

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ  
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З. ГЖИЦЬКОГО  
Факультет землевпорядкування та інфраструктурного розвитку  
Кафедра геодезії і геоінформатики

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Освітнього ступеня «Бакалавр»

на тему: **«Комплекс геодезичних робіт при проведенні випробувань  
перекриття громадської будівлі»**  
Спеціальність 193 «Геодезія та землеустрій»

Виконав: студент групи ЗВ-423 сп  
Шабан Остап Тарасович

Керівник: к.е.н., доцент Рій І.Ф.

Рецензент: \_\_\_\_\_  
(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2026



**УДК 528.4:624.04(043.2).**

Комплекс геодезичних робіт при проведенні випробувань перекриття громадської будівлі. Шабан Остап Тарасович. Кваліфікаційна робота. Кафедра геодезії і геоінформатики. – Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького, 2026.

71 сторінка текстової частини, 12 таблиць, 21 рисунок, 29 літературних джерел, презентація.

У дипломній роботі розглянуто особливості виконання комплексу геодезичних робіт при проведенні випробувань перекриття громадської будівлі. Досліджено теоретичні основи геодезичного моніторингу будівельних конструкцій під навантаженням, проаналізовано сучасні методи спостереження за деформаціями та прилади, що застосовуються для контролю просторового положення конструкцій.

У роботі виконано геодезичний моніторинг існуючого стану опор нового вбудованого перекриття будівлі, проведено аналіз отриманих результатів та їх математичне опрацювання. Визначено фактичне положення конструктивних елементів і оцінено їх відповідність проєктним параметрам.

Особливу увагу приділено розробленню комплексу геодезичних робіт під час проведення випробувань вбудованого сталезалізобетонного перекриття. Обґрунтовано вибір геодезичних приладів та запропоновано схеми їх розташування для забезпечення необхідної точності контролю прогинів і деформацій конструкції під навантаженням.

Результати дослідження можуть бути використані для геодезичного супроводу випробувань будівельних конструкцій, контролю їх технічного стану та забезпечення безпечної експлуатації будівель і споруд.

**Ключові слова:** геодезичний моніторинг, деформації конструкцій, громадська будівля, сталезалізобетонне перекриття, геодезичні вимірювання, прогини, будівельні конструкції, геодезичний контроль.

## ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 ОСНОВИ ГЕОДЕЗИЧНОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ДЕФОРМУВАННЯМ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПІД НАВАНТАЖЕННЯМ	6
1.1 Геодезичні роботи будівельного виробництва	6
1.2 Геодезичний моніторинг будівель та споруд	8
1.3 Геодезичні прилади для виконання моніторингу будівель та споруд	13
2 ГЕОДЕЗИЧНИЙ МОНІТОРИНГ ІСНУЮЧОГО СТАНУ ОПОР КОНСТРУКЦІЙ ВБУДОВАНОГО ПЕРЕКРИТТЯ БУДІВЛІ	29
2.1. Архітектурно-конструктивні рішення каркасу існуючої промислової будівлі	29
2.2. Результати геодезичного моніторингу існуючих опор нового вбудованого перекриття	33
2.3. Математична обробка геодезичних вимірів висотних відміток	36
3. ПРОЕКТНІ РІШЕННЯ КОМПЛЕКСУ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ВИПРОБУВАНЬ ВБУДОВАНОГО СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННОГО ПЕРЕКРИТТЯ БУДІВЛІ	27
3.1. Загальні засади перетворення занедбаних промислових районів в сучасні житлові квартали	47
3.2. Обґрунтування необхідності влаштування нового вбудованого самонапруженого сталезалізобетонного перекриття	50
3.3. Застосування геодезичних приладів під час випробування ділянки вбудованого сталезалізобетонного перекриття будівлі	53
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	62
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ	64
ВИСНОВКИ	67
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	69

## ВСТУП

У сучасних умовах розвитку міст особливої актуальності набувають питання раціонального використання існуючого будівельного фонду та реконструкції будівель, що втратили своє первинне функціональне призначення. Значна кількість промислових споруд, збудованих у другій половині ХХ століття, сьогодні не використовується за призначенням або експлуатується частково. Водночас потреба у житлових і громадських приміщеннях постійно зростає, що зумовлює необхідність пошуку ефективних шляхів адаптації існуючих будівель до сучасних потреб.

Одним із перспективних напрямів є реконструкція промислових об'єктів із подальшою зміною їх функціонального призначення. Такий підхід дозволяє раціонально використовувати міські території, зменшувати витрати на будівництво та зберігати наявну інженерну інфраструктуру. Водночас реалізація реконструкційних проєктів потребує технічного обстеження будівель і контролю за станом їх конструкцій. Важливу роль у цьому процесі відіграють геодезичні роботи, які забезпечують отримання достовірної інформації про просторове положення конструктивних елементів, їх деформації та зміни геометричних параметрів під час виконання будівельно-монтажних робіт. Сучасні геодезичні методи та електронні прилади дають змогу контролювати технічний стан конструкцій на всіх етапах реконструкції та своєчасно виявляти відхилення від проєктних параметрів.

Особливого значення геодезичний моніторинг набуває під час реконструкції будівель зі значним терміном експлуатації, оскільки дозволяє оцінити надійність існуючих конструкцій і забезпечити безпечне виконання будівельних робіт. Використання сучасних технологій вимірювань та методів математичного опрацювання результатів сприяє підвищенню точності контролю й ефективності прийняття інженерних рішень.

Таким чином, питання геодезичного забезпечення та моніторингу будівельних конструкцій під час реконструкції промислових споруд є актуальним і має важливе практичне значення для сучасного будівництва.

# **1 ОСНОВИ ГЕОДЕЗИЧНОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ДЕФОРМУВАННЯМ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПІД НАВАНТАЖЕННЯМ**

## **1.1. Геодезичні роботи будівельного виробництва**

Геодезичне забезпечення є невід'ємною складовою будівельного виробництва та належить до основних видів робіт, які супроводжують процес зведення будівель і споруд різного функціонального призначення. Його головним завданням є визначення просторового положення об'єктів будівництва, встановлення їх геометричних параметрів, а також створення цифрових, аналітичних та просторових моделей місцевості й окремих конструктивних елементів. Для виконання зазначених робіт застосовують сучасні геодезичні методи, високоточні вимірювальні прилади та спеціалізоване програмне забезпечення.

Організація геодезичного супроводу покладається на відповідні підрозділи будівельних підприємств або на спеціалізовані геодезичні організації, які мають необхідні дозвільні документи. Планування виконання робіт здійснюється відповідно до затвердженого календарного графіка будівництва з урахуванням послідовності загальнобудівельних, монтажних та спеціальних процесів. При цьому точність геодезичних вимірювань повинна забезпечувати відповідність фактичного положення конструкцій вимогам проєктної документації, державних стандартів і чинних нормативних документів.

До початку будівельних робіт виконується перевірка проєктної документації, що використовується для винесення проєкту в натуру. Особлива увага приділяється узгодженню координат, розмірних характеристик та висотних відміток. Після проведення перевірки документація підлягає погодженню представниками технічного нагляду замовника та допускається до практичного використання.

Одним із найважливіших етапів геодезичного забезпечення є створення геодезичної розбивочної мережі будівництва. Вона слугує основою для перенесення в натуру головних і допоміжних осей будівель, споруд та інженерних мереж. До її складу входить зовнішня розбивочна мережа, яка забезпечує виконання подальших детальних розмічувальних робіт на території будівельного майданчика.

Зовнішня геодезична мережа використовується для закріплення осей споруд, виконання монтажних розбивок, контролю положення технологічного обладнання, проведення виконавчих знімів та спостережень за деформаційними процесами. На її основі створюються локальні мережі для окремих будівель і споруд, які забезпечують необхідну точність геодезичних робіт на всіх етапах будівництва.

Для виконання високоточних розбивочних робіт у межах споруди формується внутрішня геодезична мережа. Вона створюється на вихідному та монтажних горизонтах і пов'язується із зовнішньою мережею єдиною системою координат. Такий підхід дозволяє здійснювати контроль геометричних параметрів конструкцій під час спорудження надземної частини об'єкта.

Окрему групу становлять спеціальні геодезичні мережі, призначені для монтажу технологічного обладнання та виконання високоточних вимірювань. Крім того, геодезичні служби здійснюють контроль правильності розташування конструктивних елементів, перевірку геометричних параметрів будівель і фундаментів, а також оформлення виконавчої документації за результатами виконаних знімів.

Важливе місце у системі геодезичного забезпечення займають спостереження за деформаціями споруд. Контроль осідань, кренів, горизонтальних зміщень та інших деформаційних процесів виконується для новозбудованих об'єктів, інженерних мереж, підземних споруд і прилеглої забудови. Необхідність проведення таких робіт визначається проектною документацією, вимогами технічного чи авторського нагляду, а також рішеннями контролюючих органів.

Будівельні підприємства, що здійснюють будівельно-монтажну діяльність на підставі відповідних дозволів або ліцензій, повинні мати у своєму складі геодезичні служби. Їх організаційна структура, чисельність персоналу та функціональні обов'язки встановлюються залежно від масштабів і специфіки виконуваних робіт та регламентуються внутрішніми нормативними документами підприємства.

## **1.2 Геодезичний моніторинг будівель та споруд**

Геодезичний моніторинг являє собою комплекс взаємопов'язаних робіт, що охоплює виконання вимірювань, реєстрацію отриманих результатів, їх опрацювання та подальший аналіз відповідно до вимог чинної нормативно-технічної документації. Загальну структуру системи геодезичного моніторингу наведено на рисунку 1.1 [11–13].

Об'єктами геодезичного моніторингу можуть бути основи та фундаменти будівель, несучі й огорожувальні конструкції, інженерні мережі, підземні споруди, а також навколишня забудова, що може зазнавати впливу будівельних робіт. Для висотних, унікальних, експериментальних і технічно складних об'єктів геодезичний моніторинг є складовою науково-технічного супроводу будівництва та входить до загальної системи контролю технічного стану споруди [10].

Проведення моніторингових спостережень здійснюється за допомогою сучасних геодезичних методів, високоточних приладів та автоматизованих вимірювальних систем відповідно до затвердженої програми робіт і технічного завдання. Програму та проєкт геодезичного моніторингу розробляє спеціалізована організація-виконавець. Після розроблення документація погоджується генеральним проєктувальником і затверджується замовником.

Під час підготовки технічного завдання враховують функціональне призначення споруди, особливості її конструктивної схеми та інженерно-геологічні умови території будівництва. У технічному завданні визначають:

конструктивні елементи та частини споруди, що підлягають контролю; місця розташування вихідних пунктів, реперів і деформаційних марок; періодичність проведення вимірювань; необхідну точність спостережень; склад звітної документації та форму подання результатів.

Геодезичний моніторинг охоплює контроль стану основи споруди, фундаментів, надземних конструкцій та інженерних комунікацій. У процесі спостережень визначаються основні параметри деформацій.

Для ґрунтової основи контролюються: вертикальні переміщення та осідання ґрунту; горизонтальні зміщення масиву основи.

Для фундаментів визначають: абсолютні значення осідань; середні величини осідань; нерівномірність осідань; відносні показники нерівномірних деформацій.

Для надземної частини будівлі здійснюють контроль: відхилень від вертикального положення (кренів); деформацій колон, стін та інших несучих елементів; появи, ширини розкриття та розвитку тріщин; просторових переміщень окремих конструкцій.

Методи виконання геодезичних спостережень і вимоги до точності визначення деформацій повинні відповідати вимогам нормативних документів, зокрема ГОСТ 24846 та чинних державних будівельних норм. Для висотних, складних та експериментальних споруд моніторинг під час будівництва виконується відповідно до спеціально розроблених методик, які входять до складу проєкту виконання геодезичних робіт або оформлюються окремим проєктом моніторингу [8; 9].

Проєкт геодезичного моніторингу повинен містити обґрунтування вибраної методики спостережень, схему розташування вихідних пунктів і деформаційних марок, графік проведення вимірювань, вимоги до точності визначення деформацій, порядок опрацювання результатів та форми підготовки технічної звітності.

**Основні положення.** У нормативному документі наведено точне визначення геометричного параметра, його характеристик точності та

взаємозв'язку між ними. Також подано роз'яснення таких понять, як точність геометричного параметра та методика її розрахунку, функціональні й технологічні допуски, статистичний аналіз точності та контроль точності. Крім того, встановлено основні вимоги до виконання вимірювань елементів заводського виготовлення та геометричних параметрів будівельних конструкцій і споруд.

**Розрахунок точності.** Розрахунок точності здійснюється на основі функціональних вимог, які встановлюються для будівель і споруд. Він виконується на стадії проектування конструкцій з метою забезпечення необхідних експлуатаційних характеристик при мінімальних матеріальних і трудових витратах.

У процесі розрахунку визначають кінцеві розрахункові значення геометричних параметрів, які надалі порівнюють із допустимими значеннями. За результатами такого аналізу уточнюють номінальні значення результативних і складових параметрів, встановлюють вимоги до їх точності, визначають правила контролю, а також обирають способи й послідовність виконання технологічних операцій та методи забезпечення необхідної точності.

Основою розрахунку є рівняння, що описує залежність між результативним параметром і параметрами, які його формують. Саме це рівняння використовується як вихідне для визначення точності.

**Технологічні допуски.** Точність виготовлення будівельних елементів характеризується допусками та граничними відхиленнями лінійних розмірів, а також точністю форми й взаємного розташування поверхонь. У нормативному документі наведено характеристики допусків прямолінійності та відповідних граничних відхилень від прямолінійності, допусків площинності та допустимих відхилень від площинності, а також допусків перпендикулярності й граничних відхилень від заданого перпендикулярного положення.

**Функціональні допуски.** У цьому розділі наведено номенклатуру функціональних допусків, які визначають допустимі межі відхилень розмірів, форми та взаємного положення елементів будівель і споруд. Функціональні

вимоги формуються з урахуванням рівня надійності конструкцій, а також конструктивних, технологічних, естетичних, економічних та інших чинників. Призначені допуски повинні забезпечувати дотримання встановлених експлуатаційних характеристик будівель, споруд та їх окремих елементів у межах допустимих значень.

**Статистичний аналіз точності.** Статистичний аналіз дає можливість оцінити закономірності розподілу фактичних значень геометричних параметрів будівельних конструкцій та їх складових елементів.

Під час перевірки статистичної однорідності технологічного процесу встановлюють:

- відповідність розподілу фактичних відхилень параметра в об'єднаній вибірці теоретичному закону розподілу;
- стабільність вибіркового середнього відхилення, яке характеризує систематичні похибки процесу;
- стабільність вибіркового середнього квадратичного відхилення або розмаху, що характеризують випадкові похибки технологічного процесу.

**Контроль точності.** Контроль точності повинен забезпечувати:

- визначення з установленою ймовірністю відповідності геометричних параметрів вимогам нормативної, технологічної та проектної документації;
- отримання інформації, необхідної для оцінювання та регулювання точності технологічних процесів.

Встановлено, що контроль точності доцільно виконувати переважно вибірковими методами за альтернативними або кількісними ознаками. За необхідності допускається проведення суцільного контролю.

Суцільний контроль застосовується у випадках:

- невеликих обсягів виробництва;
- нестабільного характеру виробничих процесів;
- підвищених вимог до забезпечення необхідної точності.

**Правила виконання вимірювань. Загальні положення.** У стандарті встановлено терміни та визначення, що використовуються під час виконання

вимірювань. Визначено об'єкти вимірювання та геометричні параметри, вимоги до точності яких регламентуються нормативною, проєктною та технологічною документацією.

**Правила виконання вимірювань елементів заводського виготовлення.** У документі визначено перелік приладів і засобів вимірювань, які застосовуються для контролю лінійних розмірів, їх відхилень, параметрів профілю поверхонь та кутових величин. Наведено схеми виконання вимірювань, методики визначення відхилень розмірів і форми елементів, а також допустимі похибки вимірювань, які враховуються під час вибору методів і засобів контролю.

**Правила виконання вимірювань параметрів будівель і споруд.** У розділі наведено типові схеми вимірювань геометричних параметрів будівельних об'єктів. Перевага надається методам прямих вимірювань. Визначено прилади та методики для контролю лінійних розмірів і їх відхилень, горизонтальних і вертикальних кутів, перевищень між точками, відхилень від вертикальності, прямолінійності та площинності конструкцій.

**Геодезичне забезпечення будівництва. Загальні положення.** Геодезичне забезпечення розглядається як комплекс організаційних, технологічних, технічних та інших заходів, спрямованих на забезпечення відповідності геометричних параметрів об'єктів будівництва вимогам проєктної та нормативної документації.

Під геодезичними роботами розуміють сукупність заходів щодо визначення просторового положення будівель і споруд, встановлення їх форми та розмірів, створення геометричних, аналітичних і цифрових моделей просторових об'єктів, а також контролю та моделювання їх просторового положення із застосуванням геодезичних методів, приладів та інструментів.

До складу геодезичних робіт належать:

– створення геодезичної розмічувальної мережі будівництва та побудова зовнішньої геодезичної розмічувальної мережі;

- виконання розмічувальних робіт для лінійних споруд або їх окремих частин;
- створення внутрішньої геодезичної розмічувальної мережі будівель і споруд;
- побудова спеціальних розмічувальних мереж для монтажу технологічного обладнання;
- геодезичний контроль точності геометричних параметрів будівель і споруд;
- геодезичні вимірювання деформацій та моніторинг стану основ, фундаментів, конструкцій будівель, споруд та їх окремих елементів.

### **1.3 Геодезичні прилади для виконання моніторингу будівель та споруд**

**Лазерний нівелір Bosch GLL 2-80 Professional.** Лазерний нівелір **Bosch GLL 2-80 Professional** є сучасним автоматичним лазерним приладом, призначеним для виконання розмічувальних і монтажних робіт у будівництві. Завдяки оригінальній оптичній конструкції цей прилад забезпечує побудову двох взаємно перпендикулярних лазерних площин із широким кутом розгортки, що значно розширює можливості його застосування. Загальний вигляд приладу наведено на рисунку 1.2, а його основні технічні характеристики подано в таблиці 1.1.

