

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І  
АРХІТЕКТУРИ

Факультет геоінформаційних систем та управління територіями  
(факультет)

Кафедра інженерної геодезії  
(назва кафедри)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО  
АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО  
СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

на тему:

**Інженерно геодезичні вишукувальні роботи з геодезичного  
моніторингу осідань житлової будівлі**

Кучер Дмитро Геннадійович  
(прізвище, ім'я, по батькові студента  
повністю)

Київ 2024 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет геоінформаційних систем та управління територіями  
(факультет)

Кафедра інженерної геодезії  
(назва кафедри)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри  
проф., д-р. техн. наук Карпінський  
Ю.О.  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

**Інженерно геодезичні вишукувальні роботи з геодезичного моніторингу осідань  
житлової будівлі**

Виконав: студент групи ГД-20  
спеціальності 193 “Геодезія та землеустрій”  
спеціалізації 8.08010105  
“Геоінформаційні системи і технології”  
Кучер Дмитро Геннадійович  
Керівник: Дем’яненко Р.А., доцент  
*Ідентичність підтверджую*

Київ 2024 р.

# КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Інститут, факультет \_\_\_\_\_ Геоінформаційних систем і управління територіями  
Кафедра \_\_\_\_\_ Інженерної геодезії  
Освітньо-кваліфікаційний рівень \_\_\_\_\_ бакалавр  
Напрямок підготовки \_\_\_\_\_ 193 “Геодезія та землеустрій”  
(шифр і назва)  
Спеціальність \_\_\_\_\_ 6.08010105 “Геоінформаційні системи і технології”  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ проф., д.т.н. Карпінський Ю. О

“\_\_” \_\_\_\_\_ 2024 року

## **ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ**

Кучер Дмитро Геннадійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи): «інженерно геодезичні вишукувальні роботи з геодезичного моніторингу осідань житлової будівлі» керівник проекту (роботи) доцент Дем'яненко Роман Анатолійович  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)  
затверджені наказом вищого навчального закладу від “\_\_” \_\_\_\_ 2024 року № \_\_\_\_\_
2. Строк подання студентом проекту (роботи) \_\_\_\_\_ червня 2024 р. \_\_\_\_\_
3. Вихідні дані до проекту (роботи): нормативно-інструктивні дані та результати обстеження, креслення будівлі, позначки реперів
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

## **ЗМІСТ**

### **ВСТУП**

### **РОЗДІЛ 1 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ОБСТЕЖЕННЯ**

- 1.1 Параметри, що характеризують технічний стан будівлі
- 1.2 Методи дослідження технічного стану будівельних конструкцій
- 1.3 Процедури проведення розслідувань
- 1.4 Вимірювання ефективності будівельних конструкцій
  - 1.4.1 Моніторинг будівельних конструкцій як складова забезпечення

безпечної експлуатації будівель і споруд

## 1.5 Моніторинг несучої конструкції

1.5.1 Завдання, які вирішуються під час моніторингу несучих конструкцій

1.5.2 Основи діагностики будівельних конструкцій будівель та споруд

1.5.3 Результати моніторингу

1.5.4 Геодезичний моніторинг несучих конструкцій

## РОЗДІЛ 2 МОНІТОРИНГ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

2.1 Загальні положення

2.2 Цілі моніторингу стану огороджувальних конструкцій

2.3 Завдання, що вирішуються під час моніторингу огороджувальних конструкцій

2.4 Склад моніторингу огороджувальних конструкцій

2.5 Результати моніторингу стану огороджувальних конструкцій

2.6 Деякі чинники, що впливають на деформації споруд

2.7 Аналіз наявних нормативно-методичних документів з моніторингу деформацій будівель і споруд

2.8 Аналіз методів і наявного досвіду спостереження деформацій будівель, споруд і земної поверхні

2.8.1 Методи вимірювань горизонтальних і вертикальних зміщень

## РОЗДІЛ 3 ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНІ РОБОТИ ПО ВИЗНАЧЕННЮ ДЕФОРМАЦІЙ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ

3.1 Коротка характеристика об'єкту спостереження

3.2 Методика проведення робіт

3.3 Геодезична основа району робіт

3.3.1 Рекогностування геодезичних пунктів в межах району робіт

3.4 Проведення геодезичних робіт

3.4.1 Нівелювання II класу між пунктами Репер 1 та Репер 2

3.4.2 Нівелювання марок

## ВИСНОВКИ

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

### ДОДАТКИ

ДОДАТОК А – Журнал нівелювання II класу між пунктами Репер1 Та Репер 2

ДОДАТОК Б – Журнал відміток

ДОДАТОК В – Журнал нівелювання стінних марок М1-М10

ДОДАТОК Г – Виміряні відмітки марок в I циклі

ДОДАТОК Д – Графіки осідань кожної марки

GISUT  
KNUCA  
2024

## ВСТУП

Тривале і безперервне моніторингове обстеження осідань житлових будівель – ключовий аспект для забезпечення їхньої стійкості, безпеки та довговічності. В умовах зростаючого міського забудовництва та екологічних викликів, які можуть впливати на ґрунтовий стан, важливість інженерно-геодезичних вишукувальних робіт з геодезичного моніторингу осідань стає невід'ємною складовою процесу будівництва та експлуатації будівель.

Ця робота присвячена розгляду сутності, методів та значення інженерно-геодезичних вишукувальних робіт у контексті моніторингу осідань житлових будівель. Буде досліджено важливість цих робіт у виявленні, аналізі та прогнозуванні осідань, а також їхню роль у прийнятті обґрунтованих інженерних рішень для збереження безпеки та стійкості будівельного об'єкта.

Поглиблене розуміння та ефективне використання інженерно-геодезичних методів моніторингу осідань є важливими етапами у будівництві та експлуатації будівель, спрямованими на забезпечення безпеки мешканців та стійкості інженерних конструкцій у змінних умовах навколишнього середовища.

У наступних розділах буде розглянуто основні методи та технології, що використовуються в інженерно-геодезичних вишукувальних роботах, а також приклади їхнього застосування в практиці для ефективного моніторингу осідань житлових будівель.

Починаючи з теоретичних основ і до практичних застосувань, ми вивчимо сучасні методики, інструменти та технології, які допомагають інженерам і геодезістам забезпечити надійність та безпеку житлових будівель у змінних умовах сучасного міського середовища.

Розуміння та впровадження цих принципів є критичними для будівництва житла, яке відповідає найвищим стандартам якості, безпеки та стійкості, забезпечуючи комфорт та безпеку для його мешканців протягом тривалого періоду експлуатації.

## РОЗДІЛ 1

### МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ОБСТЕЖЕННЯ

#### 1.1 Параметри, що характеризують технічний стан будівлі

Загальний технічний стан будівлі залежить від працездатності окремих конструктивних елементів і зв'язків між ними. Існують великі труднощі в математичному описі процесу зміни технічного стану будівлі, що складається з великої кількості конструктивних елементів. Це пояснюється тим, що процес зміни працездатності технічних пристроїв характеризується невизначеністю і випадковістю.

Фактори, що призводять до зміни загальних характеристик будівлі та окремих її елементів, поділяються на дві групи: внутрішні та зовнішні.

Внутрішні фактори включають:

- фізичні та хімічні процеси, що відбуваються в матеріалах структура;
- навантаження та процеси, що відбуваються під час експлуатації;
- конструктивні;
- якість збірки.

Зовнішні фактори включають:

- клімат (температура, вологість, сонячна радіація);
- характер навколишнього середовища (вітер, пил, психологічні фактори);
- експлуатаційна якість.

У процесі експлуатації будівлі змінюється її технічний стан. Це проявляється у погіршенні кількісних експлуатаційних характеристик, зокрема надійності. Погіршення технічного стану будівлі відбувається внаслідок зміни фізичних властивостей матеріалів, характеру зв'язків між ними, розмірів і форми.

Зміни технічного стану будівлі викликані також руйнуванням

конструкційних матеріалів та іншими видами втрат експлуатаційних характеристик.

Весь період експлуатації будівлі можна розділити на три періоди: період прибутку, період нормальної експлуатації та період інтенсивного зносу.

З часом опори та огороження, а також обладнання будівель та конструкцій зношуються та старіють. На ранніх етапах будівельних робіт ці елементи використовуються в поєднанні один з одним. Зниження механічних, міцнісних і експлуатаційних характеристик будівельних конструкцій. Всі ці зміни можуть бути як загальними, так і локальними, вони відбуваються як самостійно, так і в сукупності.

Дефекти, відмови та аварії в будівлях і спорудах найчастіше виникають під час будівництва та першої експлуатації. Основні причини: недостатня якість продукції, монтаж, осідання фундаменту, перепади температури та вологості тощо [1].

Будівельний період і перший період після будівництва характеризуються відпрацюванням усіх елементів у складній єдиній системі будівлі. Протягом цього періоду буде відбуватися зсув і розрив внутрішньої і зовнішньої стінок, структурна усадка, температурна деформація, повзучість матеріалу тощо.

При нормальній експлуатації після проходження конструкцій і елементів будівель і споруд періоду обкатки (після закладення дефектних ділянок) кількість несправностей зменшується і стає стабільною.

Основною проблемою в цей період були раптові деформації, пов'язані з умовами роботи та функціонуванням компонентів.

Раптові деформації можуть бути викликані несподіваною концентрацією навантаження, повзучістю матеріалу, неправильним поведінням, впливом температури та вологості, неправильним виконанням робіт.

Третій період – період сильного зношування, пов'язаний зі старінням

конструкційних матеріалів і зниженням пружних властивостей. Конструкції та обладнання мають різний термін служби та нерівномірний знос навіть за нормальних умов експлуатації.

## 1.2 Методи дослідження технічного стану будівельних конструкцій

Обстеження технічного стану будівельних конструкцій є самостійним напрямком будівельної діяльності і охоплює комплексне коло питань, пов'язаних із забезпеченням експлуатаційної надійності будівлі, проведенням ремонтно-відновлювальних робіт, а також реконструкцією та розробкою проектною документації на будівлю. структура.

З року в рік збільшується кількість обстежень будівель і споруд, що є наслідком сукупності факторів: фізичного та морального зносу будівель і споруд, поточного ремонту та реконструкції виробничих цехів промислових підприємств, ремонту старих малоповерхова забудова, зміна навколишнього середовища тощо. Зміна форм власності та різке подорожчання нерухомості, землі тощо. Обстеження особливо важливі під час реконструкції старих будівель і споруд, яка часто пов'язана зі зміною експлуатаційних навантажень, зміною конструктивних схем і необхідністю врахування сучасних стандартів проектування будівель. В процесі експлуатації будівлі внаслідок різних причин відбувається фізичне зношення будівельної конструкції, зниження і втрата несучої здатності, деформація окремих елементів і всієї будівлі. Для розробки заходів щодо відновлення працездатності конструкції необхідно провести її обстеження на предмет виявлення причин передчасного зносу, зниження її несучої здатності.

Очевидно, що обстеженням будівель і споруд повинні займатися професійні організації та фахівці, які володіють знаннями в найрізноманітніших галузях будівельної науки і розуміють особливості технічних процесів промислового будівництва.

Будівлі обстежуються з метою визначення придатності їх для нормальної експлуатації, чи потрібний ремонт, реставрація, підсилення чи обмеження для експлуатації окремих споруд і будівель у цілому.

Загальною метою обстеження технічного стану будівельних конструкцій є виявлення ступеня фізичного зносу, причини такого стану, фактичної працездатності конструкції та розроблення заходів щодо забезпечення якості її використання.

Дослідження проводяться під час реконструкції або реставрації будівлі, у разі тривалої перерви в будівництві будівлі (більше одного року), у разі виявлення конструктивних дефектів і пошкоджень, у разі аварії, а також у разі це зміна навантаження або функціонального використання будівлі.

Структуру хімічних підприємств необхідно досліджувати для визначення їх технічного стану та залишку ресурсів у таких випадках [2]:

- виявлення дефектів і пошкоджень при чергових і спеціальних оглядах (категорія «А»);
- після пожеж і стихійних лих;
- після нещасного випадку в магазині або подібному магазині товарів;
- при зміні технології виробництва або її збереженні;
- необхідний висновок про стан виробничих будівель і споруд для отримання організацією дозволу на експлуатацію виробничих потужностей і споруд;
- період перевірки або стандартизований період експлуатації закінчується;
- при зміні власника;
- при оформленні страхування організації;
- визначити економічну доцільність реставрації або реконструкції;
- у разі нормованих посилень природно-кліматичних впливів (землетруси, снігові, вітрові наслідки).

