УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Будівельний факультет

Кафедра вишукувань та проектування шляхів сполучення, геодезії та землеустрою

Оптимізація методів геодезичного моніторингу при будівництві житлового комплексу з урахуванням екологічної безпеки

Пояснювальна записка

до випускної кваліфікаційної роботи магістра

ВПГЗ. 314.193.2026.ПЗ.

Розробила: студентка групи 212-ГЗ-324
Сорочук Наталія Ігорівна
Спеціальність: 193 Геодезія та землеустрій

Керівник: д.т.н. проф. Угненко Є.Б.

Нормоконтроль: к.т.н доц. Орел Є.Ф

Зав. кафедри: д.т.н проф. Угненко Є.Б.

Рецензент: директор МПП
«АВТОДОРСЕРВІС»,
к.т.н., доцент кафедри будівництва
та цивільної інженерії Луцького
національного технічного університету
Процюк В.О.

2026

ВПГЗ

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет будівельний
Кафедра вишукувань та проєктування шляхів сполучення, геодезії та землеустрою
Освітній рівень: магістр
Спеціальність 193 «Геодезія та землеустрій»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри,
професор, доктор техн. наук
_____ Є.Б.Угненко
«_____»_____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Сорочук Наталії Ігорівни

1. Тема проекту «Оптимізація методів геодезичного моніторингу при будівництві житлового комплексу з урахуванням екологічної безпеки» _____
керівник роботи Угненко Євгенія Борисівна затверджені розпорядженням по будівельному факультету від «03» листопада 2025 року № 16.
2. Строк подання студентом закінченої роботи – «22» грудня 2025 року
3. Вихідні дані до проекту (роботи): геоінформаційне програмне забезпечення Digitals, AutoCAD; генеральний план будівництва 7 черги; топографічний план ділянки будівництва (надається в електронному вигляді в форматі AutoCAD); архітектурно-планувальні рішення об'єкту будівництва; результати обстеження технічного стану прилеглої забудови, що підлягає моніторингу._____
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. 1. Теоретичні основи геодезичного моніторингу в будівництві. 2. Методи та засоби геодезичного моніторингу будівництва житлового комплексу. 3. Загальні положення виконання геодезичного моніторингу об'єкта будівництва. 4. Проектування спеціальної геодезичної мережі. 5. Методики виконання геодезичного моніторингу в будівництві. 6. Рекомендації щодо удосконалення методів геодезичного моніторингу будівництва житлового комплексу з урахуванням вимог екологічної безпеки. Висновки._____
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
мета і завдання, актуальність теми, об'єкт і предмет дослідження; методи геодезичного моніторингу; виконання геодезичного моніторингу об'єкта будівництва; вибір геодезичного обладнання; особливості проєктування геодезичної мережі; методика виконання геодезичного моніторингу осідань; періодичність виконання геодезичного моніторингу; обробка даних геодезичного моніторингу; результати геодезичного моніторингу; екологічний аспект геодезичного моніторингу, висновки.

ВІЗ

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання «03» листопада 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1 Вступ. Теоретичні основи геодезичного моніторингу в будівництві.	10.11.2025 р.	виконано
2 Методи та засоби геодезичного моніторингу будівництва житлового комплексу	15.11.2025 р.	виконано
3 Загальні положення виконання геодезичного моніторингу об'єкта будівництва	22.11.2025 р.	виконано
4 Проектування спеціальної геодезичної мережі	30.11.2025 р.	виконано
5 Методики виконання геодезичного моніторингу в будівництві	07.12.2025 р.	виконано
6 Рекомендації щодо удосконалення методів геодезичного моніторингу будівництва житлового комплексу з урахуванням вимог екологічної безпеки. Висновки	15.12.2025 р.	виконано
7 Оформлення роботи	22.12.2025 р.	виконано

Студентка _____ Наталія СОРОЧУК

Керівник проекту (роботи) _____ Євгенія УГНЕНКО

ВІЛЬНО

Зміст

Вступ 6

1 Теоретичні основи геодезичного моніторингу в будівництві 9

1.1 Поняття та сутність геодезичного моніторингу 9

1.2 Завдання та принципи геодезичного моніторингу 11

1.3 Класифікація методів геодезичного моніторингу 12

1.4 Сучасні технології геодезичного моніторингу 14

1.5 Екологічні аспекти геодезичного моніторингу 15

1.6 Нормативно-правова база геодезичного моніторингу 16

2 Методи та засоби геодезичного моніторингу будівництва житлового комплексу 18

2.1 Загальні підходи до вибору методів геодезичного моніторингу 18

2.2 Критерії ефективності методів геодезичного моніторингу 22

2.3 Екологічна оцінка геодезичних методів 23

3 Загальні положення виконання геодезичного моніторингу об’єкта будівництва 24

3.1 Нормативно-правові та технічні підстави організації та проведення робіт з геодезичного моніторингу на об'єкті будівництва 24

3.2 Характеристика об’єкта будівництва 39

ВПГЗ

4 Проектування спеціальної геодезичної мережі 43
4.1 Розрахунок точності спеціальної геодезичної мережі 43
4.2 Підбір геодезичного обладнання та устаткування 57
5 Методики виконання геодезичного моніторингу в будівництві 61
5.1 Методика виконання геодезичного моніторингу осідання 61
5.1.1 Геодезичні виміри осідання 61
5.1.2 Обробка результатів геодезичних вимірів осідання 65
5.2 Методика виконання геодезичного моніторингу планових (горизонтальних) деформацій 72
5.2.1 Геодезичні виміри планових (горизонтальних) деформацій 72
5.2.2 Обробка результатів геодезичних вимірів планових деформацій 77
5.3 Періодичність виконання геодезичного моніторингу 85
6 Рекомендації щодо удосконалення методів геодезичного моніторингу будівництва житлового комплексу з урахуванням вимог екологічної безпеки 87
Висновки 91
Список використаних джерел 93
ДОДАТОК А 98

ВПГЗ

Вступ

Геодезичний моніторинг будівництва житлових комплексів — це комплексний процес, що виходить далеко за межі простих інструментальних вимірювань. Він охоплює не лише фіксацію можливих деформацій та просторових змін конструкцій, але й контроль за їх загальною стійкістю, аналіз умов території та дотримання екологічних і нормативно-правових вимог.

Важливо розуміти, що система геодезичних спостережень включає широке коло методів і процедур: від правильного проектування мережі спостережних пунктів до вибору оптимальних технологій вимірювань і сучасного обладнання, здатного забезпечити високу точність результатів. Усе це дозволяє своєчасно виявляти небезпечні тенденції, приймати рішення щодо коригування проектних параметрів і гарантувати безпеку як об’єкта, так і персоналу.

Окрему увагу в рамках моніторингу приділяють оцінці впливу будівельних робіт на навколишнє середовище. Геодезичні спостереження охоплюють контроль за можливими змінами у природних об’єктах, включно з територіями природоохоронного значення, що забезпечує комплексну екологічну безпеку будівного процесу.

Актуальність теми. Сучасне будівництво характеризується зростаючими масштабами, складністю архітектурних форм та високими вимогами до точності виконання робіт. У зв’язку з цим зростає роль геодезичного моніторингу, який забезпечує своєчасне виявлення деформацій та зміщень конструкцій, дозволяє запобігати аварійним ситуаціям і забезпечує надійну експлуатацію споруд.

Особливої ваги набуває моніторинг під час будівництва житлових комплексів у щільній міській забудові, де навіть незначні деформації можуть призвести до негативних наслідків для сусідніх будівель, підземних комунікацій та довкілля.

Паралельно з технічними вимогами до точності та стабільності конструкцій сучасне суспільство висуває підвищені вимоги до екологічної безпеки будівельних процесів. Будівництво впливає на ґрунти, водний баланс, атмосферне повітря,

мікроклімат і екосистеми, тому геодезичний моніторинг має враховувати не лише технічні, а й екологічні аспекти.

Розроблення ефективних, точних і водночас екологічно орієнтованих методів спостережень є важливою складовою сталого розвитку та екологічної політики України.

Таким чином, дослідження ефективності сучасних методів геодезичного моніторингу в умовах реального будівництва житлового комплексу з урахуванням вимог екологічної безпеки є актуальним і практично значущим завданням для сучасної інженерно-геодезичної практики.

Метою роботи є дослідження ефективності методів геодезичного моніторингу будівництва житлового комплексу, визначення оптимальних підходів для забезпечення високої точності вимірювань і мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні **завдання**:

1. Проаналізувати теоретичні основи геодезичного моніторингу в будівництві.
2. Розглянути існуючі методи та засоби геодезичного моніторингу будівництва житлового комплексу у контексті їх екологічності та економічної доцільності.
3. Розробити схему проведення моніторингу на прикладі конкретного об’єкта будівництва житлового комплексу.
4. Запроектувати спеціальну геодезичну мережу з підбором геодезичного обладнання та устаткування.
5. Провести аналіз методик виконання геодезичного моніторингу в будівництві.
6. Розробити практичні рекомендації щодо удосконалення системи моніторингу з урахуванням екологічних вимог і принципів сталого розвитку.

Об’єктом дослідження є процес геодезичного моніторингу будівництва житлового комплексу, що охоплює спостереження за просторовим положенням будівельних конструкцій, реперів і навколишнього середовища в динаміці будівництва.

ВПЗ

Предметом дослідження є методи геодезичного моніторингу, їх точність, ефективність, екологічна безпечність і можливості інтеграції в систему управління будівництвом.

Для реалізації поставлених завдань використано комплекс **методів**: аналітичні, інструментальні; математичні та статистичні; методи екологічного аналізу.

Наукова новизна роботи полягає у комплексному підході до оцінки ефективності методів геодезичного моніторингу, який враховує не лише технічні, а й екологічні критерії. Також запропоновано рекомендації щодо оптимізації системи геодезичного моніторингу будівництва з позицій екологічної безпеки та сталого розвитку.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості:

- впровадження удосконалених методик моніторингу для контролю деформацій житлових об’єктів;
- підвищення точності та оперативності геодезичних спостережень;
- використання результатів у системі екологічного менеджменту будівництва;
- створення бази для подальших наукових досліджень у галузі екологічно безпечних технологій геодезії.

Безперервне спостереження за станом об’єкта під час будівництва та протягом його подальшої експлуатації є ключовим елементом забезпечення його надійності та відповідності закладеним у проєкті характеристикам. Систематичне виконання вимірювань дає змогу своєчасно реагувати на виявлені відхилення, коригувати технологічні процеси та запобігати виникненню потенційно небезпечних ситуацій.

Геодезичний моніторинг відіграє важливу роль у підтриманні безпеки та стійкості споруд, що зводяться, а також у прогнозуванні можливих деформацій, які можуть проявитися в експлуатаційний період. Тому під час проведення геодезичних робіт необхідно застосовувати сучасні методи та високоточне обладнання, що забезпечують отримання достовірної інформації про всі зміни, які відбуваються на будівельному майданчику. Комплекс таких заходів охоплює не лише контроль деформацій, а й аналіз потенційних впливів на навколишнє середовище.

ВГЗ

1 Теоретичні основи геодезичного моніторингу в будівництві

1.1 Поняття та сутність геодезичного моніторингу

Геодезичний моніторинг є одним із ключових елементів системи контролю технічного стану будівель та споруд, що забезпечує їх безпечну експлуатацію, своєчасне виявлення деформацій, а також запобігання надзвичайним ситуаціям.

Під геодезичним моніторингом розуміють систематичні спостереження за зміною просторового положення об’єктів будівництва та навколишнього середовища, спрямовані на оцінку стабільності споруди, прогнозування її поведінки під впливом природних і техногенних факторів.

Основна мета геодезичного моніторингу — виявлення деформацій та переміщень елементів споруди у процесі будівництва, експлуатації чи реконструкції для забезпечення їх безпечного функціонування.

Завдяки даним моніторингу можна оперативно реагувати на небезпечні зміщення, ухвалювати управлінські рішення та проводити профілактичні заходи для уникнення аварій.

До основних об’єктів геодезичного моніторингу належать:

- житлові та громадські будівлі;
- промислові споруди;
- гідротехнічні та транспортні об’єкти;
- фундаменти, схили, підпірні стінки;
- елементи навколишнього середовища (ґрунт, рослинність, водний режим тощо).

Згідно з чинними нормативами (ДБН В.1.2-14:2018, ДСТУ Б В.2.1-35:2016), геодезичний моніторинг є обов’язковою складовою інженерно-геодезичних робіт на стадіях проектування, будівництва та експлуатації об’єктів підвищеного рівня відповідальності.

Геодезичний моніторинг у будівництві є складовою системи технічного контролю та нагляду за деформаційними процесами будівель і споруд, ґрунтів

ВПЗ

основи, а також навколишнього середовища під час зведення та експлуатації об’єктів. Його головною метою є забезпечення стабільності, безпеки та надійності конструкцій за рахунок своєчасного виявлення змін їх просторового положення.

Сутність геодезичного моніторингу полягає у систематичних спостереженнях за геометричними параметрами об’єкта — його положенням, деформаціями, осіданнями, нахилами, переміщеннями — з використанням спеціальних методів і приладів. Результати спостережень дозволяють оцінювати стан споруди в динаміці, прогнозувати розвиток небажаних процесів та своєчасно приймати інженерні рішення щодо усунення або попередження аварійних ситуацій.

На сучасному етапі геодезичний моніторинг охоплює не лише вимірювання координат точок, а й інтеграцію даних із суміжних галузей — геотехніки, гідрології, геоінформатики, дистанційного зондування Землі. Це дозволяє комплексно оцінювати поведінку споруди в системі «основа – конструкція – навколишнє середовище».

Залежно від мети та періоду виконання, розрізняють такі види геодезичного моніторингу:

- попередній (до будівництва) – визначення вихідного стану території та геометричних характеристик;
- будівельний (під час зведення) – контроль точності монтажу, осідань, переміщень елементів споруди;
- експлуатаційний (після завершення) – систематичні спостереження за стабільністю об’єкта впродовж його функціонування.

Таким чином, геодезичний моніторинг є важливою частиною системи управління технічним станом будівель і споруд, а його ефективність значною мірою визначає рівень безпеки будівництва.

ВПЗ

1.2 Завдання та принципи геодезичного моніторингу

Головними завданнями геодезичного моніторингу є:

1. Визначення фактичних зміщень і деформацій елементів споруди.
2. Оцінка відповідності спостережених деформацій проєктним і допустимим значенням.
3. Виявлення тенденцій розвитку деформаційних процесів і прогнозування їх подальшого характеру.
4. Забезпечення геометричної точності споруд під час будівництва.
5. Створення інформаційної бази для системи управління безпекою об’єкта.
6. Мінімізація ризиків екологічних наслідків через порушення геотехнічної рівноваги.

Принципи, на яких базується геодезичний моніторинг:

- Системність — спостереження повинні проводитися за єдиною методикою упродовж усього життєвого циклу об’єкта.
- Безперервність — фіксація змін повинна здійснюватися з певною періодичністю або в режимі реального часу.
- Точність — вибір методів вимірювань повинен забезпечувати відповідність нормативним допускам.
- Комплексність — поєднання геодезичних, геотехнічних, гідрогеологічних і екологічних даних.
- Екологічна безпечність — методи спостережень не повинні спричиняти шкоди довкіллю або змінювати природний стан середовища.
- Інформаційна інтеграція — результати моніторингу мають бути доступні для автоматизованої системи управління будівництвом (BIM, GIS).

Процес моніторингу зазвичай включає такі етапи:

- Підготовчий етап — створення системи геодезичних реперів, вибір методів і приладів спостережень, складання програми робіт.

ВПЗ

• Польові вимірювання — безпосереднє виконання геодезичних спостережень за положенням контрольних точок.

• Обробка результатів — математична обробка вимірювань, обчислення координат, осідань, деформацій.

• Аналіз і прогнозування — оцінка отриманих результатів, визначення тенденцій і прогноз подальших змін.

• Звітування — оформлення результатів у вигляді звітів, графіків, 3D-моделей, картограм.

Таким чином, геодезичний моніторинг є циклічним і безперервним процесом, у якому результати кожного етапу стають основою для прийняття управлінських рішень у будівництві.

1.3 Класифікація методів геодезичного моніторингу

Система геодезичного моніторингу включає різні методи, які класифікують за рядом ознак:

1. За типом спостережуваних об’єктів:

- моніторинг споруд і конструкцій;
- моніторинг земної поверхні та ґрунтових масивів;
- моніторинг навколишнього середовища.

2. За способом вимірювань:

- наземні методи (тахеометрія, нівелювання, GNSS-вимірювання);
- аерокосмічні методи (дрон-зйомка, супутникова інтерферометрія);
- комбіновані методи, що поєднують традиційні та цифрові технології.

3. За режимом роботи:

- періодичні спостереження — через визначені інтервали часу;
- безперервний моніторинг — автоматичні вимірювання у реальному часі.

4. За рівнем автоматизації:

- ручні вимірювання;
- напівавтоматизовані системи;

ВІПЗ

- інтелектуальні системи моніторингу (з передачею даних на сервер у хмару).

Сучасні методи геодезичного моніторингу поділяють на класичні (традиційні) та інноваційні (високотехнологічні).

До класичних належать:

- Нівелювання – визначення вертикальних переміщень (осідань) споруд з високою точністю.
- Тахеометричні зйомки – визначення положення точок у тривимірному просторі.
- Тріангуляційні та полігонометричні вимірювання – створення контрольних мереж і систем координат.

Перевагою класичних методів є висока точність (до 0,5 мм/м), проте вони потребують значних трудових витрат і тривалого часу на обробку даних.

Із розвитком цифрових технологій геодезичний моніторинг активно використовує:

- GNSS-технології (GPS, GLONASS, Galileo) – забезпечують безперервне спостереження за положенням точок у реальному часі;
- лазерне сканування (LiDAR) – створення детальних 3D-моделей об’єктів для аналізу деформацій;
- фотограмметрія та аерофотозйомка з дронів – дають змогу швидко отримувати цифрові моделі місцевості та будівель;
- інтерферометрія супутникових радарів (InSAR) – дистанційне визначення осідань ґрунту на великих площах;
- датчики нахилів, тензометри, фіброоптичні сенсори – автоматизований контроль локальних деформацій.

Такі технології дозволяють реалізувати інтелектуальні системи моніторингу, що працюють у режимі реального часу та інтегруються з BIM (Building Information Modeling

ВІТЗ

1.4 Сучасні технології геодезичного моніторингу

Розвиток цифрових технологій відкрив нові можливості для геодезії. На сучасному етапі застосовуються такі технології:

1. GNSS-технології — забезпечують координатне визначення точок із сантиметровою точністю в режимах статичної або кінематичної зйомки.

Вони ефективні для спостереження за великими територіями або протяжними спорудами.

2. Електронна тахеометрія — класичний метод, що дозволяє з високою точністю визначати просторове положення об’єктів.

Застосовується для спостережень за окремими конструкціями та реперами.

3. Лазерне сканування (LiDAR) — забезпечує створення тривимірних моделей об’єктів і території з мільйонами вимірювань за короткий час.

Цей метод незамінний для детального аналізу деформацій фасадів, покриттів, елементів каркасу.

4. Фотограмметрія та дрон-зйомка — використовуються для моніторингу великих об’єктів, оцінки змін рельєфу та обсягів робіт.

Метод є маловитратним, швидким і безпечним для навколишнього середовища.

5. Інтерферометрія SAR (Synthetic Aperture Radar) — супутниковий метод, що дозволяє відстежувати навіть міліметрові зміщення поверхні Землі.

Використовується для регіонального контролю зсувів, осідань, підняттів.

6. BIM та GIS-технології — інтеграція даних моніторингу у цифрові моделі об’єктів забезпечує аналітичну візуалізацію, спрощує прийняття управлінських рішень та оцінку екологічних ризиків.

ВІЗ

1.5 Екологічні аспекти геодезичного моніторингу

У сучасних умовах моніторинг повинен не лише контролювати геометричну стабільність споруд, а й забезпечувати екологічну безпеку територій будівництва.

Порушення геотехнічної рівноваги може призвести до:

- забруднення ґрунтів і підземних вод;
- змін гідрологічного режиму;
- ерозійних процесів і зсувів;
- руйнування зелених насаджень.

Тому важливо, щоб система моніторингу враховувала:

- вплив методів вимірювань на довкілля (мінімізація шуму, вібрацій, механічного впливу);
- збереження природного стану території під час встановлення реперів або обладнання;
- раціональне використання ресурсів (енергії, матеріалів, приладів);
- моніторинг екологічних параметрів (вологість ґрунту, рух підземних вод, забруднення повітря).

З урахуванням сучасних вимог сталого розвитку та екологічної безпеки, геодезичний моніторинг у будівництві повинен мінімізувати негативний вплив на довкілля. Основні екологічні аспекти полягають у:

- раціональному використанні ресурсів (енергії, матеріалів, транспорту);
- мінімізації втручання у природне середовище під час проведення польових робіт;
- застосуванні безконтактних технологій (дронів, лазерного сканування, супутникових спостережень);
- контролі стану навколишнього середовища (руху ґрунтів, рівня підземних вод, осідань територій);
- інтеграції даних моніторингу в системи екологічного менеджменту будівельного об’єкта.

ВІТЗ

Застосування геодезичного моніторингу з екологічною орієнтацією дозволяє не лише підвищити технічну безпеку будівництва, але й забезпечити сталий розвиток території, зменшити ризики деградації ґрунтів та порушення природних процесів.

Інтеграція геодезичного моніторингу з екологічним контролем дозволяє створити комплексну систему безпеки будівництва, що відповідає принципам «зеленої економіки» та сталого розвитку.

1.6 Нормативно-правова база геодезичного моніторингу

Організація геодезичного моніторингу в Україні регулюється низкою нормативних документів, серед яких:

- ДБН В.1.2-14:2018 – «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об’єктів»;
- ДСТУ Б В.2.1-35:2016 – «Споруди будівельні. Методи геодезичних вимірювань при спостереженні за деформаціями»;
- ДБН А.2.1-1-2014 – «Інженерні вишукування для будівництва»;
- ДСТУ ISO 17123-3:2016 – «Польові методи випробувань геодезичних приладів»;
- Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища»;
- Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності».

Дотримання нормативних вимог є обов’язковою умовою достовірності та юридичної легітимності результатів моніторингу.

У результаті проведеного теоретичного аналізу встановлено, що геодезичний моніторинг є невід’ємною складовою системи контролю технічного стану об’єктів будівництва.

Його основне завдання — забезпечити надійність, безпечність та екологічну стабільність житлових і промислових споруд.

ВПЗ

Сучасні методи моніторингу (GNSS, лазерне сканування, фотограмметрія, інтерферометрія) дозволяють досягти високої точності вимірювань і одночасно знизити антропогенний вплив на довкілля.

