

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет геоінформаційних систем і управління територіями

(факультет)

Кафедра інженерної геодезії

(назва кафедри)

на тему:

«Геодезичний моніторинг за зміщенням і деформаціями висотних будівель»

ВИКОНАВ СТУДЕНТ ГРУПИ ГДМ-22

193 ГЕОДЕЗІЯ ТА ЗЕМЛЕУСТРІЙ, ЗЕМЛЕУСТРІЙ ТА КАДАСТР

(СПЕЦІАЛЬНІСТЬ, СПЕЦІАЛІЗАЦІЯ)

СУХОЙВАН СЕРГІЙ ГРИГОРОВИЧ

(ПРИЗВИЩЕ, ІМ'Я ТА ПО БАТЬКОВІ ПОВНІСТЮ)

КЕРІВНИК ДОЦ., К.Т.Н., ІСАЄВ О.П.

(ПРИЗВИЩЕ ТА ІНІЦІАЛИ, ВЧЕНЕ ЗВАННЯ, НАУКОВИЙ СТУПІНЬ)

Графічні матеріали
до дипломної роботи на тему:

“Геодезичний моніторинг за зміщенням і деформаціями висотних будівель”

					Дипломний проект			
Зм	Кільк	№ докум.	Підпис	Дата	Геодезичний моніторинг за зміщенням і деформаціями висотних будівель	Лист		Масштаб
Виконала		Сухойван С.Г.						
Керівник		Ісаєв О.П.				Арк. 1	Аркушів	
					Графічні матеріали	КНУБА, ГІСУТ Кафедра інженерної геодезії ГДм-22		
Зав кафедри		Дем'яненко Р.А						

Мета роботи: Забезпечення геодезичного моніторингу висотних будівель комплексу.

Об'єкт спостережень: комплекс з 3-х 23-х поверхових будівель.

Місце розташування об'єкту: м. Київ, Солом'янський район.

Необхідність виконання спостережень: Об'єкт будівництва розташований в кварталі, який буде реконструюватися. Навколишнє будівництво матиме негативний вплив на стійкість будівель комплексу, в сумі з нестійкими ґрунтами, які представлені лесовими та насипними ґрунтами, на яких побудований комплекс, дає всі підстави прогнозувати появу нерівномірних горизонтальних та вертикальних зміщень, а також деформації елементів будівлі. Що в майбутньому може вплинути на стійкість будівель в цілому і призвести до їх руйнування. Тому необхідно розробити проєкт моніторингу за будівлями комплексу.

В даній роботі виносяться такі основні питання:

- ▶ Моніторинг горизонтальних зміщень та крену будівель;
- ▶ Моніторинг вертикальних зміщень будівель;
- ▶ Моніторинг деформацій елементів будівель;
- ▶ Прогнозування можливих зміщень та деформацій будівель комплексу.

АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Комплекс складається з 3-х будівель, які мають однотипну конструктивну схему. Конструктивні схеми будівель представляють з себе каркасно-монолітні, які виконані у вигляді залізобетонного ядра разом з монолітними залізобетонними колонами та стінами. Несучими елементами будівель є залізобетонні монолітні стіни з перерізом 300 мм і колони перерізом 100x200 мм.

Будівлі мають палево-ростверкний тип фундаменту. Палі закладаються в твердих шарах ґрунту. Підземна частина представляє з себе монолітну залізобетонну конструкцію в 2 яруси, загальною висотою 8,7 м. В підземній частині запроектовано технічні приміщення та двоярусний паркінг на 300 машино місць.

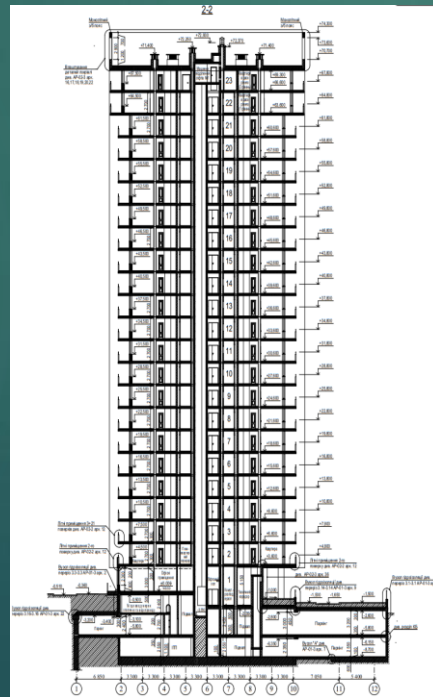
Надземна частина будівель запроектована в 23 поверхи загальною висотою 74,300 м. Переkritтя між поверхами виконано з монолітного залізобетону. На кожному поверсі розміщено 10 квартир (2 3-кімнатні, 2 2-кімнатні, 6 1-кімнатні). Несучі стіни виконані з монолітного залізобетону, ненесучі стіни виконані з цегли. Зовнішні стіни утеплюються мінеральною ватою з теплофізичними характеристиками, що забезпечують нормативний опір теплопередачі.