### 1.3 Процедури проведення розслідувань

Перевірки слід проводити поетапно:

- зрозуміти стан конструкції будівлі та розробити план обстеження;
- попереднє обстеження будівельної конструкції;
- детальний технічний огляд для визначення фізико-технічних характеристик споруди;
- визначити міцність, при необхідності жорсткість і тріщиностійкість конструкції;
- оцінка технічного стану конструкції за результатами обстежень та умов експлуатації конструкції об'єкта (наявність температурних впливів, динамічних ударних навантажень, дотримання умов забезпечення просторової жорсткості та стійкості каркаса, оцінка стану конструкції). ґрунт основи);
- попереднє виявлення небезпечно дефектних, пошкоджених і деформованих конструкцій в аварійних ситуаціях і рекомендації щодо виконання першочергових аварійних заходів;
- визначення безпечних способів доступу до споруди (використання мостових кранів, технічних майданчиків, встановлення необхідних риштувань, пристроїв, чи потрібно відключати джерела енергії, аж до часткової або повної зупинки виробництва);
- при необхідності вжити заходів для забезпечення експлуатаційних вимог будівлі, що перевіряється.

Склад та обсяг робіт з обстеження в кожному конкретному випадку визначається планом робіт на основі технічного завдання замовника та з урахуванням вимог чинної технічної документації.

Компоненти дослідницької роботи на етапі підготовки проектної документації включають:

- обстеження на місці технічного (фізичного) стану несучих конструкцій надземної та підземної частин будівлі (зовнішніх та внутрішніх

стін, колон, перекриттів, фундаментів, комунікацій тощо) та визначення міцнісні властивості конструкційних матеріалів, а також наявність і відсутність деформацій і пошкоджень Ступінь прояву (тріщини, зміщення, виступи, пошкодження кладки, вогкість тощо);

- геодезичні вимірювання величини нахилу будівлі та відхилення опор і огорожувальних конструкцій будівлі від вертикалі;

- аналізувати та визначати координати кутів будівель та інших стійких елементів обстановки;

- визначати відстань між існуючими об'єктами в реальному часі;

Вимір фактичних розмірів об'єкта, що перевіряється;

- визначати абсолютну або відносну висоту будівельних елементів (основи фундаменту, цоколя, підлоги, даху тощо);

- специфікація фактичних і прогнозованих навантажень і впливів;

- визначати фактичні фізико-механічні властивості конструкційних матеріалів;

- перевірити фундамент при деформації каркаса будівлі, а також перевірити несучу здатність ґрунту при виявленні осідання фундаменту;

- дослідження інших частин будівельно-вишукувальних робіт,

- виявлення та обстеження будинків та інтер'єрів, що мають архітектурну та художню цінність.

#### 1.4 Вимірювання ефективності будівельних конструкцій

Система моніторингу дозволяє ефективно спостерігати за станом будівель і споруд як на етапі будівництва, так і на етапі подальшої експлуатації.

Система моніторингу може бути незалежною від системи управління життєзабезпеченням окремого закладу або бути включеною в неї.

Переваги:

- 1) достовірну та актуальну інформацію про стан об'єкта;
- 2) запобігання ризику руйнування будівель і споруд;
- 3) точне визначення причини небезпеки, пов'язаної з окремими компонентами будівлі/споруди;
- 4) вигідний інструмент для захисту інвестицій у створення капіталу;
- 5) підвищення безпеки життя людей.

1.4.1 Моніторинг будівельних конструкцій як складова забезпечення безпечної експлуатації будівель і споруд.

Сучасний стан будівництва комплексу характеризується високими темпами виконання робіт, великою кількістю незавершених об'єктів, будівель з унікальними проектно-планувальними рішеннями, і, як наслідок, активним впровадженням нових технологій на всіх етапах будівництва та подальша експлуатація будівель.

Основними характеристиками застосовуваних сьогодні конструкторських і технологічних рішень є:

- нові методи розрахунку будівельних конструкцій, які базуються на широкому застосуванні обчислювальних методів і реалізуються за допомогою відповідних програмних продуктів.
- інноваційні рішення та нетрадиційні дизайни, які є унікальними для нашої країни.

Безсумнівно, перераховані тенденції сприяють підвищенню якості будівництва, але кількість нещасних випадків на будівельних майданчиках у всьому світі не зменшується. Правда полягає в тому, що створення складних математичних моделей і використання передової комп'ютерної технології призвело до думки, що вона може розрахувати будь-яку нестандартну конструкцію з «цілковитою» надійністю. Правда в тому, що прийнята чисельна модель не завжди ефективна під час виконання конкретного проекту.

Будь-яке обґрунтоване рішення щодо проектів не є абсолютним і не може забезпечити безпечну експлуатацію будівель чи споруд, не може виключити можливість зниження надійності через наявність об'єктивних відмінностей між розрахунковими та реальними умовами функціонування будівлі, реалізацію природних або штучні фактори ризику, або їх комбінація.

Наявність складних структурних компонентів, які знаходяться в складних багатопараметричних взаємозв'язках з навколишнім середовищем і один з одним, обумовлює високий ступінь вимогливості до якості проектування і будівництва, а також пов'язано з можливістю виникнення дефектів під час експлуатації [3].

Складність створення розрахункових моделей продемонструє аналіз активних сил, які зазвичай описують загальний напружено-деформований стан конструкції.

Усі активні навантаження поділяються на статичні та рестатичні (майже періодичні) компоненти.

Статичні навантаження можуть призвести до руйнування конструкції в таких випадках:

- невідповідність експлуатаційних навантажень розрахунковим;
- відсутність у конструкції виробничих дефектів очевидна.

Періодичні завдання є причиною виникнення зон стрес-деформації, які виникають у локальних зонах з підвищеним рівнем стресу. Ці ділянки класифікуються як такі, що мають геометричний фокус та інші нерівності. Ці навантаження викликають розвиток або збільшення дефектів, змінюють положення конструкції конструкції.

Залежно від тривалості впливу навантаження на будівлі і споруди їх можна розділити на постійні або тимчасові, а також на спеціальні.

Враховуючи різноманітність факторів, які впливають на конструкції технічного стану, і складність їх математичного опису, стає очевидним, що вони не можуть бути повністю включені в математичні моделі, які

використані.

Крім того, важливо визнати, що будівельні матеріали, які виходять у відповідність конструкції, мають різну швидкість старіння, істотно існує різниця у розподілі властивостей основного обґрунтування та будівельних матеріалів.

Як показує результати статистичної оцінки (рис. 1.1), 10...12% пошкоджень і конструктивних дефектів будівель спричинено помилками геологічних досліджень; 18...20% - при проектуванні; приблизно 50% дефектів викликані помилками в процесі будівництва; в 20% випадків - під час операції. Безпечна і надійна експлуатація будівельних і конструктивних конструкцій може бути досягнута при використанні сучасних методів і технологій на кожному етапі життєвого циклу об'єкта, що дозволяє отримати надійний прогноз ресурсу.

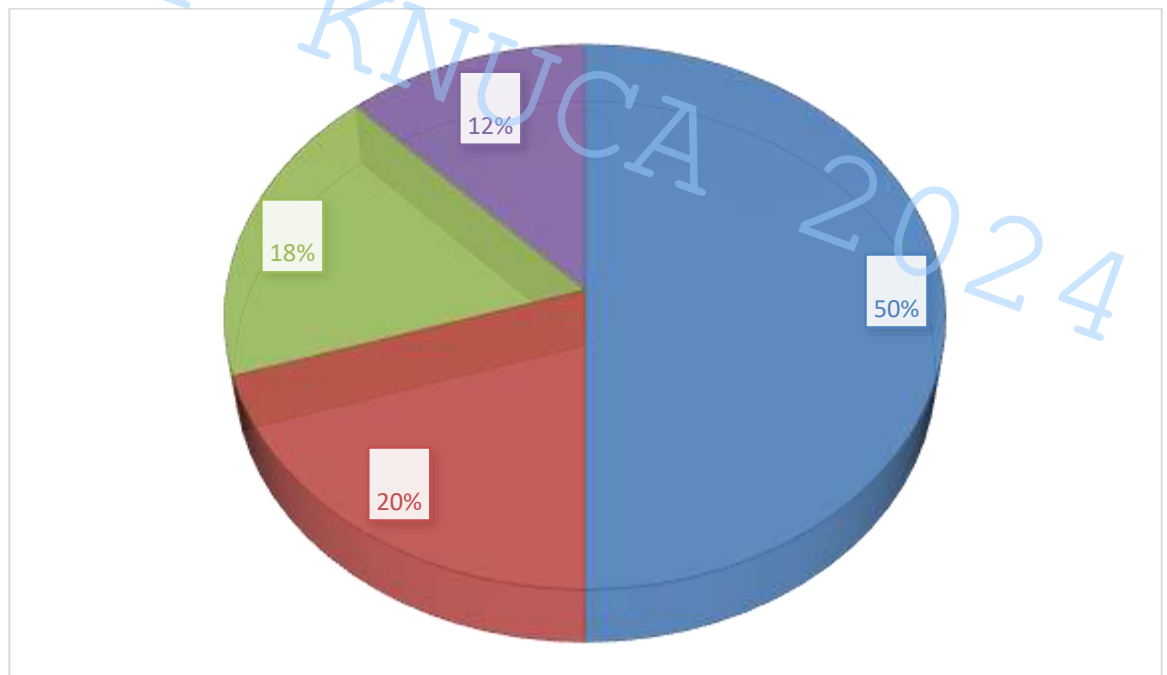


Рисунок 1.1 – Діаграма статичного аналізу

Одним із можливих рішень цієї проблеми є впровадження системи моніторингу, яка включає технічні компоненти, які на ранній стадії показують можливість руйнування будівлі під впливом структурних, технологічних,

експлуатаційних і природно-техногенних сил. Застосування таких систем про глобальний перехід від періодичного перегляду до постійного моніторингу об'єктів, побудованих за допомогою складних автоматизованих систем. Можливість такого рішення в першу чергу буде обумовлена високою частотою помилок у роботі, в результаті чого з моменту появи помилки до повного її знищення потрібен короткий проміжок часу.

Системи моніторингу будівництва повинні постійно контролювати напругу та деформацію фундаментів, а також підземних частин (осадження, нахили, горизонтальні зруйнування тощо), розкриття тріщин, сили в розпірних та анкерних конструкціях, рівень вібрацій за наявності вібродинамічних і проявлених сейсмічних, техногенних та інших впливів. Системи відеоспостереження за будівлями можна розглядати як особливий екземпляр системи aSCADA, який призначений для збору та аналізу інформації про процеси з наданням рішень щодо управління ними. До складу системи входять первинні перетворювачі, що перетворюють фізичні величини, що описують напружено-наповнений стан конструкції (механічне напруження, деформація), цифро-аналогові перетворювачі, модуль зберігання даних і керуючий комп'ютер.

Одним із деяких факторів технічного стану будівельного об'єкта є ступінь деформації його конструктивних опор.

Усі існуючі методи вимірювання структурної деформації можна розділити на дві категорії: методи, які виконують перетворення для перетворення деформації у зсув, і методи, які також вимірюють деформацію. Основним призначенням створення системи моніторингу є реєстрація напружено-деформованого стану конструкції та оцінка ступеня цих змін, достатньо використовувати первинні перетворювачі (і датчики в цілому) з відносною похибкою 2%. Крім того, метрологічні властивості датчиків повинні бути стабільними протягом тривалого часу.

Впровадження системи моніторингу будівництва на основі

розглянутих принципів призведе до переходу до постійної системи моніторингу технічного стану та забезпечить:

- отримання інформації про вимірювання в повному обсязі і в задані терміни, незалежно від складності доступу до елементів об'єкта в процесі експлуатації.

- повна автоматизація процесу контролю;

- висока сумлінність за рахунок кількох способів вимірювання контрольованих параметрів конструкції;

- висока стабільність результатів за рахунок виключення суб'єктивності процесу, застосування автоматизації контролю, використання сучасних методів і приладів, використання оптимізованих алгоритмів обробки інформації.

### 1.5 Моніторинг несучої конструкції

Моніторинг несучих конструкцій будівель і споруд здійснюється за порядком, який повинен бути розроблений до початку будівництва організацією, що проводить моніторинг, спільно з проектувальниками та за безпосередньої участі організації, що впроваджує НТСС.

Програма моніторингу повинна містити перелік визначених проектувальником параметрів, їх розрахункові значення, вибір методів і обсягів контрольних робіт.

До вузлів і структур особливої відповідальності належать [2]:

- Пошкодження або неприпустима деформація конструкції або її компонентів може призвести до зниження безпеки будівлі та людей, що знаходяться в ній;

- вузли та конструкції, руйнування або неприпустима деформація яких може призвести до прогресуючого руйнування конструкції чи всього об'єкта архітектури;

- конструкція, що забезпечує жорсткість, незмінність і стійкість простору будівлі;

- У прольотному будівництві - це несучі конструкції, що перекривають основний проліт і опорні конструкції.

При виборі системи спостереження необхідно враховувати швидкість зміни напружено-деформованого стану несучої конструкції, тривалість вимірювання, похибку вимірювання, в тому числі вплив погодних умов і природних факторів. Природні та штучні перешкоди та аномалії.

При проведенні моніторингу необхідно враховувати роботу особливо відповідальних споруд і вузлів в умовах, не передбачених чинними нормативними документами:

- Підвищені навантаження на несучі конструкції, які вже виникли під час будівництва (особливо багатоповерхових будинків);

- Вплив природних і людських факторів на конструкції - перепади температури, вітрове навантаження, снігове навантаження, вібрація, аварії, пожежі, пошкодження (вибух) тощо.