Врахування екологічних вимог при плануванні системи спостережень підвищує рівень безпеки та сприяє впровадженню принципів сталого, «зеленого» будівництва.

Отже, геодезичний моніторинг виступає важливим інструментом не лише технічного, але й екологічного управління будівництвом, що формує основу для подальших практичних досліджень, розглянутих у наступних розділах роботи.

ВПЗ

2 Методи та засоби геодезичного моніторингу будівництва житлового комплексу

2.1 Загальні підходи до вибору методів геодезичного моніторингу

Ефективність геодезичного моніторингу залежить від правильного вибору методів і засобів вимірювань, які повинні відповідати технічним, економічним і екологічним вимогам конкретного будівельного об’єкта.

Вибір методики визначається:

- типом споруди (монолітна, каркасна, панельна);
- геологічними умовами (щільність ґрунтів, рівень підземних вод, наявність схилів);
- рівнем техногенного навантаження;
- розмірами об’єкта і його розташуванням;
- вимогами до точності вимірювань;
- рівнем автоматизації процесів контролю.

Загалом геодезичний моніторинг виконується за двома підходами:

1. Традиційний (класичний) — базується на наземних інструментальних методах (нівелювання, тахеометрія, тріангуляція, полігонометрія).
2. Інноваційний (цифровий) — використовує GNSS, лазерне сканування, фотограмметрію, дрони, автоматизовані системи спостережень у реальному часі.

Для досягнення найвищої ефективності доцільним є поєднання обох підходів, що забезпечує комплексність і достовірність отриманих результатів.

Традиційні методи геодезичного моніторингу:

1. Геометричне нівелювання — один із найточніших способів визначення вертикальних зміщень споруд.

Метод базується на вимірюванні перевищень між точками за допомогою нівеліра та рейок.

Переваги:

- висока точність (до 0,3 мм на 1 км ходу);

ВПЗ

- надійність і простота виконання;
- доступність приладів.

Недоліки:

- трудомісткість і залежність від погодних умов;
- обмежений радіус дії;
- складність автоматизації.

Геометричне нівелювання широко використовується для спостереження за осіданнями фундаментів, пальових полів, опор і підземних споруд.

2. Тахеометричні спостереження. Електронні тахеометри дають змогу одночасно вимірювати горизонтальні й вертикальні кути та відстані, що забезпечує тривимірне визначення положення точок.

Застосовується для контролю горизонтальних і вертикальних переміщень конструкцій під час монтажу й експлуатації.

Переваги:

- висока точність вимірювань (до 1–2 мм);
- можливість спостережень на значних відстанях;
- створення тривимірних моделей.

Недоліки:

- залежність від погодних умов (туман, дощ);
- потреба у постійній візуальній видимості між приладом і візирною мішенню.

Тахеометричний метод зручний для моніторингу висотних споруд і житлових комплексів у міській забудові, особливо на етапі монтажу каркасу.

3. Тригонометричне нівелювання. Метод ґрунтується на вимірюванні кутів нахилу і відстаней між точками.

Використовується, коли неможливо прокласти нівелірні ходи або під час спостережень з великих відстаней (на схилах, біля водойм тощо).

Хоча точність тригонометричного нівелювання поступається геометричному, воно дозволяє зменшити обсяг польових робіт і знизити навантаження на

ВІТЗ

навколишнє середовище, оскільки не потребує фізичного встановлення великої кількості реперів.

Сучасні (інноваційні) методи геодезичного моніторингу:

1. GNSS-технології. Глобальні навігаційні супутникові системи (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou) використовуються для координатного моніторингу з високою точністю.

Системи референцних станцій (CORS) дозволяють проводити спостереження в режимі RTK (Real-Time Kinematic), що забезпечує сантиметрову точність у реальному часі.

Переваги:

- висока швидкість отримання результатів;
- можливість моніторингу великих територій;
- автоматизація процесів збору даних.

Недоліки:

- залежність від якості сигналу;
- вплив атмосферних умов (іоносфера, мультипасинг);
- потреба у відкритому небі (відсутність перешкод).

GNSS-моніторинг є екологічно безпечним методом, оскільки не потребує втручання в природне середовище.

2. Лазерне сканування (LiDAR) базується на вимірюванні часу повернення лазерного променя від об’єкта.

У результаті формується щільна хмара точок, що відтворює геометрію об’єкта з міліметровою точністю.

Переваги:

- детальне тривимірне відтворення поверхонь;
- швидкість зйомки;
- можливість виявлення навіть незначних деформацій.

Недоліки:

- висока вартість обладнання;
- потреба у складній обробці великих обсягів даних.

ВІТЗ

LiDAR-технології особливо ефективні при моніторингу складних фасадів, покриттів і територій з обмеженим доступом.

3. Фотограмметрія та безпілотні літальні апарати (БПЛА). Аерофотозйомка з використанням дронів є сучасним, мобільним і екологічно безпечним методом збору просторових даних.

Знімки, оброблені у спеціальних програмах (Pix4D, Agisoft Metashape), дозволяють отримати ортофотоплани, 3D-моделі та цифрові моделі рельєфу (ЦМР).

Переваги:

- швидкість виконання робіт;
- мінімальний фізичний контакт із об’єктом;
- економічність і безпечність для довкілля.

Недоліки:

- залежність від погодних умов і нормативних обмежень на польоти;
- нижча точність порівняно з наземними методами.

Цей метод є оптимальним для контролю території навколо будівельного майданчика і відстеження змін ландшафту.

4. Супутникова інтерферометрія SAR. Метод InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar) використовує супутникові знімки радарного діапазону для вимірювання вертикальних зміщень поверхні з точністю до кількох міліметрів.

Він дозволяє аналізувати великі території і виявляти деформації навіть у місцях, де неможливо встановити наземні репери.

InSAR є особливо ефективним для:

- моніторингу зсувів, осідань, техногенних порушень;
- контролю стану забудованих міських територій;
- екологічного спостереження за впливом будівництва на навколишнє середовище.

ВПЗ

2.2 Критерії ефективності методів геодезичного моніторингу

Для забезпечення точності і стабільності вимірювань використовуються різні засоби геодезичного моніторингу, які умовно поділяють на:

- вимірювальні прилади — нівеліри, тахеометри, GNSS-приймачі, лазерні сканери;
- системи автоматичного контролю — сенсори нахилу, тензометричні датчики, системи моніторингу у реальному часі;
- програмне забезпечення — Leica Geo Office, Trimble Business Center, Topcon Magnet, AutoCAD Civil 3D, Revit, ArcGIS, BIM 360 тощо;
- системи збору та обробки екологічних даних — датчики вологості ґрунту, рівня підземних вод, температури, газового складу повітря.

Інтеграція цих засобів у єдину інформаційну систему дозволяє забезпечити комплексний контроль технічного та екологічного стану об’єкта.

Ефективність методів оцінюється за такими критеріями:

1. Точність – відповідність результатів вимогам нормативів.
2. Оперативність – швидкість отримання і передачі даних.
3. Автоматизація – можливість роботи в безперервному режимі.
4. Економічність – співвідношення витрат і отриманої інформації.
5. Екологічна безпечність – мінімальний вплив на навколишнє середовище.
6. Інтегрованість – можливість поєднання з інформаційними системами управління будівництвом (BIM, GIS).
7. Стійкість до зовнішніх факторів – надійність приладів у різних погодних і геологічних умовах.

Для житлових комплексів оптимальним вважається комбінований підхід, що поєднує тахеометричні вимірювання, GNSS-моніторинг і періодичну дрон-зйомку.

ВПЗ

2.3 Екологічна оцінка геодезичних методів

Кожен метод моніторингу має власний ступінь впливу на довкілля. Традиційні методи (нівелювання, тахеометрія) потребують встановлення реперів, що може порушити структуру ґрунту. Сучасні технології (GNSS, LiDAR, дрони) є майже безконтактними, що знижує екологічні ризики.

У таблиці 2.1 подано порівняльну оцінку методів за рівнем екологічності.

Таблиці 2.1 - Порівняльна оцінка методів за рівнем екологічності

Метод	**Точність**	**Екологічна безпечність**	**Економічність**	**Автоматизація**
Геометричне нівелювання	дуже висока	середня	висока	низька
Тахеометрія	висока	середня	середня	середня
GNSS	висока	дуже висока	середня	висока
Лазерне сканування	дуже висока	висока	низька	висока
Фотограмметрія (БПЛА)	середня	дуже висока	висока	висока
InSAR	висока	дуже висока	середня	висока

З таблиці видно, що найвищі показники екологічної безпечності та автоматизації мають GNSS, фотограмметрія та InSAR, тоді як максимальну точність — нівелювання та лазерне сканування.

Отже, для будівництва житлового комплексу доцільно застосовувати комбінований підхід, що поєднує переваги кількох методів.

Вибір оптимальної системи моніторингу повинен базуватись на принципах раціонального природокористування, енергозбереження та мінімізації техногенного впливу.

Таким чином, ефективна система геодезичного моніторингу стає інструментом не лише технічного, а й екологічного управління будівництвом житлових об’єктів.

ВПЗ

3 Загальні положення виконання геодезичного моніторингу об’єкта будівництва

3.1 Нормативно-правові та технічні підстави організації та проведення робіт з геодезичного моніторингу на об'єкті будівництва

Обов'язки замовника щодо геодезичного моніторингу деформацій під час будівництва. Відповідно до [2] пункт 4.6. геодезичний моніторинг (вимірювання деформацій) основ, фундаментів, конструкцій будівель (споруд) їх частин, фундаментів технологічного устаткування об'єкта нового будівництва та будинків, інженерних мереж, підземних споруд та об'єктів інфраструктури, що його оточують, у процесі будівництва є обов'язком замовника.

Об’єкт будівництва: „Будівництво житлового комплексу з об’єктами соціальногромадського призначення, паркінгами та благоустроєм пам’ятки природи «Крістерова гірка» на вул. Вишгородській, 45 у Подільському районі м.Києва» (коригування) 7 черга будівництва.

Підстава для виконання робіт: договірні та технічні документи. Для організації та проведення робіт з геодезичного моніторингу на об'єкті будівництва важливим аспектом є чітке визначення правових та технічних підстав. Вони регулюються договором між замовником та підрядником, а також технічним завданням, яке визначає всі параметри виконання робіт.

Договір дає підстави для забезпечення моніторингу на об'єкті будівництва, включаючи всі необхідні ресурси, дозволи та інші умови, без яких не може бути розпочатий сам процес геодезичних вимірювань. Усі подальші дії, такі як розробка проекту моніторингу, планування вимірювань та створення звітності, повинні відповідати вимогам цього договору.

Технічне завдання є невід'ємною частиною договору і містить конкретні інструкції щодо виконання геодезичного моніторингу для цього об'єкта. Важливим моментом є те, що технічне завдання визначає точність вимірювань, обсяги робіт та інші важливі деталі, які мають бути враховані під час виконання геодезичних робіт.

Завдання включає в себе план вимірювань, визначає межі контролю, а також конкретизує необхідні інструменти і методи для досягнення максимальної точності. Оскільки проект передбачає різноманітні етапи будівництва, технічне завдання уточнює, які параметри деформацій повинні бути вивчені в залежності від етапу будівництва (наприклад, вертикальні осідання на етапі зведення фундаменту або зміщення конструкцій на етапі установки надземної частини).

Завдання також охоплює питання безпеки під час виконання робіт, включаючи запобігання негативному впливу на навколишнє середовище та інші будівельні об'єкти поблизу. Важливо, що технічне завдання служить базою для подальшої розробки програм вимірювань та інструкцій для інженерів, які будуть виконувати ці роботи.

Мета геодезичного моніторингу: забезпечення стабільності та безпеки будівель. Геодезичний моніторинг є одним з основних інструментів для контролю за станом будівель і споруд під час їх зведення та в період експлуатації. Його основна мета — виявлення та оцінка деформацій, які можуть виникати в процесі будівництва, а також визначення впливу на об’єкт будівництва різноманітних факторів, таких як природні, техногенні та антропогенні. Успішне здійснення моніторингу дозволяє мінімізувати ризики, пов'язані з ушкодженнями або навіть руйнуванням об'єкта внаслідок негативних впливів на конструкції.

У процесі будівництва житлових та інженерних об'єктів важливо своєчасно оцінювати різні впливи на конструкції. Природні фактори, такі як зміни кліматичних умов, повені, ерозія ґрунтів, можуть значно вплинути на стійкість основ та фундаментів. Техногенні впливи, такі як зсуви ґрунту або землетруси, також можуть спричинити деформації конструкцій. Крім того, антропогенні фактори, зокрема вібрації від будівельної техніки або інтенсивний рух транспорту, можуть мати негативний вплив на будівельні конструкції.

Геодезичний моніторинг дозволяє визначити ступінь впливу кожного з цих факторів і оцінити їх взаємодію. Наприклад, зміщення ґрунту може призвести до осідання фундаменту, що, в свою чергу, вплине на вертикальність та рівність стін, а також на стійкість колон і інших конструкцій.

Забезпечення безпеки будівельних об'єктів є головним завданням геодезичного моніторингу, особливо у випадку великих або складних проектів, де неправильні розрахунки або пізнє виявлення деформацій можуть призвести до значних економічних втрат або людських жертв. Особливо важливою є постійна перевірка стану конструкцій в умовах високої відповідальності, оскільки можливі наслідки від руйнування об’єкта будівництва можуть бути катастрофічними для навколишніх будівель і інфраструктури.

Вихідні дані: основа для точних вимірювань і ефективного моніторингу. Для проведення геодезичного моніторингу будівельного об'єкта необхідно мати точні, актуальні та детально оформлені вихідні дані, які дозволяють правильно організувати спостереження та забезпечити точність вимірювань. Це можуть бути як документальні, так і картографічні дані, на основі яких розробляються конкретні програми моніторингу та визначаються точки вимірювання. Важливість цих даних полягає у тому, що вони є основою для обробки та інтерпретації результатів, які в подальшому допомагають у прийнятті рішень щодо безпеки будівель.

Генеральний план будівництва є важливим вихідним документом, оскільки на ньому відображені всі ключові елементи проекту: місце розташування будівель, дорожня мережа, інженерні комунікації, водовідведення та інші інфраструктурні об'єкти. Для геодезичних робіт генеральний план дає чітке розуміння того, де будуть розташовані спостережні репери та контрольні точки. Важливою частиною цього плану є також позначення зон, у яких плануються або вже здійснюються земляні роботи, що дозволяє коригувати місця для установки вимірювальних інструментів, зокрема, для фіксації вертикальних та горизонтальних деформацій.

Завдяки генеральному плану можна точно визначити координати для закладання реперів, а також планувати геодезичні спостереження таким чином, щоб вони не порушували процеси будівництва або не впливали на інші ділянки.

Топографічний план ділянки є картографічним документом, що містить візуалізацію рельєфу місцевості, існуючих будівель, ліній електропередач, комунікацій, водних ресурсів та інших природних або техногенних елементів, які можуть впливати на стабільність будівництва. Важливою характеристикою є

ВПЗ

точність цього плану, оскільки навіть невеликі похибки в топографії можуть призвести до помилок у визначенні точок вимірювання та погіршення якості моніторингу.

Топографічний план, надаючи всю необхідну інформацію про існуючі об'єкти, дозволяє коректно визначити місця для встановлення реперів та вибір техніки вимірювання, залежно від умов місцевості. Важливо, що цей план має бути актуальним, оскільки будь-які зміни в рельєфі або нові будівельні елементи можуть вплинути на параметри моніторингу.

Архітектурно-планувальні рішення об’єкту будівництва. Зокрема, у разі встановлення підпірних конструкцій, технічне завдання включає інформацію про їх точне розташування, матеріали, методи зведення та інші аспекти, які повинні бути враховані під час здійснення геодезичних вимірювань. Архітектурні плани також дозволяють встановити пріоритети для вимірювань у найбільш важливих зонах будівництва, де можуть виникати найбільші ризики.

Комплекс робіт з геодезичного моніторингу є обов’язковим етапом, що забезпечує безперервний нагляд за станом основ, фундаментів та конструкцій будівель і споруд під час їх зведення, а також у період експлуатації. Своєчасне виявлення деформацій, їх оцінка та своєчасне реагування є ключем до запобігання серйозним пошкодженням або аваріям на об'єкті будівництва.

Цей комплекс робіт включає кілька етапів, кожен з яких спрямований на досягнення максимальних результатів моніторингу та точності вимірювань, що дозволяють правильно оцінювати деформації, а також розробляти рекомендації щодо усунення дефектів чи підвищення стабільності конструкцій.

Для основ і фундаментів будівель моніторинг є найбільш критичним, оскільки вони забезпечують стійкість всього будівельного об’єкта. Геодезичний моніторинг в цьому випадку включає вимірювання вертикальних та горизонтальних деформацій ґрунту, визначення осідання фундаменту, а також перевірку рівності та стійкості підпірних стін. Оскільки основи і фундаменти є найбільш підданими різноманітним навантаженням і природним факторам,

ВПЗ

точність спостережень є вирішальним фактором у прогнозуванні можливих дефектів.

Вимірювання вертикальних деформацій ґрунту за допомогою спеціальних геодезичних інструментів дозволяє визначити, чи є значні осідання, що можуть призвести до нерівномірного навантаження на фундамент. Моніторинг горизонтальних зміщень ґрунту дає можливість відслідковувати переміщення, які можуть загрожувати стабільності об'єкта, особливо в зонах з підвищеною сейсмічною активністю або в районах з проблемними ґрунтами.

У геодезичному моніторингу надземної частини будівлі основну увагу слід звертати на визначення деформацій стін, колон, перекриттів та інших несучих конструкцій. Моніторинг вертикальності будівлі включає вимірювання відхилень від вертикалі будівельних конструкцій — колон, стін, ліфтових шахт та інших вертикальних елементів.

Деформації колон і бетонних конструкцій можуть бути пов'язані з нерівномірним осіданням основи, зміною ґрунтових умов або навіть зі змінами температури, що викликає деформації матеріалів. Такі зміщення можуть призвести до серйозних пошкоджень, якщо вони не будуть виявлені вчасно. Тому геодезичний моніторинг дозволяє контролювати зміщення конструкцій і своєчасно вжити заходів для усунення дефектів.

Для ефективного моніторингу використовується ряд спеціальних інструментів та технік, зокрема тахеометри, теодоліти, нівеліри, а також сучасні системи для вимірювання деформацій. Всі ці інструменти проходять регулярну повірку, щоб забезпечити точність вимірювань і відповідність стандартам, що гарантує надійність результатів. Важливим є також постійний контроль за їх технічним станом, щоб уникнути похибок, які можуть призвести до неправильних висновків.

Тахеометри дозволяють здійснювати точні вимірювання відстаней і кутів, що є основою для побудови 3D-моделей деформацій об’єкта. Нівеліри використовуються для вимірювання вертикальних переміщень, а теодоліти — для точного визначення кутових змін в будівельних конструкціях. У разі потреби

ВПЗ

використовуються додаткові системи для відстеження деформацій у реальному часі, що дозволяє реагувати на зміни миттєво.

Регулярність проведення моніторингу є важливою складовою частиною цього процесу. Геодезичні спостереження повинні здійснюватися на різних етапах будівництва: на початковому етапі для оцінки впливу земляних робіт, в процесі зведення конструкцій, а також після завершення будівництва для перевірки стабільності споруди під час експлуатації.

Визначення оптимальної періодичності вимірювань залежить від характеристик об’єкта, глибини залягання ґрунтів, особливостей кліматичних умов та інших факторів. Зазвичай моніторинг проводиться кілька разів на рік, однак в умовах активного будівництва або при виявленні перших ознак деформацій — значно частіше.

Успішне виконання геодезичного моніторингу залежить не тільки від правильних вихідних даних і добре розробленої методики, але й від точності та надійності використовуваних вимірювальних приладів. Вибір і застосування відповідних засобів вимірювальної техніки визначають точність вимірювань, можливість оперативного виявлення деформацій та впливу різноманітних факторів на будівельний об'єкт.

Інструменти, які застосовуються для геодезичних вимірювань, мають високу точність, що дозволяє зменшити ймовірність помилок у процесі спостережень. Зокрема, тахеометри зазвичай мають точність вимірювання відстаней до міліметрів, що є критично важливим для визначення зміщень на ділянках з високими навантаженнями.

Нівеліри використовуються для вимірювання вертикальних переміщень, таких як осідання ґрунту або основи будівлі. За допомогою нівеліра визначається висота точок на земній поверхні, що дозволяє виявити можливі зміщення або осідання на будь-якому етапі будівництва.

Нівеліри можуть бути оптичними або електронними. Останні дозволяють значно підвищити точність вимірювань та зменшити час на проведення вимірів, що особливо важливо при проведенні моніторингу на великих будівельних об'єктах.

ВІТЗ

Окрім основних геодезичних інструментів, таких як тахеометри та нівеліри, на будівництві також застосовуються інші допоміжні вимірювальні прилади, наприклад, рулетки, лазерні вимірювальні пристрої та інші технології для визначення точних розмірів елементів споруди.

Ці інструменти використовуються для швидкого та точного вимірювання відстаней та кутів у межах безпосереднього впливу на будівельний процес. Вони забезпечують допоміжну точність для перевірки рівності конструкцій, перевірки взаємного розташування елементів та коригування їх розмірів на різних етапах будівництва.

Важливим аспектом забезпечення точності вимірювань є періодична повірка геодезичних інструментів. Це важливий етап для збереження високої якості результатів моніторингу, оскільки навіть незначна помилка в роботі приладів може призвести до значних похибок у результатах.

Згідно з вимогами законодавства, всі засоби вимірювальної техніки повинні проходити періодичну повірку не рідше одного разу на рік, а також після ремонту або при зміні умов їх використання. У разі необхідності також можуть проводитись позачергові повірки, що дозволяє оперативно виявити будь-які проблеми з точністю вимірювань і вжити необхідних заходів.

Перед тим, як розпочати безпосередньо роботи з геодезичного моніторингу, необхідно виконати низку важливих підготовчих етапів, що забезпечать правильність та точність подальших вимірювань. Вони включають перевірку та юстування геодезичних приладів, а також забезпечення належних умов для здійснення вимірювань. Це дозволяє гарантувати, що отримані дані будуть відповідати вимогам точності, установленим для конкретного об'єкта та проекту.

Одним із важливих етапів підготовки є перевірка геодезичних приладів. Це не лише процедура для перевірки їхньої працездатності, а й важливий крок для визначення можливих неточностей, які можуть виникнути внаслідок зношення або неправильного використання. Перевірка приладів здійснюється за певними стандартами і складається з декількох етапів:

ВПЗ

- Перевірка точності — визначення точності роботи приладів для виявлення будь-яких відхилень від норми.
- Юстування інструментів — процес коригування приладів відповідно до технічних стандартів, щоб мінімізувати помилки в вимірюваннях.

