв О. П., Адаменко О. В., Шульц Р.В. та ін.]. // Містобудування та територіальне планування. – 2013. – № 47. – С. 265 – 277
14. Наказ від 06.08.2022 № 144 «Про затвердження Методики проведення обстеження та оформлення його результатів» / Міністерство розвитку громад територій України. Київ: 2022. URL: <https://www.google.com/search?q=https://www.minregion.gov.ua/base-law/reg-politics/plan-diyalnosti-minregionu-z-pidgotovki-proektiv-regulyatornih-aktiv/nakaz-vid-06-08-2022-%25E2%2584%2596-144-pro-zatverdzhennya-metodyky-provedennya-obstezhennya-ta-oformlennya-jogo-rezultativ/>
15. Смолій К. Аналіз сучасних геодезичних та геотехнічних методів моніторингу за деформаціями інженерних споруд / К. Смолій. // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2015. – С. 87–89.
16. Шинкаренко О.М. Види геодезичного моніторингу за змінами деформацій будівель / матеріали 85-ї міжнародної студентської наукової конференції (13 квітня 2023 року) інноваційні методи проектних та геодезичних робіт, м. Харків. с.27-29
17. Яковенко М. Аналіз методів геодезичного моніторингу деформацій інженерних споруд та зсувних процесів ґрунтових масивів/ М. Яковенко, О. Нестеренко // 30 Сучасні проблеми архітектури та містобудування. Випуск 56. – 2020. С. 345-363.
18. Яковенко М. Огляд видів геодезичного моніторингу будівель і споруд в складних інженерно-геологічних умовах / М. Яковенко, О. Нестеренко

// Сучасні проблеми архітектури та містобудування: зб. наук. праць. Київ: КНУБА. – 2020. Вип. 55. С. 341 – 350.

19. Яковенко, М. Щодо питань геодезичного обстеження будівель, що постраждали внаслідок воєнної агресії російської федерації. Наука та будівництво. 2023. №№ 33(3-4).

20. Яковенко, О., Бень, Л., Зорін, Є. Геодезичний моніторинг часових змін деформованого стану під час відновлення будівлі/споруди, що постраждала від бойових дій внаслідок воєнної агресії рф. 2023. № 33(3-4). URL:

21. <https://geomarket.in.ua/ua/sokkia-im-102>

22. Яковенко, М., Мелашенко, Ю., Зорін, Є., & Бень, І. (2023). БАГАТОРІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ДЕФОРМАЦІЙ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД ГЕОДЕЗИЧНИМИ МЕТОДАМИ. Наука та будівництво, 37(3). <https://doi.org/10.33644/2313-6679-3-2023-8>

23. Ратушняк Г.С., Панкевич О.Д., Бікс Ю.С., Вовк Т.Ю. Геодезичне забезпечення будівництва. Частина 2. : навчальний посібник/ Вінниця : ВНТУ, 2014. 99 с.

24. Пеньков В. О.. ГЕОДЕЗИЯ (МОДУЛЬ 4 «ІНЖЕНЕРНА ГЕОДЕЗИЯ») КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ (для бакалаврів спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій)/ Харків ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 96 с.