Початковим етапом моніторингу несучих конструкцій будівель і споруд, якщо не з початку будівництва, є обстеження технічного стану змонтованої конструкції з визначенням встановленої категорії її технічного стану.

1.5.1 Завдання, які вирішуються під час моніторингу несучих конструкцій

При контролі несучих конструкцій слід контролювати їх напружено-деформований стан.

Порівняйте отримані контрольовані параметри стану конструкції зі стандартизованими параметрами, визначеними в проектній або технічній документації [2].

Робити висновки про поточний технічний стан об'єкта моніторингу та прогнозувати зміни в останньому технічному стані.

Контролює відповідність параметрів навантажень і впливів на конструкцію значенням, прийнятим при проектуванні або зазначеним у чинних нормативних документах.

Забезпечувати безпечну експлуатацію несучих конструкцій при будівництві будівель і споруд, а також при їх експлуатації та використанні (у разі необхідності), Вчасно вживати адекватних заходів щодо посилення несучих конструкцій.

«План» визначає склад робіт з моніторингу несучих конструкцій будинків і споруд, включаючи систему вимірювання та аналізу напружено-деформованого стану несучих конструкцій.

Інструментальний моніторинг будівельних конструкцій базується на обліку навантажень і вимірюванні деформацій основних конструкцій і надземних частин за допомогою геодезичних, сейсмічних, вібраційних, акустичних та інших методів.

Під час моніторингової роботи необхідно проводити систематичні спостереження:

- деформація окремих конструкцій;
- деформація кожного вузла;
- загальна деформація будівель.

При проведенні тривалих спостережень необхідно передбачити і забезпечити стабільність параметрів системи спостереження і вимірювальних приладів для запобігання змін зовнішнього середовища (температури, вологості тощо).

Під час ослаблення або зняття опор необхідно вимірювати деформації, спостерігаючи за будовою прольоту.

Для виявлення змін напружено-деформованого стану конструкції в процесі будівництва будівель і споруд повинні бути встановлені засоби

автоматичного та автоматизованого контролю. У майбутньому ці засоби керування можна буде використовувати для моніторингу будівлі чи споруди під час експлуатації.

При виявленні істотних змін напружено-деформованого стану конструкції або вузлів інструментальними методами проводять обстеження цих ділянок, аналізують стан усієї будівлі і роблять висновки про технічний стан конструкції та зміни напруженості. на основі цих результатів і обставин, за яких необхідно вжити заходів для ремонту або зміцнення конструкції.

Конструктивний стан в проектованому місці слід контролювати за допомогою вітчизняних і іноземних магнітопружних і хордових датчиків для вимірювання деформації кожної характерної точки конструкції, датчиків напруги, оптоволоконних датчиків та інше обладнання.

#### 1.5.2 Основи діагностики будівельних конструкцій будівель та споруд

Технічне діагностування будівельних конструкцій включає пошук дефектів, вимірювання і контроль діагностичних ознак, аналіз і обробку результатів вимірювань і контролю. Діагностика починається з комплексного дослідження будівель і споруд і контролю їх стану [4].

При обстеженні будівлі необхідно визначити структуру фундаменту. Особливу увагу слід звернути на легку і змішану кладку. При визначенні фундаменту такої споруди слід виділити межі несучих площ і ненесучої засипки. Конструкцію фундаментів і стін підвалів можна визначити контрольованим зондуванням кладки. При загальному огляді колони необхідно виміряти її поперечний переріз і виявити деформації (відхилення від вертикалі, вигини, усунення сучків), зафіксувати і виміряти ширину тріщин. При обстеженні металевих колон особливу увагу слід звернути на: корозійні пошкодження зосереджені в основному на першому або підвальному поверсі; загальну геометрію колони та її відповідність запроектованому розташуванню. Фіксувалися локальні прогини, вм'ятини та

інші механічні пошкодження конвеєрних стрічок, елементів решітки (в основному розташовані в нижніх частинах металевих колон), а також якість встановлених стиків і зварних швів колон. При обстеженні колон перевірити: відповідність конструкції вузлів з'єднання колон із суміжною конструкцією; загальну деформацію відгалужень і елементів з'єднання металевих колон; сітка; Місцеві механічні пошкодження з'єднання. Слідкуйте за станом вузлів, з'єднаних з колоною, і стикових з'єднань обв'язок. При огляді залізобетонних колон уважно перевірте місце з'єднання балок і колон; їх взаємне розташування на опорі.

### 1. Діагностика стін і перегородок.

Встановлюють огляд і контрольне виявлення стін. Конструкція стін і матеріали. При обстеженні зовнішніх стін будівлі, чи є:

- закручені, характерні тріщини по горизонталі і вертикалі, які часто є результатом нерівномірного відкладення підстилаючого ґрунту;
- спучування, яке може бути викликане бічним тиском ґрунту або ґрунтових вод на опорні конструкції (склепіння, арки, балки, опори щогл, труби тощо);
- відхилення від вертикалі, яке може бути викликано нерівномірним осадженням ґрунту в фундаменті будівлі або їх корозійним пошкодженням закладних частин або ділянок прилеглої арматури;

### 2. Перекриття.

Тип перекриття визначається попереднім оглядом (залежно від типу матеріалу та конструктивних особливостей), видимі дефекти та пошкодження, умови, що впливають на несучу здатність підлоги після ремонту чи укріплення окремих частин підлоги. При огляді підлоги відзначають наявність, довжину і ширину тріщин в несучих елементах або їх сукупності. При загальному огляді перекриттів будівлі виявляються:

- прогини, що перевищують допустимий прогин, можливо, через появу тріщин у нижній (розтягуючій) зоні залізобетонного елемента внаслідок

перевищення розрахункового навантаження;

- вигини, вм'ятини та дірки в підлозі робочих місць;
- осідання бетону через дефекти бетону;
- уламки, отвори, гнізда і канавки в залізобетонних перекриттях (робочих місць).

### 3. Підлога.

Обстеження будівельних підлог включає: визначення типу підлогових покриттів і конструкцій та їх відповідність проекту та підготовку необхідних ескізів, креслень шляхом необхідної кількості розтину; Під час візуального огляду відзначають локалізацію та характерні види пошкоджень (ямки, тріщини, відшарування покриття від основи, ділянки корозійних пошкоджень тощо).

#### 1.5.3 Результати моніторингу

За результатами моніторингу складається звіт, який передається замовнику (забудовнику), генеральному проектувальнику та організації-виконавцю НТСС.

Звіт повинен містити:

- результати моніторингу показують недоліки
- відомості, графіки зміни деформаційного стану окремих вузлів, елементів і конструкцій, поведінка обстеження технічного стану споруди;
  - висновки щодо надійності закінченої споруди та подальшої можливості продовження будівництва будівлі, відповідність фактичних параметрів стану конструкції розрахункам (чи проектам);
  - технічне завдання (у разі необхідності) на розробку заходів щодо запобігання та усунення негативних змін та прогнозування їх впливу на загальний стан будівлі;
- рекомендації щодо подальшого моніторингу.

Якщо під час будівництва виникають деформації (або інші явища),

відмінні від очікуваних і створюють небезпеку для людей, будівель або оточуючих будівель, необхідно негайно повідомити про це головного проектувальника та замовника.

#### 1.5.4 Геодезичний моніторинг несучих конструкцій

За останні два-три десятиліття складність будівель значно зросла. Це пов'язано як зі збільшенням поверховості будівель і глибини залягання підземних частин будівель, так і з необхідністю розміщення новобудов у місцях з несприятливими умовами (стиснена міська забудова, плавучі будівлі тощо). Тому дуже важливою стає інформація про фактичний стан споруджуваної або експлуатованої будівлі в будь-який момент часу. Для отримання такої інформації існує спеціальна служба геодезичного моніторингу.

Необхідно провести геодезичну зйомку, щоб визначити:

- вертикальна деформація фундаменту;
- горизонтальна деформація фундаменту;
- нахил будівлі (споруди);
- деформація огорожі тунелю;
- деформація (прогин, руйнування) окремих конструкцій і частин будівель.

В даний час основним нормативним документом, що визначає проблеми визначення деформацій будівель і споруд, є ГОСТ 24846-81. У цьому специфікаційному документі геометричне нівелювання за допомогою оптичних нівелірів рекомендовано як основний метод для вимірювання вертикального переміщення. Вимірювання горизонтальних переміщень основи будівель і споруд рекомендується проводити одним або комбінацією таких методів: візуальним методом, дирекційним методом, методом триангуляції та методом фотограмметрії. Ці методи також передбачають використання оптичного обладнання - теодоліта або фотоелектричного

теодоліта.

Для оцінки значущості виявлених деформацій отримані значення характеристик деформації порівнюють з їх визначеними граничними похибками. Вважається, що контрольна точка не змінила свого положення (відсутня деформація), якщо абсолютне значення деформаційної характеристики поглинається її визначеною похибкою.

При вимірюванні вертикального переміщення основним методом має бути геометричне нівелювання за допомогою рівня, а похибка вимірювання не повинна перевищувати 2,5 мм на 1 кілометр подвійного ходу.

Метод геометричного нівелювання має високу точність вимірювання та швидко швидкість вимірювання, і є найбільш широко використовуваним методом визначення осадку. Перевищення між точками, розташованими на відстані 5...10 м, можна визначити з точністю 0,05...0,1 мм, а на відстанях у кілька сотень метрів - точність 0,5 мм. При вимірюванні відкладень у промислових і цивільних будівлях використовуються вимірювання рівня I та II класу. При цьому перевищення СКП станції дорівнює 0,4 і 0,9 мм відповідно. Маркери (маркери) точок деформації протягом періоду спостереження визначаються відносно вихідної контрольної бази даних або набору баз даних. Отримані результати порівнюються, фактична точність маркерів оцінюється, і на основі відмінностей у маркерах циклу будується карта відкладень. Стабільність опорної висоти контролюється під час спостережень за опадами для кожного періоду вимірювання. Тому всі вони вивозяться на закриті звалища. Ця структура являє собою мережу деформацій першого рівня. Вимірювання проводяться з найвищою точністю. Щоб визначити висоту маркерів деформації, вони включають переміщення нівелювання на основі опорної мережі деформації першого порядку. Ці структури утворюють сітку деформації другого порядку. Точність вимірювання в них нижче, ніж у мережах першого порядку.

Горизонтальне зміщення точки забудови визначається як різниця координат точки забудови, отримана за різні періоди вимірювання в одній системі координат. Задачу на визначення величини руху можна розв'язати двома способами: за двома координатами або за однією координатою. У першому випадку для визначення координат точки використовується побудова лінійного кута, у другому — творчий підхід.

Лінійні і кутові структури створюються у вигляді спеціальних мереж триангуляції і трилатерації, полігональних маршрутів, комбінованих мереж, кутових і лінійних засічок, мереж витягнутих трикутників з виміряними сторонами і висотами. Вимірювання кута має високу точність (0,5 ... 2,0"), короткі сторони і велику кількість зв'язків. Строго виконуються рівняння мережі лінійних кутів. Значення переміщень визначаються з різниць координат різних періодів. При спостереженні деформацій, головною проблемою є надійність визначення. Якщо заздалегідь знати, що спостережувана деформація є значною і можна порівняти абсолютну величину фіксованої деформації, її кількісні характеристики можна визначити дуже надійно, достовірність визначення деформації залежить від методу обробки результатів вимірювань [2].

Інструментальні геодезичні спостереження проводяться періодично за циклами, що визначають амплітуду, характер та інтенсивність деформаційних процесів у часі. Ці роботи стосуються нового будівництва або реконструкції існуючих будівель і споруд.

При будівництві багатоповерхових будинків необхідно проводити спостереження не тільки за споруджуваним будинком, а й за всіма будинками та житловими будинками прилеглих забудов, які входять до території будівництва. Це пов'язано з вирішенням одного з важливих питань - захисту навколишніх будівель під час нового будівництва та їх впливу на нормальне функціонування будівель, що знаходяться під їх впливом. Перш за все, перед початком робіт необхідно обстежити технічний стан усіх прилеглих до нової

ділянки будівель.

Залежно від конструктивних характеристик будівлі та конкретної категорії, до якої вона належить (I – нормальний стан, II – задовільний, III – незадовільний), як зазначено проектною одиницею в технічному звіті, можливі гранично допустимі додаткові опади під час період будівництва нових будівель або споруд.

Ці допуски досить суворі, коли мова йде про багатоповерхові та одноповерхові будівлі історичної забудови чи пам'ятки архітектури, стіни яких побудовані з неармованої цегли. Наприклад, залежно від категорії забудови (I, II, III) максимально допустима кількість опадів становить 10, 5 і 2 мм відповідно. Тому тільки високоточне спостереження на нівелірах може забезпечити необхідну точність і оцінити виниклі деформації.

В даний час більшість багатоповерхових будинків мають заглиблені приміщення, які використовуються для різних цілей (автостоянка і т.д.). У цих випадках важливо стежити за станом котловану, який можна використовувати як опору новобудови.