Цей етап важливий, оскільки навіть незначна неточність у роботі приладів може призвести до помилок, які в подальшому можуть вплинути на результати геодезичних спостережень. Тому регулярне та ретельне обслуговування та перевірка приладів — це обов'язкова частина всього процесу моніторингу.

Юстування геодезичних приладів: особливу увагу потрібно приділяти тим приладам, які виконують висотні вимірювання, оскільки навіть незначні відхилення в показниках нівеліра можуть призвести до великих помилок в результатах осідання або вертикальних деформацій.

Рейка — один з основних інструментів, який використовується для вимірювання вертикальних переміщень. Порівняння рейок перед початком робіт дозволяє виявити дефекти в їх конструкції та точності вимірювань. Перед використанням рейки необхідно переконатися в її правильній калібровці та встановити, чи не знизилась її точність в результаті використання або пошкоджень.

Якщо рейка була в експлуатації тривалий час, то варто здійснити її перевірку на спеціальних еталонах для визначення можливих відхилень у вимірюванні. Це дозволить запобігти появі помилок в даних, що можуть виникнути через зношення або дефекти рейки.

До початку робіт з геодезичного моніторингу важливо також оцінити умови, в яких будуть проводитись вимірювання. Це включає аналіз погодних умов, можливість доступу до об'єкта, наявність перешкод для встановлення геодезичних реперів та інших необхідних інструментів.

Особливо важливо враховувати погодні умови, оскільки сильні вітри, дощі чи сніг можуть заважати точним вимірюванням і призвести до неточностей. Крім того, необхідно враховувати й інші фактори, такі як вплив температурних коливань на матеріали та інструменти, що також може позначитись на точності результатів.

ВПЗ

Керівні документи для виконання моніторингу. Для забезпечення високого рівня якості геодезичного моніторингу будівель і споруд, необхідно дотримуватися нормативної бази, яка регламентує всі аспекти процесу, включаючи планування, виконання та оцінку результатів. Перелік нормативних документів забезпечує стандартизацію підходів, що дає змогу отримати об'єктивні та порівнювані результати.

ДБН В.1.2-5:2007 "Науково-технічний супровід будівельних об’єктів". Цей документ визначає порядок організації науково-технічного супроводу будівельних проектів, зокрема під час виконання геодезичних робіт. Він встановлює вимоги до системного моніторингу об'єктів, особливо за умов складної геологічної ситуації чи високого рівня відповідальності споруд. Норматив передбачає:

- здійснення регулярних спостережень за деформаціями основ та конструкцій;
- інтеграцію результатів вимірювань до загального процесу контролю будівництва;
- взаємодію між геодезистами, проектувальниками та замовниками.

Ці положення є ключовими для забезпечення надійності моніторингу в умовах активних будівельних робіт.

ДБН А.2.1-1-2016 «Інженерні вишукування для будівництва».

Цей стандарт регламентує порядок виконання інженерних вишукувань, зокрема геодезичних, геологічних і гідрогеологічних. Він забезпечує:

- вимоги до топографічних зйомок ділянки забудови;
- методику визначення геометричних параметрів основи та фундаментів;
- процедури узгодження результатів вимірювань із проектною документацією.

Дотримання цих норм дозволяє знизити ризики, пов’язані з недостатньою або недостовірною інформацією про об’єкт і його середовище.

ДБН В.1.2-12:2008 «Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки».

ВШЗ

Ущільнена забудова потребує особливої уваги до питань безпеки, оскільки нове будівництво може негативно впливати на сусідні споруди. У цьому стандарті встановлено:

- вимоги до моніторингу технічного стану будівель, що оточують будівельний майданчик;
- порядок виявлення можливих загроз для сусідніх об’єктів через деформації або осідання;
- заходи з мінімізації впливу будівельних робіт на прилеглу територію.

Цей норматив є обов’язковим для виконання у межах міської забудови, оскільки його положення забезпечують захист існуючих споруд від руйнівних наслідків будівництва.

ДБН В.2.1-10:2018 «Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування».

Цей документ охоплює питання проектування основ і фундаментів споруд з урахуванням інженерно-геологічних та гідрогеологічних умов. Його положення важливі для геодезичного моніторингу, оскільки передбачають:

- оцінку впливу природних і техногенних факторів на стабільність основи;
- визначення допустимих значень деформацій фундаментів;
- вимоги до закладення реперів для точних вимірювань деформацій.

Розуміння цих аспектів забезпечує обґрунтований підхід до моніторингу та дозволяє виявляти критичні зміни на ранніх стадіях.

ДБН В.1.3-2:2010 «Геодезичні роботи у будівництві" (з урахуванням змін)

Стандарт визначає порядок виконання геодезичних робіт, починаючи з проектування геодезичних мереж і закінчуючи контролем точності будівельних конструкцій. Основні аспекти включають:

- технічні вимоги до приладів і обладнання, які використовуються під час моніторингу;
- методи обробки та аналізу результатів вимірювань;

ВГЗ

- особливості виконання геодезичних робіт на різних стадіях будівництва.

Дотримання цього стандарту є основою для досягнення високої точності спостережень та узгодження отриманих даних з проектною документацією.

ДБН В.2.6-98:2009 "Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення"

Цей норматив стосується проектування, будівництва та експлуатації бетонних і залізобетонних конструкцій. Він також впливає на геодезичний моніторинг, оскільки:

- встановлює допустимі норми деформацій для цих матеріалів;
- регламентує методику визначення осідання та крену конструкцій;
- визначає умови, за яких потрібні додаткові дослідження для забезпечення їхньої стабільності.

Ці положення особливо важливі для контролю стану несучих елементів будівель, що забезпечує безпечну експлуатацію споруд.

ДБН А.3.2-2:2009 "Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення"

Документ спрямований на забезпечення безпеки працівників під час виконання геодезичних робіт. Він встановлює:

- заходи для запобігання нещасним випадкам під час робіт на будівельному майданчику;
- вимоги до організації робіт в умовах ущільненої забудови;
- правила поводження з вимірювальним обладнанням.

Цей стандарт є важливим компонентом загальної системи управління якістю моніторингових робіт, оскільки дотримання правил безпеки є невіддільним елементом виконання геодезичних завдань.

ДСТУ-Н Б В.1.2-17:2016 "Настанова щодо науково-технічного моніторингу будівель і споруд"

Цей документ містить детальні рекомендації щодо проведення науково-технічного моніторингу. Він описує:

ВПЗ

- підходи до організації спостережень за технічним станом будівель і споруд;
- методи збору, обробки та аналізу даних;
- порядок реагування на виявлені деформації чи відхилення від норми.

Застосування цього стандарту є основою для проведення якісного моніторингу, особливо для об'єктів із високим рівнем відповідальності.

ДСТУ-Н Б А.1.3-1:2016 "Визначення параметрів будівель, споруд і території забудови. Загальні вимоги"

Цей стандарт встановлює вимоги до точності визначення геометричних параметрів будівель і споруд. Його основні положення включають:

- правила вимірювання просторових характеристик конструкцій;
- порядок виконання геодезичних прив’язок та фіксації положення елементів споруд;
- вимоги до документування отриманих результатів.

Дотримання цих вимог забезпечує високий рівень надійності даних, які використовуються для аналізу та прийняття рішень.

ДСТУ-Н Б В.1.3-1:2009 "Виконання вимірювань, розрахунок та контроль точності геометричних параметрів. Настанова"

Ця настанова регламентує порядок виконання високоточних геодезичних вимірювань. Основні аспекти включають:

- методи оцінки похибок та допустимих відхилень;
- технічні вимоги до обладнання, що застосовується для вимірювань;
- порядок обробки вимірювальних даних для забезпечення точності.

Документ є важливим у випадках, коли необхідно визначати мінімальні зміщення та деформації, які можуть впливати на безпеку будівель і споруд.

ДСТУ Б В.2.1-30:2014 "Ґрунти. Методи вимірювання деформацій основ будівель і споруд"

Цей стандарт охоплює методи дослідження ґрунтів як основи для будівель і споруд. Основні положення включають:

ВПЗ

• визначення характеристик вертикальних і горизонтальних деформацій ґрунтів;

• порядок закладки реперів для спостереження за змінами в структурі основ;

• рекомендації щодо використання спеціалізованого обладнання для моніторингу основи.

Документ є критично важливим для забезпечення стійкості основ споруд та прогнозування їхньої поведінки за впливу природних і техногенних факторів.

ДСТУ-Н Б В.1.2-16:2013 "Визначення класу наслідків (відповідальності) та категорії складності будівель і споруд"

Цей норматив визначає критерії для оцінки ризиків, пов’язаних із будівлями та спорудами. Його положення дозволяють:

- класифікувати об'єкти будівництва за рівнем відповідальності залежно від можливих наслідків їхнього руйнування;

- визначати необхідний рівень контролю та моніторингу для кожного класу;

- встановлювати вимоги до моніторингових програм залежно від категорії складності об'єкта.

Використання цього стандарту є важливим для розробки адекватної стратегії моніторингу, яка враховує специфіку об'єкта та потенційні ризики.

Методи вимірювань вертикальних і горизонтальних деформацій фундаменту.

Вибір методів вимірювання вертикальних і горизонтальних деформацій фундаменту базується на низці ключових факторів:

• Необхідна точність. Встановлення точності вимірювань залежить від типу об’єкта, ступеня його відповідальності та потенційного ризику деформацій. Наприклад, для багатоповерхових будівель необхідні методи із високою точністю, що забезпечують визначення переміщень із мінімальними похибками.

• Конструктивні особливості фундаменту. Методи вимірювань залежать від форми, матеріалу та способу закладення фундаменту. Масивні залізобетонні конструкції потребують іншого підходу, ніж, наприклад, стрічкові фундаменти.

ВІТЗ

• Інженерно-геологічні характеристики. Ураховуються властивості ґрунтів, на яких розташований об’єкт, їх здатність до осідання або зсувів, рівень насичення вологою та наявність підземних вод. Ці характеристики впливають на вибір методів закладання реперів і використання інструментів для вимірювань.

• Гідрогеологічні умови. Коливання рівня підземних вод чи наявність агресивних ґрунтових середовищ впливають на методологію спостережень і потребують додаткових заходів захисту інструментів.

• Можливості застосування. Враховуються доступність об’єкта, щільність забудови, наявність інженерних мереж, а також просторові обмеження.

• Економічна доцільність. Вибрані методи мають забезпечувати баланс між вартістю досліджень та їх ефективністю, не знижуючи надійності результатів.

Відповідно до ДСТУ Б В.2.1-30:2014, точність вимірювань встановлюється залежно від прогнозованих величин переміщень. Це дозволяє вибрати відповідні засоби спостережень та мінімізувати похибки. При цьому враховуються допустимі відхилення, які визначаються для кожного типу конструкції згідно з нормативними документами.

Такий підхід дозволяє забезпечити високу надійність результатів моніторингу, що є необхідною умовою для ефективного управління ризиками на об'єктах будівництва.

Спостереження проводяться в наступній послідовності:

-розробка, узгодження та затвердження програми вимірювань (проекту спостережень);

-вибір конструкції, місця розташування і установка вихідних реперів;

-здійснення планової і висотної прив'язки встановлених вихідних реперів до існуючих пунктів геодезичної мережі;

-закладка деформаційних реперів в ґрунтовий масив і в конструкцію будівель і споруд;

-інструментальні вимірювання величин вертикальних і горизонтальних переміщень і кренів;

-обробка та аналіз результатів спостережень; -складання технічного звіту.

ВПЗ

Етапи робіт з геодезичного моніторингу надані в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 — Етапи робіт з геодезичного моніторингу

№ п/п	Назва етапів роботи	Детальний опис робіт
1	Розробка проекту геодезичного моніторингу	- ознайомлення та аналіз наявної технічної, проектної, робочої документації; - затвердження проекту з Замовником
2	Виконання початкового циклу геодезичного моніторингу з фіксації положення основ та конструкцій об‘єкту будівництва	- рекогносцировка об‘єкту перед початком вимірювань. - встановлення вихідних реперів, деформаційних марок, вибір конструкції, місця розташування і влаштування вихідних реперів; - проектування нівелірного ходу для визначення осідань основи. Закріплення перехідних точок ходу. - встановлення плівкових відбивачів на контрольних точках; - проектування лінійно-кутової мережі для визначення планових деформацій. Закріплення перехідних точок ходу
3	Інженерно-геодезичний моніторинг деформацій основ та конструкцій будинків об‘єкту будівництва	- технічний огляд деформаційних марок перед кожним циклом спостережень; - інструментальні вимірювання величин осідань основи (визначення від початкового положення); - обробка та аналіз результатів моніторингу; - складання технічного звіту. - інструментальні вимірювання величин планових деформацій конструкцій (визначення від початкового положення); - обробка та аналіз результатів моніторингу; - складання технічного звіту.

Геодезичний моніторинг на всіх етапах будівництва 7 черги будівництва комплексу виконуються ланкою геодезистів у складі: геодезист (інженер) -2 люд.; технік-геодезист - 1 люд.

ВПЗ

Види і методи спостережень вибираються таким чином, щоб вимірювальні параметри, безпосередньо, або при їх перерахунку, можна було співставити і виразити в показниках відповідного критерію безпеки. Для кожного виду і методу спостережень визначаються вимірювальні параметри, форма їх представлення і необхідна точність вимірювань. При виборі методів і засобів вимірювань враховується необхідність найбільш повного виключення систематичних похибок вимірювань.

Перед початком геодезичного моніторингу складається технічне завдання згідно вимог ДСТУ Б В.2.1-30, наведене в додатку А.

3.2 Характеристика об’єкта будівництва

Історична довідка. «Крістерова гірка» отримала свою назву на честь Вільгельма Крістера, відомого німецького садівника, який оселився в Києві в середині XIX століття. Крістер заснував тут відомий садово-парковий розсадник, що постачав рослини не лише Києву, а й багатьом іншим регіонам. Цей розсадник став основою для формування паркової культури Києва.

Територія зберегла багато елементів, які нагадують про її історичне минуле, виключно з ландшафтними композиціями, залишками садових доріжок та насадженнями дерев, що мають значну вікову цінність. У XIX столітті цей район був центром зеленого господарства, впливаючи на формування екологічного вигляду столиці.

Після революції 1917 року територія зазнала численних змін, виключно з частковою забудовою, але її природоохоронне значення залишилося незмінним. Сьогодні «Крістерова гірка» є місцем осередку для дослідження історії природокористування Києва.

Екологічне значення. Природоохоронна зона виконує низку ключових екологічних функцій:

1. Збереження біорізноманіття. На території «Крістерової гірки» зустрічаються унікальні види флори і фауни, деякі з яких занесені до Червоної книги України. Тут

ВПЗ

рости вікові дуби, клени, липи, які є свідками історії та виробництвами осередками для птахів, комах та дрібних савців.

2. Поліпшення якості повітря. Насадження дерев сприяють поглинанню вуглекислого газу, виробленню кисню та зниженню рівня пилу в міському повітрі.

3. Кліматична роль. Зелені зони, зокрема «Крістерова гірка», створюють мікрокліматичні умови, які знижують температурні коливання, що особливо важливо для мегаполісів.

4. Рекреаційний потенціал. Ця зона є популярним місцем відпочинку серед місцевих жителів, сприяючи психологічному розвантаженню та підвищенню якості життя.

Для забезпечення належного стану «Крістерової гірки» необхідно впровадити комплекс заходів щодо збереження природоохоронної зони:

1. Юридичне закріплення статусу. Визнання території пам'яткою природи або парку місцевого значення з юридичними гарантіями її охорони.

2. Контроль за забудовою. Недопущення знищення зелених насаджень і хаотичної забудови, що може призвести до втрати унікального екологічного потенціалу.

3. Розвиток екологічної освіти. Організація освітніх програм для місцевих жителів і відвідувачів з надання інформації про історичну та екологічну цінність території.

4. Реконструкція і погляд. Регулярне обслуговування території, виключно з обрізкою дерев, відновленням історичних садових доріжок та очищенням місцевості від зміщення.

5. Моніторинг екосистеми. Проведення регулярних досліджень стану біорізноманітності, якості обґрунтувань і водних ресурсів для вчасного виявлення можливих загроз.

Ділянка будівництва 7 черги розташована на вул. Вишгородській, 45 у Подільському адміністративному районі і згідно з планувальною структурою Генерального плану м. Києва входить до складу мікрорайону 2 житлового району

ВПЗ

Вітряні гори 4-ої планувальної зони. Межами даного мікрорайону є вулиці Осиповського, Вишгородська, Западинська, Червонопільська, Світлицького.

Ділянка будівництва 7 черги безпосередньо межує:

- зі сходу – з існуючою забудовою 1÷3 черг будівництва;

- з заходу – з існуючою житловою забудовою мікрорайону;

- з півдня – з вул. Западинською та малоповерховою забудовою;

- з півночі – з територією пам'ятки природи «Крістерова гірка».

Схема розташування 7 черги будівництва наведена на рисунку 1.

Клас наслідків (відповідальності) 7 черги будівництва – СС3.

Абсолютні відмітки поверхні землі 7 черги будівництва змінюються від 113,30 м до 126,00м.

До складу 7-ї черги будівництва входять:

1-й пусковий комплекс:

– житловий будинок «Е», 26 поверхів;

– організація рельєфу, влаштування під'їздів, майданчиків та тротуарів в об'ємі, достатньому для функціонування житлового будинку «Е»;

– благоустрій та озеленення прибудинкової території;

– зовнішні інженерні мережі в об'ємі, достатньому для функціонування житлового будинку «Е».

2-й пусковий комплекс:

– підземний паркінг №15.5;

– організація рельєфу, влаштування під'їздів, майданчиків та тротуарів в об'ємі, достатньому для функціонування 2-го пускового комплексу у складі підземного паркінгу №15.5;

– благоустрій та озеленення території;

– зовнішні інженерні мережі в об'ємі, достатньому для функціонування 2-го пускового комплексу у складі підземного паркінгу №15.5.

Умовна відмітка «0,00 м» Житлового будинку «Е» 7 черги будівництва прийнята позначка в Балтійській системі висот 116,50 м.

ВПЗ

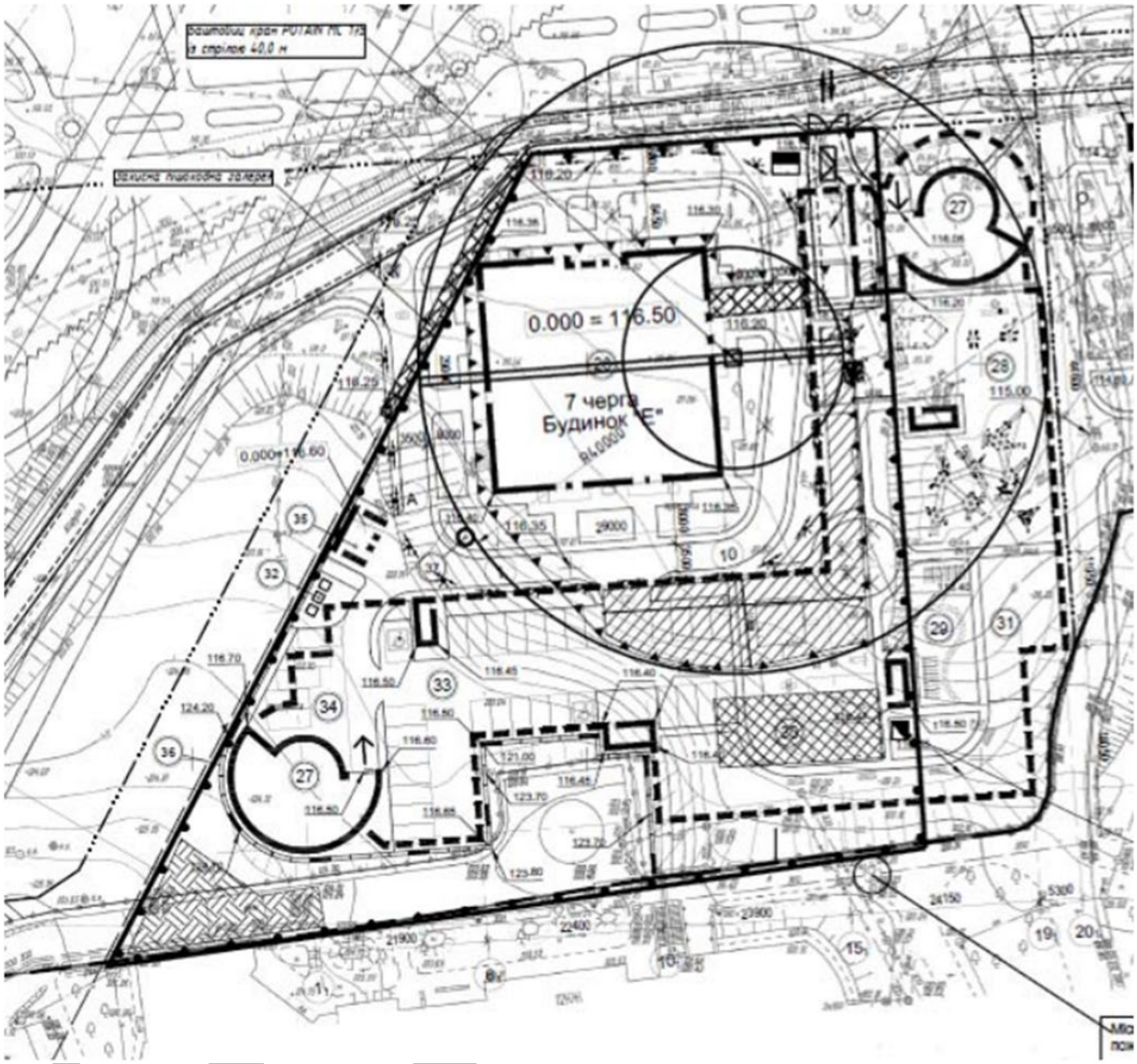


Рисунок 3.1 – Схема розміщення 7 черги будівництва

4 Проектування спеціальної геодезичної мережі

4.1 Розрахунок точності спеціальної геодезичної мережі

Створення спеціальної геодезичної мережі, призначеної для моніторингу, виконується відповідно до нормативних вимог. Розміщення пунктів спеціальної геодезичної мережі (реперів), призначених для моніторингу деформацій будівель та споруд, повинно враховувати:

- зручність доступу та проведення вимірювань, а також економію часу і матеріальних ресурсів.

- дотримання таких умов:

а) Розташування осторонь від джерел вібрації: проїздів, підземних комунікацій, складських зон та інших територій, де можливий рух транспорту.