Покрівля будівель плоска рулонна з внутрішнім водовідведенням, утеплювач мінераловатні плити з теплофізичними характеристиками, що забезпечують нормативний опір теплопередачі. Будівлі обладнано системами водопостачання, опалення, електропостачання, газопостачання та каналізації.

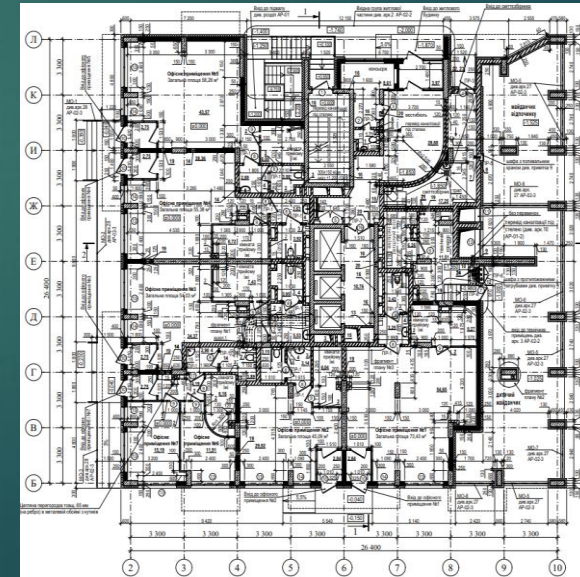
Головний фасад будівель



Вертикальний розріз

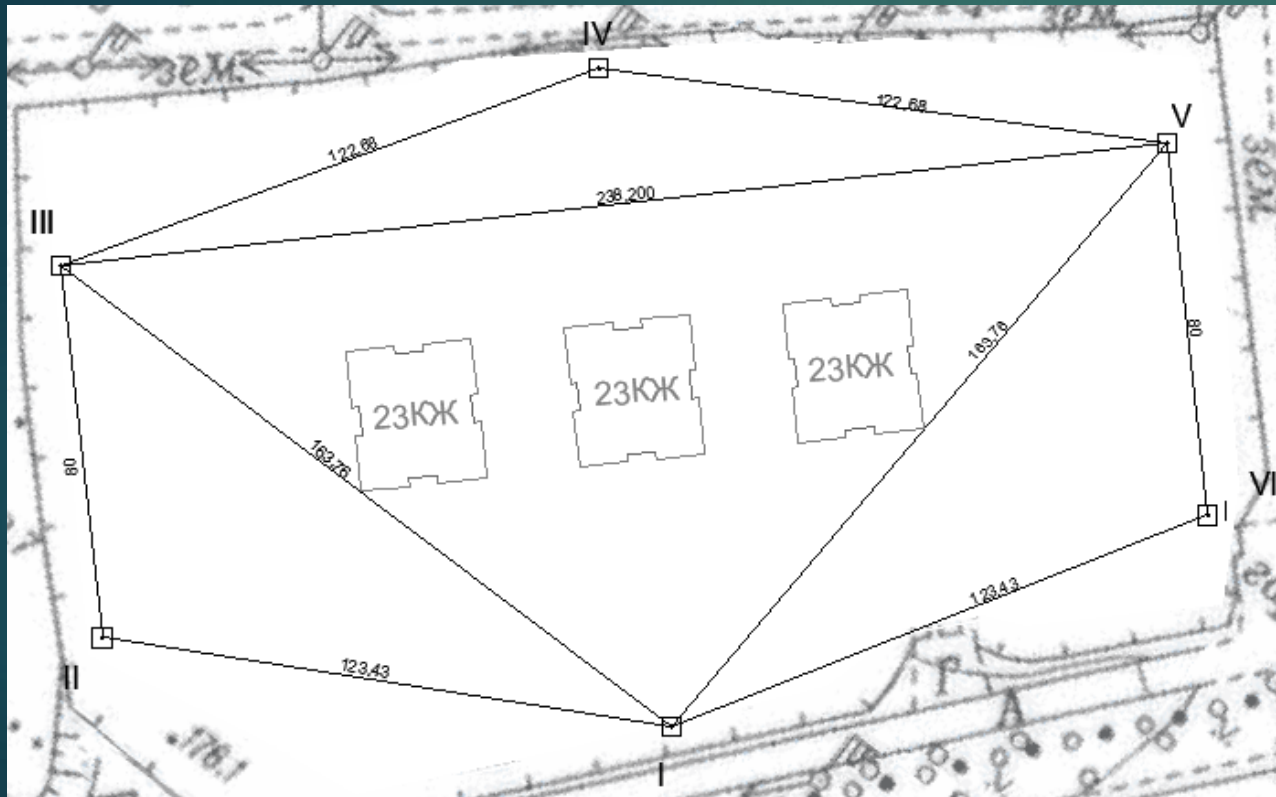


План першого поверху будівель



Проект планової мережі

Схема планової мережі з розмірами сторін, м



Для виконання моніторингу за горизонтальними зміщеннями створюється опорна планова мережа. Опорна планова мережа проектується у вигляді лінійно-кутової мережі.

Розмічування основної сторони III-V виконується за допомогою GPS-приймача Leica Viva GS16 в системі координат MSK80. Всі інші пункти розмічуються в локальній системі координат будівельного майданчику за допомогою тахеометра Leica FlexLine TS10 I 1" R1000.

Оскільки дана місцевість представлена насипними та лесовими ґрунтами потужність яких складає приблизно 12 метрів. Для забезпечення стійкості планової мережі необхідно використовувати відповідні знаки. Наприклад такими знаками можуть бути знаки з ДБН В.1.3-2:2010 . Такими знаками можна закріпити пункт в твердих шарах ґрунту.

Перед початком розмічування планової мережі виконується апріорна оцінка точності лінійно-кутової мережі. Дана оцінка точності виконана в програмі «Топо-град». Результати зображені в таблиці 1. Апостеріорна оцінка точності виконується після побудови мережі. Отримані значення порівнюються з значеннями таблиці 2 (III клас точності) ДСТУ Б В.2.1-30:2014.

Таблиця 2

Таблиця 1

Апріорна оцінка точності лінійно-кутової мережі