Для виконання подібних геодезичних вимірювань планових (горизонтальних) переміщень конструкцій захисних стінок котловану по їх периметру з кроком 10...12 м встановлюють плити або відбивні знаки і за цими маркерами проводять лінійні та кутові вимірювання. Посилання на розмітки геодезичної мережі для високовживаних.

Сучасні електронні тахеометри (ЕТ) можуть одночасно вимірювати горизонтальні та вертикальні кути, відстані та висоти. По суті, електронний тахеометр являє собою комбінацію теодоліта, люксметра з напівпровідниковим передавачем і мікропроцесора або мікрокомп'ютера в одній інтегрованій або модульній конструкції. В електронних тахеометрах нерозбірної конструкції обчислювальний пристрій вбудовано в сам прилад, а клавіатура управління винесена на передню панель приладу. Тут теодоліт і оптичний далекомір конструктивно об'єднані і мають єдине програмне

забезпечення.

Принцип роботи тахеометра заснований на відображенні вузькоспрямованого лазерного променя від відбиваючої цілі та вимірюванні відстань до нього. Відбивачем в даному випадку є спеціальна призма, закріплена на поверхні предмета. Вимірювання двох кутів (вертикального і горизонтального) дає можливість обчислити тривимірні просторові координати відображеної точки. Швидкість вимірювання тахеометром низька (не більше 2 вимірювань в секунду). Поява безвідбивних тахеометрів, які працюють без спеціальних рефлекторів, зробила революцію в геодезії. Тепер ви можете проводити вимірювання без рефлектора, просто наведіть прилад на потрібну точку. Промінь може відбиватися від будь-якої плоскої поверхні.

ЕТ дозволяє створювати повністю автоматизовані геодезичні та картографічні системи, зв'язками яких є електронний тахеометр, стаціонарний комп'ютер і графічний генератор. Також можна використовувати ресивери.

Сучасних інопланетян загалом можна розділити на три категорії: прості, універсальні та роботизовані.

До першої групи відносяться тахеометри з мінімальною автоматизацією і обмеженим вбудованим програмним забезпеченням. Даний тахеометр забезпечує точність вимірювання кута  $\pm 5 \dots 10''$  і точність лінійного вимірювання  $\pm 3 \dots 5$  мм/км.

Багато тахеометрів цієї групи не мають або мають обмежену пам'ять і можуть зберігати інформацію лише для 500 або 1000 точок (ставок).

До другої категорії відносяться тахеометри з розширеними функціями. Вони постачаються з великою кількістю вбудованих програм і мають великий обсяг пам'яті – здатний зберігати 10 000 точок і більше. Ці прилади зазвичай забезпечують кутову точність вимірювання  $\pm 1 \dots 10''$  і лінійну точність  $\pm 2 \dots 3$  мм/км.

До третьої категорії належать роботизовані тахеометри з сервоприводами, які мають усі функції приладів попередньої групи. Саме

завдяки наявності серводвигунів, вбудованого обладнання радіозв'язку та рефлекторних систем автоматичного пошуку та стеження ці пристрої відносять до роботизованих пристроїв.

В даний час найвищий рівень автоматизації геометричних нівелірів можливий за допомогою цифрових нівелірів. В якості приймальних пристроїв використовується ПЗС-матриця (пристрій із зарядними з'єднаннями), вмонтована в площину зображення, створювану оптичною трубкою цифрового нівеліра. За допомогою ПЗС-матриці розпізнається кодова маска на нівелірній рейці, а матриця зображення отримується на площині різьбової сітки та площині чутливої поверхні ПЗС за допомогою візирного прицілу обладнання. На відміну від традиційних оптичних нівелірів, при використанні цифрового нівеліра відлік проводиться автоматично і заноситься в пам'ять приладу [5].

За допомогою цифрового нівеліра ви можете автоматично знімати показання на рейці рівня, визначати відстань до річки та розраховувати відстань між вирівняними точками. Внутрішня пам'ять призначена для зберігання вимірювань тисяч (8...10) точок. Дані про вирівнювання руху можна обробляти за допомогою вбудованого програмного забезпечення. Цифрові нівеліри підвищують продуктивність на 50% порівняно з традиційним оптико-механічним обладнанням.

Всі цифрові нівеліри мають компенсатори. При використанні високоточного обладнання для нівелювання інварні направляючі зазвичай використовують для менш точного обладнання - склопластикового обладнання, яке має дещо більший коефіцієнт температурного розширення і відповідно меншу точність. На ці рейки наноситься кодова маска, і показання знімаються автоматично під час процесу нівелювання.

Лазерне сканування – це метод, який дозволяє створити цифрову модель навколишнього простору, представивши його у вигляді набору точок з просторовими координатами. Основна відмінність від ЕТ в тому, що

швидкість вимірювання значно вища, сервопривід може автоматично повертати вимірювальну частину приладу в горизонтальній і вертикальній площинах, а головне швидкість (5000 вимірювань в секунду) і щільність (до  $1 \text{ см}^2$  поверхні на  $1 \text{ см}^2$  десятків точок). Отримана після вимірювання модель об'єкта являє собою величезний набір точок (від сотень тисяч до мільйонів) з координатами з точністю до кількох міліметрів. Суть технології лазерного сканування полягає у визначенні просторових координат точок на поверхні об'єкта. Це досягається шляхом вимірювання відстані до всіх визначених точок за допомогою лазерного невідбиваючого далекоміра.

Пристрій, який фактично реалізує задану техніку вимірювання, називається лазерним сканером. Результатом роботи сканера є набір точок з обчисленими тривимірними координатами. Такий набір точок часто називають хмарою точок або скануванням. Як правило, кількість точок у хмарі може коливатися від сотень тисяч до мільйонів.

Все управління пристроєм здійснюється за допомогою ноутбука зі спеціальним програмним забезпеченням. Значення координат точки, отримані від сканера, передаються в комп'ютер і зберігаються в спеціальній базі даних.

За принципом визначення просторових координат лазерні наземні сканери зазвичай класифікують на імпульсні, фазові та триангуляційні.

В імпульсних сканерах метод визначення відстані реалізований на основі точного визначення часу, коли імпульс досягає мети і повертається назад. Оскільки цей метод використовує світлові імпульси для безпосереднього вимірювання відстані, головною перевагою цього сканера є його великий діапазон вимірювання (кілька сотень метрів). Радіус дії фазових сканерів обмежений 100 м. У цьому типі сканерів відстань визначається на основі вимірювання фазового зсуву випромінюваного і відбитого сигналів. Оскільки в цьому методі для визначення відстані використовується модульований світловий сигнал, на відміну від імпульсного методу, який не потребує високої потужності лазера, відстані можна вимірювати з похибкою в

кілька міліметрів. Швидкість вимірювання фазових сканерів на кілька порядків вище, ніж імпульсних (1-2).

Методи триангуляції реалізовані в високоточних сканерах. Конструкція цього типу сканера містить випромінювач і приймач сигналу, розділені відомою відстанню (базою). Цей сканер може досягати точності вимірювання в одну десяту або навіть одну соту міліметра на короткій відстані (кілька метрів). Процес лазерного сканування показаний на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 – Послідовність виконання робіт з лазерного сканування

Виконання високоточних геодезичних зйомок на будівельних майданчиках є складним завданням через постійний рух автотранспорту, роботу будівельної техніки, складнощі безпеки опорних мережевих знаків та інколи недоступні інструменти для орієнтирів.

При вимірюванні об'ємів слід використовувати:

- метод проектування за допомогою теодоліта, оснащеного накладним горизонтальним або вертикальним проектним пристроєм;
- використовуйте методи координації або вимірювання

Теодоліт розміром від 5" до 2" по горизонталі або тахометр розміром 5" під кутом до 2".

Деформації різних конструкцій і частин будівлі слід визначати за допомогою високоточних геодезичних приладів, щоб похибка вимірювання не перевищувала допустимого проектом або будівельними нормами відхилення (або деформації) 0,2.

GISUT KNUCA 2024

## РОЗДІЛ 2

### МОНІТОРИНГ ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ

#### 2.1 Загальні положення

Під час проведення моніторингу слід керуватися критеріями якості, що містяться в проєктній документації, стандартах, а також державних нормативних актах щодо влаштування зовнішніх огорожень, і відповідними нормативами регіонального рівня щодо влаштування та монтажу систем зовнішньої теплоізоляції, покриттів і світлопрозорих конструкцій.

За відсутності стандартів на застосовувану зовнішню огорожу як тимчасовим заходом слід керуватися критеріями якості під час монтажу, визначеними в Технічних свідоцтвах або Технічних умовах на систему зовнішнього утеплення.

Під час моніторингу здійснюється контроль стану елементів зовнішніх огорожень щодо відповідності деформаційним та іншим характеристикам, які підлягають контролю і наведені в проєктній документації (або у відповідному нормативному документі).

Моніторинг огорожувальних конструкцій будівель і споруд здійснюється відповідно до Програми, яка розробляється організацією, що проводить моніторинг, і узгоджується з організацією, що здійснює НТСС.

У разі застосування автоматизованих систем контролю до розроблення Програми моніторингу доцільно залучати організацію - розробника автоматизованої системи [5].

Програма моніторингу огорожувальних конструкцій повинна розроблятися до початку робіт з їх влаштування і враховувати рівень відповідальності та технологічні особливості зведення будівлі (споруди).

У Програмі мають бути вказані відповідальні вузли і конструкції, що підлягають моніторингу, їх контрольовані параметри (які вказуються в проєкті

на влаштування зовнішніх огорожень), а також склад робіт і вибір системи та методики спостережень, обсяги контрольних операцій, обладнання тощо.

Руйнування або неприпустимі деформації, які можуть призвести до прогресуючого руйнування інших конструкцій або обвалення фрагментів зовнішніх огорожень будівлі (споруди), або призвести до зниження безпеки будівлі, або людей, які перебувають у ній або поблизу неї. Стосовно навісних фасадних систем (НФС) це можуть бути вузли кріплення до основних конструкцій каркаса і вузли кріплення облицювальних елементів до каркаса НФС.

Під час проведення моніторингу необхідно враховувати малу інерційність сучасних зовнішніх огорожень, їхню підвищену вразливість під час впливу природних і техногенних чинників (перепади температур, вітрове та снігове навантаження, вібрації, сейсмічні впливи, аварії, пожежі, диверсії тощо), а також неможливість проведення візуального контролю за змонтованими і закритими шарами.

Необхідно враховувати роботу огорожувальних конструкцій в умовах екстремальних впливів уже під час виконання БМР і вживати ефективних заходів щодо запобігання зволоженню шару утеплювача та затіканню атмосферної вологи всередину конструкції за виступаючими частинами і кронштейнами.

Під час вибору системи спостережень необхідно враховувати підвищені швидкості протікання процесів зміни напружено-деформаційного стану в огорожувальних конструкціях, тривалість вимірювань, помилки вимірювань, зокрема й через зміну погодних параметрів, а також вплив перешкод і аномалій природно-техногенного характеру [6].

Під час проведення тривалих спостережень і зміни зовнішніх умов (температури, вологості, характеру вітрових впливів тощо) необхідно забезпечити стабільність системи спостережень і параметрів вимірювальних пристроїв.

Прилади та обладнання, що використовуються для спостережень, повинні регулярно повірятися із заданою в "Програмі" періодичністю.

Для раннього виявлення негативних змін напружено-деформаційного стану огорожувальних конструкцій, автоматизовані засоби контролю необхідно встановлювати під час їхнього монтажу. Надалі ці засоби доцільно використовувати для можливого проведення моніторингу в період експлуатації.

Початковим етапом моніторингу огорожувальних конструкцій будівель і споруд, у разі, якщо він ведеться не від початку будівництва (реконструкція), є обстеження їхнього технічного стану. При цьому фіксують дефекти та пошкодження конструкцій і встановлюють категорії їхнього технічного стану, визначають критичні зони щодо механічної чи іншої безпеки й уточнюють адекватні зафіксованому стану способи спостережень, а в необхідних випадках розробляють рекомендації щодо приведення конструкцій у працездатний стан.

## 2.2 Цілі моніторингу стану огорожувальних конструкцій

Забезпечення безпечного функціонування огорожувальних конструкцій (або їхніх частин) під час зведення будівель і споруд та протягом установленого терміну їхньої експлуатації.

Отримання об'єктивної інформації про напружено-деформаційний стан контрольованих конструкцій, їх корозійної стійкості, теплозахисних властивостях зовнішньої огорожі для внесення необхідних змін у проєкт або в технологію робіт [7].

Своєчасне виявлення на ранній стадії дефектів, які можуть бути приховані послідовно влаштованими шарами (утеплювач, вітрозахист, зовнішнє облицювання).

Отримання достовірної інформації за параметрами кліматичних,

техногенних та інших впливів на огорожувальні конструкції.

Отримання вихідної інформації для проведення моніторингу під час експлуатації зовнішніх огорожень.