б) Виключення зон, на які поширюється тиск ґрунту від об’єкта, що будується.

в) Дотримання відстані до споруд, що будуються, в межах від 75 до 150 м для мінімізації впливу на геодезичні вимірювання.

Створення спеціальної геодезичної мережі здійснюється спеціалізованими виконавцями робіт з геодезичного моніторингу.

Для такої мережі допускається використання умовної системи висот і координат, що спрощує роботу в умовах будівельного майданчика.

Спеціалізована геодезична мережа включає:

- мережу нівелювання II класу для визначення осідань будівельних конструкцій 7-ї черги.

- лінійно-кутову геодезичну мережу з допусками полігонометрії 2-го класу для визначення крену та планових деформацій надземної частини споруд.

У процесі виконання робіт дозволяється використання реперів та пунктів вихідної геодезичної мережі будівельного майданчика за умови, що вони відповідають вимогам точності та стабільності.

Для визначення планових деформацій і крену надземної частини будівельної конструкції 7-ї черги запроєктовані наступні геодезичні мережі:

ВПЗ

- рекомендована лінійно-кутова геодезична мережа, що забезпечує необхідну точність для визначення змін у геометрії споруд, з допусками полігонометрії 2-го класу.

- схеми мережі створюються з урахуванням наближених координат і висот пунктів, зазначених у попередньому проєкті.

Ключові вимоги до геодезичної мережі:

1. Загальна геометрія мережі (кути між напрямками) повинна зберігатися для забезпечення заданої точності вимірювань.

2. Допустиме зменшення кількості пунктів мережі — не більше ніж на 2-3 пункти, за умови збереження заданої точності вимірювань.

3. Кількість напрямків вимірювань на пункти мережі повинна залишатися незмінною.

4. Кути між напрямками у мережі допускається змінювати не більше ніж на 20°.

Особливості реалізації мережі:

- мережа нівелювання II класу передбачає максимально точне вимірювання осідань споруд, що є основою для аналізу стабільності фундаментів і навантаження на ґрунти.

- лінійно-кутова мережа забезпечує контроль горизонтальних переміщень і кренів, що важливо для моніторингу стабільності надземних конструкцій.

ВІТЗ

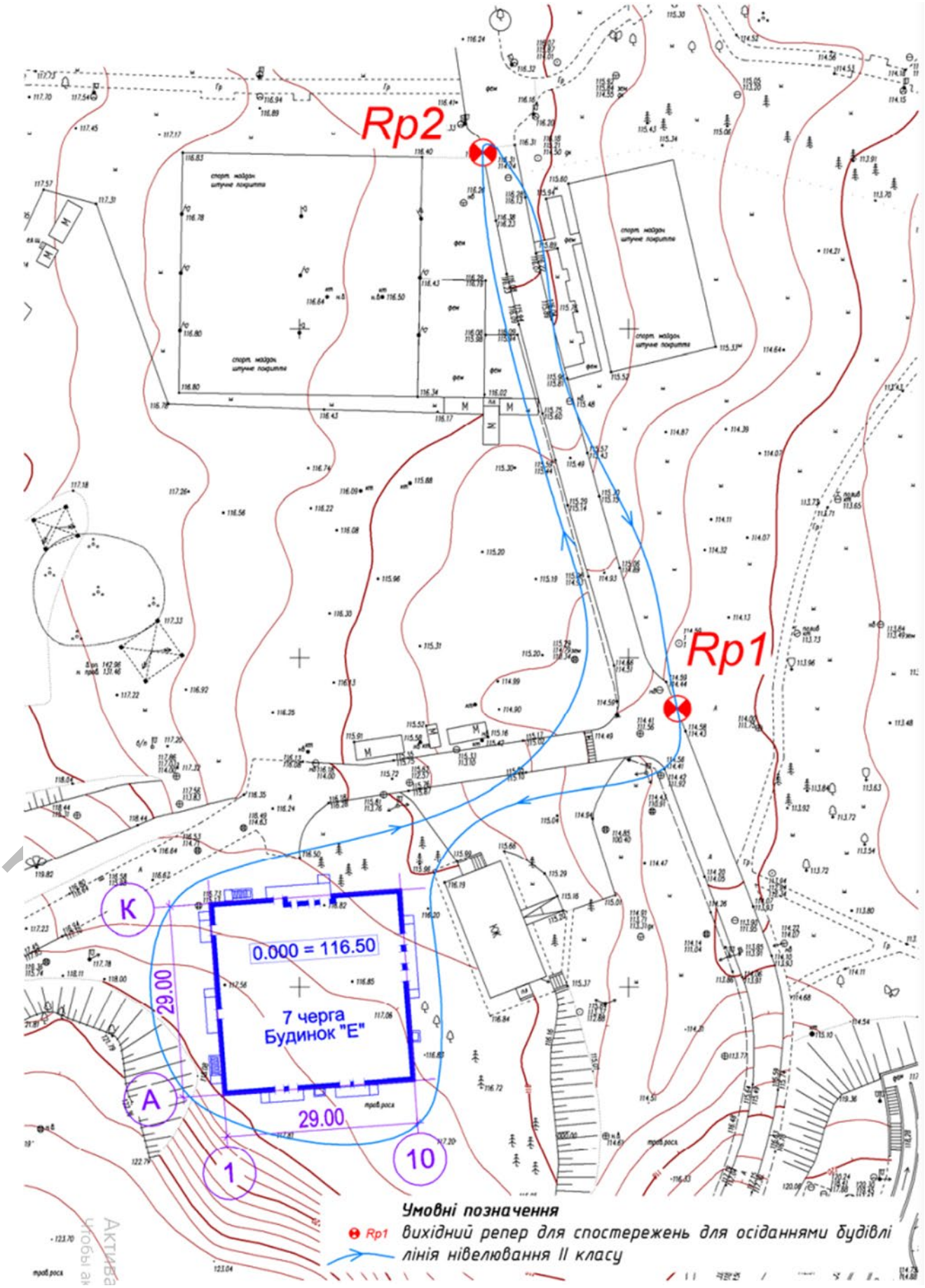


Рисунок 4.1- Рекомендована схема нівелювання II класу для визначення осідань

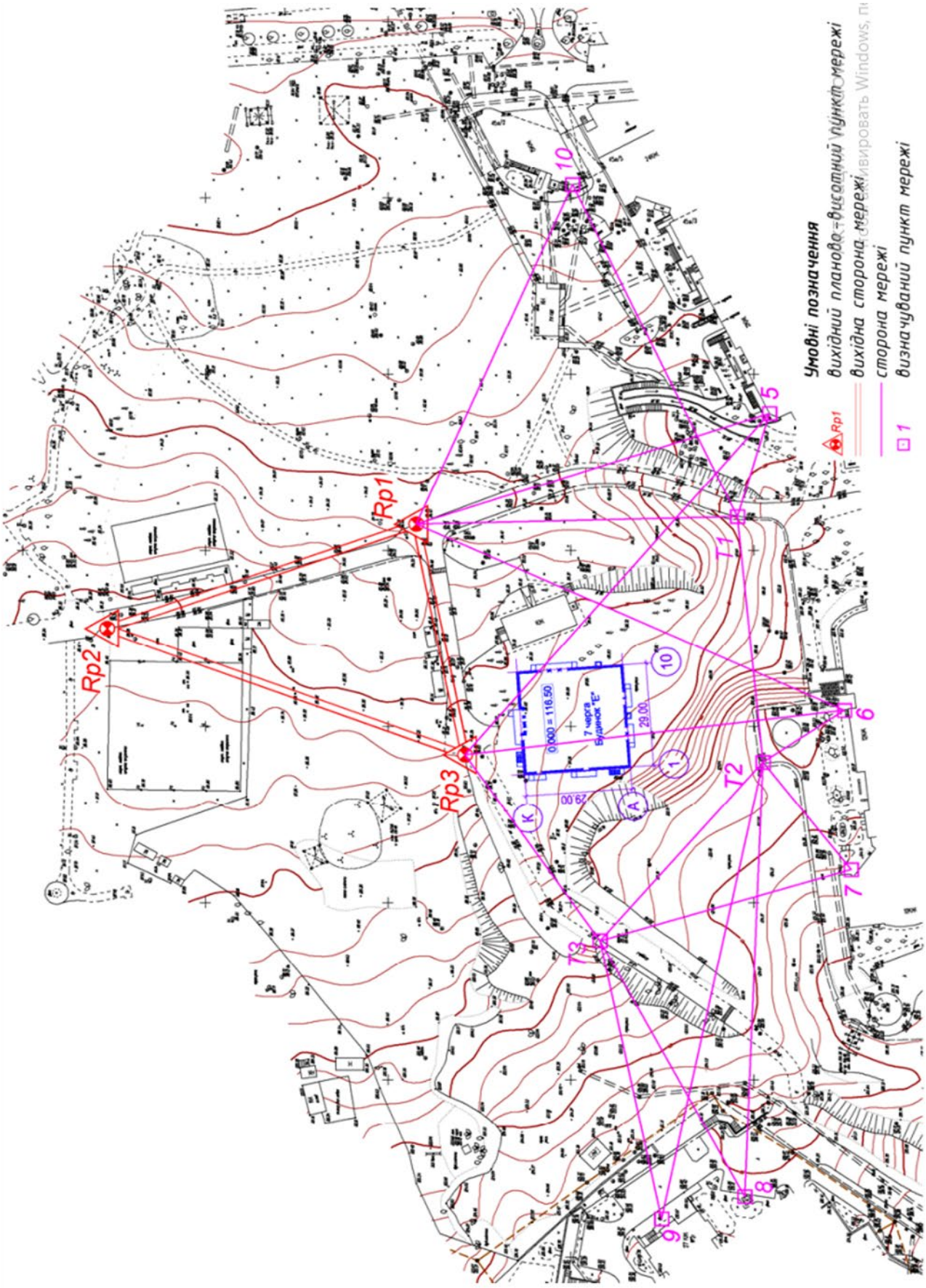


Рисунок 4.2 - Рекомендована схема лінійно-кутової геодезичної мережі для визначення крену та планових деформацій

Попередню оцінку точності мереж виконано за допомогою програмного забезпечення. Максимальна середньоквадратична похибка положення пунктів склала 2 мм, середня 2 мм, що задовольняє вимоги [2], за умови, що точність кутових вимірювань 2 секунд і лінійних 1,5 мм.

Всього запроектовано 9 пунктів геодезичної спеціальної мережі для виконання геодезичного моніторингу.

Вихідні пункти мережі закріпити орієнтирними знаками - плівковими відбивачами, призмами, або знаками тимчасового зберігання - дюбелями.

Попереднє визначення точності вимірювання вертикальних і горизонтальних деформацій виконується в залежності від очікуваних величин переміщень відповідно до ДСТУ Б В.2.1-30 (таблиці 4.1).

Таблиця 4.1 — Попереднє визначення точності вимірювання вертикальних і горизонтальних деформацій

Клас точності вимірювань	СКП визначення деформаційних переміщень, мм	
	вертикальних	горизонтальних
Унікальні, знаходяться в експлуатації більше ніж 50 років, зведені на скельних і напівскельних ґрунтах	± 1	± 2
Зведені на піщаних, глинистих та інших ґрунтах, що стискуються	± 2	± 5
Зведені на насипних, осадових, заторфованих та інших ґрунтах, що стискуються	± 5	± 10
Земляні споруди	± 10	± 15

Рекомендована відомість координат пунктів спеціальної геодезичної мережі моніторингу і рекомендована відомість оцінки точності положення пунктів за результатами зрівнювання надано в таблицях 4.2 і 4.3.

ВІТЗ

Таблиця 4.2 – Рекомендована відомість координат пунктів спеціальної геодезичної мережі моніторингу

N	Ім’я пункту	X	Y	H
Планово-висотне обґрунтування				
1	5	57845,659	21938,852	
2	6	57825,144	21854,525	
3	7	57823,290	21809,347	
4	8	57852,407	21716,988	
5	9	57875,127	21710,697	
6	10	57899,541	22003,722	
7	RP1	57942,273	21907,375	114,414
8	RP2	58026,841	21877,839	116,424
9	Rp3	57928,943	21841,964	116,424
10	T1	57854,410	21909,513	
11	T2	57847,406	21839,816	
12	T3	57892,008	21789,198	

Таблиця 4.3 – Рекомендована відомість оцінки точності положення пунктів за результатами зрівнювання

M min	Пункт	M max	Пункт	M середня
0,001	T1	0,003	9	0,002

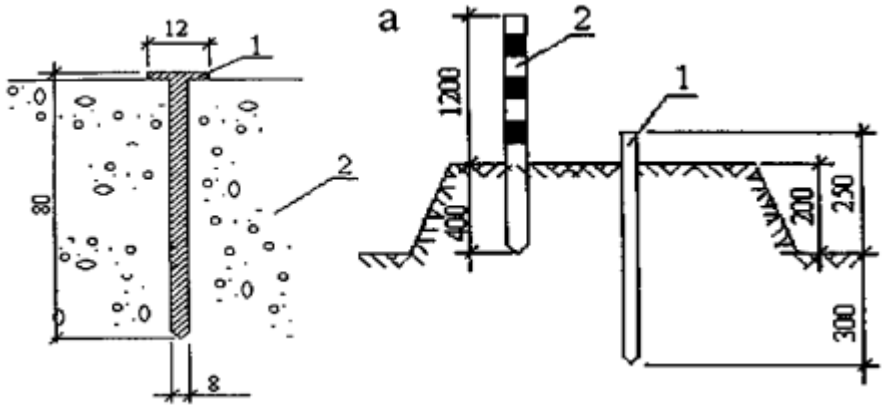
Пункт	M	Mx	My	a	b	α	Mh
1	2	3	4	5	6	7	8
5	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	65°34'12"	0.004
6	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	108°47'21"	0.004
7	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001	107°39'16"	0.005
8	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	165°39'38"	0.008
9	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	175°19'14"	0.008
10	0.002	0.002	0.001	0.002	0.001	14°58'35"	0.008
T1	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	72°59'43"	0.004
T2	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	114°43'54"	0.004
T3	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	10°20'04"	0.004

ВНЗ

Закріплення пунктів геодезичної спеціальної мережі. Пункти геодезичної спеціальної мережі для потреб моніторингу закріплюють на місцевості орієнтирними знаками - призмовими чи плівковими відбивачами (рисунок 4.3), тимчасовими знаками – арматурою (металевим штирем) або дюбелями (рисунок 4.4).

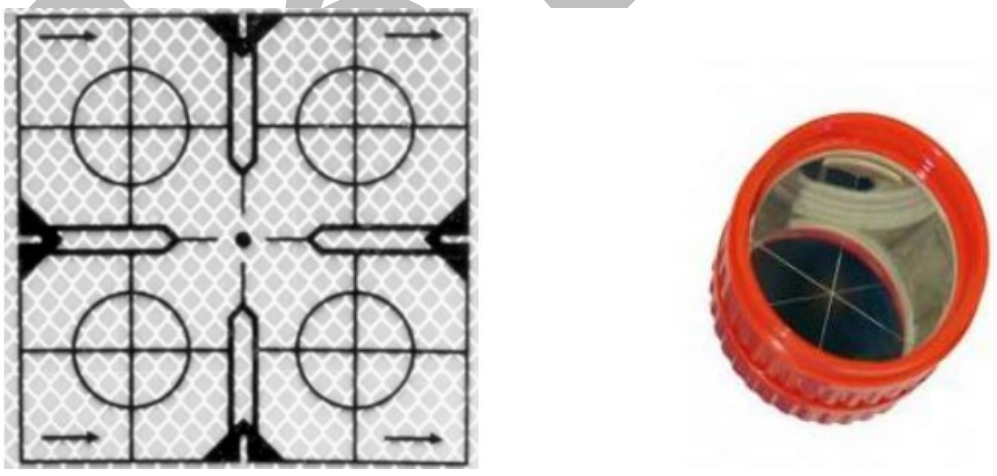
Пункти мережі, що закріплені призмами(плівками), та тимчасовими знаком, підлягають спостереженням за сталістю положення перед кожним циклом спостережень. Перед кожним циклом виконувати зрівнювання геодезичної спеціальної мережі.

Нівелірні спеціальні мережі створити у вигляді нівелірних ходів II класу, що спираються не менш ніж на два репера геодезичної спеціальної мережі. Пункти нівелірної і лінійно-кутових мереж доцільно поєднувати.



а) б)

Рисунок 4.3 – Засоби закріплення геодезичної розмічувальної мережі: а-дюбелем, б-металевою трубою або арматурою.



а) б)

Рисунок 4.4. Засоби закріплення пунктів мережі:

а – плівковий відбивач, б – призмовий відбивач.

Спосіб закріплення плівковим відбивачем наведено на рисунку 4.5. Проміжні точки ходів закріпити дюбель-цвяхами наведено на рисунку 4.6.

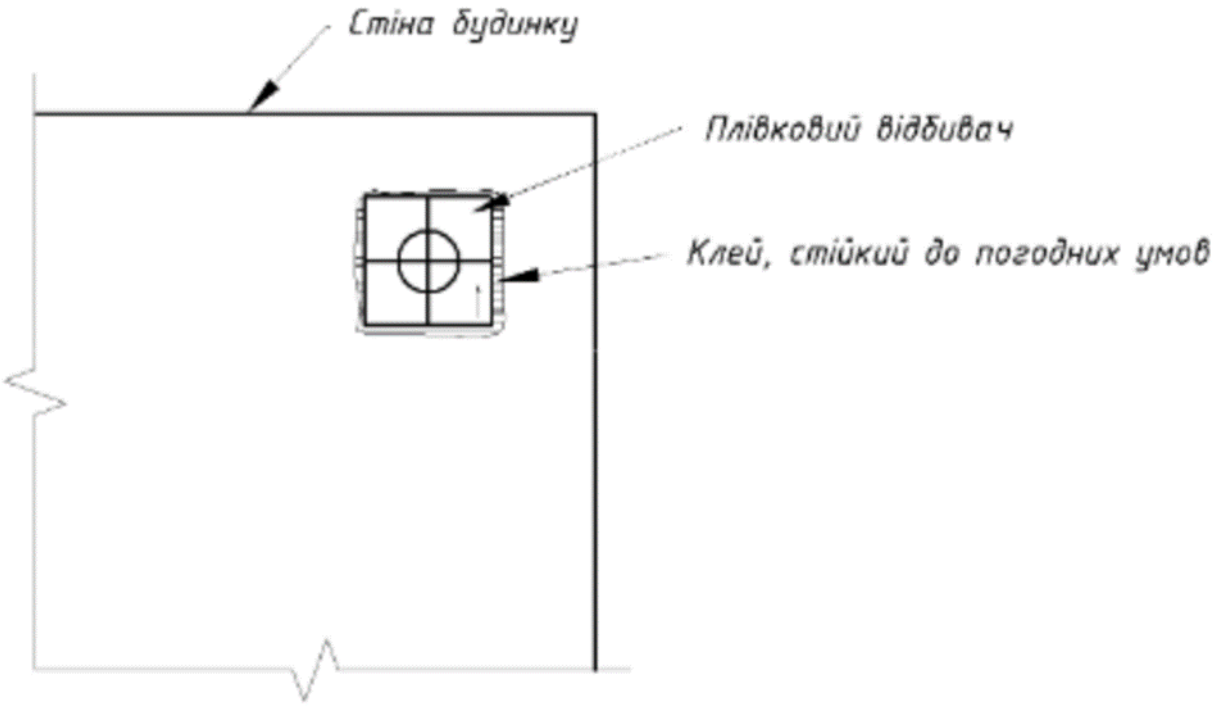


Рисунок 4.5– Закріплення пункту мережі плівковим відбивачем

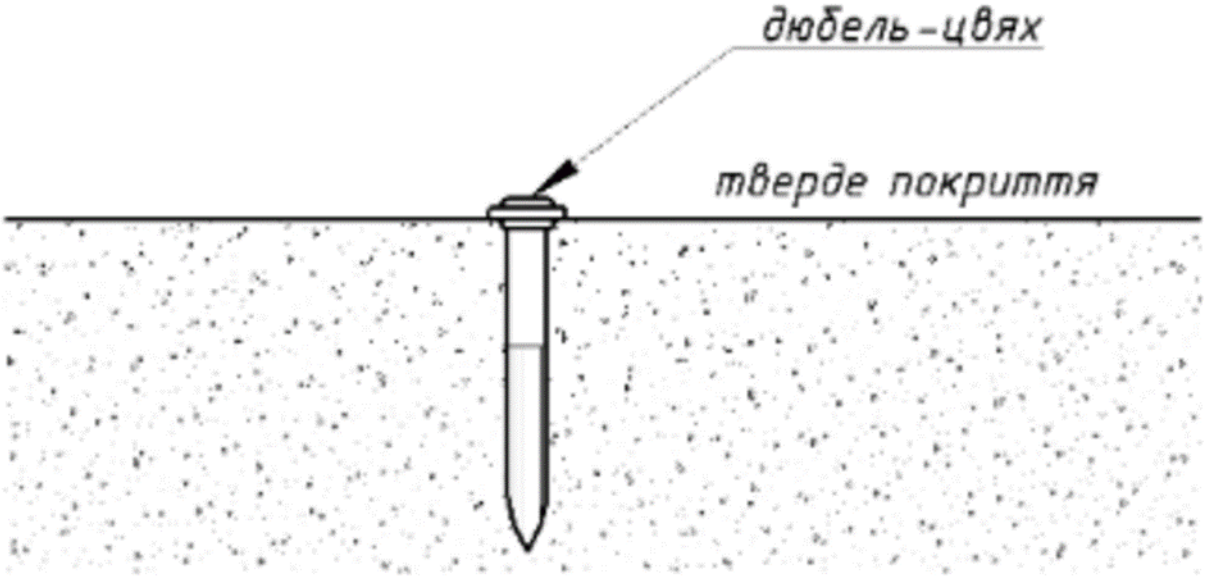


Рисунок 4.6– Закріплення пункту мережі дюбель-цвяхом

Закріплення деформаційних марок та контрольних точок. Для забезпечення довготривалості геодезичного моніторингу важливо правильно закріпити репери:

- постійні репери: закладаються на глибину не менше 1 м у стабільний ґрунт.

- тимчасові репери: використовуються для короткострокових вимірювань і встановлюються на поверхні.

Кожен репер повинен бути промаркований для забезпечення ідентифікації.

Моніторинг зміщень реперів. Зміщення реперів можуть бути викликані зовнішніми факторами, такими як будівельна техніка або погодні умови. Для їхньої перевірки рекомендовано:

- проводити контрольні вимірювання до і після кожного етапу будівельних робіт;

- використовувати методику подвійного нівелювання.

Геодезичні виміри осідань будинків виконувати по спеціально закріпленим по периметру будинків деформаційних марках.