Особливістю моделі є використання спеціальних конічних призм, які забезпечують формування замкнених горизонтальної та вертикальної лазерних ліній. Це дозволяє виконувати розмічування приміщень із високою точністю та мінімізувати похибки під час будівельно-монтажних робіт.



Рис. 1.2. Загальний вигляд лазерного нівеліра Bosch GLL 2-80 Professional

Таблиця 1.1

Технічні характеристики лазерного нівеліра Bosch GLL 2-80 Professional

Найменування показника	Значення
Точність при горизонтальному встановленні	$\pm 2$ мм на 10 м
Діапазон роботи компенсатора	$\pm 4^\circ$
Дальність роботи з приймачем	до 80 м
Дальність роботи без приймача	до 20 м
Кут розгортки вертикальної площини	$360^\circ$
Кут розгортки горизонтальної площини	$360^\circ$
Ступінь захисту корпусу	IP54
Довжина хвилі лазерного випромінювання	640 нм
Клас лазера	2
Джерело живлення	4 батареї типу AA, 1,5 В
Робочий температурний діапазон	від $-10^\circ\text{C}$ до $+45^\circ\text{C}$

Прилад широко застосовується під час виконання внутрішніх оздоблювальних робіт, зокрема для штукатурення та вирівнювання поверхонь, монтажу підвісних стель, перегородок, облицювальних конструкцій та інженерних систем. Також нівелір активно використовується під час ремонтних робіт у житлових і громадських будівлях.

Однією з переваг Bosch GLL 2-80 Professional є можливість побудови лазерних площин на мінімальній відстані від конструкцій приміщення. Вертикальна площина може проектуватися практично впритул до стіни, а горизонтальна — на відстані близько 10 мм від поверхні стелі. Така особливість забезпечує зручність виконання високоточних монтажних та оздоблювальних робіт навіть у приміщеннях з обмеженим робочим простором.

**Експлуатація приладу.** Керування роботою лазерного нівеліра Bosch GLL 2-80 Professional здійснюється за допомогою тумблера живлення, який може перебувати у трьох положеннях: «ON», «OFF» та проміжному положенні.

У положенні «OFF» живлення приладу вимкнене, а маятниковий компенсатор перебуває у заблокованому стані, що забезпечує захист внутрішніх елементів під час транспортування та зберігання приладу.

Проміжне положення перемикача, позначене символом закритого замка, активує режим роботи із заблокованим компенсатором. У цьому режимі лазерні промені продовжують проектуватися на поверхні, однак автоматичне вирівнювання не виконується. Такий режим використовується для побудови похилих ліній під заданим кутом нахилу, що часто необхідно під час виконання монтажних та оздоблювальних робіт. Слід зазначити, що при роботі із заблокованим компенсатором лазерні лінії періодично блимають, сигналізуючи про відключення функції самовирівнювання. Частота блимання становить приблизно один раз на дві секунди.

Режим автоматичного самовирівнювання активується після переведення тумблера у положення «ON». У цьому випадку компенсатор розблоковується та автоматично встановлює лазерні площини у горизонтальне та вертикальне положення в межах допустимого діапазону компенсації. Завдяки цьому забезпечується висока точність розмічувальних робіт без необхідності ручного налагодження положення приладу.

На верхній частині корпусу розміщено дві функціональні кнопки. Перша кнопка призначена для вибору та перемикання режимів проєктування лазерних ліній, а друга використовується для активації імпульсного режиму роботи приладу. Розташування органів керування наведено на рисунку 1.3.

Імпульсний режим застосовується під час роботи з лазерним приймачем на значних відстанях або в умовах підвищеної освітленості, коли видимість лазерного променя зменшується. Використання даного режиму дозволяє збільшити ефективну дальність роботи приладу та підвищити зручність виконання геодезичних і будівельних вимірювань.

Експлуатація приладу. Тумблер може перебувати в трьох положеннях "ON", "OFF" і серединному.

Положення "OFF" - живлення лазерного рівня відключено, а компенсатор заблокований. При знаходженні фіксатора в серединне положення "закритий замок", включається режим роботи з похилими лініями або режим заблокованого компенсатора. Лінії в цьому випадку проєктуються, але не відбувається автовирівнювання. Режим служить для розбивки ліній під нахилом. Треба зауважити, що в цьому режимі лінії все ж блимають, тільки з меншою частотою приблизно раз в 2 секунди.

Режим самовирівнювання активується при включенні тумблера в положення "ON". У верхній частині корпусу знаходяться дві клавіші - клавіша перемикачів проєктуючих ліній і клавіша включення імпульсного режиму (див. рис. 1.3).



Рис. 1.3. Розташування панелі управління приладом на його верхній панелі

Лазерний нівелір дозволяє виконувати проєктування горизонтальних і вертикальних лазерних ліній як одночасно, так і окремо. Вибір необхідного режиму роботи здійснюється за допомогою нижньої клавіші керування. Для активації певної комбінації лазерних променів клавішу натискають один або декілька разів залежно від поставленого завдання.

Увімкнення імпульсного режиму виконується натисканням верхньої клавіші. Для його вимкнення необхідно повторно натиснути цю ж кнопку. Після увімкнення лазерного нівеліра Bosch GLL 2-80 Professional автоматично активується звуковий супровід роботи приладу. За необхідності звукову сигналізацію можна відключити, одночасно утримуючи обидві клавіші протягом трьох секунд. Підтвердженням успішного відключення є три короткі звукові сигнали.

З метою економії заряду елементів живлення прилад обладнаний функцією автоматичного вимкнення. Якщо протягом 30 хвилин не виконується жодних операцій, проєктування лазерних ліній припиняється автоматично. Незважаючи на очевидну перевагу такого рішення з точки зору енергозбереження, під час тривалих розмічувальних робіт це може спричинити незручності через несподіване вимкнення приладу.

**Певірка лазерного нівеліра Bosch GLL 2-80 Professional.** Перед початком виконання вимірювань рекомендується перевірити правильність роботи приладу та відповідність його точнісних характеристик паспортним даним.

Перевірка нівелювання горизонтального лазерного променя

Для виконання перевірки необхідно:

- установити нівелір на рівну горизонтальну поверхню на відстані приблизно 20 см від стіни та спрямувати лазерний промінь на неї;
- позначити точку перетину лазерних променів на стіні;
- повернути прилад на  $180^\circ$  та відмітити точку перетину променів на протилежній стіні;
- визначити відстані  $d_1$  та  $d_2$  між відповідними контрольними точками;
- знайти середини відрізків  $d_1$  і  $d_2$ ;
- якщо контрольні точки розташовані по різні сторони відносно центрів відрізків, від значення  $d_1$  відняти значення  $d_2$ ;
- отриману різницю поділити на подвоєну довжину приміщення.

За результатами перевірки максимальна похибка не повинна перевищувати 3 мм.

Перевірка точності горизонтального лазерного променя

Контроль виконують у приміщенні довжиною не менше 10 м.

Послідовність перевірки така:

- установити прилад біля одного краю приміщення та ввімкнути всі лазерні промені;

- закріпити мішень на відстані не менше 10 м таким чином, щоб точка перетину лазерних ліній збігалася з центром мішені ( $d_0$ ), а вертикальна лінія мішені проходила через центр вертикального лазерного променя;

- повернути нівелір на  $45^\circ$  за годинниковою стрілкою та зафіксувати на мішені положення точки  $d_1$ ;

- повернути прилад на  $90^\circ$  проти годинникової стрілки та визначити положення точки  $d_2$ ;

- виміряти вертикальні відстані  $d_0-d_1$ ,  $d_0-d_2$  та  $d_1-d_2$ .

За довжини вимірювального інтервалу 10 м допустиме відхилення не повинно перевищувати 5 мм.

Перевірка точності вертикального лазерного променя

Для контролю вертикального променя виконують такі операції:

- установлюють прилад на висоті приблизно 2 м від поверхні підлоги;

- на відстані 2,5 м від приладу встановлюють вертикальну мішень T1 таким чином, щоб вертикальний лазерний промінь проходив через її центр, після чого фіксують положення променя;

- другу мішень T2 розташовують на 2 м нижче від першої та також відмічають положення лазерного променя;

- на протилежному боці контрольної конструкції, використовуючи лазерний промінь, відмічають контрольну точку на підлозі на відстані близько 5 м від приладу;

- нівелір переставляють у відмічену точку та повторно спрямовують вертикальний промінь на мішені T1 і T2;

- перевіряють збіг положення лазерної лінії з раніше нанесеними контрольними позначками.

Результати перевірки дають можливість оцінити точність побудови вертикальної площини та визначити відповідність приладу встановленим метрологічним вимогам.

**Електронний тахеометр Spectra Geospatial FOCUS 50.** Для виконання геодезичних вимірювань під час моніторингу будівельних конструкцій

використовувався електронний тахеометр Spectra Geospatial FOCUS 50, загальний вигляд якого наведено на рисунку 1.4.

Електронний тахеометр Spectra Geospatial FOCUS 50 належить до сучасних високоточних геодезичних приладів, призначених для визначення просторових координат точок місцевості, вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів, похилих та горизонтальних відстаней, а також перевищень між точками. Прилад поєднує функції електронного теодоліта, світловіддалеміра та польового комп'ютера, що забезпечує автоматизацію польових вимірювань і камерального опрацювання результатів.



Рис. 1.4. Загальний вигляд електронного тахеометра Spectra Geospatial FOCUS 50

Тахеометр широко застосовується під час виконання топографічних знімачь, створення геодезичних мереж згущення, розбивочних робіт, виконавчих знімачь, моніторингу деформацій споруд та інженерно-геодезичних вишукувань.

Основними перевагами приладу є висока точність вимірювань, швидкодія, можливість безвідбивачних вимірювань, великий обсяг внутрішньої пам'яті та зручне програмне забезпечення для виконання польових розрахунків.

**Підготовка тахеометра до роботи.** Перед початком вимірювань виконують установлення тахеометра над пунктом спостережень. Прилад закріплюють на штативі та центрують над геодезичним пунктом за допомогою

лазерного або оптичного центрира. Після цього здійснюють горизонтування тахеометра круглим та електронним рівнями.

Таблиця 1.2

## Технічні характеристики тахеометра Spectra Geospatial FOCUS 50

Найменування показника	Значення
Точність вимірювання горизонтальних та вертикальних кутів	5"
Дискретність відліку кутів	1"
Точність вимірювання відстаней на призму	$\pm(2 \text{ мм} + 2 \text{ ppm})$
Точність безвідбивачних вимірювань	$\pm(3 \text{ мм} + 2 \text{ ppm})$
Максимальна дальність на одну призму	до 5000 м
Максимальна дальність без відбивача	до 800 м
Збільшення зорової труби	30×
Мінімальна відстань фокусування	1,5 м
Діаметр об'єктива	45 мм
Ступінь захисту	IP66
Робоча температура	від $-20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+50 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Тривалість роботи акумулятора	до 15 год
Маса приладу	близько 5,3 кг

Наступним етапом є введення параметрів станції: координат пункту стояння, висоти приладу, параметрів відбивача та висоти віхи. Після завершення підготовчих операцій тахеометр готовий до виконання кутових і лінійних вимірювань.

**Повірки тахеометра.** Для забезпечення необхідної точності вимірювань перед виконанням польових робіт здійснюють перевірку основних геометричних умов приладу:

1. Перевірка вертикальної осі обертання приладу.
2. Перевірка колімаційної похибки візирної осі.
3. Перевірка індексної похибки вертикального круга.
4. Перевірка роботи електронного компенсатора.
5. Перевірка точності лазерного центрира.
6. Контроль точності вимірювання відстаней.

За результатами виконаних перевірок встановлюють придатність тахеометра до виконання високоточних геодезичних робіт та геодезичного моніторингу деформацій будівельних конструкцій.

**Цифровий нівелір Leica LS15 та інварні рейки.** Для виконання високоточних висотних вимірювань під час геодезичного моніторингу будівельних конструкцій використовувався цифровий нівелір Leica LS15. Загальний вигляд приладу наведено на рисунку 1.5, а його технічні характеристики подано в таблиці 1.3.



Рис. 1.5 Загальний вигляд цифрового нівеліра Leica LS15

Цифровий нівелір Leica LS15 належить до класу високоточних геодезичних приладів і призначений для виконання нівелювання I та II класів, спостережень за осіданнями споруд, геодинамічних досліджень та інших інженерно-геодезичних робіт, де потрібна висока точність визначення перевищень.

Основною перевагою цифрового нівеліра є автоматизація процесу зчитування відліків з рейки. Це дозволяє виключити суб'єктивні похибки спостерігача, підвищити продуктивність польових робіт та забезпечити високу достовірність результатів вимірювань.

Для роботи з нівеліром використовуються спеціальні інварні штрих-кодові рейки. Інвар характеризується надзвичайно малим коефіцієнтом температурного розширення, що забезпечує стабільність довжини рейки навіть при значних змінах температури навколишнього середовища.

Середня квадратична похибка визначення перевищення на 1 км подвійного ходу для нівеліра Leica LS15 становить до 0,2 мм, що відповідає вимогам високоточного нівелювання державних геодезичних мереж та мереж моніторингу деформацій.

Під час виконання вимірювань оператор установлює нівелір на штативі та приводить його у робоче положення. Після наведення зорової труби на штрих-кодovu інварну рейку виконується автоматичне зчитування відліку. Прилад одночасно визначає відстань до рейки та перевищення між точками, а результати вимірювань зберігаються у внутрішній пам'яті.

Таблиця 1.3

## Технічні характеристики цифрового нівеліра Leica LS15

Найменування показника	Значення
Середня квадратична похибка на 1 км подвійного ходу	0,2 мм
Збільшення зорової труби	32×
Мінімальна відстань візування	1,8 м
Точність вимірювання відстаней	±1 мм
Робочий діапазон вимірювання відстаней	1,8–110 м
Ступінь захисту	IP55
Робоча температура	від –20 °С до +50 °С
Пам'ять вимірювань	понад 10000 записів
Тип рейки	інварна штрих-кодova

**Порядок виконання вимірювань.** Для отримання відліку необхідно:

- установити нівелір над точкою спостереження та привести його в робоче положення;
- виконати горизонтування приладу за допомогою електронного компенсатора;
- встановити інварну штрих-кодovu рейку на контрольній точці;
- навести зорову трубу на рейку;
- виконати автоматичне зчитування відліку натисканням відповідної клавiші;
- зберегти отримані результати у внутрішній пам'яті приладу.

Застосування цифрового нівеліра Leica LS15 разом з інварними рейками забезпечує високу точність визначення перевищень та дозволяє ефективно виконувати геодезичний моніторинг деформацій будівель і споруд.

**Оптичний високоточний нівелір Н-05 та інварні рейки.** Високоточний нівелір Н-05 належить до класу прецизійних геодезичних приладів і призначений для виконання геометричного нівелювання I та II класів, створення та згущення

державних висотних мереж, проведення геодинамічних спостережень, а також контролю осідань і деформацій інженерних споруд. Загальний вигляд приладу наведено на рисунку 1.6, а його основні технічні характеристики подано в таблиці 1.4.



Рис. 1.6 Загальний вигляд високоточного нівеліра Н-05

Нівелір Н-05 забезпечує високу точність визначення перевищень завдяки використанню високоякісної оптичної системи, контактного циліндричного рівня та оптичного мікрометра. Прилад дозволяє виконувати вимірювання перевищень між точками з середньою квадратичною похибкою не більше 0,5 мм на 1 км подвійного ходу, що відповідає вимогам високоточного нівелювання.

Для роботи з нівеліром Н-05 використовують інварні рейки з півсантиметровими поділками. Інвар являє собою спеціальний сплав заліза та нікелю, який характеризується надзвичайно малим коефіцієнтом температурного розширення. Завдяки цьому забезпечується стабільність довжини рейки та висока точність результатів навіть за значних коливань температури навколишнього середовища.

Однією з конструктивних особливостей нівеліра Н-05 є наявність оптичного мікрометра, який дає можливість виконувати відлік часток поділок інварної рейки методом суміщення. Відліковий пристрій складається з плоскопаралельної скляної пластини, розташованої перед об'єктивом зорової труби, механізму її нахилу та відлікового барабана.

Під час обертання барабана скляна пластина змінює напрямок проходження світлових променів, що дає змогу точно суміщати штрихи рейки з бісектором сітки ниток. Завдяки цьому досягається висока точність відліків та мінімізуються похибки вимірювань.

Таблиця 1.4

## Технічні характеристики нівеліра Н-05

Найменування показника	Значення
Середня квадратична похибка на 1 км подвійного ходу	0,5 мм
Збільшення зорової труби	40×
Діаметр об'єктива	50 мм
Найменша відстань візування	2 м
Ціна поділки контактного рівня	10"
Поріг чутливості рівня	0,2"
Тип відлікового пристрою	Оптичний мікрометр
Тип рейок	Інварні

**Послідовність взяття відліку з інварної рейки.** Для отримання відліку з рейки виконують такі операції:

- наводять зорову трубу на інварну рейку та фокусують зображення;
- встановлюють на барабані оптичного мікрометра відлік 50;
- елеваційним гвинтом приводять кінці бульбашки контактного рівня в контактне положення;
- обертанням барабана оптичного мікрометра суміщають найближчий штрих основної шкали рейки з бісектором сітки ниток;
- визначають номер найближчого підписаного штриха рейки;
- додають кількість цілих поділок між підписаним штрихом та штрихом, суміщеним із бісектором;
- до отриманого значення додають відлік за барабаном мікрометра.

Отримане значення є остаточним відліком по рейці та використовується для визначення перевищення між точками під час виконання високоточного геометричного нівелювання.

Висока точність нівеліра Н-05 у поєднанні з інварними рейками забезпечує можливість виконання нівелювання найвищих класів точності, а також

здійснення довготривалого моніторингу вертикальних деформацій будівель, споруд і геодинамічних полігонів.