### 2.3 Завдання, що вирішуються під час моніторингу огорожувальних конструкцій

Під час моніторингу має здійснюватися контроль [2]:

- напружено-деформаційного стану огорожувальних конструкцій будівлі або споруди, що зводиться;
- геометричних параметрів і взаємного розташування окремих компонентів фасадних систем;
- корозійної стійкості елементів конструкцій;
- теплозахисних властивостей зовнішніх огорожень;
- кліматичних параметрів у прикордонних (з атмосферою) зонах зовнішніх огорожень (показники швидкості та тиску вітру, температура, вологість)
- за потреби.

Зіставлення отриманих параметрів стану контрольованих конструкцій з нормованими параметрами, визначеними в проєкті (або нормативними документами).

Оцінка відповідності конструкцій зовнішніх огорожень зафіксованим кліматичним впливам, зокрема перевірка розрахункових зусиль у монтажних елементах.

### 2.4 Склад моніторингу огорожувальних конструкцій

Склад робіт із моніторингу стану огорожувальних конструкцій будівель і споруд регламентується "Програмою" і має включати послідовний

цикл спостережень за здійсненням монтажу (для варіанта застосування НФС: - установлення кронштейнів, утеплювача, вітрогідрозахисту, напрямних, елементів облицювання).

У разі виявлення місць критичних змін напружено-деформаційного стану огорожувальних конструкцій проводять обстеження цих зон, виконують оцінювання технічного стану конструкцій, встановлюють причини виникнення критичного стану та необхідність проведення заходів із відновлення, посилення або заміни конструкцій (а також вносять зміни до програми моніторингу).

Для проведення спостережень можуть бути рекомендовані різні інструментальні системи, засновані на вимірах деформацій у характерних точках конструкцій: перетворювачі напружень; прогиноміри; оптиковолоконні датчики тощо.

## 2.5 Результати моніторингу стану огорожувальних конструкцій

За результатами моніторингу складається звіт, який подають Замовнику, генеральному проєктувальнику та організації, що проводить НТСС.

Звіт має містити [8]:

- результати моніторингу, представлені у вигляді дефектних відомостей, виконавчих схем із нанесеними геометричними відхиленнями, графіків зміни деформаційного стану окремих вузлів, елементів і конструкцій загалом, актів огляду технічного стану конструкцій, актів, які підтверджують дотримання технологічної послідовності робіт із моніторингу, фотоматеріалів;
- висновок про надійність встановлених конструкцій і подальшу можливість продовження робіт із влаштування зовнішніх огорожень, про відповідність фактичних параметрів стану конструкцій розрахунковим або проєктним;

- технічне завдання (за необхідності) на розроблення проєктних і технологічних заходів щодо попередження та усунення негативних змін;
- пропозиції щодо подальшого проведення моніторингу;

У разі виявлення під час монтажу деформацій, відмінних від прогнозованих і таких, що становлять небезпеку для людей, будівлі або навколишньої забудови, необхідно негайно інформувати про це Замовника, виконавця робіт і вжити заходів щодо недопущення аварійних і надзвичайних ситуацій.

Характерними причинами і видами руйнувань огорожувальних конструкцій є:

- механічні пошкодження, спричинені ударами механізмів;
- руйнування заповнення стиків між огорожувальними елементами;
- руйнування поверхневих шарів унаслідок періодичного замерзання-відтавання;
- корозійні руйнування поверхневих шарів унаслідок протікання технологічних розчинів із протікання технологічних розчинів із будівель і споруд;
- руйнування металевих елементів, зв'язку між ними через замочування і вплив агресивних середовищ;
- поява висолів на поверхні кам'яних конструкцій через порушення технології будівництва та експлуатації;
- несвоєчасне проведення ремонтно-відновлювальних робіт;
- пошкодження, викликані низькою якістю використовуваних матеріалів і будівельно-монтажних робіт.

## 2.6 Деякі чинники, що впливають на деформації споруд

Будинки та споруди піддаються деформаціям через вплив різних природних і техногенних чинників, як на фундамент, так і на саму

конструкцію. Геометричні параметри конструкції істотно впливають на величину її деформації, особливо до дій зовнішніх сил. Наприклад, висотна споруда відчуває набагато більше вітрове навантаження, ніж будівля невеликої висоти. До основних природних факторів, що впливають на деформацію основи будівель і споруд, можна віднести насамперед фізико-механічні властивості порід, що складають основу. Далі, істотні зміни деформаційного процесу спричиняються впливом температури, обводненості та тектонічних сил. Важливим часто буває вплив техногенний: проведення поруч будівельних, осушувальних чи інших робіт. Деякі автори відносять до так званих штучних чинників такі впливи:

1. Тиск конструкції (осідання, нерівномірне осідання).
2. Вібрація, викликана роботою різних машин, механізмів.
3. Помилки проектування, допущені під час інженерно-геологічних і гідрологічних вишукувань.
4. Ослаблення фундаменту через підробіток споруди.
5. Зміна тиску на фундамент, спричинена надбудовою будівлі або будівництвом низки нових споруд.
6. Зміна властивостей гірських порід.

Ця зміна відбувається за рахунок:

- Недостатньо правильна конструкція або розробка дренажу, що сприяє додатковим навантаженням, які виникають через скупчення води і врешті-решт призводять до перевантаження.

- Штучного пониження або підвищення рівня ґрунтових вод під час будівельних або ремонтних робіт. Нижче наведемо приклади завдань, які розв'язуються геодезистами завдяки моніторингу і якісне розв'язання яких пов'язане зі знанням механіки. Під час проектування будь-якої геотехнічної конструкції інженер має забезпечити її стійкість. Для цього геодезист повинен забезпечити стабільність вихідних пунктів і провести спостереження для відображення фізичної сутності досліджуваного процесу деформування.

Проводячи вимірювання, ми маємо бути впевненими в тому, що АТС перебуватиме в нерухомій зоні, забезпечивши стабільність об'єкта і стабільність вихідних пунктів геодезичної мережі (див. рисунок 2.1).

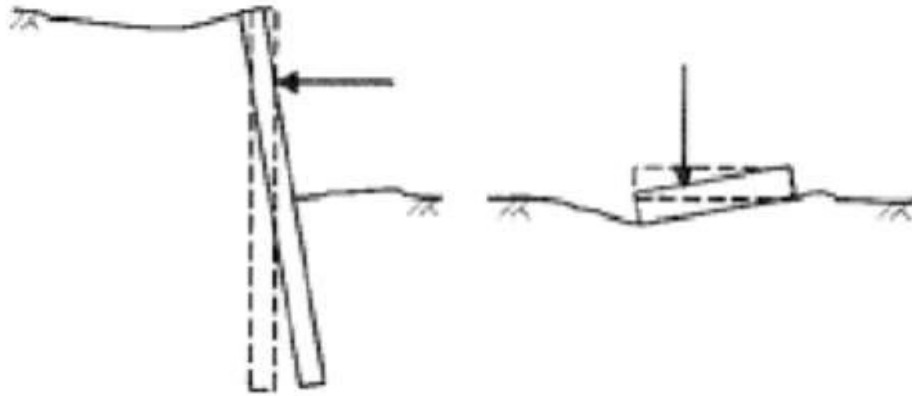


Рисунок 2.1 – Схема до забезпечення стабільності вихідного пункту

По-друге, геодезичні спостереження мають максимальним чином відстежити характерні точки деформування досліджуваного об'єкта. Завдання майже таке саме, коли геодезист виконує топографічну зйомку – також проводячи вимірювання за характерними точками. Нижче на рисунку 2.2а.. наведені типові завдання моніторингу і для них ще належить розробити геодезичний моніторинг. У нашому дослідженні йдеться про котлован, проте принципові рішення для моніторингу такі самі. (а) (б)

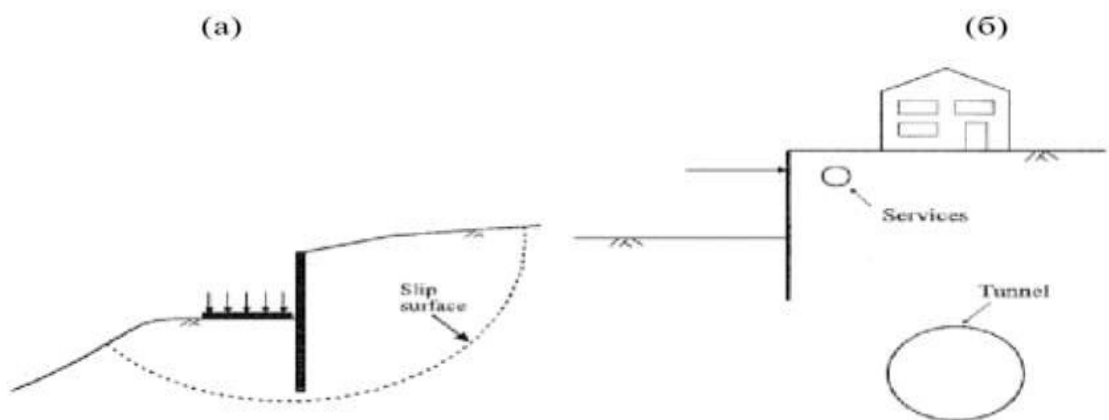


Рисунок 2.2 - Схема до оцінки деформацій підпірної стіни (а) і будівлі біля укосу (б)

## 2.7 Аналіз наявних нормативно-методичних документів з моніторингу деформацій будівель і споруд

Об'єкти і блоки, які потрапляють у зону впливу об'єкта, що будується, також розглядаються в цьому документі. Вимоги до точності геодезичних горизонтальних і вертикальних вимірювань наведено в таблиці 2.1 [9,10]. Структурні елементи будівлі, інженерно-геологічні та гідрогеологічні ознаки основного ґрунту, а також передбачувані значення деформації є основою визначення класу точності.

Таблиця 2.1 – Класи точності вимірювання вертикальних і горизонтальних переміщень

Клас точності вимірів	Допустима похибка вимірювання переміщень	
	Вертикальні	Горизонтальні
I	1	2
II	2	5
III	5	10
IV	10	15

I, II - Для будівель і споруд: унікальні; тривалий час (понад 50 років) в експлуатації; зводять на кам'янистих і напівгкальних ґрунтах, на піщаних, глинистих та інших стисливих ґрунтах; III - Для будівель і споруд, споруджених на насипних, осідальних, торф'яних та інших ґрунтах, які стискають винятково; IV - Для земляних робіт. У [11] представлені методи вимірювання горизонтальних і вертикальних деформацій. Так, згідно з цим документом, вертикальні зміщення можуть бути визначені з використанням одного або комбінації таких методів: геометричне, тригонометричне або гідростатичне нівелювання. Рекомендуються також методи створних спостережень, окремих напрямків, триангуляції, трилатерації, полігонометрії

та фотограмметрії. Водночас ці методи слід використовувати окремо або в поєднанні для визначення горизонтальних зміщень будівель і споруд. У цьому нормативному документі детально розглядаються типи реперів і деформаційних марок та вимоги до їх розміщення. За точністю вимірювань визначається тип реперів. Для класів I і II центри встановлюються і закріплюються глибоко в практично нестисливих ґрунтах. Ґрунтові репери, використовуються для класів точності III і IV; основи таких реперів мають бути закладені нижче глибини сезонного промерзання або переміщення ґрунту. А стінні репери встановлюють на хитких конструкціях будівель і споруд, таких як фундаменти конструкцій, які зазвичай вважають стійкими. Усі згадані деталі присутні в цьому документі, але слід зазначити, що питання, які стосуються організації процесу моніторингу, відсутні.

- Точність вимірювань. Рекомендується розподіляти профільні лінії перпендикулярно більшому розміру підземної споруди або відкритої розробки. На підставі нормативного документа робочі репери (деформаційні марки), а також опорні репери мають бути розташовані на цих лініях і прив'язані до нівелювальної мережі. При цьому опорні репери мають бути закладені за межами зони ймовірних осідань земної поверхні. Оптимальна кількість реперів за цими напрямками - 10 за відкритого способу будівництва підземних споруд і 20 за підземного способу будівництва споруд (тунелювання). Відстань між робочими реперами варіює від 5 до 10 м, залежно від очікуваного зсуву і характеру споруджуваної конструкції. Зміщення реперів слід визначати за допомогою систематичних вимірювань і періодично перевіряти наявність горизонтальних і вертикальних зміщень. Для спостереження горизонтального зміщення слід дотримуватися таких рекомендацій:

- Використовувати сталеву компаровану рулетку.
- Вимірювання відстаней повинні проводитися в прямому і зворотному напрямках, беручи до уваги, що розбіжність не повинна

перевищувати 1:10000.

- Схеми характеру зсувів ув'язуються з динамікою видобутку.

З іншого боку, для спостереження вертикальних зміщень рекомендується:

- Геометричне нівелювання робочих реперів має виконуватися в кілька циклів, і абсолютні значення деформації, а також швидкість їхньої зміни можуть бути визначені шляхом порівняння результатів спостережень у різних циклах.

- Нівелювання реперів має виконуватися за способом із середини з максимальним плечем  $75 \text{ м} \pm 2 \text{ м}$ .

- Відмінності у перевищеннях між сусідніми реперами, отриманими на "чорному" і "червоному" боках рейки, не перевищують 3 мм, а загальна розбіжність не повинна перевищувати  $h \leq 15 \text{ мм} \sqrt{L} \text{ км}$

2.8 Аналіз методів і наявного досвіду спостереження деформацій будівель, споруд і земної поверхні.