Деформаційні марки служать постійними точками для установки на них рейки під час нівелювання, при цьому будь-яка конструкція марки повинна забезпечувати можливість установки рейки при повторному нівелюванні строго на ту саму фіксовану точку.

Конструкцією і способом закладання деформаційних реперів і марок забезпечується їх збереження на весь термін служби від зовнішніх пошкоджень та зручність спостережень за їх зсувом у вертикальній і горизонтальній площинах.

Рекомендовані конструкції деформаційної марки для встановлення в конструкції наведена на рисунках 4.7 та 4.8

ВІТЗ

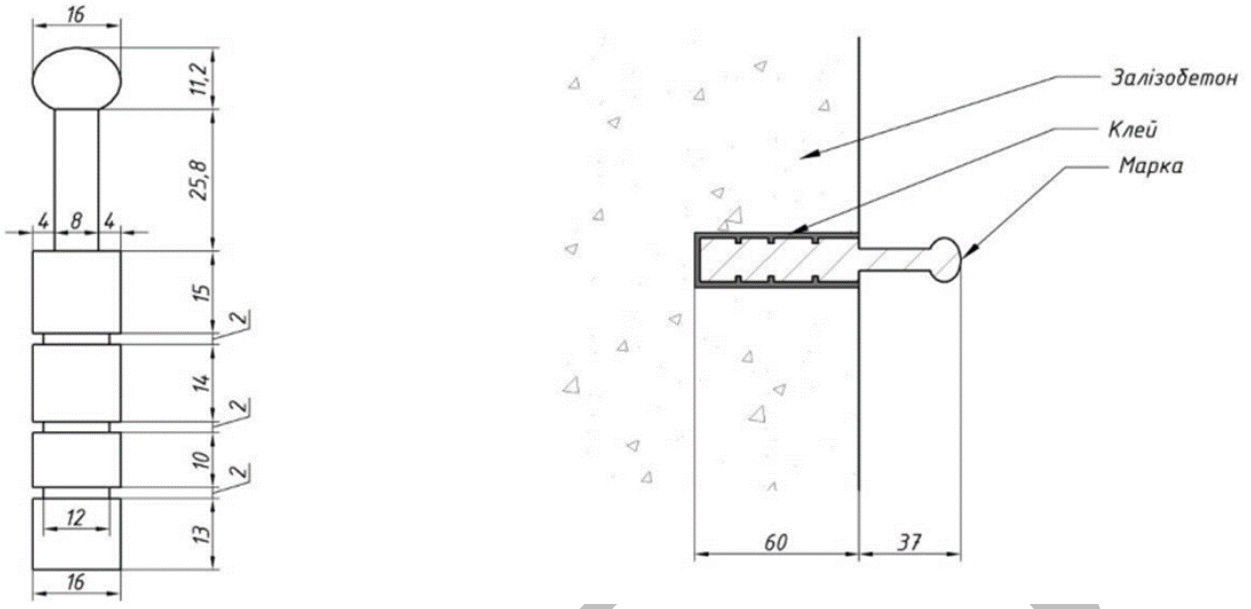


Рисунок 4.7. Рекомендована конструкція деформаційних марок без утеплювача

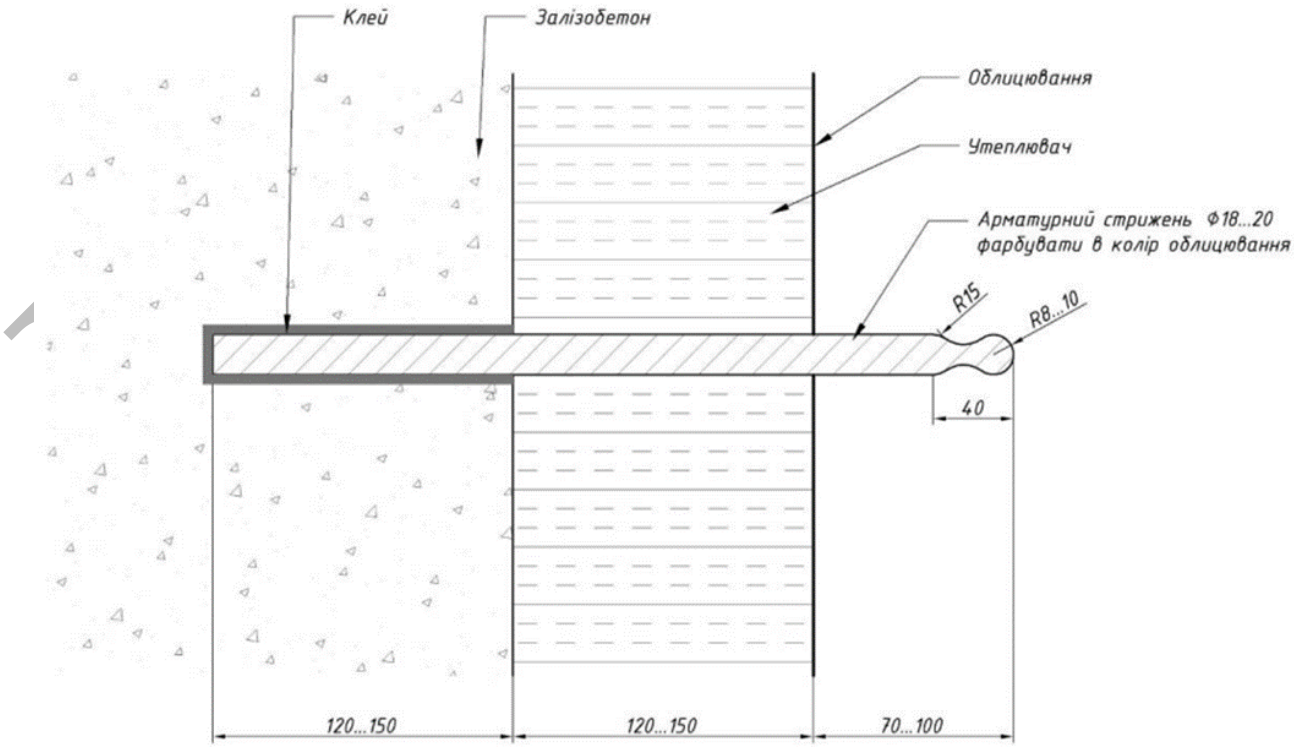


Рисунок 4.8. Рекомендована конструкція деформаційних марок з утеплювачем

Деформаційні марки закладаються в місцях найбільш ефективного прояву очікуваних осідань будівлі. Рекомендована схеми розміщення деформаційних марок на конструкціях житлового будинку «Е» наведена на рисунку 4.9.

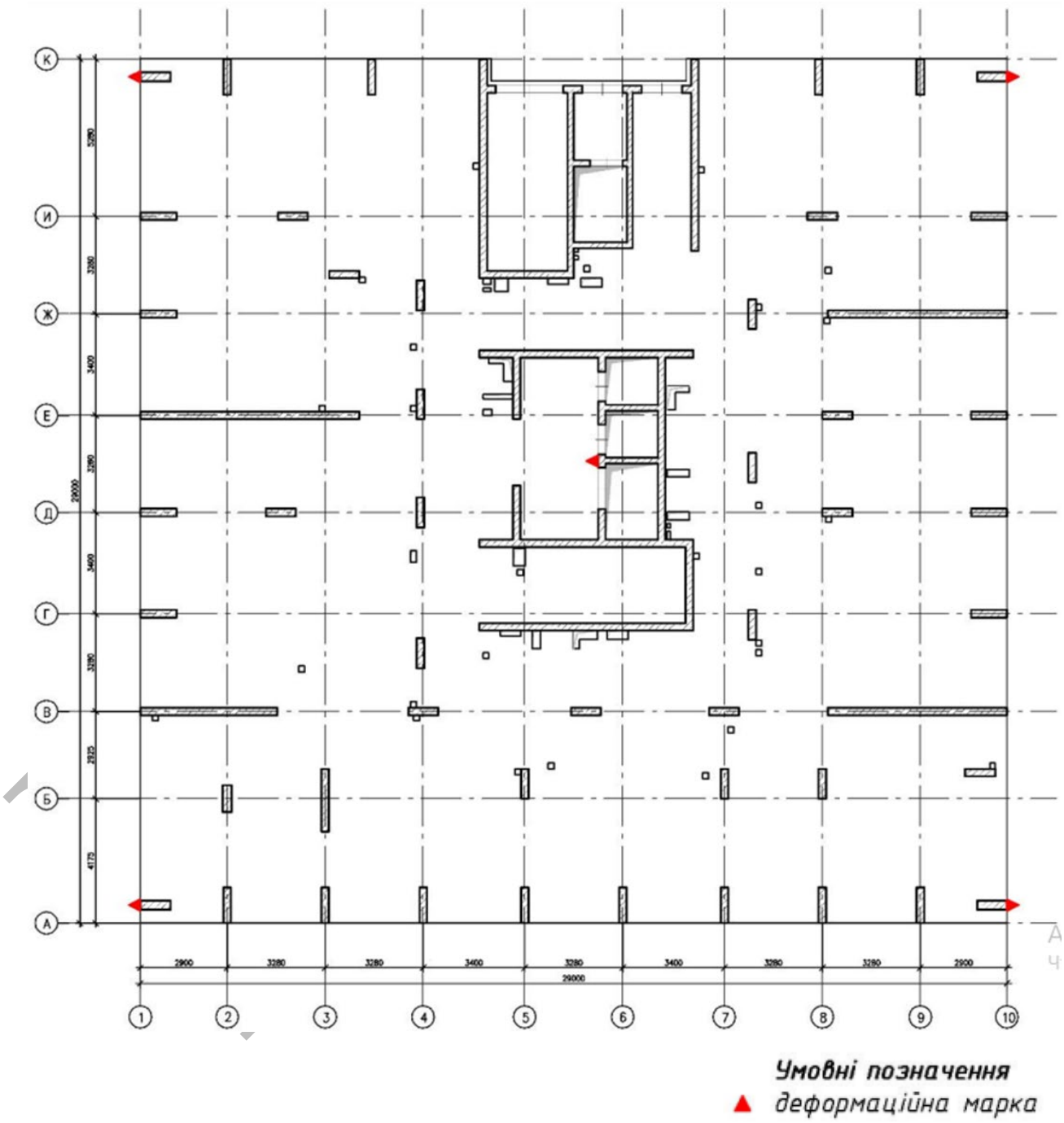


Рисунок 4.9. Рекомендована схема розташування деформаційних марок визначення осідань.

Для вимірювання кренів, відхилення від вертикалі та планових деформацій надземної частини будинків в процесі будівництва вздовж обраних осей з зовнішньої сторони будівлі закріплюють контрольні точки - марки (плівкові відбивачі). Рекомендована схема закріплення контрольної точки плівковим відбивачем наведена на рисунку 4.5.

У зв'язку з використанням навісних фасадних систем, можна використовувати спеціальні кріплення для відбивачів - кронштейнів, які можна буде використовувати на період експлуатації та які не будуть спотворювати зовнішній вигляд фасадів.

Рекомендована конструкція кронштейна наведена на рисунку 4.10.

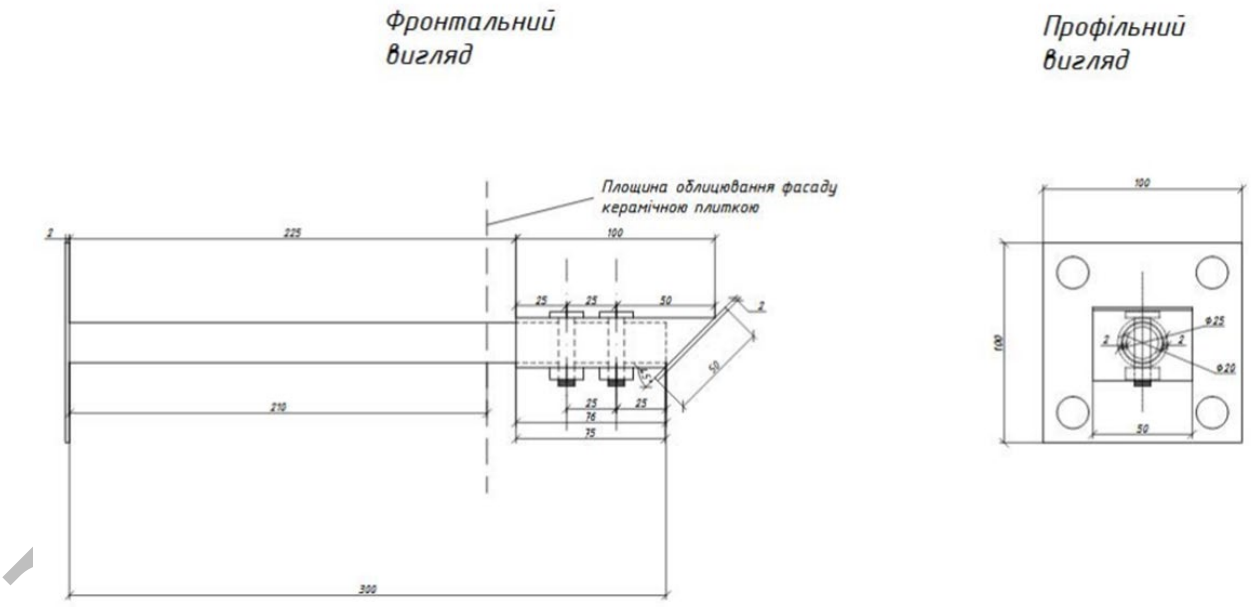


Рисунок 4.10. Рекомендована конструкція кронштейна

На місцевості фіксують постійні точки стояння, які закріплюють на місцевості тимчасовими знаками.

Рекомендована схема розміщення контрольних точок плівковими відбивачами наведена на рисунку 4.11.

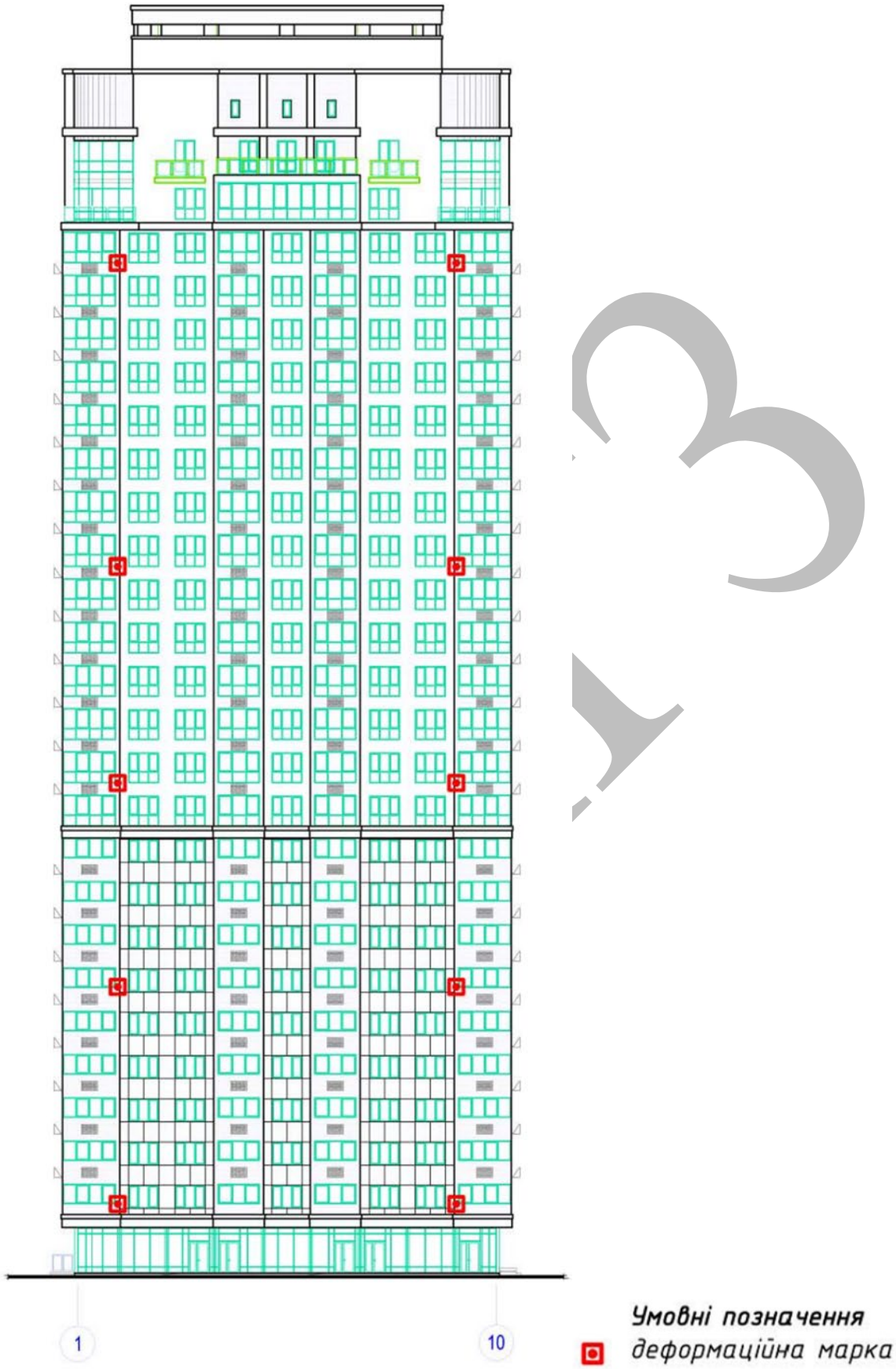


Рисунок 4.11. Рекомендована схема розташування марок для планових деформацій

Контроль стабільності пунктів спеціальної геодезичної мережі є етапом забезпечення точності та надійності геодезичних вимірів. Спеціальні геодезичні мережі використовують для проведення довгострокових спостережень для змін земельної поверхні, таких як осідання, зсуви, деформації, а також для визначення точного положення об'єктів на поверхні землі.

Такий контроль необхідний для того, щоб переконатися, що пункти мережі залишаються стабільними та не змінюють свого положення з часом. Це важливо, оскільки будь-які зміни в координатах пунктів можуть призвести до помилок у геодезичних вимірюваннях і вплинути на точність геодезичних робіт. Наприклад, зміни в позиції пунктів можуть бути викликані природними процесами (землетруси, осадження ґрунтів, рухи тектонічних плит) або антропогенними факторами (будівні).

Здійснення контролю стабільності пунктів спеціальної геодезичної мережі дозволяє вірно виявляти ці зміни та коригувати вимірювання, які підтримують точність геодезичних робіт на високому рівні. Це також дає можливість оцінити ризики для будівництва та інфраструктури в зонах, де можуть бути відзначені деформації земної поверхні, і забезпечити надійність усіх геодезичних даних, які використовуються в проектуванні, будівництві, моніторі.

Пункти геодезичної спеціальної мережі для потреб моніторингу підлягають постійному контролю стабільності їх положення.

Контроль стабільності геодезичної спеціальної мережі для потреб геодезичного моніторингу будівель та споруд 7 черги об‘єкта будівництва слід виконувати перед кожним циклом виконання геодезичного моніторингу.

У кожному циклі спостережень виконуються вимірювання з метою контролю стабільності вихідної основи. При визначенні деформацій реперів геодезичної основи середня квадратична похибка (далі –СКП) не перевищує величин, встановлених ДСТУ Б В.2.1-30 для І класу точності.

Спостереження за деформаціями реперів геодезичної плановисотної основи:

- реперами вихідної геодезичної планово-висотної основи можуть слугувати пункти опорної геодезичної мережі, якщо забезпечується їх непорушність і вони

ВТЗ

розташовані поза зоною впливу будівництва;

- в якості вихідної висотної основи рекомендується використовувати кущ ґрунтових реперів. Кількість їх становить не менше ніж три репери. Репери закладають на глибину не менше ніж 1,5 м. У плані репери розташовуються на лінії або по кутах рівностороннього трикутника. Відстань між сусідніми реперами перевищує 12 м. Кущ реперів служить вихідною висотною основою, визначає її стабільність, як під час будівництва, так і в період експлуатації об'єкта;

- в якості вихідної висотної основи можуть бути використані стінні репери, встановлені в цокольних частинах будинків та споруд, розташованих поза зоною впливу будівництва.

Контроль полягає в огляді зовнішнього вигляду знаків, визначенні стійкості знаків та реперів, в конкретному вимірюванні кутів і відстаней між ними, у повторному нівелюванні висотних реперів.

Після кожного циклу спостережень виконується зрівнювання мережі. За результатами обирається найбільш стабільний пункт, який обирається як вихідний.

4.2 Підбір геодезичного обладнання та устаткування

Вимоги згідно ДСТУ Б В.2.1-30 до засобів вимірювань деформацій геодезичним моніторингом:

- точні нівеліри (типу Н-3) та рівноточні їм електронні нівеліри згідно з чинними нормативними документами;

- високоточні нівеліри (типу Н-05) та рівноточні їм електронні нівеліри згідно з чинними нормативними документами;

- точні теодоліти (типу Т-2, Т-5 з накладними циліндричними рівнями) та рівноточні їм електронні теодоліти згідно з чинними нормативними документами;

- високоточні теодоліти (типу Т-0,5, Т-1 з накладними циліндричними рівнями) та рівноточні їм електронні теодоліти згідно з чинними нормативними документами;

ВПЗ

- точні електронні тахеометри (середня квадратична похибка (СКП) вимірювання горизонтального кута не більше 5″, СКП вимірювання похилої відстані не більше (5+3*10-6D), мм D – відстань від приладу до точки вимірювання, мм);

- високоточні електронні тахеометри (СКП вимірювання горизонтального кута не більше 1″, СКП вимірювання похилої відстані не більше (2+2*10-6D);

- рейки нівелірні (типу РН-05 або рівноточні) однобічні штрихові (кодові) з інварною смугою та рівнем згідно з чинними нормативними документами;

- рейки нівелірні (типу РН-3 або рівноточні) двобічні шашкові (кодові) згідно з чинними нормативними документами; - прямий та зворотній висок;

- матеріали та обладнання для виготовлення та встановлення реперів, знаків, марок.

Нормокомплект геодезичних приладів та устаткування — це стандартний набір інструментів, що використовують для виконання геодезичних вимірів, що забезпечують точність, надійність і ефективність виконаних робіт. Він залежить від типу геодезичних робіт, що забезпечуються (наприклад, топографічні, будівельні, моніторингові тощо), а також від вимог до точності вимірювань та умов роботи.

Типовий нормокомплект геодезичних приладів та встановлення включає наступні основні елементи:

Нормокомплект може варіюватися в залежності від специфіки геодезичних робіт, а також від технічних вимог і стандартів, які застосовуються в різних країнах або регіонах. Усі прилади повинні регулярно проходити перевірку на точність і калібрування, щоб забезпечити високу точність вимірювань і достовірність результатів.