**Експлуатація нівеліра Н-05.** Підготовка нівеліра Н-05 до роботи передбачає встановлення приладу в робоче положення, що включає його горизонтування та фокусування зорової труби. Горизонтування виконують шляхом приведення вертикальної осі обертання приладу у прямовисне положення за допомогою підйомних гвинтів та круглого рівня. При цьому бульбашка круглого рівня повинна знаходитися в межах центрального кільця ампули.

Фокусування зорової труби здійснюють за допомогою діоптрійного кільця окуляра до отримання чіткого зображення сітки ниток. Після цього виконують наведення труби на рейку та фокусування об'єкта спостереження для усунення паралаксу.

Під час виконання нівелювання бульбашку циліндричного рівня приводять у нуль-пункт за допомогою елеваційного гвинта, контролюючи її положення через дзеркало рівня. Відлік по рейці беруть за середньою горизонтальною ниткою сітки ниток.

Порядок визначення відліку передбачає послідовне зчитування значень із рейки. Спочатку визначають кількість дециметрів за підписами на рейці, потім відраховують сантиметри, після чого візуально оцінюють частки сантиметрового інтервалу. Точність такого відліку становить до 1 мм.

**Повірки нівеліра Н-05.** Перед виконанням перевірок нівелір встановлюють на штатив і надійно закріплюють становим гвинтом. Після цього прилад приводять у робоче положення шляхом ретельного горизонтування.

Основною метрологічною перевіркою є перевірка головної геометричної умови нівеліра. Її, як правило, виконують способом подвійного нівелювання двох точок, розташованих на відстані 50–75 м одна від одної (рис. 1.7). Такий метод дозволяє визначити правильність взаємного положення візирної осі зорової труби та осі циліндричного рівня, а також оцінити точність роботи приладу перед початком польових вимірювань.

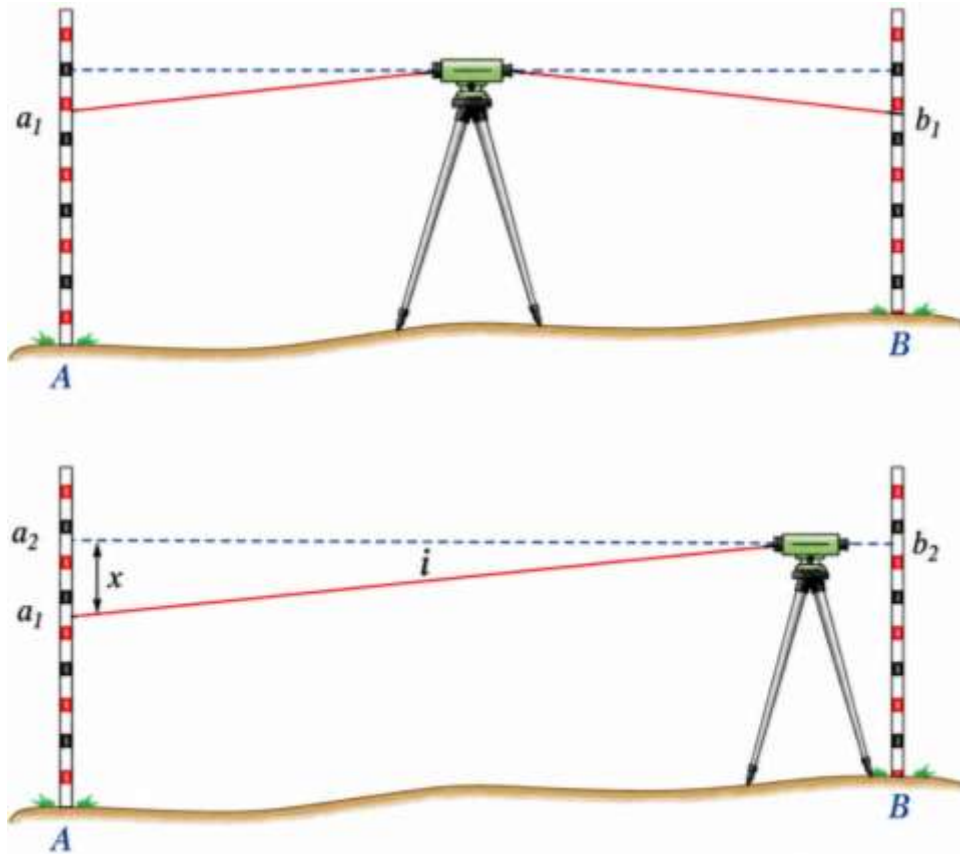


Рис. 1.7 Схема розташування нівеліру Н05 та рейок під час його повірки

Результати повірок дають можливість встановити придатність нівеліра до виконання високоточних геодезичних робіт та забезпечити необхідну точність визначення перевищень під час нівелювання I та II класів.

Перше нівелювання виконують способом із середини, тобто за рівних відстаней від нівеліра до задньої та передньої рейок. Друге нівелювання здійснюють за нерівних плечей. На точках А і В встановлюють інварні рейки, а нівелір розміщують точно посередині між ними. Після приведення приладу в робоче положення беруть відліки по задній і передній рейках ( $a_1$ ) та ( $b_1$ ), за якими обчислюють істинне значення перевищення між точками.

Під час другого нівелювання тих самих точок нівелір установлюють поблизу передньої рейки В на відстані 2–2,5 м. Після горизонтування приладу виконують відліки ( $a_2$ ) та ( $b_2$ ), а перевищення визначають за формулою:

$$h_2 = a_2 - b_2.$$

Порівняння результатів двох нівелювань дозволяє оцінити правильність виконання головної геометричної умови нівеліра та визначити величину похибки, зумовленої нахилом візирної осі. Відповідно до чинних нормативних

вимог допустиме значення кута нахилу візирної осі ( $i$ ) не повинно перевищувати 10", що еквівалентно похибці відліку по рейці близько 2,5 мм при довжині візирного променя 50 м.

Для виконання геодезичного моніторингу під час натурних випробувань ділянки перекриття громадської будівлі доцільно використовувати сучасні геодезичні прилади, зокрема електронний тахеометр Spectra Geospatial FOCUS 50, високоточний нівелір Н-05 з інварними рейками та лазерний нівелір Bosch GLL 2-80 Professional. Застосування зазначених приладів забезпечує необхідну точність визначення просторових переміщень, вертикальних деформацій та прогинів конструкцій.

Основні технічні характеристики використаного обладнання наведено в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5

Основні технічні характеристики геодезичних приладів, використаних у дослідженні

Найменування показника	Лазерний нівелір Bosch GLL 2-80 Professional	Електронний тахеометр Spectra Geospatial FOCUS 50	Високоточний нівелір Н-05
Габаритні розміри, мм	70×145×115	206×169×318	150×210×420
Маса приладу, кг	0,7	5,3	6,0
Наявність компенсатора	Автоматичний	Двовісний електронний	Контактний рівень
Збільшення зорової труби	—	30×	42×
Діаметр об'єктива, мм	—	45	50
Робоча дальність	до 20 м (без приймача); до 80 м (з приймачем)	до 5000 м на призму; до 800 м без відбивача	від 2 до 100 м
Точність вимірювання кутів	—	5"	—
Точність вимірювання відстаней	—	±(2 мм + 2 ppm)	—
Середня квадратична похибка вимірювань	±2 мм на 10 м	±2 мм + 2 ppm	0,5 мм на 1 км подвійного ходу
Довжина хвилі лазера	640 нм	690 нм	—
Клас лазера	2	1	—
Ступінь захисту	IP54	IP66	IP54
Діапазон робочих температур	від -10 °С до +45 °С	від -20 °С до +50 °С	від -40 °С до +50 °С
Джерело живлення	4 батареї АА 1,5 В	Li-Ion акумулятор	—

Найменування показника	Лазерний нівелір Bosch GLL 2-80 Professional	Електронний тахеометр Spectra Geospatial FOCUS 50	Високоточний нівелір Н-05
Основне призначення	Побудова горизонтальних і вертикальних площин	Вимірювання кутів, відстаней та координат	Високоточне геометричне нівелювання

Геодезичне забезпечення будівництва включає комплекс робіт, спрямованих на створення просторової основи для проектування, будівництва та експлуатації споруд.

До основних видів геодезичних робіт належать:

- створення геодезичної розмічувальної мережі будівництва та побудова зовнішньої геодезичної мережі;
- винесення в натуру осей лінійних споруд та їх окремих елементів;
- створення внутрішньої геодезичної мережі будівель і споруд;
- побудова спеціальних розмічувальних мереж для монтажу технологічного обладнання;
- геодезичний контроль точності геометричних параметрів конструкцій;
- виконання геодезичного моніторингу деформацій основ, фундаментів і несучих конструкцій будівель та споруд.

Нормативне забезпечення геодезичних робіт у будівництві базується на вимогах ДБН В.1.3-2:2010 «Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Геодезичні роботи у будівництві» та ДСТУ-Н Б В.1.3-1:2009 «Виконання вимірювань», які встановлюють порядок організації геодезичних робіт, вимоги до точності вимірювань та контролю геометричних параметрів будівельних об'єктів.

Для геодезичного моніторингу прогинів та деформацій будівельних конструкцій використовували високоточний нівелір Н-05 з інварними рейками, електронний тахеометр Spectra Geospatial FOCUS 50 для визначення просторових координат контрольних точок та лазерний нівелір Bosch GLL 2-80 Professional для оперативного контролю горизонтальності та вертикальності конструкцій.

## 2 ГЕОДЕЗИЧНИЙ МОНІТОРИНГ ІСНУЮЧОГО СТАНУ ОПОР КОНСТРУКЦІЙ ВБУДОВАНОГО ПЕРЕКРИТТЯ БУДІВЛІ

### 2.1 Архітектурно-конструктивні рішення каркасу існуючої промислової будівлі

Значна частина багатоповерхових виробничих будівель, споруджених із уніфікованих залізобетонних конструкцій, виконана відповідно до типових серій ИИ20 та ИИ20-77. Їхньою характерною особливістю є застосування рамно-в'язевої конструктивної системи каркаса, схему якої наведено на рисунку 2.1.

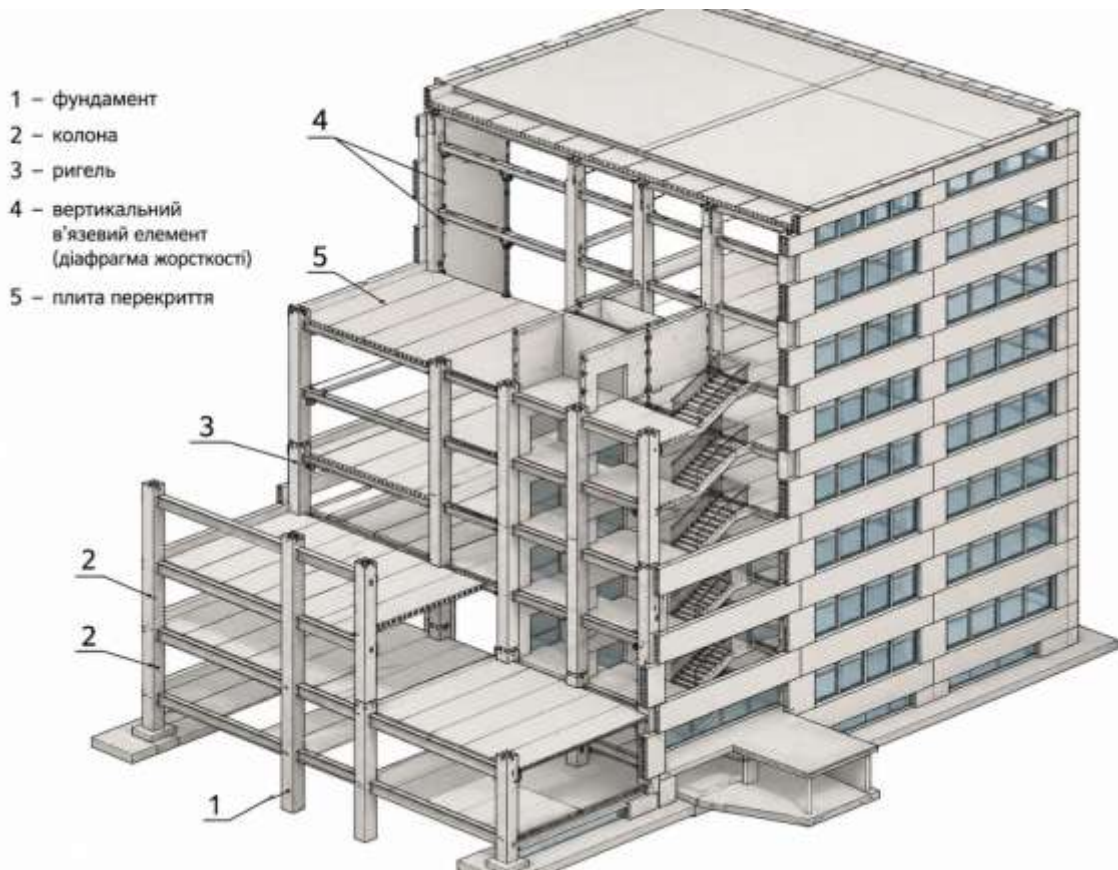


Рис. 2.1. Конструктивна схема типової багатоповерхової промислової будівлі: 1 – міжповерхові перекриття; 2, 3 – залізобетонні колони; 4 – вертикальні діафрагми жорсткості; 5 – навісні стінові панелі.

Для багатоповерхових промислових будівель, споруджених за типовими проектами серій ИИ20 та ИИ20-77, характерним є використання каркасної конструктивної схеми з рамно-в'язевою системою забезпечення просторової жорсткості. Найбільш поширеними є споруди з прольотами 6 або 9 м, тоді як

крок поперечних рам зазвичай становить 6 м. Висота поверхів залежить від функціонального призначення будівлі та, як правило, дорівнює 4,8 або 6,0 м.

Просторова стійкість і жорсткість таких споруд забезпечується комплексною роботою основних несучих елементів каркаса. Важливу роль відіграє жорстке закріплення колон у фундаментах стаканного типу, що дозволяє ефективно сприймати вертикальні та горизонтальні навантаження. Додаткову жорсткість конструкції забезпечують жорсткі вузли з'єднання ригелів із колонами, вертикальні діафрагми жорсткості та системи в'язів.

Суттєве значення для забезпечення просторової незмінності будівлі мають збірно-монолітні диски міжповерхових перекриттів, які виконують функцію горизонтальних діафрагм та забезпечують спільну роботу всіх елементів каркаса під дією експлуатаційних навантажень.



Рис. 2.2. Фактичний вигляд досліджуваної неексплуатованої промислової будівлі у м. Тернопіль за адресою вул. Текстильна, 46 до її реконструкції

На рисунку 2.2 наведено загальний вигляд досліджуваної багатоповерхової промислової будівлі, розташованої в місті Тернополі за адресою вул. Текстильна,

46, до початку реконструкційних робіт. Аналіз зовнішнього стану споруди свідчить про збереження основних несучих конструкцій та можливість їх подальшого використання після виконання необхідних заходів із технічного обстеження та підсилення.



Рис. 2.3. Фактичний стан приміщень промислової будівлі до її реконструкції зсередини. Виділення основних її несучих конструкцій

На рисунку 2.3 показано внутрішній стан приміщень будівлі до реконструкції, а також наведено розташування її основних несучих елементів,

зокрема колон, ригелів, плит перекриття та вертикальних діафрагм жорсткості. Оцінка технічного стану цих конструкцій є важливим етапом підготовки проекту реконструкції та подальшого перепрофілювання будівлі.

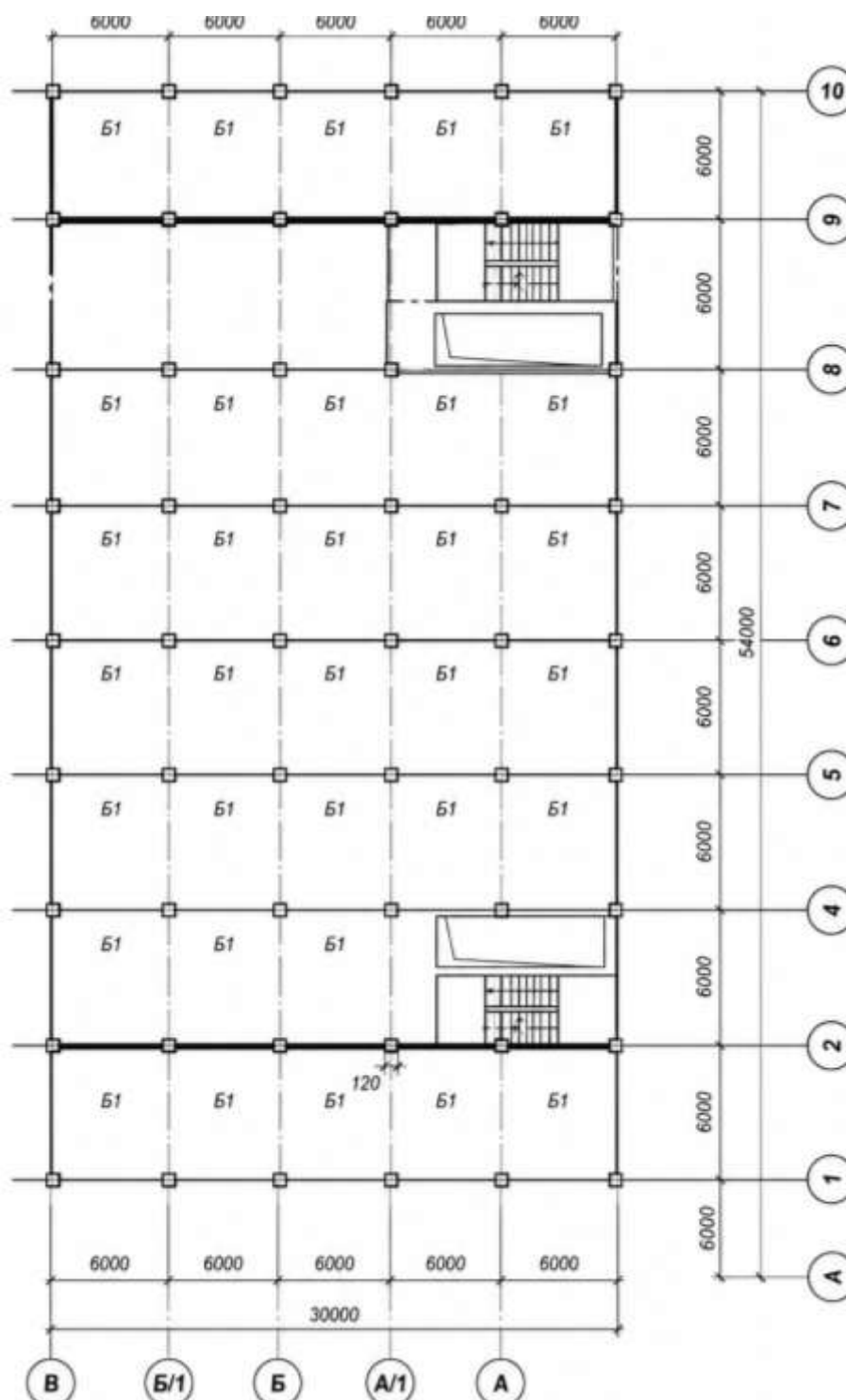


Рис. 2.4. План типового поверху промислової будівлі до реконструкції

План типового поверху будівлі до реконструкції наведено на рисунку 2.4. Він відображає об'ємно-планувальне рішення споруди, розташування основних конструктивних елементів, сходових кліток, інженерних комунікацій та

виробничих приміщень, що слугували базою для розроблення проєктних рішень щодо зміни функціонального призначення будівлі та її адаптації під сучасні потреби.