Оскільки деформації основ будівель або споруд спостерігаються як з використанням геодезичних, так і негеодезичних методів вимірювання, то за їхнього поєднання збільшується вірогідність визначення отримання більш точних значень. Геотехнічний моніторинг розглядають як більш системний розгляд стійкості об'єкта, що вміщує в себе геодезичний моніторинг [70]. Це уявлення дедалі більше видозмінюється в бік об'єднання понять "геотехнічний моніторинг" і "геодезичний моніторинг". На наш погляд більшої ваги набувають систематичні спостереження, які виконують геодезисти. Геотехнічний аналіз цілком під силу виконати геодезистові в нинішніх умовах великої кількості комп'ютерних технологій з геомеханічної та геотехнічної оцінки стану конкретного об'єкта. Це було підтверджено аналізом науково-методичних джерел [12]. Також питання зсуву ґрунту внаслідок гірничих

робіт, а також захисту наявних будівель досліджуються в [7,8]. Слід зазначити, що геодезичні спостереження за зсувами і деформаціями земної поверхні, будівель і споруд, що потрапляють у зону впливу споруди котловану, як і раніше, вважаються актуальною проблемою, що потребує подальшого вивчення. До негеодезичних методів відносяться автономні пристрої, прикріплені до споруди або встановлені поруч із нею (контрольні точки). Ці пристрої знаходяться або на самій структурі, або всередині неї, тому вони рухаються разом з нею. Вимірюються взаємні, відносні зміщення. До цих пристроїв відносяться прямовисні лінії, клинометри, деформометри, вимірювачі зміщення, селектори, мікроренорометри, бар'єри, стаціонарні гідростатичні системи, кронштейни, інклінометри, маяки та всі види датчиків, що працюють дискретно або безперервно в напівавтоматичному або автоматичному режимах і т.д. У [111] датчики переміщення (екстензометр) закріплені на верхній частині подовжувального стрижня та прокладені у свердловинах, пробурених у певних місцях, що дає змогу проводити ручні та автоматичні вимірювання. Точність 0,1-0,9 мм, простота експлуатації та налаштування на додаток до можливості регулювання глибини формують переваги цієї системи. Однак, коли мова заходить про автоматизацію, виявляється головний недолік - висока вартість. Вимірювання горизонтальних відстаней за допомогою вимірювальної стрічки введено в [3,9] як метод виявлення зсуву земної поверхні через підземне будівництво. Проте точність вимірювання, час і трудовитрати є явними й очевидними недоліками цього методу. У [2,8,6,5,9] запропоновано методіку геодезичного моніторингу деформацій різних споруд. Крім того, вони запропонували принцип математичної обробки для вимірювання деформації. У [11] рекомендується здійснювати моніторинг і контроль зони впливу деформації та будівельного середовища підземної споруди за допомогою геодезичної системи протягом усього періоду будівельних робіт. Ґрунтуючись на [6,7], буферна зона впливу має бути досліджена перед спорудженням котловану в міській зоні, щоб

визначити стан наявних споруд. Це допоможе в майбутньому для порівняння деформацій. Методика передбачає повторні тахеометричні вимірювання для визначення координат деформаційних марок. Крім того, метод скінченних елементів вважається найнадійнішим підходом для прогнозування процесу деформації гірських порід під час зведення підземних споруд [9, 12]. Основними та сучасними методами спостереження деформацій є геодезичні методи. Використання їх дає змогу одночасно вимірювати всі деформаційні марки контрольованого об'єкта, визначати взаємний зсув будь-яких двох спостережуваних марок і навіть індивідуальний зсув можна визначати на основі опорних точок з відомими і фіксованими координатами. Крім зазначених вище переваг, поєднання нових методів геодезичних вимірювань і спеціальних методів математичного опрацювання дає змогу контролювати і виявити зсув не тільки деформаційних марок, а й навіть основних опорних точок. У практиці спостереження деформацій найбільш широко використовуються такі високоточні геодезичні методи:

1) Геометричне нівелювання для визначення вертикальних зміщень, де точки структур легко доступні для спостереження.

2) Тригонометричне нівелювання для визначення вертикальних зміщень, зокрема для важкодоступних точок конструкцій.

3) Гідростатичне і гідродинамічне нівелювання для визначення вертикальних зсувів закритих недоступних точок, розташованих приблизно на одному і тому ж горизонті.

4) Мікронівелювання для визначення вертикальних зсувів точок вузлів технологічного обладнання, розташованих приблизно на одному горизонті ( $\pm 2$  мм).

5) Стовбурові вимірювання для визначення горизонтальних зміщень точок основи і конструкції.

6) Метод кутової або лінійно-кутової мікротріангуляції (включно з геодезичними чотирикутниками без діагоналей, кутовими і лінійно-кутовими

спостереженнями) для визначення горизонтальних зміщень відкритих і важкодоступних точок.

7) Метод полігонометрії для визначення горизонтальних зміщень точок фундаментів і конструкцій тощо. На додаток до спостережень за деформацією за їхніми результатами можна обчислити їхній вид. Очікувана величина зміщення відповідно до допустимої похибки призводить до визначення необхідної точності вимірювання, що, своєю чергою, відіграє основну роль під час вибору методу вимірювання для вертикального і горизонтального зміщення.

### 2.8.1 Методи вимірювань горизонтальних і вертикальних зміщень

Спостереження за деформаціями можуть бути виконані за допомогою комбінації вимірювань, таких як координат деформаційних марок ( $X$ ,  $Y$  і  $Z$ ), різниці координат ( $\Delta X$ ,  $\Delta Y$  і  $\Delta Z$ ), відстані, напрямки, азимути, позначки тощо. При цьому можуть бути використані наземні або супутникові геодезичні методи.

Існують різні методи вимірювання горизонтальної або вертикальної деформації. Їх точність регламентується вимогами, зазначеними в таблиці 2.2 [9,10].

Вертикальні рухи фундаментів будівель і споруд можуть бути виміряні окремими геодезичними методами або їх комбінаціями (див. рисунок 2.3).

Таблиця 2.2 – Допустима похибка (точність) вимірювання вертикальних і горизонтальних переміщень

Розрахункова величина вертикальних і горизонтальних переміщень	Допустима похибка виміру переміщень (мм) для періоду			
	Експлуатаційного		Будівельного	
	Ґрунти			
	Ґлинисті	Піщані	Ґлинисті	Піщані
-50	1	1	1	1
+50-100	1	2	1	1
-100-250	2	5	2	1
+250-500	5	10	5	2
+500	10	15	10	5



Рисунок 2.3 - Схематизація методів вимірювань вертикальних зміщень

Нівелювання - це метод вимірювань для визначення різниці (перевищень  $\Delta h$ ) відміток між точками місцевості [40]. Геометричне

нівелювання виконується з використанням спеціальних геодезичних приладів з рівнем (нівелір), які забезпечують горизонтальне положення лінії візування в процесі вимірювання. Тахеометри й теодоліти можуть використовуватися для нівелювання, але з обмеженою точністю. Спосіб вимірювання геометричного нівелювання показано на (див. рисунок 2.4) [40].

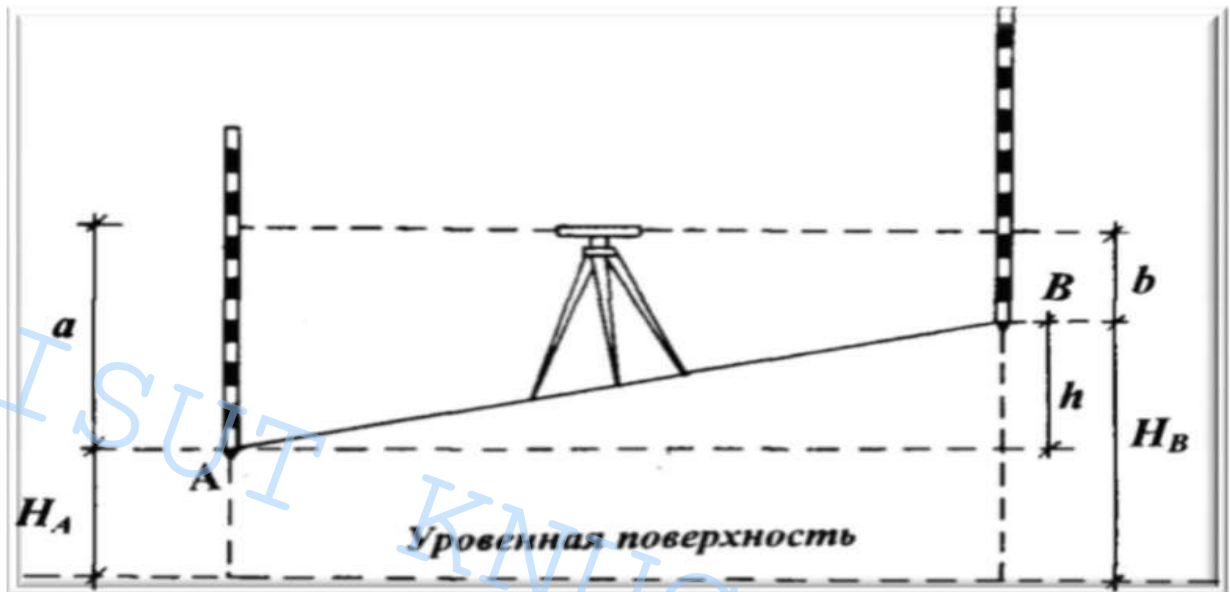


Рисунок 2.4 - Схема геометричного нівелювання із середини. Перевищення між точками А і В визначаємо з виразу: ( $a$  і  $b$  - звіти по рейці).

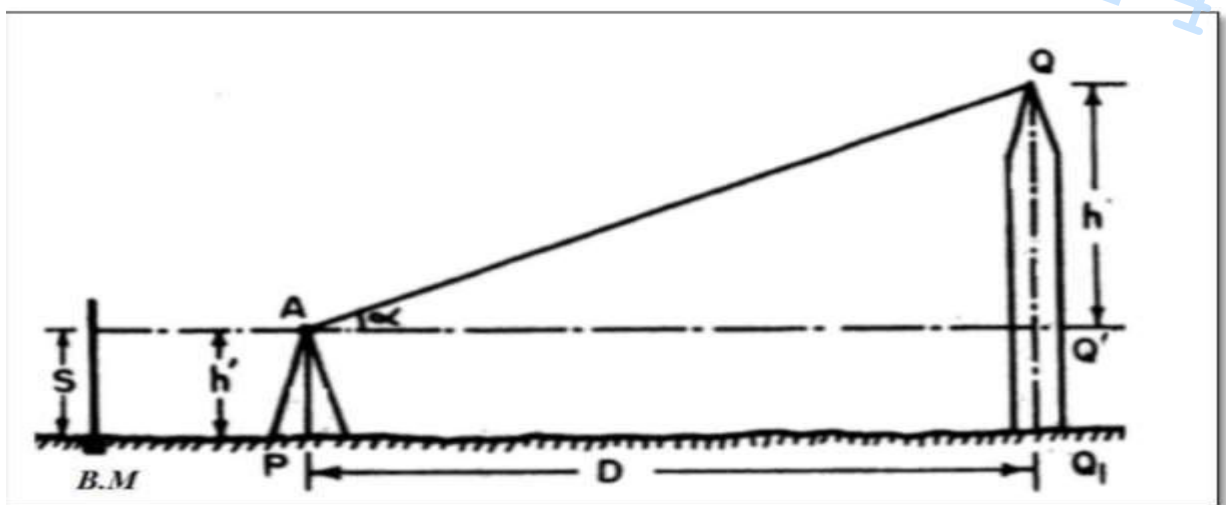


Рисунок 2.5 - Схема тригонометричного нівелювання

Фотограмметричний метод Для вимірів зсувів, кренів та інших деформацій будівель і споруд за необхідності спостереження великої кількості деформаційних марок, а також складної конфігурації об'єкта використовують фотограмметричні або стереофотограмметричні методи. Фотограмметричний метод дає змогу вимірювати деформації в одній площині вздовж двох координатних осей ( $X$  і  $Z$ ), а стереофотограмметричний метод дає змогу визначати координати вздовж трьох координатних осей ( $X$ ,  $Y$  і  $Z$ ). Для вимірювання деформацій стереофотограмметричним методом необхідно сфотографувати об'єкт за допомогою фототеодоліта (Sokkia SDL30) з двох фіксованих опорних пунктів, що розташовані на кінцях фотографічної основи. Розташування та орієнтація фототеодоліта мають бути постійними в наступних циклах спостереження. Для виконання фотограмметричної зйомки достатньо використовувати вимірювання з однієї точки. Існує кілька методів зйомки фототеодолітом, які використовують для визначення різних деформацій: нормальний, однаково розбіжний і такий, що сходиться. Найпоширенішим є нормальний. Якщо необхідно виконати обстеження для визначення деформацій будівель і споруд великої довжини, то рекомендується використовувати однаково відхилений метод зйомки. Для визначення загального ухилу високих будівель і споруд доцільно використовувати напрямки зйомки, що сходяться.