Умови забезпечення точності виконання геодезичного моніторингу надані в таблиці 4.4.

ВПЗ

Таблиця 4.4 – Умови забезпечення точності геодезичного моніторингу споруд та прилеглої території

Умови вимірювання клас точності приладів	Середні квадратичні похибки визначення позначок на монтажному горизонті відносно вихідного, мм			
	10 + 50×H	6 + 20×H	4 + 15×H	2 + 10×H
Висота споруди, м	До 15 включно	Понад 15 до 73,5 включно	Понад 73,5 до 100 включно	Більше 100
Клас точності нівелірів	B3	B2	A1	A05
Клас точності нівелірних рейок	II	II	I	I
Клас точності тахеометрів, при вимірюванні: - кутів, не нижче	B10	B6	A2	A1
- віддалей, не нижче	3	3	2	1
Клас точності сканерів, при вимірюванні: - кутів, не нижче	C30	C30	B10	B10
- віддалей, не нижче	5	4	3	2
Клас точності сканерів, не нижче	B3	B2	A1	A05
Клас точності супутникових систем, не нижче	3	3	2	1
Клас точності нівелірів, не нижче	B3	B2	A1	A05

Необхідні прилади та устаткування для геодезичного забезпечення об‘єкта будівництва приведені в таблиці 4.5.

ВГЗ

Таблиця 4.5 – Прилади та устаткування для геодезичного забезпечення об‘єкта будівництва

Прилади та устаткування	Кількість,
Точний електронний тахеометр від 2″ в комплекті з режимом роботи без відбивача до 150м	1
Плівкові відбивачі	15 шт
Вішки з міні призмою (будівельна)	1 шт
Нівелір високоточний в комплекті точність визначення перевищень – 1мм	1
Рейки нівелірні інварні	2
Рулетка лазерна	1
Комп’ютер	1
Калькулятор	1
Дюбель будівельний	50
Керн	1
Молоток	1
Фарба масляна, кг	2
Олівці будівельні	50

ВПЗ

5 Методики виконання геодезичного моніторингу в будівництві

5.1 Методика виконання геодезичного моніторингу осідання

5.1.1 Геодезичні виміри осідання

Геодезичні виміри осідання є ключовими етапами в моніторингу деформацій об'єктів будівництва, зокрема для визначення рівня осідання ґрунтів, що впливає на стабільність будівель і споруд. Вони виконуються з метою виявлення змін у вертикальному положенні точок на будівельному майданчику чи в межах об'єкта.

Для проведення вимірів осідання використовуються різні методи та інструменти, включаючи нівелювання, геодезичні штучні точки, рівні, тахеометри та GPS-системи, які дозволяють точно визначити зміщення та деформації. Під час проведення вимірювань необхідно враховувати точність та точність вимірювань, що відповідають вимогам нормативних документів, таких як ДСТУ Б В.2.1-30 та інші стандарти.

Вимірювання осідання проводяться через регулярні інтервали часу, визначені планом моніторингу, та за допомогою різноманітних методів, включаючи знімки, тахеометричні вимірювання та GPS-навігацію, залежно від конкретних потреб і умов місцевості.

Основним завданням є точне фіксування змін рівня землі, що може свідчити про початок або розвиток деформаційних процесів, а також запобігання виникненню небажаних наслідків для стабільності та безпеки будівлі чи споруди.

Визначення положення основної будівлі та конструкції об'єкта будівництва виконано геометричним рівнем з допусками II класу.

Геометричне нівелювання є одним із найточніших методів для визначення вертикального переміщення точок на земній поверхні. Його використання для визначення посадки основних будівель та споруд обґрунтовано високою точністю вимірювання, що дозволяє зафіксувати навіть незначні зм.

Метод виконується в вимірюванні різниці по висоті між точками з

використанням нівелірів або автоматичних рівнів, що забезпечує точність при визначених вертикальних переміщеннях. Це дозволяє коректно оцінювати зміни рівня земельної поверхні.

Основні технічні характеристики та допуски для геометричного нівелювання приймаються відповідно до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Основні технічні характеристики та допуски для геометричного нівелювання

Умови геометричного нівелювання		Основні технічні характеристики та допуски для геометричного нівелювання класів			
		I	II	III	IV
Застосовувані нівеліри		високоточні		точні	
Застосовувані рейки		Однобічні штрихові з інварною смугою та двома шкалами		Двобічні шашкові	
Візирний промінь	Довжина, м, не більше ніж	25	40	50	100
	Висота над перешкодою, м, не менше ніж	1,0	0,8	0,8	0,3
Нерівність плечей (відстань від нівеліру до рейок) на станції, м, не більше ніж		0,2	0,4	1,0	3,0
Накопичення нерівностей плечей у замкненому ході, м, не більше ніж		1,0	2,0	5,0	10,0
Допустима нев‘язка у замкненому ході, мм (n-кількість станцій)		$\pm 5\sqrt{n}$	$\pm 5\sqrt{n}$	$\pm 5\sqrt{n}$	$\pm 5\sqrt{n}$

Метод проведення геодезичних вимірів для II класу нівелювання приймається – одним горизонтом, методом суміщення у прямому та зворотному напрямках незалежно від замикання ходу.

ВІП

Вимірювання розглядається методом суміщення у прямому та зворотному напрямках. Це дозволяє зменшити систематичні похибки, які можуть виникати при вимірюванні, та забезпечити високий рівень точності результатів, незалежно від замикання ходу. Таким методом отримати більш надійні дані про вертикальне переміщення точок.

Для забезпечення точності вимірювань при рівнянні II класу необхідно контролювати температурні коливання. Тому температура повітря вимірюється через кожні дві станції, що дозволяє коригувати можливості впливу зміни температури на точність рівня.

Під час виконання геодезичних вимірювань на будівельному майданчику застосовувався метод «короткого зміни». Відстань до рейки не перевищувала 25 м, що дозволяло мінімізувати вплив атмосферних факторів і забезпечити високу точність вимірювань на невеликих відстанях.

Для визначення посад були створені умови забезпечення: висотна опорна мережа складалася з трьох нерухомих реперів, що дозволяло забезпечити стабільність і точність вимірів. Для виконання робіт використовували нівелір високої точності з плоскопаралельною пластинкою, що гарантувало точність вимірювань. Рейка, яку використовували для вимірів, була остаточно вивірена та прокомпарована, з інварною смугою, що дозволяло виключити вплив температурних змін і механічних деформацій.

Процес нівелювання відбувався таким чином, щоб відстань від нівеліра до рейки була рівною з обох сторін і знаходилася в межах ±40 см. Це дозволило мінімізувати можливості похибки, пов'язані з нерівномірним розподілом відстаней. без цього рівня, виконувалося замкнутими ходами з двома горизонтами інструмента, що забезпечувало додаткову перевірку точності вимірювань і дозволяло отримати достовірні результати.

Нівелювання деформаційних марок виконувати за програмою нівелювання II класу. Основні вимоги до ходів нівелювання, що визначають осідання будинків наведені у таблиці 5.2

ВПЗ

Таблиця 5.2 - Основні вимоги до ходів нівелювання, що визначають осідання будинків

Допустима нев‘язка (мм) в замкнутому ході (n-число станцій)		$\pm 0{,}5\sqrt{n}$
Візування Променя	Довжина плеча не більше (м)	40
	Висота над перешкодою не менше (м)	0,8
Кількість станцій незамкненого ходу		5
Нерівність плечей від приладу до рейки не більше (м)		2
Накопичення нерівності плечей в замкнутому ході не більше, м		5

Нівелювання проводити по намічених ходах, при цьому важливо наступному і цьому ж схеми для забезпечення точності вимірів. Це дозволяє звести до мінімуму вплив систематичних помилок на результат вимірювання величини осідань. Нівелювання II класу має проводитися відповідно до рекомендованої схеми, яка наведена на рисунку 4.1.

На кожній станції вимірювання після ретельного контролю результатів: підраховується різниця між основною та додатковою шкалою рейок. Важливо, щоб ця різниця не перевищувала три поділок барабана, що становить 0,15 мм. Це дозволяє точно змінити рівень переміщення. Також перевірка різниці у подвійних перевищеннях за основною та додатковою шкалою. У цьому випадку відхилення не потрібно перевищувати шість поділок барабана, що еквівалентно 0,3 мм. Ці заходи забезпечують високу точність і мінімізують можливість помилок при вимірюваннях.

Після кожного циклу вимірювання заповнюється таблиця 5.3 Характеристика мережі рівняння за даними, що дозволяє зберегти всі дані про виконання вимірювання.

ВІТЗ

Таблиця 5.3 - Характеристика мережі нівелювання по датах

№ циклу	Назва ходу	Дата вимірів	Кількість станцій	Нев'язка в мм	
				Отримана	Допустима
1					
2					
...					
n					

Після завершення польових вимірювань створюється камерна обробка отриманих даних. Для цього результату рівняння II класу, внаслідок чого обчислювалося значення осідань. Обробка даних включає перевірку правильності проведених вимірів, коригування також можливих неточностей, а також аналіз отриманих значень у контексті з утриманням технічних вимог.

Відповідно до результатів аналізу, порівняння фактичних даних із нормативними вимогами дозволяє зробити висновки про відповідність або відхилення величини посади. Після цього формується остаточний звіт за результатами моніторингу, який може надати рекомендації щодо подальших дій на будівельному майданчику в разі виявлення значних положень.

5.1.2 Обробка результатів геодезичних вимірів осідання

Обробка результатів геодезичних вимірювань осідання — це складний процес аналізу даних, отриманих під час вимірювання вертикальних переміщень земної поверхні, які можуть виникати через природні або антропогенні фактори. Геодезисти потребують спеціальних приладів, таких як рівні, GPS-системи чи лазерні сканери, щоб визначити рівень земної поверхні в різних точках. Після збору даних виконується їх корекція для усунення різноманітних помилок, які можуть виникнути під час вимірювання, наприклад, через атмосферні умови чи неточність приладів.

Далі аналізується зміна рівня поверхні в часі, що дозволяє виявити оцінку та

завантажити його масштаб і темпи. Це особливо важливо для оцінки впливу осаду на будівництво, інфраструктуру та навколишнє середовище. Із цих даних також створено прогнози щодо подальшого розвитку сидіння, що дозволяє своєчасно вжити деякі заходи для забезпечення безпеки.

Обробка результатів вимірювань осідання необхідна для оцінки безпеки об'єктів, які можуть виявити деформації внаслідок зміни рівня поверхні землі. Це важливий етап у плануванні нових будівельних або інфраструктурних об'єктів, що запобігає можливості ризиків та програмне забезпечення заходів для їх усунення. Крім того, ця інформація дозволяє аналізувати вплив діяльності людини, наприклад, отримання корисних копалин або будівництво підземних споруд, на осідання земельної поверхні. Тому обробка результатів геодезичних вимірів осідання є важливою для управління ризиками та забезпечення стабільності й безпеки об'єктів, які знаходяться на таких територіях.

Камеральна обробка результатів геодезичних спостережень розпочинається з перевірки польових журналів, де фіксуються всі деталі виконання вимірювань, таких як дата, погодні умови, використання обладнання та інші важливі параметри. Після цього обчислення величини деформацій шляхом визначення різниці в позначках марок між серією циклів спостережень.

Наступним етапом є оцінка точності виконаних польових робіт. Це включає перевірку відповідності отриманих результатів до встановлених випусків, а також визначення можливих вихідних помилок. Після цього складаються відомості за кожен цикл вимірювання, в яких наводяться точні дані про виміряні величини, а також відомості про можливі аномалії, якщо такі були виявлені.

На основі отриманих даних складаються графічні матеріали, які допомагають візуалізувати результат вимірювань. Це можуть бути графіки, схеми, діаграми або карти, що показують зміни висоти та можливості деформації в межах об'єкта. В остаточному підсумку готуються звіти, в яких підсумовуються всі результати вимірювань, аналізуються зміни положення, а також даються рекомендації щодо деяких заходів.

ВПЗ

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

- величину осідання марки ΔH між двома останніми циклами, поточним і попереднім: $\Delta H = H_j - H_{j-1}$;

- сумарне осідання марки з початку спостережень: $\sum\Delta H = H_j - H_0$;

- середнє осідання будівлі в цілому з початку спостережень $\Delta H_{сер}$:

$$\sum\Delta H_{сер} = \sum\Delta H / n,$$

де H_j - позначка марки у поточному циклі спостережень, H_{j-1} - позначка марки у попередньому, H_0 - позначка марки у початковому циклі спостережень, n - кількість марок на будівлі.

Технічний звіт, підготовлений за результатами геодезичного моніторингу осаду, має надрукувати всі необхідні компоненти для повного аналізу виконаних робіт, отриманих даних і висновків. Його структура включає наступні розділи:

1. Пояснювальна записка.

У цьому розділі наводиться загальний огляд проведених робіт, описуються їх мета, масштаб і значущість для конкретного об'єкта будівництва. Також зазначаються замовник робіт, виконавець, строки виконання та нормативна база.

2. Опис мети вимірювання деформацій.

Пояснюється, чому було необхідно перевірити вимірювання осідань. Це може включати забезпечення безпеки будівництва, моніторинг стану споруд під час зведення або оцінку впливу зовнішніх факторів на стабільність фундаменту.

3. Конструктивні особливості будинку та фундаменту.

У цьому пункті описуються основні характеристики будівлі, такі як її розміри, поверховість, матеріали, тип фундаменту, а також специфіка інженерно-геологічних умов будівельного майданчика.

4. Схема створеної спеціальної геодезичної мережі.

Наводиться графічне відображення спеціальної геодезичної мережі, що включає точки вимірювання (репери та марки) з координатами та висотами, які були

ВІТЗ

використані для рівняння.

5. Схеми розташування, розміри та опис конструкції встановлених реперів і деформаційних марок.

Детально зображуються та описуються репери й марки, їхнє розташування, вид конструкції, спосіб закріплення та характеристика стабільності.

6. Схема розташування деформаційних марок.

Надається графічна схема з точним розташуванням марок, що дозволяє простежити їхнє взаємне розташування на об'єкті та прив'язку до конструкції будівлі.

7. Опис методики вимірювання.

Описуються всі етапи процесу вимірювання, включаючи прикладні інструменти, способи проведення рівняння, контроль точності та способи обробки даних.

8. Матеріали камерних обчислень, порівняння та оцінки точності, каталоги висот реперів та марок.

У цьому розділі наводяться результати обчислень висот, порівняння отриманих даних між циклами вимірювань, оцінка похибок і достовірності даних.

9. Таблиці-відповідності оцінки деформаційних марок.

Подані в табличній формі результат вимірювання оцінки, що включає позначки висоти марок, зміни між циклами та загальні оцінки.

10. Копії свідоцтв про перевірку засобів вимірювання.

Надаються документи, що підтверджують справність і точність приладів, використаних для вимірювання.

11. Висновок за результатами.

У цьому розділі загальні всі отримані дані, оцінюється стан споруди, відповідність положення допустимим нормам, зазначаються можливості рекомендації або додаткові заходи для усунення проблеми.

Такий звіт є загальнообов’язковим документом, який підтверджує якість виконаних робіт, забезпечує прозорість методики та дає можливість прийняти обґрунтоване рішення на основі отриманих результатів.

ВПЗ

Підготовка відомостей та графіків осад після завершення спостережень.

Після завершення циклу спостережень виконується узагальнення отриманих даних. Камеральна обробка результатів забезпечує складання таблиці позначок марок і значення осідань, а також створення графічного зображення графіка у вигляді осідань.

Під час роботи спочатку обробляються всі записи польових журналів. Для кожної марки випускається її позначка за результатами останнього циклу вимірювань. Ці позначки порівнюються з попередніми даними, що дає можливість змінити висотне положення марок. Отримані результати вносяться до спеціальної таблиці (таблиця 5.4).

Таблиця 5.4 - Відомість позначок та осідань деформаційних марок

№ за/ пор.	Номер (назва) марки	Дата 1	Дата 2		Дата 3		
		Позначка, м	Позначка, м	Δh, мм	Позначка, м	Δh, мм	ΣΔh, мм
1	**1**						
2	**2**						
3	**3**						
4	**4**						
5	**5**						
6	**6**						
7	**7**						
8	**8**						
9	**9**						
n	**n**						
Середнє значення, мм							

ВГЗ

Де Δh, мм – осідання деформаційної марки порівняно з попереднім циклом, ΣΔh, мм – сумарне осідання порівняно з першим циклом.

Далі отримані числові значення осаду аналізуються, і на їх основі складається графік осаду марок (рисунок 5.1). Графік будується для кожної марки окремо або для групи марок, якщо необхідно порівняти їхній осад у певній ділянці споруди.

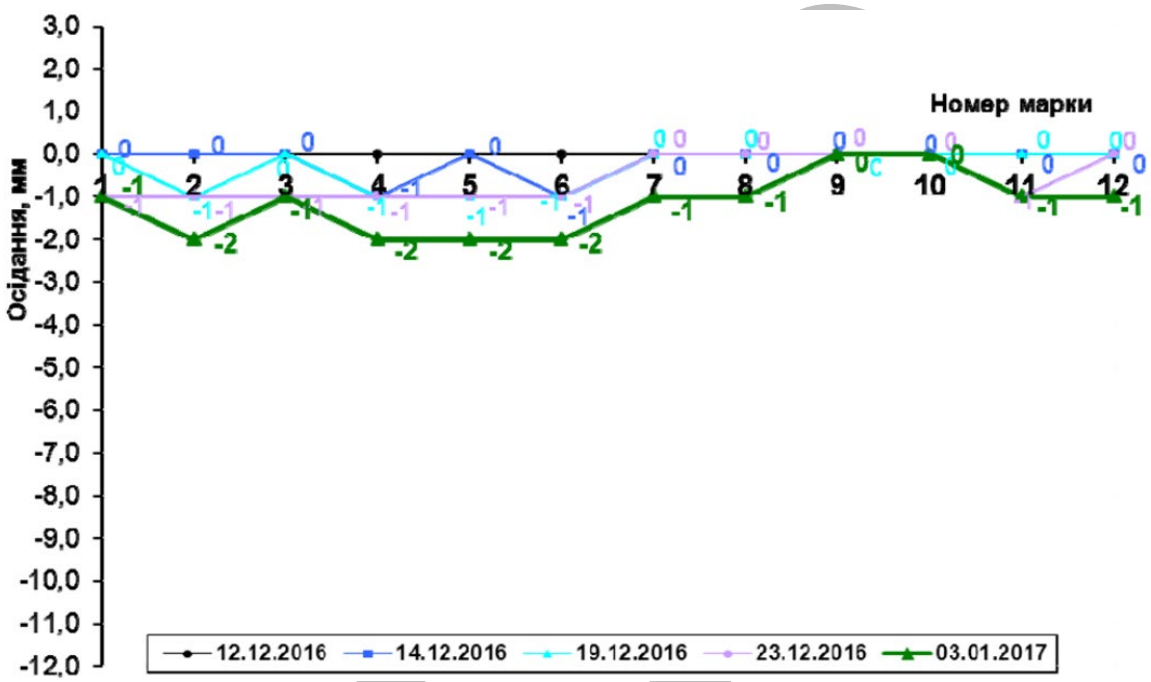


Рисунок 5.1 - Рекомендований графік осідань деформаційних марок

Під час підготовки графіків і таблиць необхідно перевірити всі обчислення на предмет помилок. Графік дозволяє наочно оцінити характер осідання: рівномірність процесу, наявність прискорення або зупинки осідання.

Остаточний документ із таблицями та графіками використовується для аналізу стану будівлі, звірки отриманих результатів із нормативними значеннями, а також наступних рішень щодо технічного обслуговування чи посилення конструкції.

На завершальному етапі камеральної обробки результатів спостережень виконується порівняння отриманих значень оцінки з допустимими величинами, встановленими в проектній документації або відповідно до вимог чинних нормативних документів, зокрема ДБН В.2.1-10.

Спочатку аналізуються всі величини осідань, отримані для деформаційних марок. Ці значення систематизуються за зонами будівництва, що дозволяє визначити локальні осередки різких переміщень. Дані про осідання для кожної марки порівнюються з межовими значеннями, визначеними для основи споруди в проектній документації.

Якщо в проекті не передбачено конкретних значень, використовуються загальноприйняті методики оцінки за нормами ДБН В.2.1-10. Тут враховуються:

- допустима величина загального осідання споруди;
- межа диференціального осідання, що забезпечує небезпечні перекоси або деформації конструкції.

Результати порівняння відображаються в окремій таблиці або у вигляді аналітичного звіту. У разі, якщо значення положення перевищують допустимі норми, це вказується як критичне зауваження, і надаються рекомендації щодо додаткових досліджень, стабілізації основи або посилення конструкції.

Особливо увага приділяється ділянкам, де спостерігаються аномалії в характері осідань, такі як різкі зміни в значеннях між циклами вимірювань. Це можна свідчити про нерівномірність ущільнення обґрунтовано або про виявлені ризики для стабільності будівництва.

Таким чином, етап порівняння дозволяє завершити процес моніторингу із висновком щодо безпечного використання споруд чи необхідності виконання коригувальних заходів.

ВТЗ

5.2 Методика виконання геодезичного моніторингу планових (горизонтальних) деформацій

5.2.1 Геодезичні виміри планових (горизонтальних) деформацій

Геодезичний моніторинг планових (горизонтальних) деформацій виконується для визначення зміщення об'єкта або його елементів на горизонтальній площині. Для цього використовують різноманітні методи, які забезпечують високу точність вимірювань і враховують особливості об’єкта моніторингу та його оточення.

Методи вимірювання планових (горизонтальних) деформацій

1. Спостереження по створах.

Метод спостереження за створенням створення прямих напрямків (створів), на яких розташовані контрольні точки. Переміщення розпочався за зміною цього положення точок кількох базових напрямків. Такий метод використовується для моніторингу об'єктів з лінійною структурою, наприклад мостів, дамб або стін. Він дозволяє виявити зміщення в конкретному напрямку та ефективний при спостереженні за локальними деформаціями.

2. Спостереження по окремих напрямках.

Цей метод забезпечує визначення зміщення контрольних точок уздовж окремих напрямків, які не обов’язково збігаються з осями об’єкта. Він дає можливість виявити горизонтальне переміщення в вільних напрямках та є зручним для об'єктів зі складною конфігурацією.

3. Тріангуляція.

Метод тріангуляції базується на вимірюванні кутів у трикутниках між контрольними точками. За допомогою цих даних обчислюють координати точок та їх переміщення. Метод є високоточним і широко застосовується для об'єктів великих розмірів, оскільки не дозволяє створити щільну мережу вимірювань з мінімальними похибками.