## **2.2 Результати геодезичного моніторингу існуючих опор нового вбудованого перекриття**

Одним із основних завдань проведеного геодезичного моніторингу було визначення фактичного просторового положення опор нової вбудованої конструкції перекриття, а саме існуючих залізобетонних ригелів і колон каркаса промислової будівлі. Отримані результати мали забезпечити оцінку технічного стану несучих конструкцій перед початком реконструкції та слугували вихідними даними для подальшого проєктування вбудованого сталезалізобетонного перекриття.

У межах виконання геодезичного моніторингу було поставлено такі завдання:

- за допомогою лазерного нівеліра **Bosch GLL 2-80 Professional** та високоточного оптичного нівеліра **H-05** виконати висотну зйомку існуючих залізобетонних ригелів перекриття з метою визначення їх фактичного висотного положення та виявлення можливих відхилень від проєктних відміток;

- за результатами нівелювання оцінити рівномірність висотного положення несучих елементів перекриття та встановити наявність можливих деформацій або прогинів конструкцій;

- за допомогою електронного тахеометра **Spectra Geospatial FOCUS 50** виконати планову зйомку існуючих залізобетонних колон каркаса будівлі з визначенням їх фактичних координат у прийнятій системі координат;

- провести аналіз взаємного положення колон та оцінити відповідність їх фактичного розташування вимогам проєктної документації;

- сформувані базу геодезичних даних, необхідну для подальшого контролю монтажу нових конструктивних елементів та виконання геодезичного супроводу реконструкції об'єкта.

Таким чином, виконані геодезичні вимірювання дали змогу отримати достовірну інформацію про фактичний стан основних несучих конструкцій будівлі та створити просторову основу для подальших етапів реконструкції.

В таблиці 2.1 наведено результати нівелювання висотних відміток одного з перекриттів, проведених різними приладами.

Таблиця 2.1

Результати відліків по інварній рейці для контрольних точок каркаса будівлі

Прилад	Bosch GLL 2-80 P		Spectra Geospatial FOCUS 50		H-05	
	Червона сторона, мм	Чорна сторона, мм	Червона сторона, мм	Чорна сторона, мм	Червона сторона, мм	Чорна сторона, мм
A/1	2133	2129	1729	1727	2330,9	2330,1
A/2	2130	2126	1751	1745	2328,1	2327,9
A/3	2118	2128	1721	1725	2322,6	2323,0
A/4	2118	2120	1715	1723	2318,0	2319,6
A/5	2122	2114	1732	1724	2317,4	2317,2
A/6	2136	2134	1727	1723	2335,0	2334,4
A/7	2131	2133	1717	1727	2330,7	2332,3
A/8	2125	2119	1734	1730	2322,5	2321,1
A/9	2131	2141	1732	1740	2334,3	2336,3
A/10	2122	2124	1728	1738	2321,6	2322,4
Б/1	2134	2130	1731	1729	2331,2	2330,4
Б/2	2128	2132	1745	1751	2328,6	2328,8
Б/3	2123	2133	1726	1730	2322,6	2323,0
Б/4	2120	2118	1728	1720	2320,0	2318,4
Б/5	2126	2118	1736	1728	2317,9	2317,7
Б/6	2141	2139	1728	1724	2335,3	2334,7
Б/7	2133	2131	1729	1719	2332,3	2330,7
Б/8	2120	2126	1734	1738	2321,7	2323,1
Б/9	2136	2146	1735	1743	2335,0	2337,0
Б/10	2123	2125	1731	1741	2322,3	2323,1
В/1	2127	2127	1731	1721	2331,1	2331,1
В/2	2129	2129	1749	1745	2329,8	2329,2
В/3	2123	2129	1727	1729	2323,0	2323,8
В/4	2115	2123	1717	1723	2319,5	2319,7
В/5	2121	2113	1729	1727	2318,6	2317,6
В/6	2135	2143	1716	1726	2335,0	2335,4
В/7	2131	2131	1722	1726	2331,3	2332,7
В/8	2119	2125	1731	1739	2322,6	2324,2
В/9	2141	2133	1738	1736	2336,9	2335,5
В/10	2129	2119	1734	1732	2323,9	2322,1

В таблиці 2.2 наведено обробку журналів нівелювання лазерним нівеліром Bosch GLL 2-80 P – визначення перевищень точок нівелювання відносно першої точки в осях А/1.

Таблиця 2.2

Відліки по рейці та перевищення контрольних точок лазерним нівеліром  
Bosch GLL 2-80 P

Вісь	Відлік А, мм	Перевищення А, мм	Відлік Б, мм	Перевищення Б, мм	Відлік В, мм	Перевищення В, мм
1	2131	0	2132	-1	2127	4
2	2128	3	2130	1	2129	2
3	2123	8	2128	3	2126	5
4	2119	12	2119	12	2119	12
5	2118	13	2122	9	2117	14
6	2135	-4	2140	-9	2139	-8
7	2132	-1	2132	-1	2131	0
8	2122	9	2123	8	2122	9
9	2136	-5	2141	-10	2137	-6
10	2123	8	2124	7	2124	7

Таблиця 2.3

Відліки по рейці та перевищення контрольних точок Spectra Geospatial  
FOCUS 50

Вісь	Відлік А, мм	Перевищення А, мм	Відлік Б, мм	Перевищення Б, мм	Відлік В, мм	Перевищення В, мм
1	1728	0	1730	-2	1726	2
2	1748	-20	1748	-20	1747	-19
3	1723	5	1728	0	1728	0
4	1719	9	1724	4	1720	8
5	1728	0	1732	-4	1728	0
6	1725	3	1726	2	1721	7
7	1722	6	1724	4	1724	4
8	1732	-4	1736	-8	1735	-7
9	1736	-8	1739	-11	1737	-9
10	1733	-5	1736	-8	1733	-5

Таблиця 2.4

Відліки по рейці та перевищення контрольних точок оптичним  
високоточним нівеліром Н05

Вісь	Відлік А, мм	Перевищення А, мм	Відлік Б, мм	Перевищення Б, мм	Відлік В, мм	Перевищення В, мм
1	2330,5	0,0	2330,8	-0,3	2331,1	-0,6
2	2328,0	2,5	2328,7	1,8	2329,5	1,0
3	2322,8	7,7	2322,8	7,7	2323,4	7,1
4	2318,8	11,7	2319,2	11,3	2319,6	10,9
5	2317,3	13,2	2317,8	12,7	2318,1	12,4
6	2334,7	-4,2	2335,0	-4,5	2335,2	-4,7
7	2331,5	-1,0	2331,5	-1,0	2332,0	-1,5
8	2321,8	8,7	2322,4	8,1	2323,4	7,1
9	2335,3	-4,8	2336,0	-5,5	2336,2	-5,7
10	2322,0	8,5	2322,7	7,8	2323,0	7,5

У таблиці наведено результати високоточного геометричного нівелювання контрольних точок залізобетонного каркаса будівлі. Перевищення визначені відносно умовної вихідної точки кожного ряду та характеризують фактичне висотне положення ригелів перекриття. Аналіз отриманих даних дозволяє оцінити рівномірність висотного розташування конструктивних елементів і виявити можливі деформації або відхилення від проєктного положення.

За допомогою тахеометра Spectra Geospatial FOCUS 50 окрім визначення висотних відміток було виконано тахеометричну зйомку – визначення планового положення існуючих залізобетонних колон.

### 2.3 Математична обробка геодезичних вимірів висотних відміток

Після завершення польових вимірювань було виконано математичне опрацювання отриманих результатів. Для кожної контрольної точки визначали середнє значення висотної відмітки на основі результатів, отриманих трьома незалежними методами вимірювань із використанням різних геодезичних приладів: лазерного нівеліра **Bosch GLL 2-80 Professional**, електронного тахеометра **Spectra Geospatial FOCUS 50** та високоточного оптичного нівеліра **Н-05**.

На основі розрахованих середніх значень було побудовано згладжені графіки зміни висотного положення залізобетонних ригелів у межах усіх досліджуваних точок. Отримані графічні залежності дають змогу наочно оцінити характер розподілу висотних відміток конструкцій та виявити можливі локальні деформації або відхилення від проєктного положення. Результати побудови графіків наведено на рисунку 2.5.

Наступним етапом дослідження стало визначення відхилень результатів вимірювань, отриманих кожним із застосованих приладів, від розрахованого середнього значення висотної відмітки для відповідної контрольної точки. Такий підхід дозволив оцінити узгодженість результатів вимірювань та проаналізувати точність застосованих геодезичних методів і приладів.

Розраховані значення відхилень систематизовано та наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

Відхилення результатів висотних вимірювань від середнього значення, мм

Ряд	Прилад	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>А</b>	Bosch GLL 2-80	0,0	-7,8	-1,1	-1,1	-4,3	2,3	2,3	-4,4	-0,9	-4,2
	Spectra Geospatial FOCUS 50	0,0	15,2	1,9	1,9	8,7	-4,7	-4,7	8,6	2,1	8,8
	H-05	0,0	-7,3	-0,8	-0,8	-4,5	2,5	2,3	-4,1	-1,1	-4,7
	Середнє	0,0	-4,8	6,9	10,9	8,7	-1,7	1,3	4,6	-5,9	3,8
<b>Б</b>	Bosch GLL 2-80	-0,1	-6,7	0,6	-2,9	-3,1	5,2	1,7	-5,3	1,2	-4,7
	Spectra Geospatial FOCUS 50	0,9	14,3	3,6	5,1	9,9	-5,8	-3,3	10,7	2,2	10,3
	H-05	-0,8	-7,5	-4,1	-2,2	-6,8	0,7	1,7	-5,4	-3,3	-5,5
	Середнє	-1,1	-5,7	3,6	9,1	5,9	-3,8	0,7	2,7	-8,8	2,3
<b>В</b>	Bosch GLL 2-80	-2,2	-7,3	-1,0	-1,7	-5,2	6,1	0,8	-6,0	-0,9	-3,8
	Spectra Geospatial FOCUS 50	-0,2	13,7	4,0	2,3	8,8	-8,9	-3,2	10,0	2,1	8,2
	H-05	2,4	-6,3	-3,1	-0,6	-3,6	2,8	2,3	-4,1	-1,2	-4,3
	Середнє	1,8	-5,3	4,0	10,3	8,8	-1,9	0,8	3,0	-6,9	3,2

У таблиці наведено відхилення результатів висотних вимірювань, отриманих за допомогою лазерного нівеліра Bosch GLL 2-80 Professional, електронного тахеометра Spectra Geospatial FOCUS 50 та високоточного нівеліра H-05, від середнього значення висотної відмітки для кожної контрольної точки. Значення подані в міліметрах.

Для більш наочного аналізу отриманих результатів побудовано графіки відхилень висотних вимірювань по кожній розбивочній осі будівлі окремо для

лазерного нівеліра, електронного тахеометра та високоточного оптичного нівеліра. Відповідні графічні матеріали наведено на рисунку 2.5.

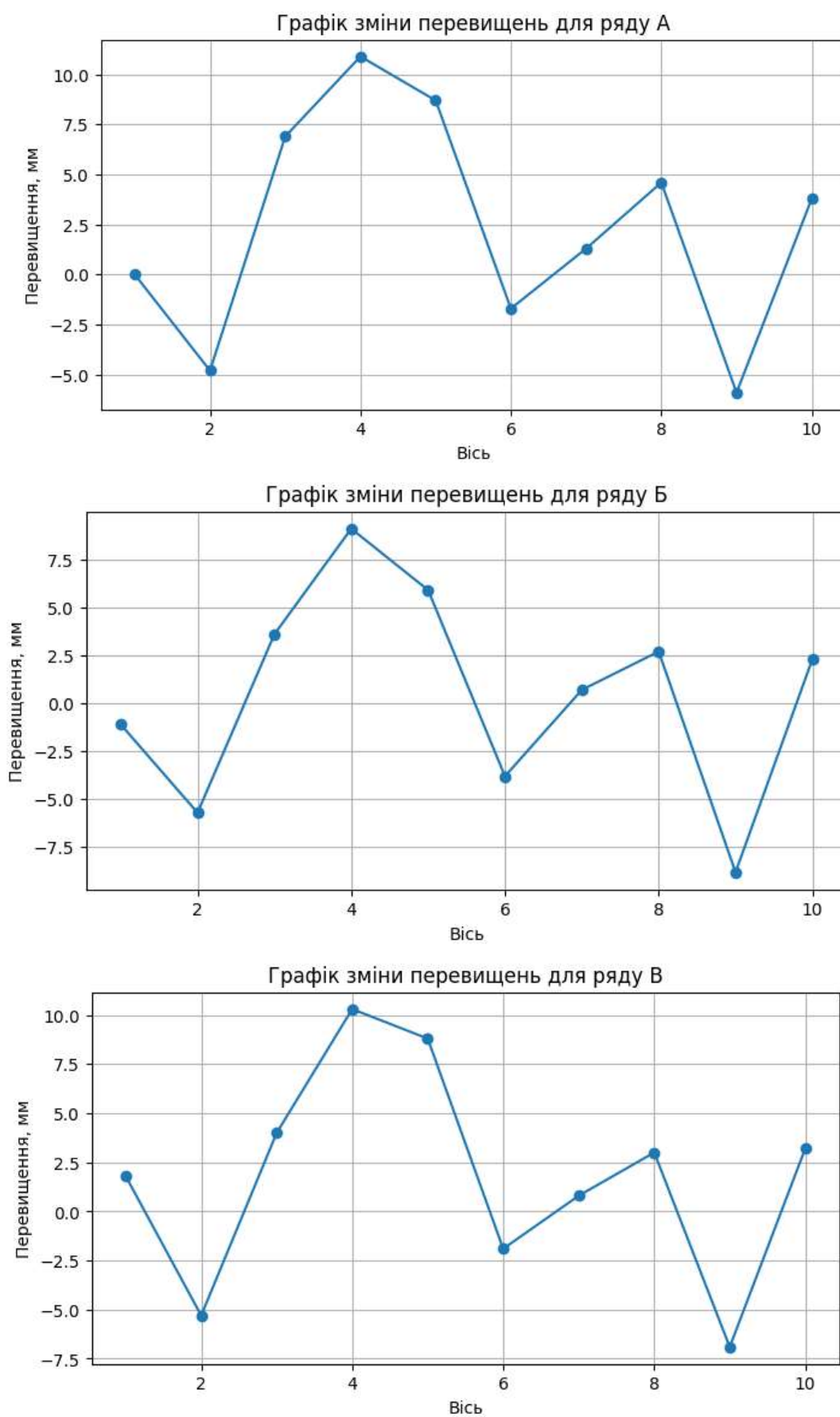
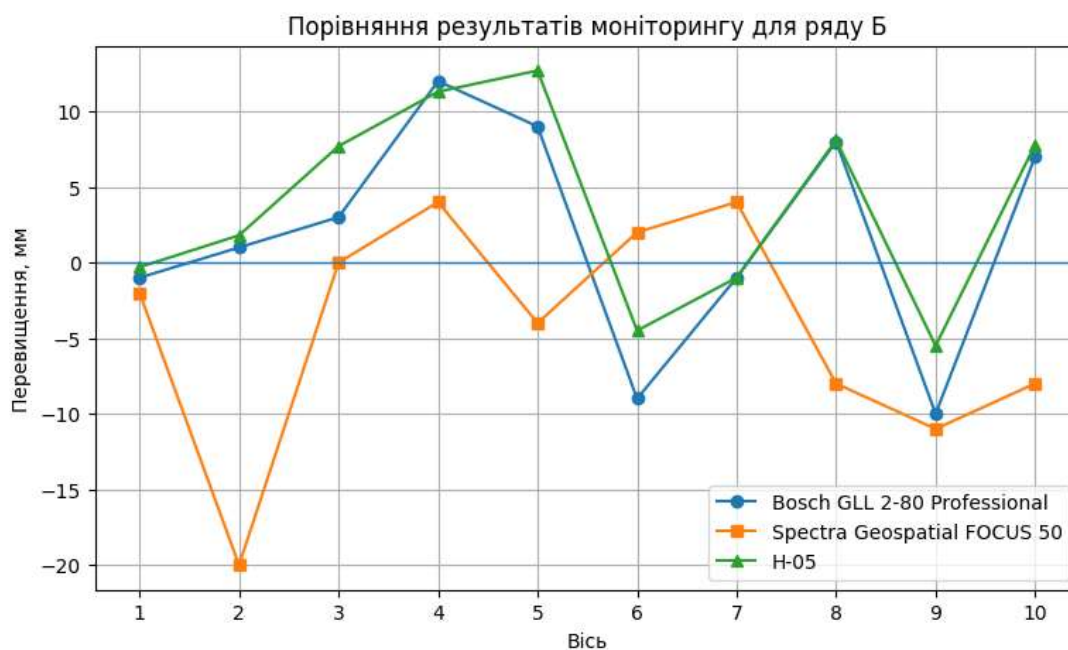
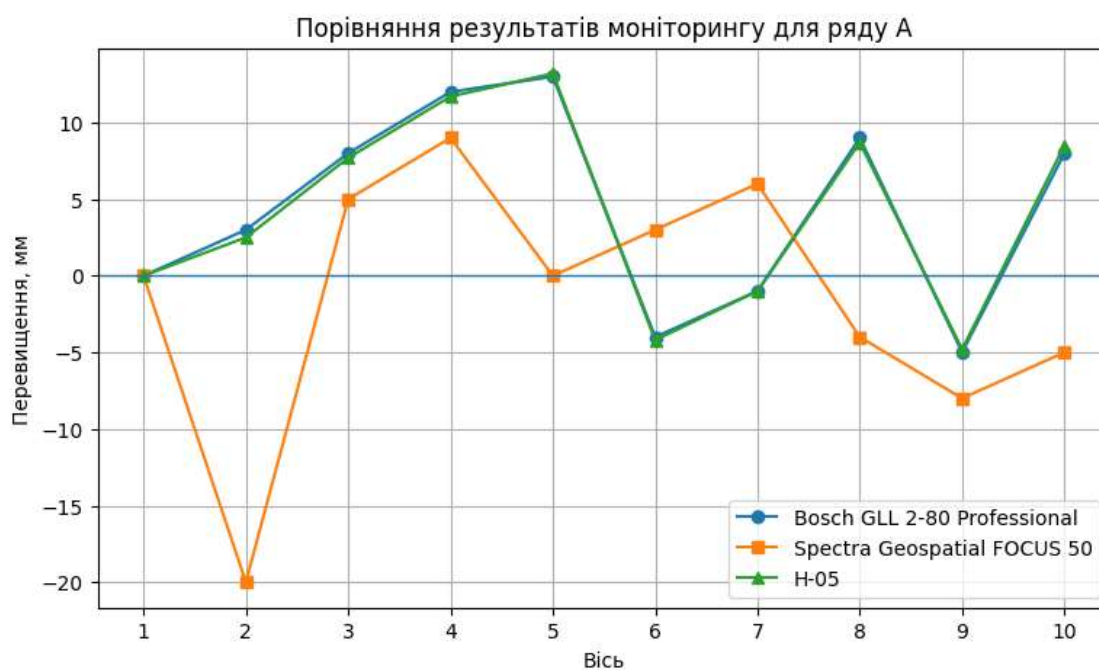