### РОЗДІЛ 3

## ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНІ РОБОТИ ПО ВИЗНАЧЕННЮ ДЕФОРМАЦІЙ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ

### 3.1 Коротка характеристика об'єкту спостереження

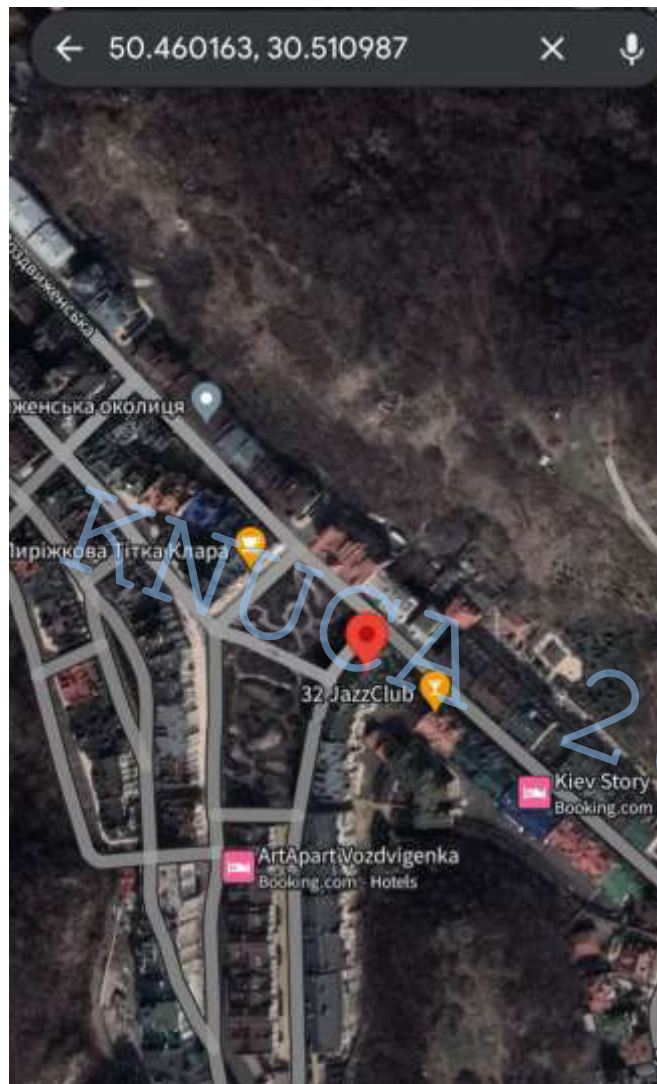


Рисунок 3.1 – Місце розташування об'єкту спостереження

Представлений об'єкт де проводиться спостереження за деформаціями знаходиться за адресою м. Київ вул. Воздвиженська, 28-30

Рельєф місця проведення робіт горбистий.

Клімат помірно континентальний. Середньомісячні температури

січня  $-3,5$  °C, липня  $+20,5$  °C.

### 3.2 Методика проведення робіт

#### Методика нівелювання 2-го класу

Нівелювання II класу проводиться за допомогою високоточного нівеліра Н-05 та двох інварних рейок.

Нівелювання II класу проводиться способом "суміщення" в прямому і зворотному напрямках, як правило, по одній і тій же трасі і по перехідним точкам одного і того ж типу. При нівелюванні в прямому напрямку (прямий хід) порядок спостереження на станції наступний:

- ✓ відлік шкали задньої рейки по верхній нитці;
- ✓ -відлік шкали задньої рейки по нижній нитці;
- ✓ -відлік задньої рейки по середній нитці основної шкали;
- ✓ -відлік задньої рейки по барабану основної шкали;
- ✓ відлік шкали передньої рейки по верхній нитці;
- ✓ -відлік шкали передньої рейки по нижній нитці;
- ✓ -відлік передньої рейки по середній нитці основної шкали;
- ✓ -відлік передньої рейки по барабану основної шкали;
- ✓ -відлік передньої рейки по середній нитці додаткової шкали;
- ✓ -відлік передньої рейки по барабану додаткової шкали;
- ✓ -відлік задньої рейки по середній нитці додаткової шкали;
- ✓ -відлік задньої рейки по барабану додаткової шкали;

Число станцій в секції роблять парним і однаковим. При зміні напрямку нівелювання рейки слід міняти місцями. Перехідними точками служать башмаки або кілки. Через кожні дві станції термометром вимірюють температуру повітря на висоті нівеліра.

По кожній секції нівелювання в прямому і зворотному напрямках виконують, як правило, в різні половини дня. З меншою строгістю ця вимога

дотримується восени, а також в тривалу похмуру погоду. Під час спостережень на станції нівелір слід захищати від сонячних променів парасолькою, а при перенесенні з однієї станції на іншу - білим чохлом.

Нормальна довжина променя візування - 65 м. Якщо збільшення зорової труби не менше 44X і умови для спостережень сприятливі, дозволяється збільшувати довжину променя до 75 м. Висота візирного променя над підстилаючою поверхнею повинна бути не менше 0,5 м. В окремих випадках, при відстані від нівеліра до рейок менше 30 м, висота візирного променя допускається до 0,3 м. Нерівність відстаней від нівеліра до рейок на станції не повинно перевищувати 1 м, а накопичення їх в секції між сусідніми реперами має бути не більше 2 м.

На кожній станції підраховують значення перевищення за спостереженнями основних і додаткових шкал рейок. Різниця перевищень не повинна перевищувати 0,7 мм. При неприпустимому розбіжності все спостереження на станції слід повторити, попередньо змінивши положення нівеліра по висоті не менше ніж на 3 см.

Під час перерв в роботі спостереження, як правило, закінчують на постійному репері. Після перерви повторюють нівелювання на останній зупинці, а в разі необхідності - і на передостанній. Якщо значення перевищень, отримані до і після перерви на станції, розрізняються не більше ніж на 1 мм, то в підрахунок перевищень по секції слід включати спостереження, виконані в кращих умовах (на розсуд виконавця). При більшій відмінності нівелювання по секції слід виконати заново від постійного репера.

Різниця перевищень прямого та зворотного нівелірних ходів, підрахована між двома знаками (реперами) секції, ділянки або в полігоні, не повинна перевищувати  $5\sqrt{L}$ , мм, - при середньому числі станцій не більше 15 на 1 км ходу ( $n \leq 15$ ) і  $6\sqrt{L}$ , мм - при середньому числі станцій більше 15 на 1 км ходу ( $n > 15$ ), де  $L$  - число кілометрів в ході. Якщо різниця перевищень прямого та зворотного ходів більше допуску, встановленого формулою вище,

то нівелювання по секції повторюють в одному з напрямків. Явно незадовільне значення перевищення виключають. Два значення приймають в обробку, якщо вони не розходяться між собою більше зазначених допусків і отримані з нівелювання в протилежних напрямках.

У обробку включають всі три значення перевищення тоді, коли первинні не розходяться між собою більше ніж на  $8\sqrt{L}$ , мм - при  $n \leq 15$  і  $10\sqrt{L}$ , мм - при  $n > 15$ , а значення перевищення повторного нівелювання не відрізняється від кожного з первинних більш ніж на  $6\sqrt{L}$ , мм.

При остаточній обробці спочатку осередненою значення перевищень з ходів одного напрямку, а потім - з ходів прямого і зворотного напрямків. Якщо початкові і повторні значення перевищень не задовольняють перерахованим вимогам, то початкові виключають і виконують ще одне повторне нівелювання в протилежному напрямку.

Обчислювати перевищення на станціях і між реперами слід з округленням до 0,05 мм, а середнє перевищення з прямого і зворотного нівелірних ходів - з округленням до 0,1 мм. У перевищення по секціях слід вводити поправки за середню довжину метра комплекту рейок, за відмінність температур інварних рейок при еталонуванні і під час нівелювання і за перехід до системи нормальних висот. Урівнювання нівелювання II класу проводиться за способом найменших квадратів. Допустимі нев'язки в полігонах і ходах слід обчислювати відповідно до вимог які описані вище.

В результаті нівелювання II класу повинні бути представлені наступні матеріали:

- схема ходів нівелювання;
- польові журнали нівелювання;
- матеріали обчислень і оцінки точності;
- каталог висот знаків нівелювання;

Результати виконаних геодезичних вимірювань можуть бути представлені у вигляді даних, отриманих з реєструючих пристроїв або інших

носіїв інформації.

### 3.3 Геодезична основа району робіт

#### 3.3.1 Рекогностування геодезичних пунктів в межах району робіт

Під час підготовки до початку робіт було проведено рекогностування геодезичних пунктів, в невеликому радіусі до району робіт на топографічній основі М1:2000.

В результаті на топографічному плані було зображено 4 пункти геодезичної основи які можуть бути використані під у випадку їх збереження та фізичного існування. Репер 1, Репер 2, Репер 3 та Репер 4.

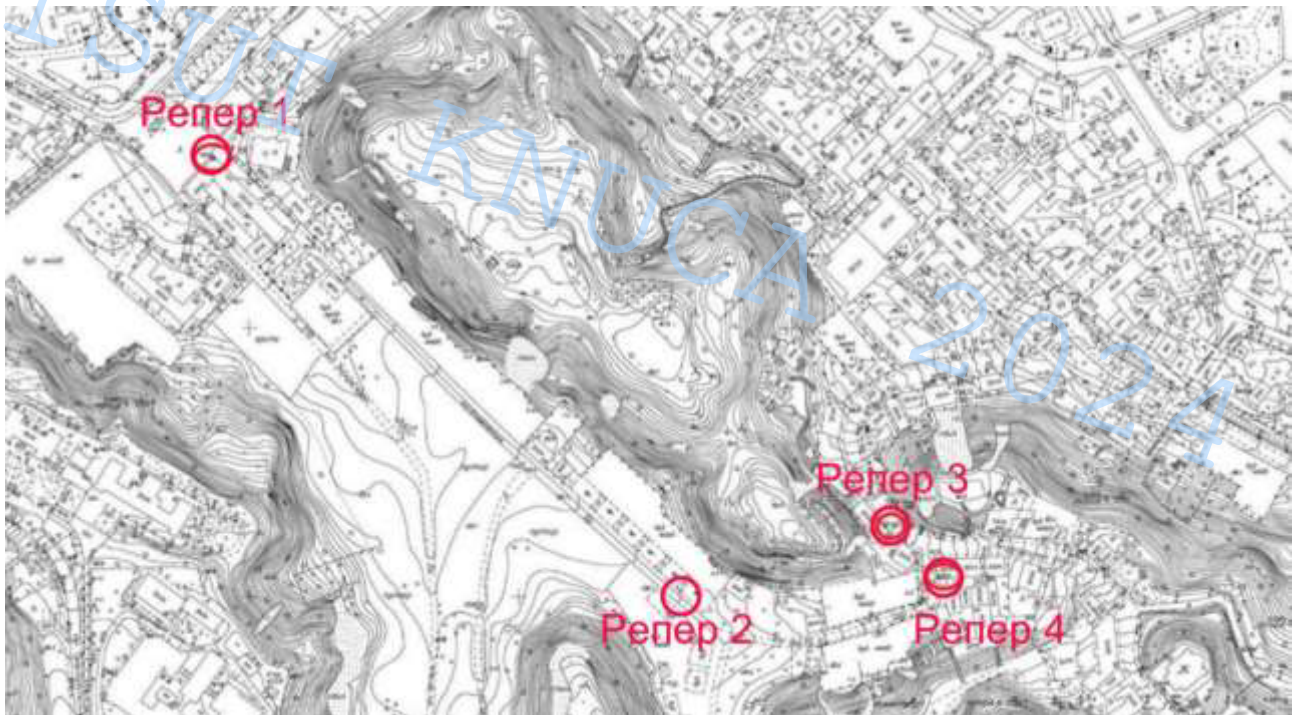


Рисунок 3.2 – Схематичне розташування реперів на топографічному плані М1:2000

#### 3.3.2 Результати візуального обстеження геодезичних пунктів

Під час візуального обстеження пунктів виявилось що лише 3 пункти збереглися до сьогодні: Репер 1, Репер 2. Решта пунктів знаходяться в

неналежному стані та не підходять для подальшого використання. Було прийнято рішення опиратися на ці репери в подальшій роботі.



Рисунок 3.3 – Репер 1 (Кожум'яцька площа)



Рисунок 3.4 – Репер 2 (вул. Воздвиженська, 35)

### 3.3.3 Закріплення стінних марок

Для надійного спостереження за деформацією будівлі в її фундаменті було закріплено 10 стінних марок.