4. Трилатерація.

У трилатерації вимір тільки довжина сторінки між контрольними точками без

ВПЗ

вимірювання кутів. Метод використання для горизонтальних деформацій, коли є можливість забезпечити високоточні лінійні вимірювання, наприклад за допомогою електронних тахеометрів або лазерних далекомірів.

5. Полігонометрія.

Метод полігонометрії створюється у створенні полігональних ходів із вимірюванням довжини сторінки та горизонтальних кутів між ними. Використовується для визначення горизонтального переміщення в межах будівельного майданчика або об'єкта.

Кожен із зазначених методів вибирається залежно від характеру об'єкта, очікуваної величини переміщення, вимог до точності та доступних геодезичних приладів. У багатьох випадках для забезпечення комплексного моніторингу використовується декілька методів.

Для житлового будинку «Е» об’єкта будівництва вимірювання кренів і відмови від конкурентоспроможності методом нахиленого проектування або шляхом створення спеціалізованої лінійно-кутової мережі. Метод нахиленого проектування передбачає використання приладів для вимірювання відхилень від вертикалі (теодолітів або оптичних нівелірів), що дозволяє швидко і точно визначити крен споруди за зміщенням контрольних точок на різних рівнях. Цей метод особливо ефективний для моніторингу будівель зі значною висотою.

Як альтернативу можна створити лінійно-кутову мережу, яка створюється шляхом закріплення контрольних точок навколо об’єкта та виконання вимірювань горизонтальних кутів і довжини сторінок між ними. Такий підхід забезпечує точну фіксацію навіть незначних планових змін і дозволяє отримати детальну картину деформацій.

При використанні методу тріангуляції для визначення горизонтального переміщення вимірювання горизонтальних кутів необхідно виконати з похибкою, що не перевищує значення, наведені в таблиці 5.5.

ВПЗ

Таблиця 5.5 – Допустима середня квадратична похибка вимірювань кутів

Клас точності вимірювання	Допустима середня квадратична похибка вимірювань кутів для відстаней, м					
	50	100	150	200	500	1000
II	20″	10″	7″	5″	2″	1″

Для виконання вимірювань планових (горизонтальних) деформацій на об'єкті будівництва необхідно використовувати тахеометр, який працює в умовній системі координат. Такий прилад забезпечує високу точність за рахунок своїх технічних характеристик. який, точність кутових вимірювань складає 2 кутові секунди, що дозволяє отримати детальні дані про зміну контрольних точок. Лінійні вимірювання забезпечуються з похибкою, яка залежить від різниці та якості використаних відбивачів, і більшою формулою ±(3 + 2ppm × D) мм, де D – відстань між приладом і відбивачем. Для підвищення точності використовується автоматичний трикратний режим вимірювання відстані.

При виконанні вимірювань необхідно дотримуватися ряду прийомів для мінімізації систематичних похибок. відповідно, вимірювання здійснюється в обох напрямках – прямому та зворотному, що дозволяє компенсувати можливості похибки приладу або людського фактора. Для цього змінюється установка та настроювання тахеометра, а також будівельні ділянки шкали різного відлікового пристрою.

Для забезпечення рівномірності вимірювань спостереження повинні виконуватися одним і тим самим спостерігачем, одним і тим самим методом, за допомогою того ж самого приладу та за однакових умов. Це гарантує, що результати будуть достовірними, а похибки вимірювань – мінімальними. Таким чином, виконання вимірювань тахеометра з дотриманням цих вимог дозволяє точно визначити параметри горизонтальних деформацій та забезпечити необхідний контроль рівня.

Перед початком виконання вимірювань на об'єкті, всі засоби вимірювання, включаючи тахеометр, розміщували на місці розміщення робіт для вирівнювання їх

температури з температурою навколишнього середовища. Цей етап є критичним місцем, відсутність різниці температури між приладом і середовищем може спричинити деформацію деталей інструменту, що негативно впливає на точність результатів.

Особлива увага приділялася врахуванню впливу атмосферних умов на вимірювання відстаней, останній тахеометр для цього використовує світловий промінь. Швидкість його розповсюдження залежить від показника заломлення світла в атмосфері, який, у свій час, змінюється залежно від температури та атмосферного тиску. Щоб мінімізувати ці впливи, під час роботи виміряли температуру повітря і атмосферний тиск. Дані використовували для розрахунку поправок до виміряних відстаней.

Поправки обчислювалися за умовами, коли нормальне значення поправки змінюється на 1 ppm для наступних умов: зміна температури повітря на 1°C за постійного тиску або зміна атмосферного тиску на 3,6 гПа за постійної температури. Під час виконання тривалих вимірювань ці поправки перевіряли і корегували кілька разів, щоб забезпечити точність у разі зміни погодних умов.

Таким чином, обробка вимірювань проводилася з урахуванням змін температури та тиску, що дозволяло компенсувати вплив атмосфери і забезпечувало високий рівень точності при визначенні віддалей. Цей підхід є обов'язковим при виконанні геодезичних робіт з високими вимогами до точності.

Для визначення величини та напрямку горизонтальних переміщень (деформацій) на об’єкті будівництва проводили обчислення координат зміни деформаційних марок між циклами спостережень. Для цього використовували точні координати, отримані в процесі геодезичних вимірювань, виконаних за допомогою тріангуляційного методу.

Першим етапом роботи було проведено вимірювання координат марок на початковому циклі спостережень. Ці дані фіксували як базові значення. У наступних циклах виконували аналогічні вимірювання, завершуючи дотримуючи цю ж методику, щоб уникнути систематичних помилок. Для кожної марки визначали зміну координат у горизонтальній площині, яка відображала величину та напрямок

переміщення.

Особливу увагу приділяли вибору системи координат. У разі використання умовної системи координат, як це допускається для методу тріангуляції, прагнули орієнтувати осі координатної системи паралельно головним осям будівлі. Це спрощувало аналіз результатів, після переміщення можна було легко співвіднести з геометричною спорудою.

Отримані координати кожної марки аналізували, порівнюючи їхні зміни між циклами спостережень. Для цього обчислювали прирости координат за формулами різниці між значеннями X і Y для кожного циклу. За цими даними визначали не тільки величину переміщення, але й напрямок, що дозволяло оцінити характер та які ризики горизонтальних деформацій конструкції.

Для забезпечення надійності результатів геодезичних вимірів та визначення точності положення пунктів спеціальної мережі виконували детальну оцінку точності польових спостережень. Ця робота проводиться відповідно до вимог розділу 8 ДСТУ Б В.2.1-30 із застосуванням спеціалізованого геодезичного програмного забезпечення, яке дозволяє автоматизувати розрахунки та зменшити вплив людського фактора.

Першим етапом було введено результати польових вимірів до програмного забезпечення. відповідно, в базу даних занесли вихідні кутові та лінійні вимірювання, отримані під час створення та обстеження геодезичної мережі. Далі програма виконувала автоматичне зрівнювання мереж з урахуванням заданих допусків та використання технічних характеристик інструментів.

Основними параметрами, які аналізували для оцінки точності, були:

• Середньоквадратичні похибки (СКП) кутових вимірів: ці показники визначали точність виконаних вимірювань горизонтальних та вертикальних кутів. Вони розраховувалися як різниця між виміряними та зрівняними значеннями для кожного кута.

• СКП лінійних вимірів: визначення точності вимірювання відстані між точками мережі. Цей параметр враховував вплив тривалості ходу та систематичних похибок, пов’язаних із атмосферними умовами або інструментальними

характеристиками.

• СКП розташування пунктів мережі: розраховувалися на основі порівняльних координат кожного пункту мережі. Ці похибки давали виявлення про загальну якість геодезичної мережі та точність визначення положення контрольних марок.

• Характеристики ходів полігонометрії: аналізували точність лінійних і кутових вимірів для полігонометричних ходів, що включали довжини сторінки, нев'язки та кути замикання.

• Характеристики рядів тріангуляцій: оцінювали стабільність і точність визначення координатних точок у створеній мережі на основі рівняння вузлів тріангуляції.

5.2.2 Обробка результатів геодезичних вимірів планових деформацій

Обробка результатів геодезичних вимірів планових деформацій є ключовим етапом у дослідженні та моніторингу змін геометрії земної поверхні, які можуть бути спричинені як природними процесами (наприклад, тектонічною активністю, ерозією), так і антропогенними факторами (будівництво, отримання корисних копалин, зміна водного режиму). Цей процес включає збір, аналіз та інтерпретацію даних, отриманих за результатами виконання геодезичних вимірів, з нанесенням та оцінкою планових деформацій, а також встановлення їх закономірностей і тенденцій.

Геодезичні вимірювання, спрямовані на виявлення планових деформацій, застосовуються для визначення змін у просторових координатах точок, що є частинами геодезичних мереж, у період між вимірюваннями. У результатах таких вимірювань можна визначити як зміни в розміщенні окремих точок на поверхні, так і загальні тенденції деформацій, які впливають на більшу територію.

Процес обробки результатів включає коригування даних від помилок вимірювань, визначення величини деформацій, а також їх просторовий та часовий аналіз. Одним з основних завдань є встановлення причин деформацій, їхнього характеру, а також прогнозування подальших змін. Для цього використовують різні

ВПЗ

методи обробки, такі як статистичні, математичні та геоінформаційні методи, які дозволяють проводити аналіз великих обсягів вимірювальних даних, а також створювати математичні моделі, що описують процеси деформацій.

Обробка результатів вимірювань планових деформацій необхідна для оцінки ризиків та прогнозування негативних наслідків для інфраструктури, будівель та природного середовища. Це дозволяє повністю виявляти небезпечні зміни в геометрії поверхонь, зокрема осідання, зсуви або розширення тріщин, які мають суттєве значення для забезпечення безпеки будівельних об’єктів, транспорту та інших інженерних мереж. вибір того, обробка таких даних є інструментом для наукових досліджень, спрямованих на вивчення процесів планових деформацій, виявлення їх закономірностей та взаємозв'язків з геологічними, кліматичними та техногенними факторами.

Обробка результатів геодезичних вимірів планових деформацій починається з перевірки польових матеріалів на наявність неприпустимих похибок. Усі дані вимірів, отримані на етапі польових робіт, заповнюються електронними таблицями або програмним забезпеченням для подальшого аналізу. Особливо увага приділяється виявленню грубих порушень, які можуть виникнути через людський фактор, технічні несправності або неприйнятні умови проведення вимірів.

Наступним етапом є зрівнювання геодезичної мережі. Використовуючи спеціалізоване програмне забезпечення, забезпечує математичну обробку результатів вимірювань, застосовуючи методи найменших квадратів. Це дозволяє звести всі вимірювання до єдиної системи та отримати узгоджені координати контрольних марок із високою точністю.

Після зрівнювання оцінки точності аналізуються середньоквадратичні похибки, отримані в результатах обробки, і порівнюються з допусками, визначеними нормативними документами. У разі перевищення допустимих похибок проводиться додатковий аналіз із застосуванням та усунення джерел невідповідності.

Графічне оформлення матеріалів побудови включає схему переміщення контрольних марок, діаграму зміщення і таблицю за результатами обробки. Це

дозволяє наочно представити величину та напрями планових деформацій, що є ключовими для подальшого аналізу технічного стану об'єкта.

Завершальним етапом є складання звіту за результатами виконаних вимірювань. До звіту входять тексти частини з описом виконаних робіт, отриманих результатів та їх аналіз, а також додаткові матеріали у вигляді таблиць, схем і графіків. Це забезпечує повну документацію та зручність використання результатів для подальших технічних або інженерних рішень.

Перевірка польових вимірів та зрівнювання даних виконувалися автоматично за допомогою спеціалізованого ліцензійного програмного комплексу. Програма дозволяє швидко обробити великі обсяги вимірювання, автоматизуючи обробку при наявності неприпустимих похибок і відповідність перевіреним встановленим нормам. Спочатку завантажуються всі дані з польових журналів та змінених електронних таблиць, після чого система перевіряє наявність очевидних помилок у вимірюваннях, таких як помітні помилки чи аномальні результати.

Зрівнювання мережі за допомогою методу найменших квадратів, що дозволяє коригувати вихідні координати точок мережі, мінімізуючи вплив похибок. Усі отримані значення координат точок систематизуються та оптимізуються, що дозволяє застосувати точне положення кожної точки в просторі. Програма також оцінює точність проведених вимірів, порівнюючи отримані результати з допустимими значеннями за нормами.

Оцінка точності виконання виконувалася автоматично в межах функціоналу, що забезпечує високий рівень надійності результатів. Програмний комплекс надає детальні звіти щодо середньоквадратичних показників (СКП) для кожного вимірювання та координати точок, що дозволяє оцінити точність і достовірність зібраних даних.

Для визначення координат точок між двома циклами спостережень було виконано обчислення різниці координат верхнього та нижнього точок. Це дозволило точно змінити розмір і напрямок відхилень від вертикалі. Усі обчислення були автоматизовані програмним забезпеченням, що забезпечило мінімізацію помилок, пов’язаних з людським фактором, і максимальну точність в отриманих результатах.

ВПЗ

Підготовка для подальшого аналізу та візуалізації результатів вимірювання схем виконувалася як у цифровому, так і в графічному вигляді. Програма автоматично генерувала схеми зміщення та відхилення точок, що дозволяло наочно оцінити величину та напрямок горизонтальних та вертикальних деформацій. Це забезпечує зручність у подальшому використанні даних для технічних або інженерних розрахунків.

Обчислюють лінійну величину відхилень від вертикалі Q :

$$Q=\sqrt{(x_B - x_H)^2 + (y_b - y_H)^2} \quad (5.1)$$

та відносне значення відхилення від вертикалі $Q/_{\Delta H}$:

$$Q/_{\Delta H}=\frac{\sqrt{(x_B - x_H)^2 + (y_b - y_H)^2}}{z_B - z_H} \quad (5.2)$$

де B x , B y , Bz – координати точки у верхній частині споруди; Hx , Hy , Hz – координати точки у нижній частині споруди.

Оцінка відхилень від вертикалі за допомогою цього методу дає можливість застосувати загальну величину зміщення точок споруди. Однак важливо зазначити, що даний підхід не дозволяє повністю усунути вплив дефектів, що виявляються під час монтажно-будівельних робіт, таких як неточності в монтажі конструкцій або деформацій, викликаних технологічними процесами. Тому величина, отримана за цією методикою, може включити в себе складову, яка не є чистим відхиленням від вертикалі в геометричному сенсі, а швидше відобразити особливі особливості виконання будівельних робіт. Така величина може бути досить значною, проте не є результатом природних деформацій або осадження будівлі. Тому її можна застосувати як відхилення від вертикальних кутів будівлі, включаючи вплив конструктивних та технологічних факторів, а також не тільки геометричних змін у конструкції.

У разі, якщо точки, розміщені зверху та знизу споруди, не лежать за проектом на одній прямовисній лінії, визначають зміну значень:

ВІТЗ

$$\Delta Q = Q_n - Q_{n-1} \quad (5.3)$$

та сумарну зміну значень ∑ΔQ:

$$\sum \Delta Q = Q_n - Q_0 \quad (5.4)$$

де Q_n – значення відхилення від вертикалі у n - ному циклі спостережень, Q_{n-1} – значення відхилення від вертикалі у попередньому циклі спостережень, Q_0 – значення відхилення від вертикалі у нульовому циклі спостережень.

Технічний звіт за результатами геодезичного визначення планових (горизонтальних) деформацій складається з таких структурних елементів, які забезпечують повноту та прозорість представлених даних. Коротко описуємо кожен з них:

- Пояснювальна записка. У цьому розділі наведено загальні відомості про виконання роботи, яка є її методом та обґрунтовано проведення проведення геодезичних спостережень за плановими деформаціями.
- Опис мети вимірювання деформацій. Розкрито основні завдання моніторингу, зокрема визначення величини і напряму горизонтального зміщення, контроль стійкості конструкції та оцінка можливих ризиків для безпеки експлуатації споруди.
- Конструктивні особливості будинку та фундаменту. Подано інформацію про ключові конструктивні елементи об'єкта, особливості його фундаменту та матеріалів, які можуть вплинути на характер деформацій.
- Схема створеної спеціальної геодезичної мережі. Представлено графічне зображення мережі, включаючи вихідні пункти та прив'язки до споруди.
- Схеми розташування, розміри та опис конструкції встановлених вихідних точок, деформаційних марок, орієнтирних знаків. Вказано положення та параметри кожного елемента, що використовується під час спостережень, для забезпечення точності та повторюваності вимірів.
- Схеми розташування деформаційних марок. Надається звітна

ВІТЗ

інформація про місце розміщення марок, їх взаємне розташування і зв’язок зі спеціальною геодезичною мережею.

- Опис методики вимірювання. Деталізовано алгоритм виконання польових спостережень, описано використане обладнання та налаштування приладів.
- Матеріали камерних обчислень, порівняння та оцінки точності, каталоги координат вихідних точок та деформаційних марок. Представлено результати обробки вимірювань, включаючи обчислення координат, оцінки точності та порівняння з нормативними показниками.
- Таблиці-відомості значення планових (горизонтальних) деформацій марок. Зведено числові результати визначення горизонтальних зміщень, відображено динаміку змін між циклами спостережень.
- Копії свідоцтв про перевірку засобів вимірювання. Додані документи, які підтверджують придатність використаного обладнання для виконання вимірювань з необхідною точністю.
- Висновок за результатами. Формула ключових підсумків моніторингу, зокрема виявлені величини горизонтальних деформацій, їх причини та рекомендації щодо подальшого спостереження або дій для забезпечення стабільності конструкції.

Ця структура звіту дозволяє всебічно оцінити стан об'єкта, визначити можливості ризику та надати обґрунтовані рекомендації.

Після закінчення спостережень складають відомість координат марок, значень планових деформацій (таблиця 5.6) та схему деформацій марок в плані з вказівкою напрямку та цифрового значення (рисунок 5.2) по кожному циклу вимірів.

ВПЗ

Таблиця 5.6 - Відомість координат та деформаційних марок

N	дата	Дата 1						Дата 2						
	Назва пункту	X, m	Y, m	H, m	ΔX	ΔY	ΔH	ΔX	ΔY	ΔH	ΣΔX	ΣΔY	ΣΔS	ΣΔH
1	1													
2	2													
3	3													
4	4													
5	5													
6	6													
7	7													

Де X, Y, м – координати деформаційних марок; H, м – позначка деформаційних марок; Δx,y, мм – планова деформація по осям X, Y порівняно з попереднім циклом, ΣΔx,y, мм – сумарна планова деформація по осям X, Y порівняно з першим циклом; x,н, мм – висотна деформація порівняно з попереднім циклом, ΣΔн, мм – сумарна висотна деформація порівняно з першим циклом; ΣΔS, мм – результуюча сумарна планова деформація порівняно з першим циклом, отримана за формулою √(ΔX^2 +ΔY^2).

Порівняння отриманих значень положення основи будинку з допустимими значеннями передбачається як завершальний етап аналізу геодезичних спостережень. Усі розраховані значення положення, визначені в результатах геодезичних вимірів і камерної обробки, наводяться в загальну звітність, де фіксуються координати точок, їх позначки, а також змінюються ці позначки в різних циклах спостережень.

Далі ці значення звіряються з допустимими величинами, зазначеними в проектній документації або визначеними відповідно до нормативних документів, таких як ДБН В.2.1-10. Особливості увага приділяють максимально допустимим

значенням, для встановлення яких є перевищення критичних параметрів. Якщо величина посади перевищує допустимі значення, проводиться детальний аналіз можливих причин та розробляються рекомендації щодо їх усунення або зменшення ризиків.

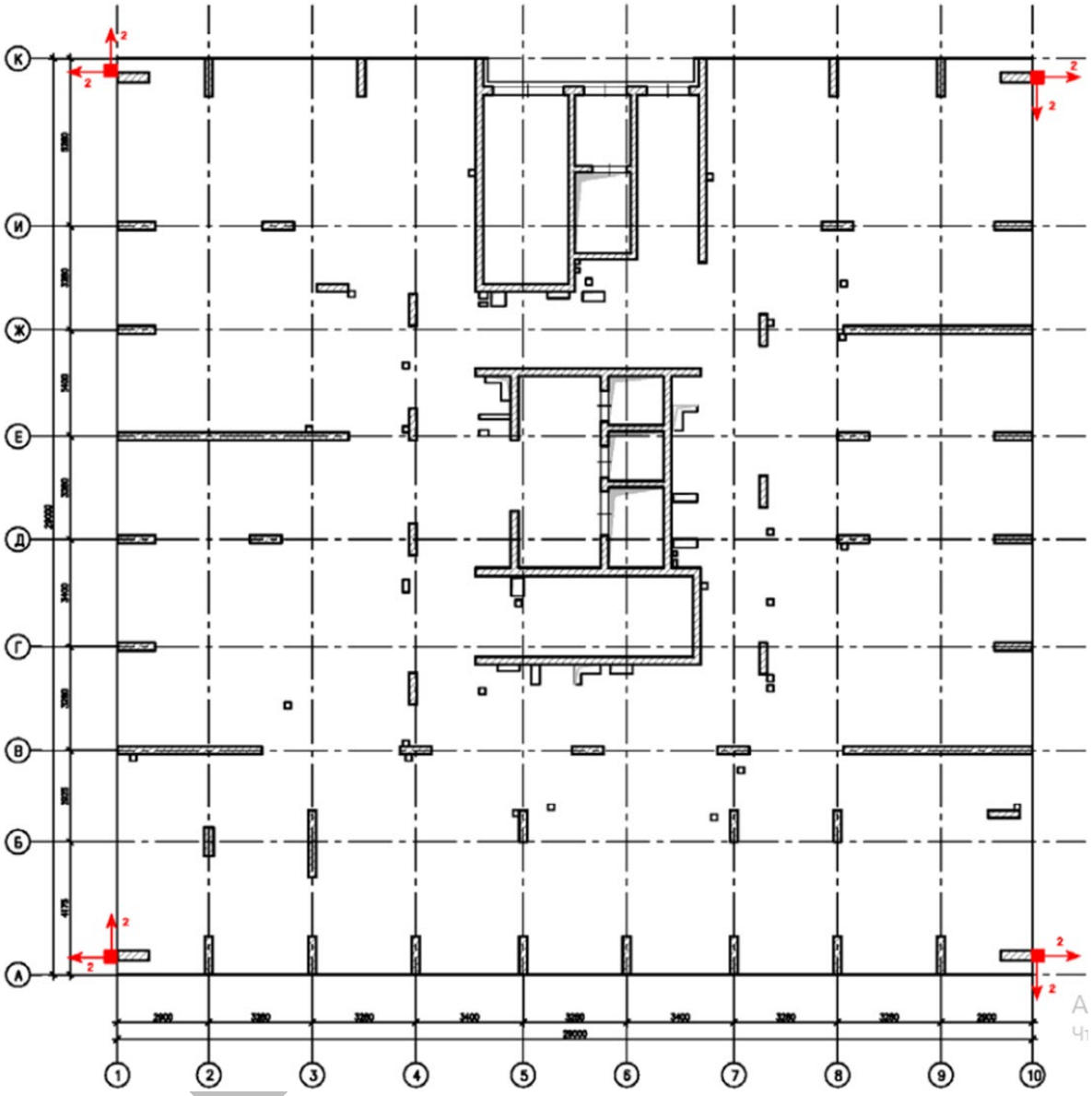


Рисунок 5.2 - Рекомендована схема розповсюдження планових деформацій

Висновки за результатами порівняння вносяться до технічного звіту, де обґрунтовується відповідність фактичних деформацій нормативним вимогам або зазначаються відхилення та надаються заходи щодо їхнього усунення. Виявлений процес забезпечує контроль стабільності будівництва, дозволяє вчасно це виявити небезпечні деформації та запобігти їхньому впливу на безпеку експлуатації.