Рис. 2.5 Зміна висотних відміток обрізу існуючих конструкцій (мм)

Отримані дані використані для оцінювання узгодженості результатів вимірювань та аналізу точності застосованих геодезичних приладів.

Аналіз графіка розвитку, що найбільші додаткові перевищення спостерігаються в районі осей 4–5, де їх розмір досягає 10,3–8,8 мм. Найбільші від'ємні відхилення зафіксовані по осі 9 і становлять близько –6,9 мм. Загалом характер зміни висотного положення ригелів є плавним, що відбувається про виникнення значних локальних деформацій або аварійних прогинів конструкції



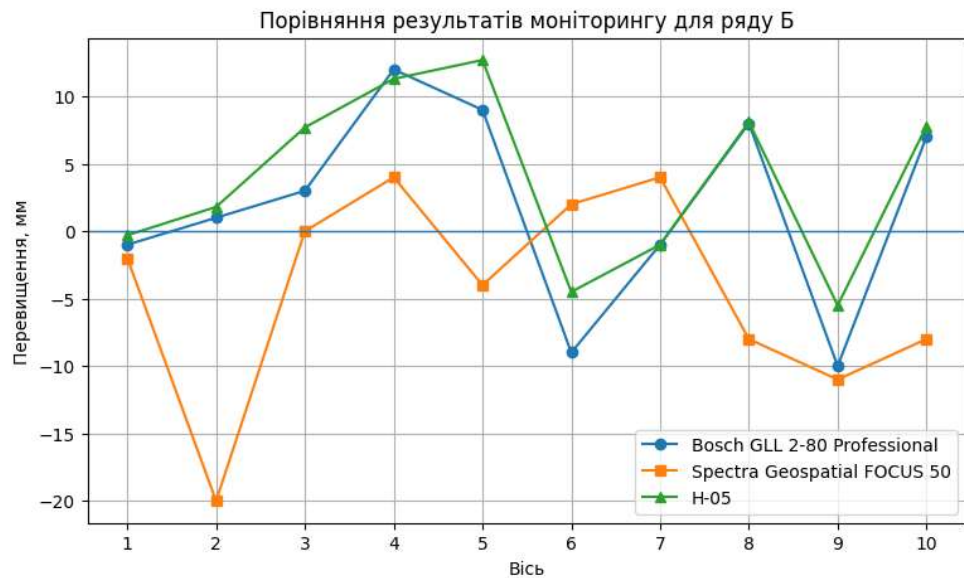


Рис. 2.6. Відхилення висотних вимірів, отриманих за допомогою різних приладів, від середнього значення на кожній аналізованій точці

Аналіз результатів геодезичного моніторингу ригелів перекриття по ряду А показав, що всі застосовані прилади відображають однакову загальну закономірність зміни висотного положення конструкцій. Це свідчить про достатню достовірність отриманих результатів та правильність обраної методики вимірювань.

Найбільші додатні перевищення зафіксовано в межах осей 4–5, де середні значення становлять відповідно **10,9 мм** та **8,7 мм**. Це вказує на локальне підвищення висотного положення залізобетонних ригелів у центральній частині досліджуваної ділянки. Найбільші від’ємні перевищення спостерігаються в районі осі 9 (**-5,9 мм**) та осі 2 (**-4,8 мм**), що свідчить про незначне зниження висотного положення конструкцій у цих точках.

Порівняння результатів вимірювань показало, що найбільш близькі між собою значення отримано за допомогою лазерного нівеліра **Bosch GLL 2-80 Professional** та високоточного нівеліра **H-05**. Максимальна різниця між їхніми результатами, як правило, не перевищує 1–2 мм, що підтверджує достатню точність лазерного нівеліра для виконання оперативного контролю висотного положення конструкцій.

Результати, отримані електронним тахеометром **Spectra Geospatial FOCUS 50**, характеризуються більшим розкидом значень відносно двох інших

приладів. Найбільші відхилення спостерігаються по осі 2 (**-20 мм**) та осі 1 (**0 мм**), що може бути пов'язано з особливостями визначення висотних відміток тахеометричним методом та впливом похибок вимірювання вертикальних кутів і відстаней.

У цілому результати моніторингу свідчать про відсутність критичних деформацій або аварійних прогинів залізобетонних ригелів по ряду А. Виявлені відхилення перебувають у межах, характерних для тривалої експлуатації будівлі, та можуть бути враховані під час проєктування і влаштування нового вбудованого перекриття. Найбільш достовірними для оцінки фактичного висотного положення конструкцій слід вважати результати високоточного нівелювання, які доцільно використовувати як еталонні при подальшому геодезичному супроводі реконструкції будівлі.

Графіки показують подібний характер зміни висотного положення ригелів уздовж ряду Б. Найбільші додаткові перевищення спостерігаються в районі осей 4–5, тоді як найбільші від'ємні значення зафіксовані поблизу осей 8–9. Результати вимірювання, отримані за допомогою Bosch GLL 2-80 Professional та Н-05, характеризуються високим ступенем узгодженості, тоді як даний тахеометр Spectra Geospatial FOCUS 50 демонструє дещо більші відхилення на окремих ділянках, що пов'язано з особливостями методики вимірювання та точністю визначення висотних відміток

Аналіз результатів вимірювань по ряду В показує подібний характер зміни висотного положення ригелів, отриманих усіма трійками приладів. Найбільші додаткові перевищення спостерігаються в межах осей 4–5, де їх значення сягають 10–14 мм. Від'ємні значення перевищень зафіксовано переважно в районі осей 6 та 9. Дані, отримані за допомогою лазерного нівеліра Bosch GLL 2-80 Professional та високоточного нівеліра Н-05, характеризуються високою узгодженістю, що підтверджує достовірність виконаних вимірювань. Результати, отримані тахеометром Spectra Geospatial FOCUS 50, загалом відображають аналогічну тенденцію зміни висотного положення конструкції,

хоча на окремих ділянках спостерігаються більші відхилення від середніх значень.

Для оцінювання точності виконаних геодезичних вимірювань та аналізу отриманих результатів було проведено статистичне опрацювання масиву числових значень відхилень, визначених за результатами моніторингу [1–4; 14; 22]. Використання методів математичної статистики дозволяє оцінити ступінь узгодженості результатів вимірювань, виявити можливі систематичні та випадкові похибки, а також визначити основні характеристики розподілу досліджуваної випадкової величини.

У межах даного дослідження не ставилося завдання встановлення закону розподілу випадкової величини. Для аналізу точності було достатньо визначити її основні числові характеристики, які дозволяють оцінити положення центру розподілу та ступінь розсіювання результатів відносно цього центру.

Найважливішими статистичними характеристиками випадкової величини є математичне сподівання та дисперсія. Математичне сподівання характеризує середнє значення випадкової величини та визначає положення центру її розподілу. Дисперсія, своєю чергою, відображає ступінь розсіювання окремих значень відносно математичного сподівання та є одним із основних показників точності вимірювань.

Дисперсія випадкової величини ( $D_x$ ) характеризує середній квадрат відхилень окремих значень від їх математичного сподівання. Чим менше значення дисперсії, тим більш згрупованими є результати вимірювань і тим вищою є їх точність. Для дискретної випадкової величини дисперсія визначається за формулою:

$$D_x = D[x] = \sum_{i=1}^n (x_i - m_x)^2 p_i$$

Для практичної оцінки точності геодезичних вимірювань частіше використовують середньоквадратичне відхилення (стандарт), яке визначається як квадратний корінь із дисперсії:

$$\sigma_x = \sqrt{D_x}$$

Середньоквадратичне відхилення має ту саму розмірність, що й вимірювана величина, тому є більш наочним показником точності результатів вимірювань. Отримані значення математичного сподівання, дисперсії та середньоквадратичного відхилення були використані для подальшого аналізу результатів геодезичного моніторингу та оцінювання точності застосованих методів вимірювань.

Зручність використання стандарту полягає у тому, що її розмірність збігається із розмірністю математичного сподівання.

*Модою*  $M_0$  називається таке значення випадкової величини, при якому ймовірність її появи є максимальною. Всі числові характеристики випадкової величини описують ту чи іншу властивість розподілу. Більш загальними числовими характеристиками розподілу є так звані початкові та центральні моменти. Початковим моментом  $s$ -порядку  $v_s$  дискретної випадкової величини називається математичне сподівання  $s$ -степені цієї випадкової величини:

$$v_s = v_s[x] = M[x^s] = \sum_{i=1}^n x_i^s p_i$$

Математичне сподівання є початковим моментом першого порядку ( $s=1$ ). Центрованою випадковою величиною  ${}^0X$  називається її відхиленні від математичного сподівання:

$${}^0X = X - m_x$$

Центрування випадкової величини полягає у перенесенні початку координат у центр її розподілу, координата якого визначається математичним сподіванням. У результаті такого перетворення отримують центровану випадкову величину, для якої середнє значення дорівнює нулю.

Моменти центрованої випадкової величини називають **центральними моментами**. Вони є важливими статистичними характеристиками розподілу та використовуються для оцінювання його форми, симетричності та ступеня концентрації значень відносно центру розподілу.

Центрована випадкова величина має вигляд:

$$\mu_s = \mu_s[x] = \sum_{i=1}^n (x_i - m_x)^s$$

Дисперсія є головним моментом другого порядку ( $s=2$ ).

Коефіцієнт ексцесу (коефіцієнт гостровершинності) в теорії ймовірностей - міра гостроти піку розподілу випадкової величини.

$$E_x = \frac{\mu_4}{\sigma_x^4} - 3 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - m_x)^4 p}{\sigma_x^4} - 3$$

Асиметрією (коефіцієнтом асиметрії)  $A_x$  називають центральний момент третього порядку випадкової величини  $X$ , який характеризує скошеність (симетричність) розподілу і визначається за формулою:

$$A_x = \frac{\mu_3}{\sigma_x^3} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - m_x)^3 p}{\sigma_x^3}$$

У таблиці 2.2 записані числові значення статистичних характеристик випадкових розподілів відхилень вимірів, виконаних різними приладами, від середнього значення на кожній аналізованій точці.

Таблиця 2.6

Статистичні характеристики випадкових розподілів відхилень вимірів від середнього значення, виконаних різними геодезичними приладами

Прилад	Математичне сподівання ( $m_x$ ), мм	Дисперсія ( $D_x$ ), мм <sup>2</sup>	Середньоквадратичне відхилення $\sigma_x$ , мм	Коефіцієнт асиметрії ( $A_x$ )	Ексцес ( $E_x$ )
Bosch GLL 2-80 Professional	-1,8	12,21	3,5	0,3	-0,3
Spectra Geospatial FOCUS 50	4,1	40,43	6,4	-0,1	-0,8
H-05	-2,3	10,09	3,2	0,1	-1,1

За результатами статистичного опрацювання встановлено, що найменше значення дисперсії та середньоквадратичного відхилення отримано для високоточного нівеліра H-05 ( $D_x = 10,09$  мм<sup>2</sup>;  $\sigma_x = 3,2$  мм), що свідчить про найвищу стабільність та точність виконаних вимірювань. Близькі результати продемонстрував лазерний нівелір Bosch GLL 2-80 Professional, для якого дисперсія становить 12,21 мм<sup>2</sup>, а середньоквадратичне відхилення – 3,5 мм.

Найбільші значення дисперсії та стандарту спостерігаються для електронного тахеометра Spectra Geospatial FOCUS 50 ( $(D_x = 40,43) \text{ мм}^2$ ;  $\sigma_x = 6,4) \text{ мм}$ ), що вказує на більший розкид результатів відносно середнього значення. Це пояснюється особливостями визначення висотного положення тахеометричним методом, коли на точність результатів впливають похибки вимірювання відстаней і вертикальних кутів.

Значення коефіцієнта асиметрії для всіх трьох приладів близькі до нуля ( $(-0,1 \leq A_x \leq 0,3)$ ), що свідчить про практично симетричний характер розподілу випадкових похибок. Від'ємні значення ексцесу ( $(-1,1 \leq E_x \leq -0,3)$ ) вказують на більш пологий характер розподілу порівняно з нормальним законом. Отримані результати підтверджують коректність виконаних вимірювань та можливість використання всіх трьох приладів для геодезичного моніторингу, при цьому найвищу точність забезпечує нівелір Н-05.

Під час польових геодезичних робіт було визначено висотне положення існуючих конструкцій промислової будівлі, які в подальшому використовуватимуться як опори нового вбудованого перекриття. Вимірювання виконувалися із застосуванням трьох геодезичних приладів:

- лазерного нівеліра **Bosch GLL 2-80 Professional**;
- електронного тахеометра **Spectra Geospatial FOCUS 50**;
- високоточного оптичного нівеліра **Н-05**.

Електронний тахеометр **Spectra Geospatial FOCUS 50** також використовувався для виконання тахеометричної зйомки та визначення планового положення існуючих колон і ригелів каркаса будівлі.

За результатами проведених вимірювань були визначені висотні відмітки існуючих залізобетонних ригелів перекриття. На основі отриманих даних побудовано графіки зміни висотного положення конструкцій та обчислено відхилення результатів, отриманих різними приладами, від їх середніх значень.

Для масивів випадкових величин, що характеризують відхилення висотних відміток від середнього значення, виконано статистичне опрацювання результатів та визначено основні статистичні характеристики:

- математичне сподівання;
- дисперсію;
- середньоквадратичне відхилення (стандарт);
- моду;
- коефіцієнт асиметрії;
- ексцес.

За результатами статистичного аналізу встановлено, що найбільш точним приладом серед використаних засобів вимірювань є високоточний нівелір **H-05**, який характеризується найменшим значенням коефіцієнта варіації та найменшим розсіюванням результатів відносно середнього значення. Це підтверджує доцільність його застосування для виконання високоточних геодезичних спостережень під час моніторингу деформацій будівельних конструкцій.

## **3 ПРОЕКТНІ РІШЕННЯ КОМПЛЕКСУ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ВИПРОБУВАНЬ ДІЛЯНКИ ВБУДОВАНОГО СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННОГО ПЕРЕКРИТТЯ БУДІВЛІ**

### **3.1 Ревіталізація промислових територій як напрям сучасного містобудівного розвитку**

Одним із актуальних напрямів розвитку сучасних міст є ревіталізація занедбаних промислових територій та їх подальше залучення до міського середовища. Переосмислення функціонального призначення колишніх заводів, складів, портів, логістичних комплексів та інших промислових об'єктів дозволяє ефективно використовувати вже освоєні міські території без розширення меж забудови. У результаті таких перетворень покращується екологічний стан районів, підвищується якість міського простору та створюються нові можливості для житлового, громадського й комерційного використання земель.

Значна частина промислових підприємств була побудована в середині ХХ століття на околицях міст. Проте внаслідок урбанізаційних процесів і розширення міської забудови багато з них сьогодні розташовані поблизу центральних районів та мають вигідне транспортне положення. За умови припинення виробничої діяльності такі території стають перспективними майданчиками для реалізації проєктів комплексної реконструкції.