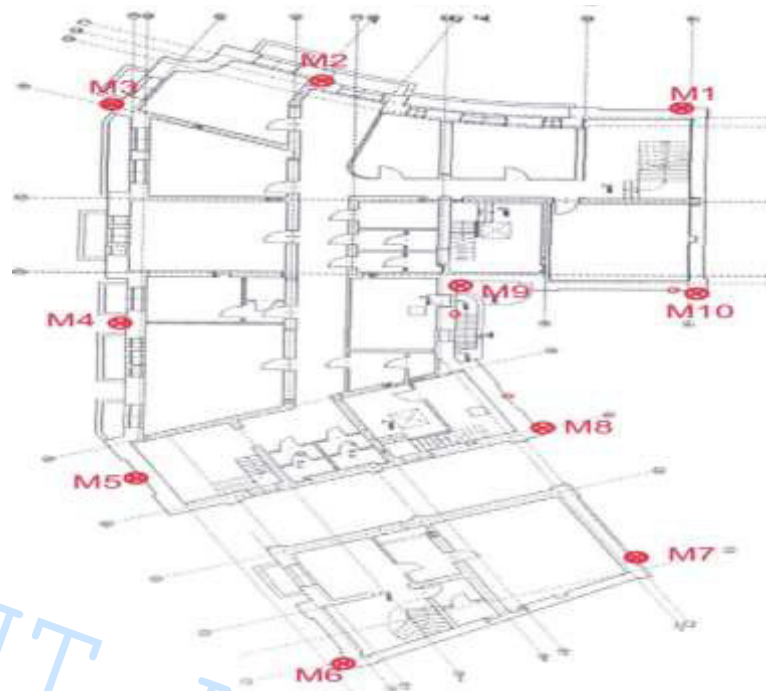


Рисунок 3.5 – Схема розташування марок



Рисунок 3.6 – Марка 1



Рисунок 3.7 – Марка 2



Рисунок 3.8 – Марка 3



Рисунок 3.9 – Марка 4



Рисунок 3.10 – Марка 5



Рисунок 3.11 – Марка 6



Рисунок 3.12 – Марка 7



Рисунок 3.13 – Марка 8



Рисунок 3.14 – Марка 9



Рисунок 3.15 – Марка 10

### 3.4 Проведення геодезичних робіт

#### 3.4.1 Нівелювання II класу між пунктами Репер 1 та Репер 2

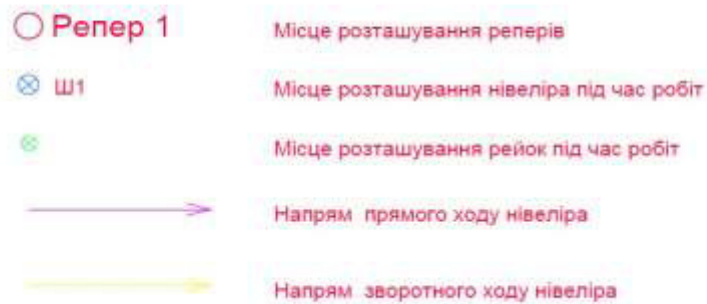
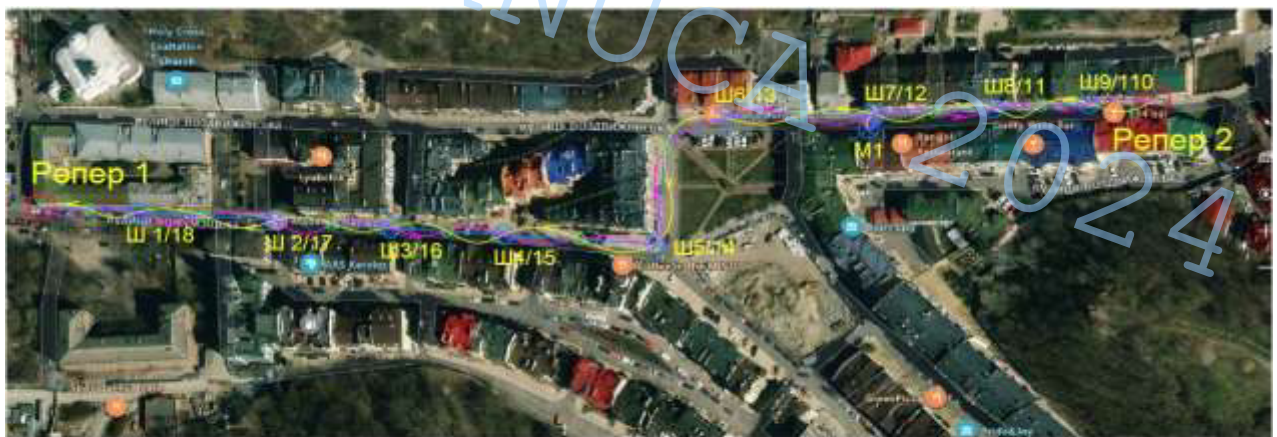
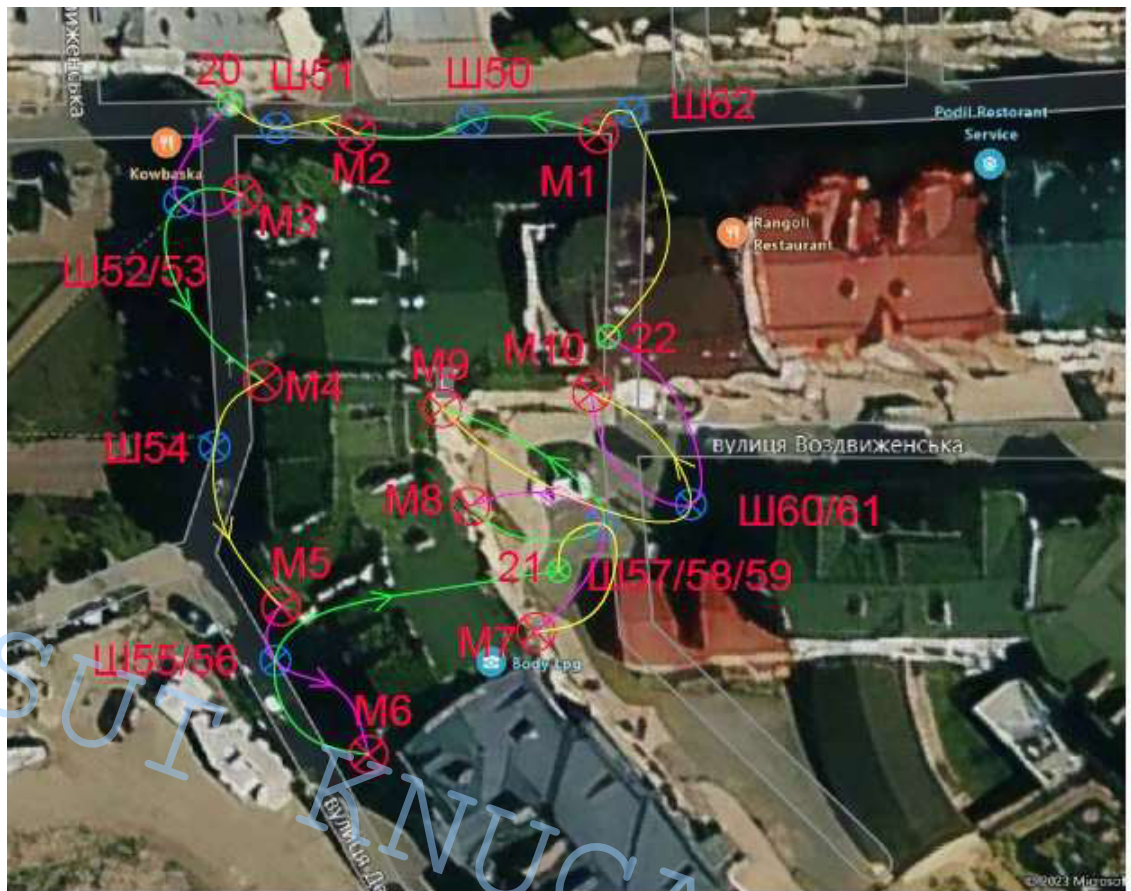


Рисунок 3.16 – Схема нівелірного ходу між пунктами Репер 1 та Репер 2

## 3.4.2 Нівелювання марок



- ⊗ M6 Місце розташування та назва марок
- ⊗ 21 Додаткові точки
- ⊗ Ш54 Місце розташування нівеліра під час робіт
- Напрямок нівелірного ходу

Рисунок 3.17 – Схема нівелірного ходу між марками M1 та M10

## ВИСНОВКИ

У даній бакалаврській роботі розглянуто та проаналізовано методика проведення обстеження технічного стану будівельних конструкцій, моніторинг несучих та огорожувальних конструкцій, а також інженерно-геодезичні роботи по визначенню деформацій житлової будівлі. На основі проведеного дослідження можна зробити наступні узагальнюючі висновки:

**Методика проведення обстеження технічного стану будівель:** У першому розділі дослідження були розглянуті основні параметри, що характеризують технічний стан будівлі. Методи дослідження технічного стану будівельних конструкцій включають різні процедури та вимірювання ефективності. Важливе значення має моніторинг будівельних конструкцій для забезпечення безпечної експлуатації будівель і споруд. Результати моніторингу, зокрема геодезичний моніторинг, дозволяють виявити і аналізувати дефекти та деформації конструкцій, що суттєво впливає на їх безпечність.

**Моніторинг огорожувальних конструкцій:** У другому розділі висвітлено цілі та завдання моніторингу стану огорожувальних конструкцій. Було розглянуто склад моніторингу та проаналізовано результати досліджень, що показали значний вплив різних факторів на деформації споруд. Аналіз нормативно-методичних документів і наявного досвіду спостереження деформацій дозволив виокремити найефективніші методи вимірювань горизонтальних і вертикальних зміщень.

**Інженерно-геодезичні роботи по визначенню деформацій житлової будівлі:** Третій розділ присвячено практичній реалізації інженерно-геодезичних робіт на прикладі конкретного об'єкта спостереження. Було описано методика проведення робіт, включаючи рекогностування геодезичних пунктів та проведення нівелювання II класу між реперами. Ці роботи дозволили точно визначити рівень деформацій житлової будівлі, що є

критично важливим для прийняття подальших рішень щодо експлуатації або реконструкції будівлі.

Отже, проведені дослідження підтверджують важливість комплексного підходу до обстеження та моніторингу технічного стану будівельних конструкцій. Впровадження сучасних методів моніторингу та геодезичних вимірювань дозволяє вчасно виявляти потенційні проблеми та забезпечувати безпеку експлуатації будівель і споруд. Результати роботи можуть бути використані для удосконалення методик обстеження і моніторингу в галузі будівництва, що сприятиме підвищенню надійності та довговічності будівельних конструкцій.

GISUT KNUCA 2024

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Яковенко М. О. Огляд видів геодезичного моніторингу будівель і споруд в складних інженерно-геологічних умовах. Сучасні проблеми архітектури та містобудування [Електронний ресурс] / М. О. Яковенко, С. Г. Нестеренко. – Київ, 2020. – Вип. 55. – С. 341–350. – Електронні текстові дані. – Режим доступу: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2019.55.341-350>, вільний (дата звернення: 31.03.2024).
2. ДСТУ-Н Б В.1.2-17:2016. Настанова щодо науково-технічного моніторингу будівель і споруд. – Чинний від 2017–04–01. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 47 с.
3. ДБН В.2.1 – 10:2018 Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. – Чинний від 2019–01–01. – Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житловокомунального господарства України, 2019. – С. 7–8.
4. ДБН В.1.3 – 2:2010. Геодезичні роботи в будівництві. – Чинний від 2010–09–01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. – С. 29–33.
5. Геодезичний моніторинг – з досвіду виконання геодезичних робіт кафедри інженерної геодезії КНУБА / О. П. Ісаєв, О. В. Адаменко, Р. В. Шульц та ін. // Містобудування та територіальне планування. – 2013. – № 47. – С. 265.
6. 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. – Київ, 2009. – Вип. I (17). – С. 144–150.
7. Devendra Kumar Yadav. A Critical Review on Slope Monitoring Systems with a Vision of Unifying WSN and IoT / Devendra Kumar Yadav, Singam Jayanthu, Santos Kumar Das. // ReView by River Valley Technologies. – 2019. – P. 2–19.

8. Хачатурян С. Л. Про надійність основ будівель і споруд [Електронний ресурс] / С. Л. Хачатурян // Наукові записки : зб. наук. пр. – Кіровоград : КНТУ, 2010. – Вип. 10, ч. 3. – С. 12–13. – Електронні текстові дані. – Режим доступу: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/5504>, вільний (дата звернення: 22.05.2024).

9. Григоровський П. Є. Розробка програми геодезичного моніторингу / П. Є. Григоровський, Ю. В. Дейнека, Д. М. Дорошенко // Нові технології в будівництві. – 2011. – № 2. – С. 20-27. – Електронні текстові дані. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ntvb\\_2011\\_2\\_8](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ntvb_2011_2_8), вільний (дата звернення: 25.05.2024).

10. ДБН А.2.1-1-2008. Вишукування, проектування і територіальна діяльність. Вишукування. – Чинний від 2008–07–01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2008. – 76 с.

11. 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.

12. ДБН В.1.1-46:2017 Інженерний захист територій, будівель і споруд від зсувів та обвалів. – Чинний від 2017–11–01. – Київ : Мінрегіон України, 2017. – С. 41–42.

GISUT КНИГА 2024

ДОДАТКИ