5.3 Періодичність виконання геодезичного моніторингу

Під час будівництва об’єкта та в період стабілізації його використання геодезичного моніторингу виконується для контролю стану прилеглої забудови, території та самого об’єкта, що будується. Цей метод є ефективним та оцінкою змін, спричинених будівельними процесами, а також відстеження впливу цих змін на об’єкти моніторингу.

Моніторинг циклу, залежно від складності та відповідальності об'єкта. У випадку, коли об’єкт є особливо складним або в більшості, може бути передбачена триваліша його тривалість або навіть організація постійного моніторингу. Це дозволяє не тільки виявляти поточні проблеми, але й оперативно реагувати на зміни.

У разі виявлення негативного техногенного впливу будівництва на об'єкти, що знаходяться під спостереженням, розробляються з усуненням або мінімізацією впливу цього впливу та його наслідків. Залежно від стадії виконання робіт, ці заходи реалізуються ефективними сторонами. Так, під час будівництва всі заходи знаються за завданнями і коштами інвестора (замовника). У період експлуатації об’єкта фінансування робіт з науково-технічного супроводу можна здійснювати з різних джерел, залучених відповідно до чинних нормативних актів, таких як ДБН В.1.2-5.

Відповідно до чинних нормативних актів (ДБН В.1.2-5, пункт 1.4), виконання геодезичного моніторингу повинні здійснюватися організаціями, які мають відповідну ліцензію та спеціалізуються на проведенні геодезичних спостережень. Це забезпечує відповідність робіт встановленим стандартам і вимогам, а також високу якість отриманих результатів.

Таким чином, проведення геодезичного моніторингу є важливою складовою будівельного процесу, яка забезпечує своєчасне реагування на можливості негативного впливу, сприяючи безпечній експлуатації об’єкта та стабільності прилеглих територій.

Періодичність виконання моніторингу наведена в таблиці 5.7.

ВПЗ

Таблиця 5.7 - Періодичність виконання моніторингу

Вид деформації	Частота вимірів					
	Під час будівництва			2-3 роки після будівництва	експлуатація	
	Фунда-мент	Кожні 5 поверх	Закінчення будівн- ицтва	1-2 рази на квартал	2 рази на рік	постійно
Осідання	+	+	+	+	+	-
Нерівномірне осідання	+	+	+	+	+	-
Прогин фундаментів	+	+	+	+	+	-
Крен будівлі	-	+	+	+	+	+

У ході виконання геодезичного моніторингу частота проведення спостережень та кількість циклів вимірювань встановлюються залежно від динаміки деформацій, які виникають. У разі активізації процесів деформації, коли їх інтенсивність збільшується, частота вимірювань виконується. Це дозволяє отримувати більш детальну картину змін, що відбуваються, і оперативно проводити заходи для усунення своїх наслідків або стабілізації стану об'єкта.

Навпаки, якщо спостерігається стабілізація ситуації та наявність значних змін у параметрах деформацій, кількість циклів може бути зменшена, а інтервали між ними збільшені. Такий підхід дозволяє раціонально використовувати ресурси без втрат

Під час виконання роботи моніторинг проводився з урахуванням цих принципів, що забезпечувало адаптацію частоти спостережень до реальних умов, підвищуючи ефективність та економічність.

ВГЗ

6 Рекомендації щодо удосконалення методів геодезичного моніторингу будівництва житлового комплексу з урахуванням вимог екологічної безпеки

Будівництво житлових комплексів у міських умовах супроводжується підвищеним рівнем техногенного навантаження на довкілля та існуючу забудову. Це потребує впровадження системи геодезичного моніторингу, спрямованого на виявлення деформацій несучих конструкцій, осідання фундаментів, зсувів та інших змін просторово-геометричних параметрів, що можуть вплинути на безпеку об'єкта та навколишнього середовища. Екологічна безпека виступає ключовим параметром, оскільки зміни в геометричних характеристиках споруди часто пов'язані з порушенням ґрунтових вод, перенавантаженням ґрунту та змінами стану прилеглих природних систем. З огляду на це, постає завдання удосконалення методів спостереження, інтерпретації та аналізу просторово-часових змін об'єкта і прилеглої території.

1. Концептуальні засади геодезичного моніторингу в контексті екологічної безпеки.

Підвищення ефективності моніторингу досягається на основі комплексного поєднання різних методів визначень та джерел просторової інформації. Такий підхід дозволяє отримати багаторівневу картину деформацій, осідань та переміщень конструкцій з різною деталізацією і періодичністю. У системі контролю доцільно застосовувати:

- глобальні супутникові навігаційні системи (GNSS) у режимі реального часу (RTK/RTN) для безперервного відстеження критичних елементів конструкцій;
- роботизовані електронні тахеометри для систематичних вимірювань контрольних геодезичних марок;
- наземне лазерне сканування (TLS) та фотограмметрію з безпілотних літальних апаратів для створення високоточної тривимірної моделі об'єкта та прилеглої території;
- дані супутникової інтерферометрії (InSAR) для аналізу великих територій та виявлення повільних процесів осідання або підняття поверхні.

ВПЗ

На рисунку 6.1 показана структурна схема комплексу методів геодезичного моніторингу.

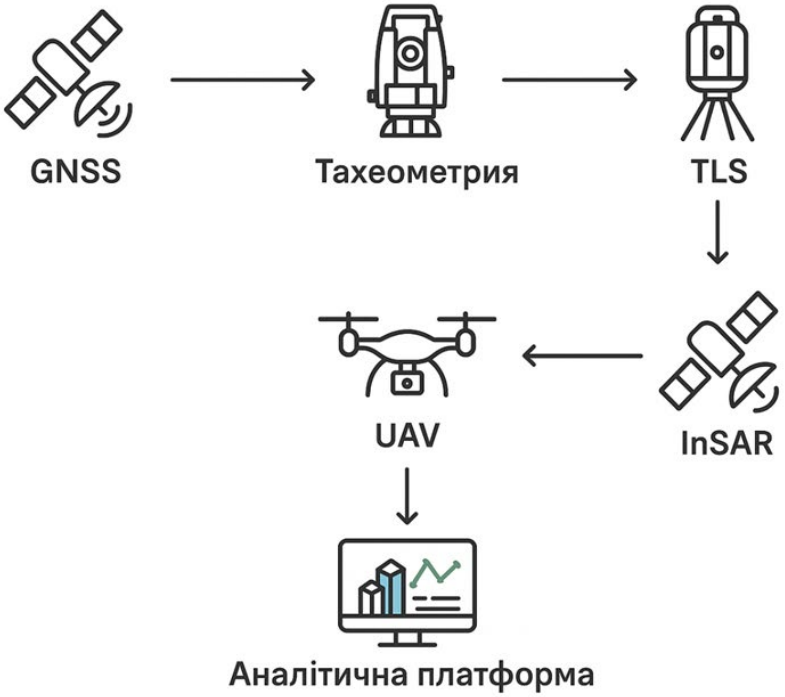


Рисунок 6.1 - Структурна схема комплексу методів геодезичного моніторингу

Основними методами є:

- GNSS у режимах RTK та постобробки - для контролю ключових конструктивних вузлів;

- роботизована тахеометрія - для детального визначення зміщень контрольних марок;

- TLS (наземне лазерне сканування) - для побудови детальних 3D-моделей об’єкта;

- фотограмметричні зйомки з безпілотних літальних апаратів (БПЛА) - для регулярного картування рельєфу та фасадів;

- супутникова інтерферометрія (InSAR) - для контролю великих територій та повільних вертикальних переміщень.

Поєднання даних різних методів підвищує надійність контролю, дозволяє

взаємно верифікувати результати та своєчасно реагувати на відхилення від проектних параметрів.

2. Організація мережі контрольних пунктів та вимірювань.

В основі якісного моніторингу лежить раціональна побудова геодезичної мережі. Опорні пункти повинні мати стійке закріплення та бути розміщені поза зоною можливих деформацій. Для контролю елементів споруди та земної поверхні формується мережа контрольних марок, які рівномірно розміщуються на конструктивних елементах та в зонах потенційних деформацій. Доцільним є встановлення частини контрольних точок у вигляді автоматизованих GNSS-приладів або датчиків зміщення з можливістю передачі даних у режимі реального часу.

Для забезпечення достовірності результатів необхідно застосовувати регламентовані інтервали повторних вимірювань: для найбільш відповідальних конструкцій – безперервно або з інтервалом декілька годин, для зон загального контролю – один раз на добу чи тиждень залежно від етапу будівництва та статусу ризику.

3. Використання цифрових моделей та аналітичних платформ.

Ефективність моніторингу значно підвищується завдяки створенню єдиного інформаційного простору на основі цифрових тривимірних моделей (Digital Twin). Об’єднання даних GNSS, тахеометрії, сканування, а також екологічних сенсорних систем у єдиній аналітичній платформі дозволяє:

- відслідковувати динаміку змін у реальному часі;
- проводити автоматичне виявлення аномалій;
- прогнозувати розвиток деформацій із застосуванням моделей машинного навчання;
- оцінювати взаємозв’язок техногенного навантаження з екологічними показниками (рівень ґрунтових вод, шумові та вібраційні навантаження, запиленість повітря).

Таким чином забезпечується не лише контроль точності будівництва, а й своєчасне попередження потенційно небезпечних ситуацій для довкілля.

4. Інтеграція екологічних вимог у процес моніторингу.

Геодезичний моніторинг повинен бути узгоджений із планом управління екологічними ризиками будівництва. До системи контролю доцільно включати параметри, що характеризують стан природного середовища: деформації прилеглих грунтів, коливання гідрологічного режиму, зміни рослинного покриву, вплив вібрацій та шуму на оточуючу забудову. При виявленні критичних відхилень необхідно передбачати механізми оперативного реагування – від коригування технологій виконання робіт до тимчасового призупинення будівництва.

5. Забезпечення якості та регламентування процедур

Важливим аспектом є наявність чітко сформульованих регламентів виконання вимірювань, обробки даних та звітності. Для цього розробляються:

- інструкції з калібрування і технічного обслуговування обладнання;
- протоколи перевірки результатів (QA/QC);
- стандартизовані форми звітів із графічними та аналітичними матеріалами.

Регулярне документування результатів моніторингу забезпечує прозорість взаємодії з контролюючими органами та зменшує соціальну напругу серед населення.

ВІТЗ

Висновки

За результатами виконання геодезичного моніторингу для будівництва житлового комплексу з об’єктами соціально-громадського призначення, паркінгами та благоустроєм пам’ятки природи «Крістерова гірка» м. Київ було встановлено, що моніторинг є невід'ємною складовою частиною всіх етапів будівництва та експлуатації об'єкта. в цьому випадку були враховані важливі фактори, які вимагають постійного контролю. Найважливіше завдання геодезичного моніторингу — це забезпечення стабільності будівельних конструкцій та мінімізація впливу на навколишнє середовище, зокрема на природні пам'ятки, що мають культурну й екологічну цінність.

Проектування та реалізація геодезичної мережі стали основою для точного визначення осідань і горизонтальних деформацій, що є великими показниками для оцінки стійкості та безпеки конструкції. Для забезпечення високої точності моніторингу використовувалися сучасні технології, такі як лазерне сканування, GPS та інші інноваційні методи, які дозволили виділити вимірювання з високою точністю, що в свою чергу прийшло на помилкове виявлення будь-яких-відмов від норми.

Одним із ключових аспектів моніторингу є регулярність проведення вимірювань. Залежно від результатів моніторингу, частота вимірювань може змінюватися, що дозволяє адаптувати процеси до конкретних умов та технічних умов. У разі виявлення деформацій або інших відхилень, вживаються відповідні коригувальні заходи, які можуть мінімізувати або повністю усунути негативний вплив на об'єкт. Зважаючи на особливу важливість контролю за стабільністю його об'єкта будівництва та впливом на навколишнє середовище, особливу увагу було приділено техніці безпеки та охороні праці при виконанні геодезичних вимірювань.

Геодезичний моніторинг будівництва житлового комплексу,

ВТЗ

розташованого на території природної пам'ятки «Крістерова гірка», виявився важливою складовою для забезпечення безпеки та збереження стабільності як самого об'єкта, так і навколишнього середовища. Дотримання методик геодезичних вимірювань дозволяє вільно виявляти деформації та осідання, що, у свій час, допоможе мінімізувати ризики для здоров’я та безпеки комплексу майбутніх мешканців, а також для природних ресурсів, що відочують забудову. Спеціально розроблена геодезична мережа, на основі якої проводилися моніторингові вимірювання, забезпечує точність результатів, що дозволяє адекватно реагувати на зміни в поведінці будівельних конструкцій у реальному часі.

Особлива увага приділялася техніці безпеки, що є важливою складовою частиною геодезичних робіт. Проведення робіт на будівельному майданчику, зокрема з використанням електронних тахеометрів і лазерних приладів, вимагало чіткої дисципліни дотримання інструкцій з охорони праці, що зменшує можливість травмування та негативного впливу на здоров'я працівників. Навчання персоналу та перевірки перевірки технічного стану обладнання гарантують безперебійну роботу та забезпечення високої якості

Процес моніторингу дозволяє своєчасно реагувати на будь-які зміни, що забезпечують процес будівництва, а також тимчасово коригувати планування та проведення робіт для запобігання негативному впливу на навколишнє середовище, зокрема на пам'ятки природи. Усі етапи геодезичного моніторингу повинні проводитися в рамках чітко визначених стандартів і норм, які вказують на важливість забезпечення.

Загалом, проведений геодезичний моніторинг є необхідною складовою частиною будівництва, яке включає житлові комплекси, об’єкти соціально-громадського призначення, паркінги та благоустрій пам’ятки природи, зокрема, в умовах таких міст як Київ. Він дозволяє забезпечити точність, стабільність та безпеку будівельних конструкцій усього етапу будівництва, а

ВІЗ

також у подальшому під час експлуатації. Система моніторингу дозволяє вчасно в

Поряд із технічними аспектами виконання геодезичних вимірювань, також важливим є постійне увага до техніки безпеки.

Таким чином, успішне впровадження геодезичного моніторингу та чітке дотримання всіх рекомендацій та стандартів дозволяє не тільки мінімізувати вплив будівельних робіт на навколишнє середовище, але й надійність, безпеку й стабільність новобудов. У підсумку проведення геодезичного моніторингу на таких масштабних і відповідних об’єктах запорукою їх довговічності та безпечної функції.

За результатами досліджень опубліковано тези доповідей на міжнародних науково-технічних та науково-практичних конференціях [27-30].

ВПЗ

Список використаних джерел

1. ДБН А.2.1-1-2008 Інженерні вишукування для будівництва. Київ : Мінрегіонбуд України, 2008. (Наказ від 05.02.2008 № 56).

2. ДБН А.2.1-1-2014 Вишукування, проектування і територіальна діяльність. Інженерні вишукування для будівництва. Київ : Мінрегіон України, 2014. (Наказ від 24.03.2014 № 83).

3. ДБН А.3.2-2-2009 Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009.

4. ДБН В.1.2-5:2007 Науково-технічний супровід будівельних об'єктів. Київ : Мінрегіонбуд України, 2007. (Наказ від 05.04.2007 № 119).

5. ДБН В.1.2-12-2008 Система надійності та безпеки в будівництві. Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки. Київ : Мінрегіонбуд України, 2008. (Наказ від 27.08.2008 № 385).

6. ДБН В.1.3-2:2010 Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Геодезичні роботи у будівництві. Зі Зміною № 1. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010.

7. ДБН В.2.1-10-2018 Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. Київ : Мінрегіон України, 2018. (Наказ від 02.08.2018 № 200).

8. ДБН В.2.2-24:2009 Будинки і споруди. Проектування висотних житлових і громадських будинків. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009.

9. ДБН В.2.6-98-2009 Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009.

10. ДСТУ Б В.2.1-30:2014 Ґрунти. Методи вимірювання деформацій основ будинків і споруд. Київ : Мінрегіон України, 2015.

11. ДСТУ Б В.2.6-200:2014 Конструкції металеві будівельні. Вимоги до монтажу. Київ : Мінрегіон України, 2014.

12. ДСТУ Б Д.1.1-7:2013 Правила визначення вартості проектно-вишукувальних та експертизи проектів будівництва. Київ : Мінрегіонбуд України, 2013.

ВПЗ

13. ДСТУ-Н Б А.1.3-1:2016 Визначення параметрів будівель, споруд і території забудови. Загальні вимоги. Київ : Мінрегіонбуд України, 2016.

14. ДСТУ-Н Б В.1.2-16:2013 Визначення класу наслідків (відповідальності) та категорії складності об‘єктів будівництва. Київ : Мінрегіонбуд України, 2013.

15. ДСТУ-Н Б В.1.2-17:2016 Настанова щодо науково-технічного моніторингу будівель і споруд. Київ : Мінрегіонбуд України, 2016.

16. ДСТУ-Н Б В.1.3-1:2009 Виконання вимірювань, розрахунок та контроль точності геометричних параметрів. Настанова. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009.

17. Застосування геодезичних і маркшейдерських технологій у моніторингу деформацій техногенних об’єктів / Заболотна Ю.О. та ін. // Вісник геодезії та картографії. 2025. DOI:10.26642/ten-2025-1(95)-131-137.

18. ISO 18674-3:2017 specifies the measurement of displacements across a line by means of inclinometers carried out for geotechnical monitoring. (Геотехнічний моніторинг. Інклінометрні вимірювання). International Organization for Standardization, 2017.

19. ISO 18674-1:2015 Geotechnical investigation and testing. Geotechnical monitoring. Part 1: General rules. (Геотехнічні дослідження та випробування. Геотехнічний моніторинг. Частина 1: Загальні правила). International Organization for Standardization, 2015.

21. Wolf, P. R. Adjustment Computations: Spatial Data Analysis / P. R. Wolf, C. D. Ghilani. – New Jersey : Wiley, 2012. – 584 c.

22. Innovative Geoinformation Systems for the Design of Communication Paths / Yevheniia Ugnenko, Olha Tymchenko, Elena Uzhviieva, Nataliia Sorochuk, Gintas Viselga // Environmental Engineering: 11th International Conference, Vilnius Gediminas Technical University, Vilnius, Lithuania, 2020, Article ID: enviro.2020.693, DOI:10.3846/enviro.2020.693.

23. Innovative Methods of Using Laser Scanning and Geoinformation Systems for Design of Communication Routes / Sergii Panchenko, Ievgeniia Ugnenko; Valentina Yurchenko, Elena Uzhviieva; Nataliia Sorochuk; Yevhen Korostelov / 12th International Conference “Environmental Engineering”, Transportation Science and Technology,

ВПЗ

Vilnius Gediminas Technical University, Vilnius, Lithuania, April 27–28, 2023, article number: enviro.2023.843, DOI: 10.3846/enviro.2023.843..

24. Geoinformation systems design of repairs of connection roads on the basis of laser scanning / Ievgeniia Ugnenko; Elena Uzhviieva; Nataliia Sorochuk; Valentina Yurchenko; Gintas Viselga // AIP Conference ProceedingsThis link is disabled., AIP Conf. Proc. 2684, 020012 (2023), DOI: 10.1063/5.0121327

25. Application of Laser Technologies for Scanning Communication Routes While Restoring the Infrastructure of Ukraine / Sergii Panchenko, Yevgeniia Ugnenko, Elena Uzhviieva, Yevhen Korostelov, Nataliia Sorochuk // International Conference TRANSBALTICA: Transportation Science and Technology, TRANSBALTICA 2023: TRANSBALTICA XIV: Transportation Science and Technology, Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure, 2024, pp 3–11. DOI: 10.1007/978-3-031-52652-7_1

26. Навчальна геодезична практика: Навч. посібник, 2-ге вид. / Угненко Є.Б., Шевченко А.О., Ужвієва О.М., Коростельов Є.М., Бєлікова Н.В., Сорочук Н.І. - Київ: Видавничий дім «Кондор», 2024. - 228 с.

27. Використання інноваційних комп'ютерних технологій для камеральної обробки геодезичних даних / Н.І. Сорочук , Ю.О. Сорочук // Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки: Міжнародна науково-практична конференція молодих науковців, аспірантів і здобувачів вищої освіти, 21-22 травня 2020 року, м. Рівне: Тези доповідей. – Рівне, НУВГП, 2020.

28. Використання методики лазерного сканування поверхні лінійних об'єктів при створенні проектів будівництва / Є.Б. Угненко, Н.І. Сорочук, О.Н. Ужвієва, Ю.О. Сорочук // Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція молодих учених та студентів «Сучасні проблеми містобудування. Перспективи та пріоритети розвитку», Україна, м. Луцьк, ЛНТУ, 19 листопада 2021 р., Тези доповідей конференції, с.120-123.

29. Характеристика інженерно-екологічних вишукувань лінійних об'єктів / Н.І. Сорочук , Ю.О. Сорочук // VII Міжнародна науково-практична інтернет-

конференція молодих учених та студентів «Інновації у будівництві», Україна, м. Луцьк, ЛНТУ, 12 травня 2022 року, Тези доповідей конференції, с. 1-3.

30. Модернізація геодезичних методів для відновлення енергетичної інфраструктури України / Наталія СОРОЧУК, Євгенія УГНЕНКО, Григорій ШАРИЙ, Анна ШЕВЧЕНКО // Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні тенденції розвитку геодезії, землеустрою та природокористування» , 19-20 червня 2025 р., ОДАУ, Факультет геодезії, землеустрою та агроінженерії, Одеса, 2025 р., Тези доповідей конференції, с. 15-19.

ВІТЗ

ДОДАТОК А

3D-модель об’єкта геодезичного моніторингу



ВЦТЗ