Перед початком будівництва або реконструкції девелоперські компанії здійснюють комплексну оцінку технічного, екологічного та правового стану території. Особлива увага приділяється екологічній безпеці земельної ділянки, технічному стану існуючих будівель та відповідності проєктних рішень чинним будівельним нормам. Висока вартість підготовчих робіт та необхідність проходження численних погоджень зумовлюють участь у таких проєктах переважно великих інвестиційно-будівельних компаній, що позитивно впливає на рівень надійності реалізації проєкту.



Рис. 3.1 Схематизація перетворення багатоповерхових промислових будівель під доступне житло

Важливою перевагою реконструкції промислових територій є можливість комплексного формування нових житлових кварталів із сучасною інфраструктурою. На відміну від точкової забудови, де нові житлові будинки інтегруються в уже сформовану міську структуру, ревіталізація великих територій дозволяє передбачити створення громадських просторів, парків, скверів, закладів освіти, спортивних об'єктів, торговельних центрів та інших елементів комфортного міського середовища.

Додатковою перевагою таких територій є наявність розвиненої транспортної інфраструктури. Більшість промислових зон історично формувалися поблизу залізничних вузлів, магістралей та транспортних коридорів, що забезпечує високий рівень транспортної доступності майбутніх житлових районів.

Світова практика містобудування містить численні приклади успішної трансформації промислових територій у сучасні житлові та громадські простори.

Одним із найвідоміших прикладів є район **Distillery District** у Торонто (Канада), створений на території колишнього спиртового заводу Gooderham & Worts. Після припинення виробництва історичні промислові будівлі були відреставровані та пристосовані до сучасного використання. Сьогодні цей район

поєднує житлові комплекси, офіси, мистецькі галереї, ресторани, громадські простори та туристичні об'єкти, зберігаючи при цьому історичну архітектурну спадщину.

Іншим прикладом є район **Puerto Madero** у Буенос-Айресі (Аргентина). Колишня портова зона, яка тривалий час перебувала в занедбаному стані, була повністю реконструйована та перетворена на один із найпрестижніших районів міста. У межах проєкту проведено модернізацію інженерної інфраструктури, реконструкцію складських приміщень та будівництво сучасних житлових, ділових і готельних комплексів.

Масштабний проєкт ревіталізації реалізовано також у столиці Азербайджану – Баку. На місці колишнього промислового району нафтовидобувної галузі створено багатофункціональний комплекс **Baku White City**, що охоплює житлову забудову, офісні центри, громадські простори, рекреаційні зони та транспортну інфраструктуру. Перед початком будівництва було виконано комплекс заходів з очищення забруднених територій та перенесення промислових об'єктів за межі міста.

Наведені приклади підтверджують, що реконструкція та ревіталізація промислових територій є одним із найбільш ефективних напрямів сталого розвитку міст.

Такі проєкти дозволяють не лише раціонально використовувати міські землі, але й сприяють покращенню екологічного стану територій, розвитку транспортної та соціальної інфраструктури, а також підвищенню інвестиційної привабливості міст.

Під час вибору оптимальних архітектурно-конструктивних і організаційно-технологічних рішень щодо реконструкції промислових будівель зі зміною їх функціонального призначення необхідно враховувати такі основні фактори:

- архітектурно-конструктивну схему будівлі;
- об'ємно-планувальні характеристики об'єкта;
- технічний стан несучих і огорожувальних конструкцій;

- стан інженерних мереж та обладнання;
- техніко-економічні показники прилеглої території;
- особливості містобудівного оточення;
- транспортну доступність об'єкта;
- екологічний стан території;
- перспективи подальшого розвитку району.

Комплексне врахування зазначених факторів забезпечує ефективну реалізацію проєктів реконструкції та створює передумови для успішної інтеграції колишніх промислових об'єктів у сучасне міське середовище.

### **3.2 Обґрунтування необхідності влаштування нового вбудованого самонапруженого сталезалізобетонного перекриття**

Під час реконструкції промислових будівель зі зміною їх функціонального призначення на житлові об'єкти особлива увага приділяється низці конструктивних та інженерних рішень, від яких залежить надійність, безпечність і комфортність подальшої експлуатації будівлі (рис. 3.2) [17].

До основних напрямів реконструкції належать:

✓ **улаштування вбудованих міжповерхових перекриттів**, за допомогою яких існуюча висота поверху промислової будівлі, що становить близько 6 м, розділяється на два повноцінні житлові рівні висотою приблизно 3 м кожний. Таке рішення дозволяє суттєво підвищити ефективність використання внутрішнього об'єму будівлі та збільшити корисну площу житлових приміщень;

✓ **оцінювання несучої здатності існуючих залізобетонних колон, ригелів і фундаментів**, оскільки внаслідок улаштування додаткових перекриттів та збільшення кількості поверхів зростає сумарне постійне і тимчасове навантаження на несучі конструкції та основи будівлі. За результатами технічного обстеження визначається необхідність підсилення окремих конструктивних елементів;

✓ **застосування сучасних енергоефективних огорожувальних конструкцій**, зокрема фасадних систем, зовнішніх стін, світлопрозорих елементів і покриття будівлі. Використання сучасних теплоізоляційних матеріалів та енергоощадних технологій дозволяє суттєво знизити експлуатаційні витрати та забезпечити відповідність будівлі чинним вимогам щодо енергоефективності;

✓ **модернізація інженерних мереж та комунікацій**, включаючи системи опалення, вентиляції, водопостачання, водовідведення та електропостачання, з метою забезпечення нормативних умов проживання населення;

✓ **контроль технічного стану конструкцій за допомогою геодезичного моніторингу**, який дозволяє своєчасно виявляти деформації, осідання та інші зміни просторового положення несучих елементів під час виконання будівельно-монтажних робіт.

Комплексне врахування зазначених факторів забезпечує ефективну адаптацію промислової будівлі до нових умов експлуатації та створює передумови для її безпечного використання як сучасного житлового об'єкта.

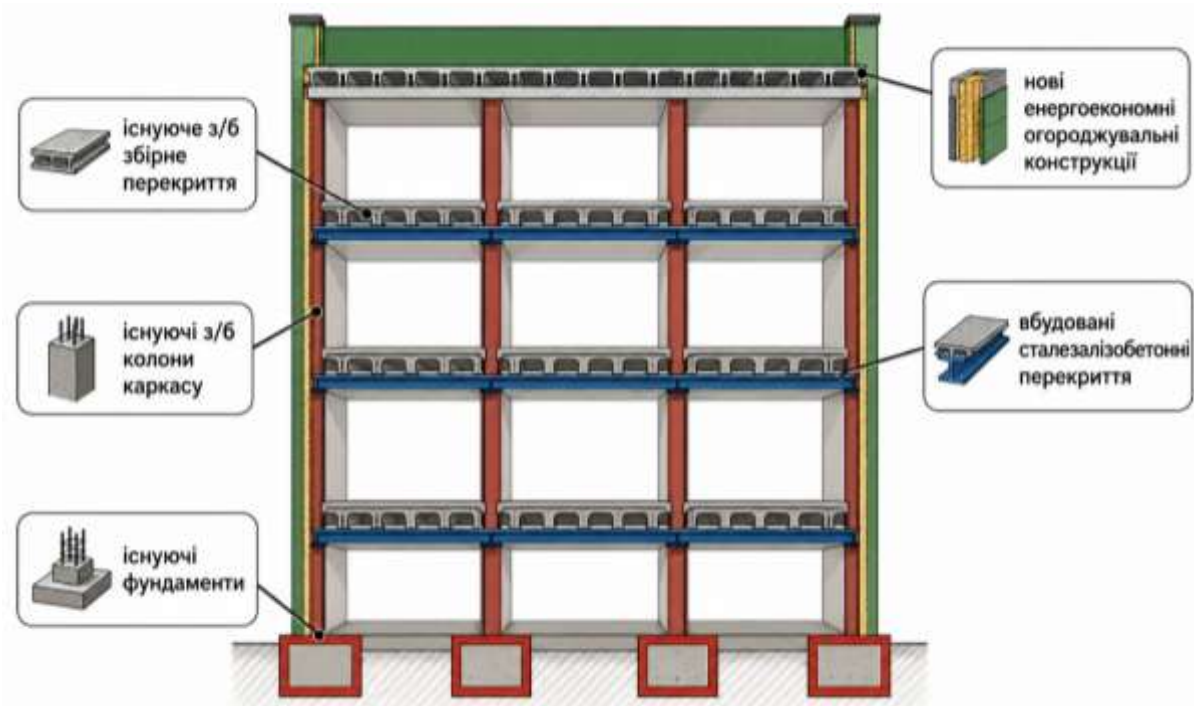


Рис. 3.2 Типова конструктивна схема багатоповерхової промислової будівлі з відображенням основних елементів реконструкції

Раціональна сітка колон промислових будівель з кроком  $6 \times 6$  м або  $6 \times 9$  м створює сприятливі умови для адаптації існуючих виробничих приміщень під житлову забудову. Такі конструктивні параметри дозволяють ефективно організувати планування малогабаритних квартир площею  $18\text{--}25$  м<sup>2</sup>, що включають житлову зону відкритого типу (студію), кухонний блок та відокремлений санітарний вузол (рис. 3.3). Подібні планувальні рішення відповідають сучасним тенденціям розвитку доступного житла та забезпечують раціональне використання внутрішнього простору будівлі [8].

Варіанти перепланування значною мірою залежать від висоти існуючих поверхів промислової споруди. Якщо висота поверху становить близько 6 м, можливе влаштування двох повноцінних житлових рівнів висотою приблизно 3 м кожний шляхом монтажу додаткового вбудованого сталезалізобетонного перекриття (рис. 3.4, а). Таке рішення дозволяє практично подвоїти корисну площу будівлі без збільшення навантаження на земельну ділянку.



Рис. 3.3 Типовий півповерх перепланованої промислової будівлі

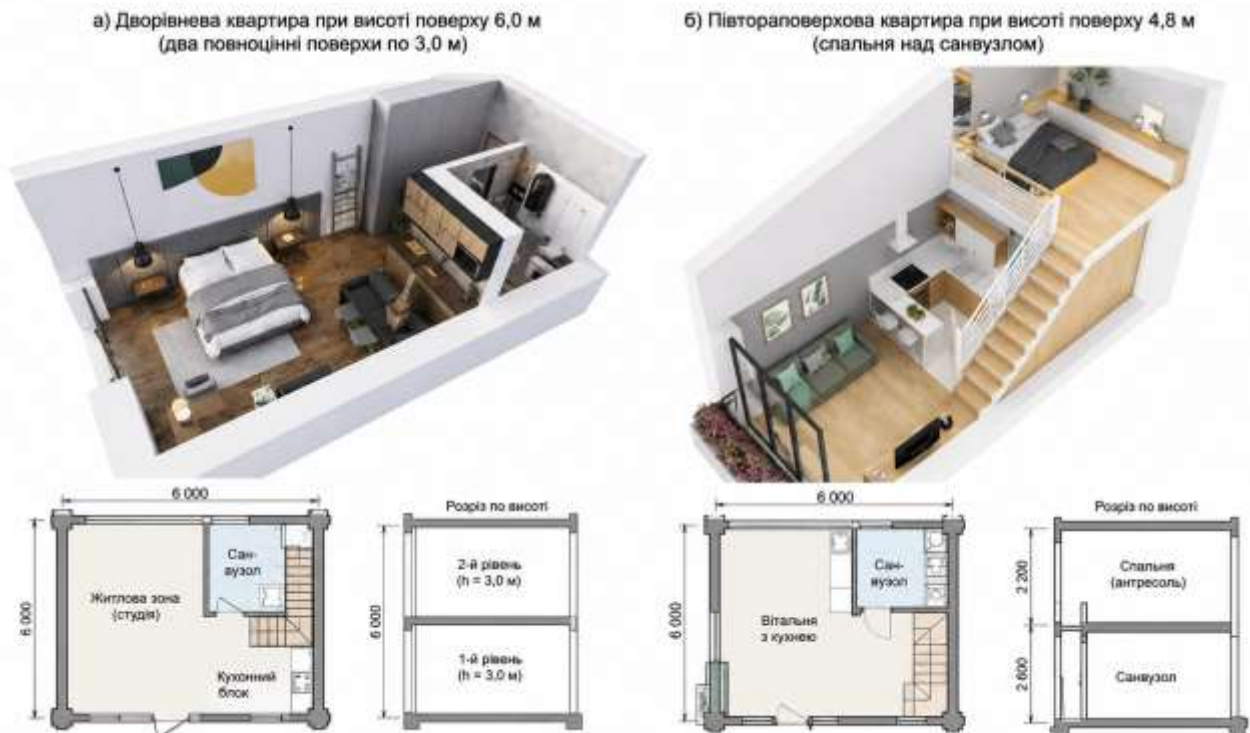


Рис. 3.4 3-D візуалізація внутрішнього простору квартир при висоті «нового» житлового поверху 6 м (а) та 4,8 м (б)

Для будівель із меншою висотою поверху, зокрема 4,8 м, доцільним є застосування дворівневих або півтораповерхових квартир. У цьому випадку спальня зона розташовується на антресольному рівні над санітарним вузлом або допоміжними приміщеннями, що забезпечує ефективне використання внутрішнього об'єму приміщення та створює комфортні умови проживання (рис. 3.4, б) [25].

Запропоновані архітектурно-планувальні рішення дозволяють адаптувати існуючі промислові каркаси до сучасних житлових потреб із мінімальним втручанням у несучі конструкції будівлі, що сприяє зменшенню вартості реконструкції та скороченню термінів виконання будівельних робіт.

### 3.3 Застосування геодезичних приладів під час випробування ділянки вбудованого сталезалізобетонного перекриття будівлі

Сталезалізобетонні перекриття набули широкого застосування у сучасному будівництві та реконструкції будівель завдяки ефективному

поєднанню переваг сталі й бетону в єдиній конструктивній системі. В умовах роботи на згин монолітна залізобетонна плита сприймає переважно стискаючі напруження, забезпечує просторову жорсткість перекриття та виконує функцію горизонтального диска жорсткості будівлі. Одночасно сталева балка працює переважно на розтяг і сприймає значну частину згинального моменту. Такий розподіл зусиль дозволяє максимально ефективно використовувати механічні властивості кожного матеріалу та підвищувати несучу здатність конструкції при відносно невеликій власній вазі.

Важливою перевагою сталезалізобетонних перекриттів є можливість їх монтажу із застосуванням будівельної техніки невеликої вантажопідйомності, що особливо актуально під час реконструкції існуючих будівель у щільній міській забудові. Саме тому використання таких конструкцій для влаштування додаткових перекриттів у каркасах багатоповерхових промислових будівель є технічно та економічно обґрунтованим рішенням [23].

Разом із тим одним із факторів, який необхідно враховувати під час проектування, є власна вага сталезалізобетонного перекриття. У багатьох випадках вона є співрозмірною з експлуатаційними навантаженнями, що діють на конструкцію в процесі її використання [8]. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває розроблення конструктивних і технологічних рішень, які забезпечують ефективне включення всіх елементів комбінованого перерізу в спільну роботу та рівномірний розподіл навантажень між сталевими та залізобетонними складовими конструкції.

Комплекс геодезичних робіт, необхідних для контролю процесу влаштування сталезалізобетонного перекриття (табл. 3.1), був розроблений з урахуванням поетапної технології монтажу. Відповідно до прийнятого технологічного рішення спочатку виконується бетонування монолітної залізобетонної плити, після чого здійснюється поетапне включення плити та сталевих балок у сумісну роботу під дією власної ваги та експлуатаційного навантаження.

На кожному етапі монтажу та навантаження конструкції виникає необхідність контролю її просторового положення, величини прогинів і можливих деформацій. Застосування стаціонарних прогиномірів під час будівельно-монтажних робіт не завжди є ефективним, оскільки в процесі виконання робіт можливе їх механічне пошкодження або зміщення. Тому доцільним є використання геодезичних методів моніторингу, які забезпечують незалежний контроль деформацій конструкцій протягом усього циклу випробувань.

Запропонована система геодезичного супроводу передбачає використання високоточного нівеліра Н-05, лазерного нівеліра Bosch GLL 2-80 Professional та електронного тахеометра Spectra Geospatial FOCUS 50. Вимірювання виконуються відносно вихідного репера, закріпленого за межами будівлі, що реконструюється, завдяки чому забезпечується стабільність висотної основи та можливість порівняння результатів спостережень на всіх етапах навантаження конструкції.

Таблиця 3.1

Перелік робіт геодезичного моніторингу за деформаціями елементів вбудованого сталезалізобетонного перекриття під час його влаштування

№	Перелік робіт з влаштування вбудованого сталезалізобетонного перекриття	Перелік робіт з геодезичного моніторингу (супроводу)
<b>1</b>	<b>Підготовчі роботи</b>	
1.1	Улаштування обойм зі сталевих кутиків для підсилення існуючих залізобетонних колон	Визначення вертикальних відхилень та контроль просторового положення існуючих залізобетонних колон
1.2	Улаштування опорних вузлів на існуючих залізобетонних колонах для кріплення головних і другорядних сталевих балок перекриття	Контроль висотних відміток опорних вузлів та місць встановлення сталевих балок
1.3	Підготовка сталевих балок: підрізання за фактичними розмірами, підсилення нижньої полиці (за потреби)	Геодезичний контроль довжин і геометричних параметрів сталевих балок
<b>2</b>	<b>Монтаж сталевих балок перекриття</b>	
2.1	Встановлення головних сталевих балок перекриття по буквених осях	Визначення висотного положення та прогинів нижнього поясу балок
2.2	Встановлення другорядних сталевих балок перекриття по цифрових осях	Контроль висотних відміток і планового положення балок з кроком вимірювань 1 м

№	Перелік робіт з улаштування вбудованого сталезалізобетонного перекриття	Перелік робіт з геодезичного моніторингу (супроводу)
<b>3</b>	<b>Влаштування монолітної залізобетонної плити</b>	
3.1	Монтаж профільованого настилу та арматурного каркаса	Контроль відміток верхньої поверхні профнастилу та положення арматурних елементів
3.2	Бетонування монолітної плити перекриття	Геодезичний контроль прогинів балок і деформацій конструкцій під дією власної ваги бетону
<b>4</b>	<b>Випробування перекриття навантаженням</b>	
4.1	Прикладання контрольного навантаження до перекриття	Визначення вертикальних переміщень і прогинів контрольних точок перекриття
4.2	Витримування навантаження протягом встановленого часу	Безперервний геодезичний моніторинг деформацій конструкції
4.3	Зняття навантаження	Визначення залишкових деформацій та залишкових прогинів перекриття
<b>5</b>	<b>Завершальний контроль</b>	
5.1	Оцінка фактичної роботи сталезалізобетонного перекриття	Аналіз результатів геодезичних спостережень та порівняння з розрахунковими даними
5.2	Підготовка виконавчої документації	Оформлення звітів, схем, таблиць і графіків геодезичного моніторингу

Геодезичний супровід виконують із використанням лазерного нівеліра **Bosch GLL 2-80 Professional**, електронного тахеометра **Spectra Geospatial FOCUS 50** та високоточного нівеліра **H-05**, що забезпечують контроль просторового положення конструкцій і визначення прогинів з точністю до 0,1 мм. Розроблені схеми встановлення геодезичних приладів дозволяють визначати вертикальні переміщення та прогини конструкцій із точністю до 0,1 мм. На основі отриманих значень прогинів та геометричних параметрів конструкції може бути визначений кут повороту перекриття на опорах, що є важливим показником оцінювання напружено-деформованого стану конструкції під час натурних випробувань. Отримані результати використовуються для перевірки відповідності фактичної роботи перекриття розрахунковим моделям та підтвердження надійності прийнятих конструктивних рішень.

За результатами геодезичного моніторингу планується виконати комплексний аналіз деформаційних характеристик елементів вбудованого сталезалізобетонного перекриття. Основну увагу буде приділено порівнянню

величин прогинів і переміщень конструкцій на різних етапах монтажу та навантаження.

Зокрема, передбачається провести порівняльний аналіз:

а) прогинів сталевих балок у прольотах, обладнаних тимчасовими монтажними опорами, та у прольотах без їх застосування;

б) прогинів профільованого настилу на ділянках із одночасним бетонуванням суміжних прольотів і на ділянках, де бетонування виконується через один проліт.

Отримані результати дозволять оцінити ефективність технологічних рішень та визначити ступінь впливу попереднього самонапруження елементів перекриття на його напружено-деформований стан.

Програма натурних випробувань експериментальної ділянки сталезалізобетонного перекриття розробляється відповідно до чинних нормативних документів та рекомендацій щодо випробування будівельних конструкцій [2–7]. Потенційно небезпечні зони концентрації напружень визначаються на підставі попереднього чисельного моделювання конструкції методом скінченних елементів [1].

Під час проведення випробувань передбачається отримання даних щодо:

- прогинів головних і другорядних сталевих балок перекриття;
- прогинів профільованого настилу;
- деформацій розтягу нижніх волокон сталевих балок у зоні максимальних згинальних моментів у середині прольотів, а також деформацій розтягу або стиску в приопорних зонах;
- деформацій стиску верхніх волокон бетонної плити в зоні максимальних згинальних моментів та деформацій у приопорних ділянках;
- розвитку та ширини розкриття тріщин у бетонній плиті;
- сумісності роботи сталевих балок і бетонної плити, що оцінюється за відсутністю проковзування між сталевими елементами та монолітним бетоном;
- несучої здатності вузлів кріплення, зварних швів та болтових з'єднань сталевих балок із існуючими залізобетонними колонами.

Для визначення деформативності перекриття та вимірювання вертикальних переміщень можуть застосовуватися такі геодезичні прилади:

а) електронний тахеометр **Spectra Geospatial FOCUS 50** у поєднанні з відбивачем або безвідбивачевим режимом вимірювань, а також нівелірною рейкою з ціною поділки 1 мм (рис. 3.5);

б) високоточний нівелір **H-05** та інварна рейка P-05, що забезпечують отримання результатів із високою точністю (рис. 3.6);

в) лазерний нівелір **Bosch GLL 2-80 Professional** із функцією автоматичного самонівелювання та нівелірною рейкою з ціною поділки 1 мм (рис. 3.7).

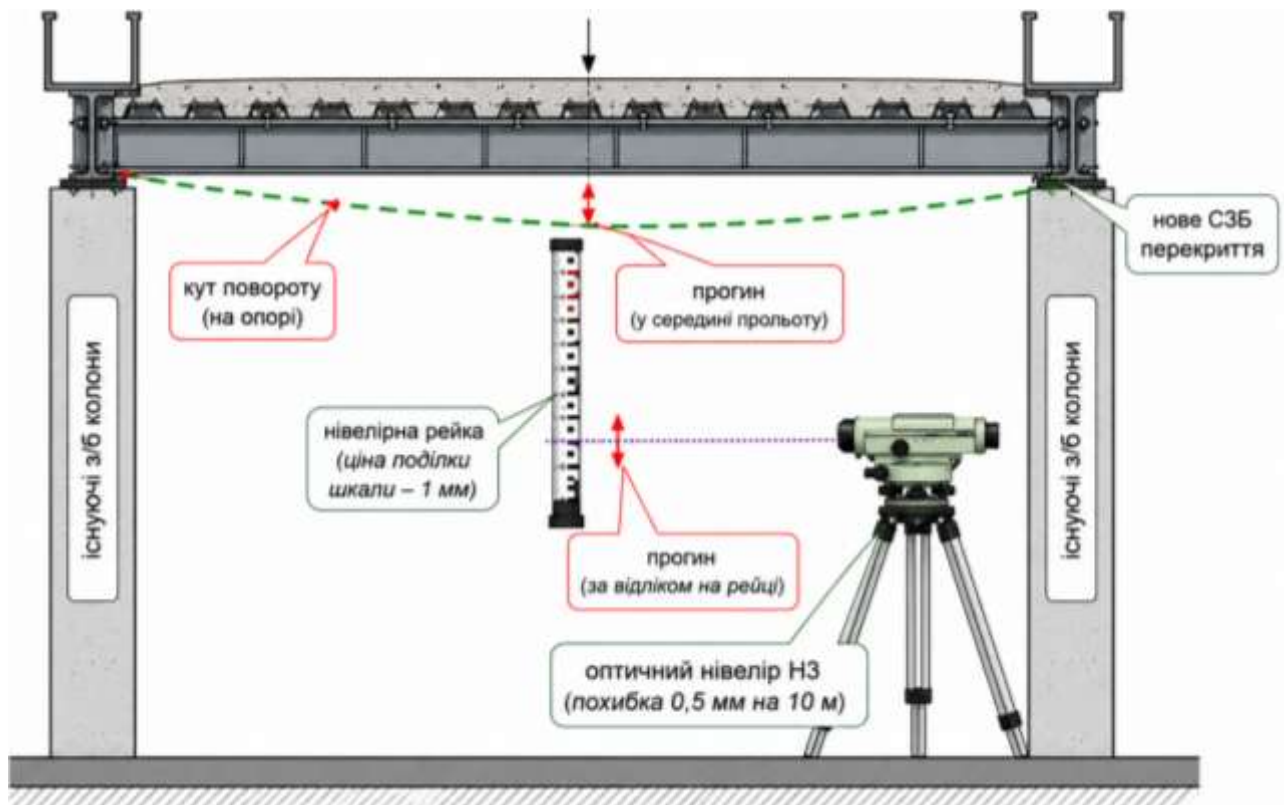


Рисунок 3.5 Схематичне розташування оптичного технічного нівеліру НЗ (Spectra Geospatial FOCUS 50) під час проведення натурного випробування ділянки вбудованого сталезалізобетонного перекриття.

Найвищу точність визначення вертикальних переміщень забезпечує високоточний нівелір Н-05. Завдяки використанню оптичного мікрометра та інварних рейок він дозволяє виконувати відліки з точністю до 0,05 мм, що є співставним із точністю спеціалізованих прогиномірів, які традиційно використовуються під час випробувань будівельних конструкцій.

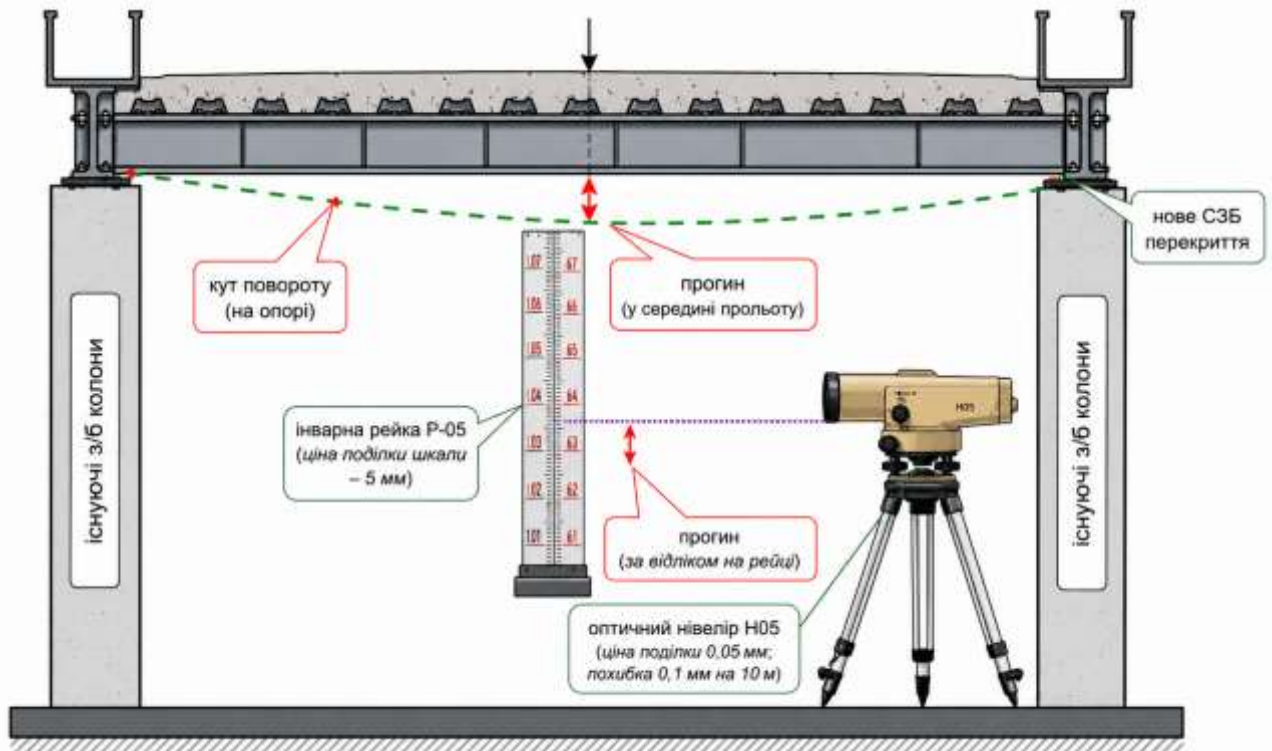


Рисунок 3.6 Схематичне розташування оптичного високоточного нівеліру Н05 під час проведення натурного випробування ділянки вбудованого сталезалізобетонного перекриття

Перевагою електронного тахеометра Spectra Geospatial FOCUS 50 є можливість одночасного визначення як висотного, так і планового положення контрольних точок, що дозволяє оцінювати просторові переміщення конструкцій у тривимірному просторі. Лазерний нівелір Bosch GLL 2-80 Professional, своєю чергою, відзначається простотою експлуатації, високою швидкістю виконання вимірювань та можливістю обслуговування одним виконавцем.

На рисунках 3.4–3.7 наведено розроблені схеми встановлення геодезичних приладів під час проведення геодезичного супроводу натурних випробувань ділянки вбудованого сталезалізобетонного перекриття, які забезпечують контроль деформаційних процесів на всіх етапах навантаження конструкції.

У результаті виконаних досліджень розроблено схеми розташування геодезичних приладів для проведення натурних випробувань ділянки вбудованого сталезалізобетонного перекриття. Запропоновані схеми забезпечують контроль вертикальних переміщень, прогинів та кутів повороту

конструкцій із точністю, співставною з точністю спеціалізованих прогиномірів, що традиційно застосовуються під час випробувань будівельних конструкцій.

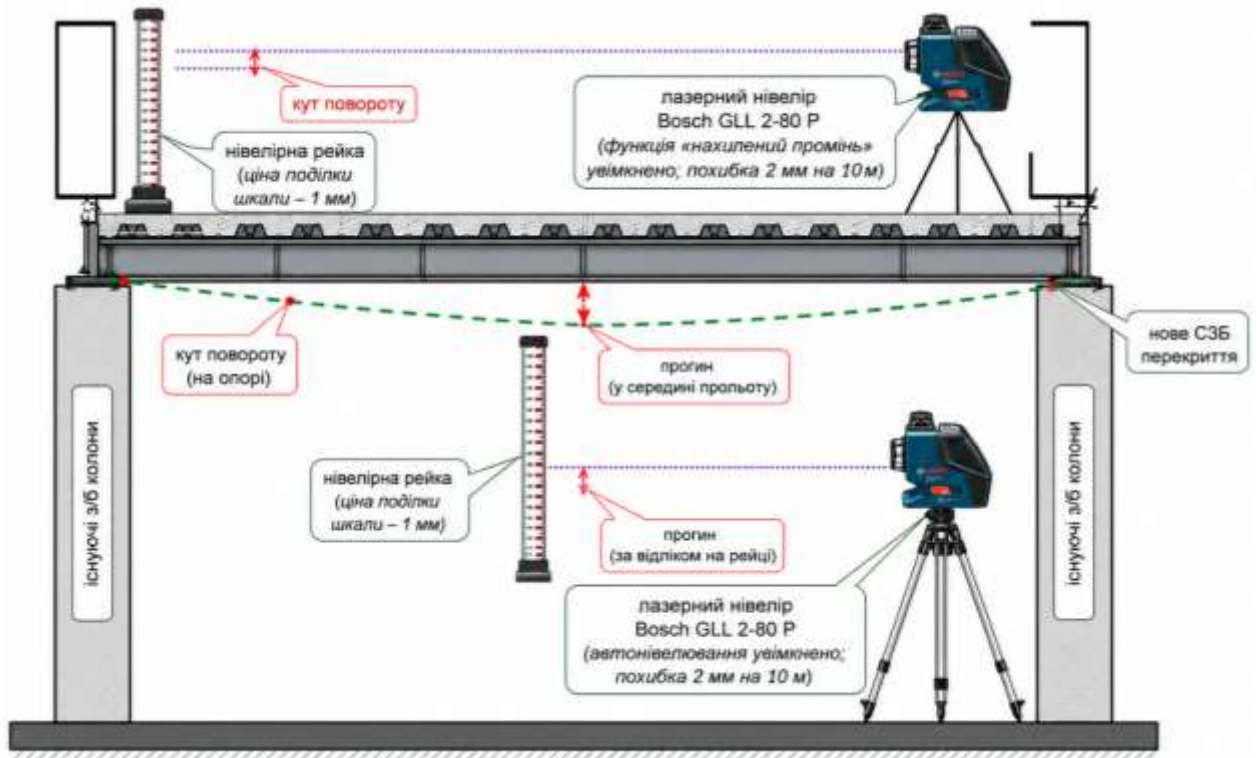


Рисунок 3.7 Схематичне розташування лазерного нівеліру Bosch GLL 2-80 Professional під час проведення натурного випробування ділянки вбудованого сталезалізобетонного перекриття

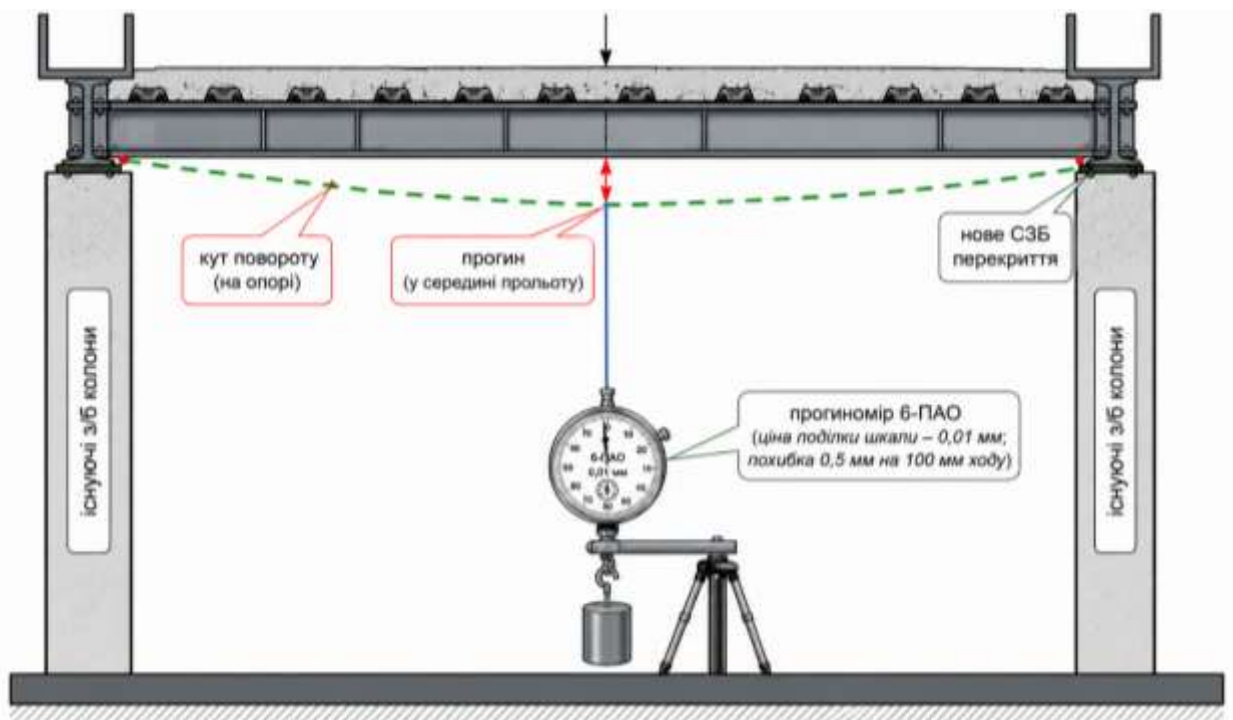


Рисунок 3.8 Типове розташування вимірювальних приладів під час проведення натурного випробування будівельних конструкцій

Встановлено, що використання лазерного нівеліра **Bosch GLL 2-80 Professional** є доцільним для оперативного геодезичного супроводу будівельно-монтажних робіт. Основними перевагами приладу є простота експлуатації, швидкість виконання вимірювань, автоматичне самонівелювання та можливість виконання відліків по нівелірній рейці одним виконавцем без залучення додаткового персоналу.

Для контролю просторового положення конструкцій та визначення їх планових і висотних переміщень рекомендовано застосовувати електронний тахеометр **Spectra Geospatial FOCUS 50**, який забезпечує високу точність вимірювання координат контрольних точок та дозволяє виконувати комплексний моніторинг деформацій у тривимірному просторі.

Найвищу точність визначення вертикальних переміщень і прогинів конструкцій забезпечує високоточний нівелір **H-05** у комплекті з інварною рейкою P-05. Завдяки застосуванню оптичного мікрометра та високоточних відлікових пристроїв вимірювання можуть виконуватися з точністю до **0,05 мм**, що відповідає вимогам до проведення натурних випробувань відповідальних будівельних конструкцій.

Запропонований комплекс геодезичного супроводу дозволяє отримувати достовірну інформацію про напружено-деформований стан сталезалізобетонного перекриття на всіх етапах його монтажу та навантаження, забезпечує можливість визначення фактичних прогинів, кутів повороту на опорах і залишкових деформацій, а також створює надійну основу для оцінки відповідності фактичної роботи конструкції результатам розрахунків та вимогам нормативних документів.

## 4 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Охорона навколишнього середовища є одним із важливих напрямів забезпечення сталого розвитку суспільства та раціонального використання природних ресурсів. Під час виконання геодезичних робіт при проведенні випробувань перекриття громадської будівлі необхідно враховувати вимоги екологічної безпеки та мінімізувати можливий негативний вплив на довкілля.

Геодезичні роботи належать до видів діяльності, які не створюють значного техногенного навантаження на навколишнє середовище. Проте під час виконання польових вимірювань та випробувань будівельних конструкцій необхідно забезпечувати дотримання природоохоронних вимог, особливо в умовах міської забудови.

Під час виконання геодезичних вимірювань використовуються електронні тахеометри, нівеліри, GNSS-приймачі та інше обладнання, яке не спричиняє шкідливих викидів у атмосферне повітря та не створює значного шумового навантаження.

Можливий вплив на довкілля пов'язаний переважно з переміщенням персоналу та використанням транспортних засобів для доставки обладнання до об'єкта робіт. Внаслідок цього можуть виникати незначні викиди відпрацьованих газів та споживання паливно-енергетичних ресурсів.

Оскільки дослідження проводяться в межах існуючої забудови без виконання масштабних земляних робіт, негативний вплив на ґрунтовий покрив, рослинність та водні ресурси практично відсутній.

Одним із важливих напрямів збереження навколишнього середовища є реконструкція та повторне використання існуючих будівель замість зведення нових об'єктів. Такий підхід дозволяє скоротити використання будівельних матеріалів, зменшити обсяги будівельних відходів та знизити навантаження на природні ресурси.

Під час реконструкції громадських і промислових будівель значно зменшуються площі земель, необхідні для нового будівництва, що сприяє

збереженню зелених насаджень та природних територій. Крім того, використання існуючої інженерної інфраструктури дозволяє скоротити витрати матеріальних ресурсів та енергії.

Важливу роль у реалізації таких проєктів відіграє геодезичне забезпечення, яке дозволяє контролювати технічний стан конструкцій та забезпечувати безпечне виконання реконструкційних робіт.

Для мінімізації впливу на навколишнє середовище під час виконання геодезичних робіт необхідно:

- використовувати справне та енергоефективне геодезичне обладнання;
- раціонально планувати маршрути пересування працівників і транспорту;
- забезпечувати належне поводження з акумуляторними батареями та електронними відходами;
- не допускати засмічення території виконання робіт;
- дотримуватися вимог екологічного законодавства України;
- максимально використовувати цифрові технології для скорочення обсягів паперової документації.

Застосування сучасних електронних приладів і цифрових методів обробки даних сприяє підвищенню ефективності робіт та зменшенню використання природних ресурсів.

Геодезичні роботи при проведенні випробувань перекриття громадської будівлі характеризуються незначним впливом на навколишнє середовище. Використання сучасних електронних геодезичних приладів, цифрових технологій та методів моніторингу забезпечує виконання робіт із мінімальним екологічним навантаженням. Особливе значення для охорони довкілля має реконструкція існуючих будівель, яка дозволяє раціонально використовувати природні ресурси, зменшувати обсяги будівельних відходів та сприяти сталому розвитку міських територій.

## **5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ**

Охорона праці є важливою складовою організації геодезичних робіт під час проведення випробувань перекриття громадської будівлі. Основною метою охорони праці є забезпечення безпечних умов роботи, збереження здоров'я працівників, запобігання виробничому травматизму та професійним захворюванням.

Під час виконання геодезичних робіт працівники можуть перебувати як у виробничих приміщеннях, так і безпосередньо на будівельному майданчику. Тому необхідно враховувати вимоги безпеки під час роботи з геодезичними приладами, електрообладнанням та під час пересування територією об'єкта.

Під час виконання геодезичних робіт можуть виникати такі небезпечні та шкідливі фактори:

- робота на висоті під час встановлення приладів та проведення спостережень;
- можливість падіння будівельних матеріалів або конструкцій;
- рух будівельної техніки та транспортних засобів на території об'єкта;
- підвищена запиленість повітря;
- несприятливі погодні умови під час польових робіт;
- ураження електричним струмом від несправного обладнання;
- фізичне перевантаження під час перенесення геодезичних приладів;
- підвищене навантаження на органи зору при виконанні точних вимірювань.

Для зменшення впливу зазначених факторів необхідно суворо дотримуватися вимог охорони праці та техніки безпеки.

Перед початком робіт працівники повинні пройти вступний та первинний інструктаж з охорони праці. До виконання робіт допускаються особи, які пройшли відповідне навчання та ознайомлені з правилами безпечної експлуатації геодезичного обладнання.

Перед початком вимірювань необхідно перевірити справність електронних тахеометрів, нівелірів, GNSS-приймачів, штативів та допоміжного обладнання. Забороняється використовувати прилади з механічними пошкодженнями або несправними елементами живлення.

Під час роботи на будівельному майданчику працівники повинні використовувати засоби індивідуального захисту: захисні каски, сигнальні жилети, спецвзуття та робочий одяг. У місцях можливого падіння предметів необхідно дотримуватися встановлених зон безпеки.

Не допускається виконання геодезичних робіт поблизу неогороджених прорізів, котлованів, траншей та інших небезпечних місць без відповідних засобів захисту.

Особливу увагу необхідно приділяти безпеці під час проведення випробувань перекриття під навантаженням. Перед початком випробувань повинно бути перевірено технічний стан конструкцій та надійність встановлення навантажувальних елементів.

Під час випробувань забороняється перебування сторонніх осіб у зоні можливих деформацій конструкції. Геодезичні прилади необхідно встановлювати в безпечних місцях, які забезпечують належну видимість контрольованих точок та виключають ризик пошкодження обладнання.

Усі учасники випробувань повинні виконувати вказівки відповідального керівника робіт та негайно повідомляти про будь-які ознаки аварійної ситуації або появу небезпечних деформацій конструкцій.

Під час виконання камеральних та польових робіт необхідно дотримуватися вимог пожежної безпеки. Електронне обладнання повинно експлуатуватися відповідно до інструкцій виробника. Забороняється використовувати пошкоджені кабелі, несправні зарядні пристрої та перевантажувати електромережу.

Працівники повинні знати місця розташування первинних засобів пожежогасіння та шляхи евакуації. У разі виникнення пожежі необхідно негайно повідомити відповідні служби та вжити заходів для безпечної евакуації людей.

Для підвищення безпеки та комфортності праці рекомендується:

- використовувати сучасні електронні геодезичні прилади;
- регулярно проводити перевірку технічного стану обладнання;
- забезпечувати працівників засобами індивідуального захисту;
- проводити періодичні інструктажі з охорони праці;
- дотримуватися режиму праці та відпочинку;
- забезпечувати належне освітлення робочих місць;
- організовувати безпечні умови виконання робіт на будівельному майданчику.

Під час виконання комплексу геодезичних робіт при проведенні випробувань перекриття громадської будівлі необхідно забезпечувати належний рівень охорони праці та техніки безпеки. Основними небезпечними факторами є робота на будівельному майданчику, можливі деформації конструкцій під навантаженням, використання електронного обладнання та вплив виробничого середовища.

Дотримання вимог нормативних документів, використання справного обладнання, засобів індивідуального захисту та належна організація робіт дозволяють мінімізувати ризики виробничого травматизму і забезпечити безпечне проведення геодезичних вимірювань та випробувань будівельних конструкцій.

## ВИСНОВКИ

У дипломній роботі виконано дослідження особливостей геодезичного забезпечення та моніторингу деформацій під час реконструкції багатоповерхової промислової будівлі зі зміною її функціонального призначення на житлову. Основну увагу приділено розробленню та обґрунтуванню комплексу геодезичних робіт для контролю просторового положення конструкцій і проведення натурних випробувань вбудованого сталезалізобетонного перекриття.

У результаті аналізу нормативно-технічної бази встановлено, що основними документами, які регламентують виконання геодезичних робіт у будівництві, є ДБН В.1.3-2:2010 «Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Геодезичні роботи у будівництві» та ДСТУ-Н Б В.1.3-1:2009 «Виконання вимірювань». Зазначені нормативні документи визначають вимоги до точності геодезичних вимірювань, порядку виконання розбивочних робіт, контролю геометричних параметрів будівельних конструкцій та проведення геодезичного моніторингу.

Під час польових досліджень виконано визначення висотного положення існуючих конструкцій промислової будівлі, які використовуються як опори для нового вбудованого перекриття. Вимірювання проводилися за допомогою лазерного нівеліра Bosch GLL 2-80 Professional, електронного тахеометра Spectra Geospatial FOCUS 50 та високоточного нівеліра Н-05. На основі отриманих результатів виконано статистичну обробку даних та визначено основні статистичні характеристики випадкових величин, зокрема математичне сподівання, дисперсію, середньоквадратичне відхилення, асиметрію та ексцес.

Проведений аналіз показав, що найбільшу точність визначення висотних відміток забезпечує високоточний нівелір Н-05, який дозволяє виконувати вимірювання з точністю до 0,05 мм. Електронний тахеометр Spectra Geospatial FOCUS 50 забезпечує можливість комплексного контролю просторового положення конструкцій та визначення як планових, так і висотних зміщень.

Лазерний нівелір Bosch GLL 2-80 Professional характеризується простотою експлуатації, високою швидкістю роботи та можливістю виконання вимірювань одним виконавцем.

У роботі розроблено схеми розташування геодезичних приладів для проведення натурних випробувань ділянки вбудованого сталезалізобетонного перекриття. Запропоновані рішення дозволяють визначати прогини та вертикальні переміщення конструкцій із точністю, співставною з точністю спеціалізованих прогиномірів, які традиційно застосовуються під час випробування будівельних конструкцій.

Практична цінність виконаної роботи полягає у можливості використання розроблених методик геодезичного супроводу та моніторингу під час реконструкції існуючих промислових будівель, проведення випробувань сталезалізобетонних перекриттів і контролю їх напружено-деформованого стану. Запропоновані рішення сприяють підвищенню надійності результатів вимірювань, забезпеченню безпеки виконання будівельних робіт та обґрунтуванню ефективності конструктивних рішень при реконструкції будівель різного призначення.

Таким чином, поставлена мета роботи досягнута, а всі передбачені завдання виконані в повному обсязі.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бондарчук В. І., Сахацький М. П. Геодезія: підручник. — К.: Вища школа, 2011. — 326 с.
2. Бугай П.Т. Теорія помилок і способ найменших квадратів. — Львів: Вид-во Львівського ун-ту, 1960. — 366 с.
3. Геодезичний енциклопедичний словник / За ред. В. Літинського. — Львів: Євросвіт, 2001. — 668 с.
4. Гнесь І. П. Актуальні проблеми і задачі житлової політики у великому місті. Архітектурний вісник КНУБА. Київ, 2016. Вип. 10. С. 325–334.
5. Григоровський П.Є., Дейнека Ю.В., Косолап Л.О. Деякі особливості вибору методів виконання геодезичного забезпечення при будівництві НСК «Олімпійський». Нові технології в будівництві. Київ: Ліра-К, 2010. Вип. 19. С. 9–15.
6. Григоровський П.Є., Дейнека Ю.В., Косолап Л.О. Нормативна база геодезичного забезпечення будівельних робіт в Україні. Нові технології в будівництві. 2011. № 2 (22). С. 12–20.
7. Григоровський П.Є., Крошка Ю.В. Аналіз та вдосконалення нормативної бази з геодезичного забезпечення будівництва (перегляд ДБН В.1.3-2:2010 «Геодезичні роботи у будівництві»). Будівельне виробництво. Київ: Компринт, 2017. Вип. 62/3. С. 3–7.
8. Григоровський П.Є., Куделя А.М., Дейнека Ю.В. Методика проведення моніторингу висотних будівель з урахуванням досвіду будівництва в м. Києві. Нові технології в будівництві. Київ: Ліра-К, 2008. Вип. 16. С. 56–63.
9. ДБН В.1.3-2:2010. Геодезичні роботи в будівництві. — Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. — 70 с.
10. ДСТУ ISO/IEC 17025:2006. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій. — К.: Держспоживстандарт України, 2007. — 26 с.

11. ДСТУ-Н Б В.1.3-1:2009. Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Виконання вимірювань, розрахунків точності геометричних параметрів. Настанова.

12. Зазуляк П.М., Гавриш В.І. та ін. Основи математичного опрацювання геодезичних вимірювань. – Львів: Растр-7, 2007. – 408 с.

13. Каленіченко Д.Ю., Гасенко А.В., Семко О.В., Новицький О.П. Інноваційні технології геодезичного моніторингу реконструкції багатоповерхової промислової будівлі із зміною її функціонального призначення. *Transfer of Innovative Technologies 2021*. Київ: КНУБА, 2021.

14. Кравчуновська Т.С., Броневицький С.П., Ковальов В.В., Данилова Т.В., Ткач Т.В. Планування розміщення і організація будівництва та реконструкції об'єктів доступного житла з урахуванням містоформуючих особливостей територій великих міст: монографія. – Дніпро: Літограф, 2019. – 228 с.

15. Кривошеєв П.І. Науково-технічні проблеми ресурсу будівельних конструкцій при реконструкції житлових будинків. *Реконструкція житла*. 2008. Вип. 11. С. 20–25.

16. Крошка Ю.В. Організаційні та технологічні вимоги до складу проектів виконання геодезичних робіт. *Будівельне виробництво*. Київ: Компринт, 2018. Вип. 64. С. 13–14.

17. Крошка Ю.В., Мурашова О.В., Фурсов Ю.В. Вибір раціональних методів геодезичних робіт з урахуванням їх впливу на будівельно-монтажні роботи. *Science and Education a New Dimension: Natural and Technical Sciences*. 2019. № VII(26), Issue 215. С. 20–23.

18. Мельниченко О.О. Геодезичне забезпечення кадастрових робіт. – Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2019. – 212 с.

19. Методичні рекомендації з виконання геодезичних робіт у будівництві / Григоровський П., Дейнека Ю., Косолап Л., Войтенко С., Шульц Р. – Київ: ДП НДІБВ, 2011. – 117 с.

20. Настанова щодо науково-технічного моніторингу будівель і споруд: ДСТУ-Н Б В.1.2-17:2016 / Бабік К. та ін. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 38 с.

21. Островський А.Л., Мороз О.І., Тарнавський В.Л. Геодезія: підручник. Ч. 2. – Львів: Вид-во Національного університету «Львівська політехніка», 2007.
22. Пічугін С.Ф. Математична обробка геодезичних вимірів. – Полтава: АСМІ, 2006. – 167 с.
23. Про затвердження Інструкції з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-97). Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0393-98>
24. Про затвердження Порядку використання Державної геодезичної референцної системи координат УСК-2000 при здійсненні робіт із землеустрою: наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 02.12.2016 № 509. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1646-16>
25. Рій І.Ф., Бочко О.І., Біда О.Ю. Електронні геодезичні прилади: навч. посіб. – Львів: ГАЛИЧ-ПРЕС, 2021. – 336 с.
26. Савчук С.Г. Проблемні питання під час використання сучасних супутникових технологій визначення координат. Геодезія, картографія і аерофотознімання. Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2007. Вип. 69. С. 20–33.
27. Семко О.В., Воскобійник О.П., Гасенко А.В. Утворення сталезалізобетонних конструкцій під час підсилення обетонуванням сталевих стиснутих елементів громадських будівель. Галузеве машинобудування, будівництво. Полтава: ПолтНТУ, 2012. Вип. 3 (33). С. 217–221.
28. Smart House. Режим доступу: <https://smart-house.biz.ua/> (дата звернення: 29.03.2021).
29. Чуканова Н.П., Крошка Ю.В., Мурасьова О.В. Інформаційно-експертна система для вибору засобів інструментальних вимірювань при будівництві та експлуатації будівель і споруд. Геодезичне забезпечення будівництва: матеріали наук.-техн. конф., 25 жовтня 2018 р. Київ, 2018. С. 41–49.