Назва пункту	Координати		Дирек. Кут (° ' ")	На пункти	Довжина Сторін (м)	Середньо квадратичні похибки (СКП)					Відносна похибка сторін
	X (м)	Y (м)				X (м)	Y (м)	МХУ (м)	Сторін (м)	Дир. Кутів (сек)	
1	901.388	1130.745	278 54 3.8	2	123.43	0.0011	0.0013	0.0017	0.0014	2.4068	1:90894
			307 1 29.3	3	163.76				0.0012	1.5417	1:132672
			40 20 25.1	5	163.76				0.0012	1.5417	1:132672
			68 27 50.6	6	123.43				0.0014	2.4068	1:90894
2	920.486	1008.803	98 54 3.8	1	123.43	0.0015	0.0011	0.0019	0.0014	2.4068	1:90894
			353 40 57.1	3	80.00				0.0016	2.6711	1:50995
3	1000.000	1000.00	127 1 29.3	1	163.76				0.0012	1.5417	1:132672
			173 40 57.1	2	80.00				0.0016	2.6711	1:50995
			69.48 58.4	4	122.68				0.0015	1.7253	1:82934
			83 40 57.2	5	238.20						
4	1042.00	1115.142	249 48 59.4	3	122.68	0.0010	0.0015	0.0018	0.0015	1.7253	1:82934
			97 32 56.0	5	122.68				0.0015	1.7253	1:82933
5	1026.221	1236.754	220 20 25.1	1	163.76				0.0012	1.5417	1:132672
			263 40 57.2	3	238.20						
			277 32 56.0	4	122.68				0.0015	1.7253	1:82933
			173 40 57.1	6	80.00				0.0016	2.6711	1:50995
6	946.697	1245.556	248 27 50.6	1	123.43	0.0016	0.0010	0.0019	0.0014	2.4068	1:90894
			353 40 57.1	5	80.00				0.0016	2.6711	1:50995

Допустимі похибки вимірювання деформаційних зміщень споруд

Клас точності вимірювань	Допустимі середні квадратичні похибки вимірювання зміщень, мм	
	вертикальних, m_s	горизонтальних, m_l
I	1	1
II	2	5
III	5	10
IV	10	15

I клас – для унікальних й таких, що понад 50 років перебувають в експлуатації, зведені на скельних та напівскельних ґрунтах;

II клас – для зведених на піщаних, глинистих та інших ущільнюваних ґрунтах;

III клас – для зведених на насипних, просадкових, заторфованих та інших дуже ущільнюваних ґрунтах;

IV клас – для земляних споруд.

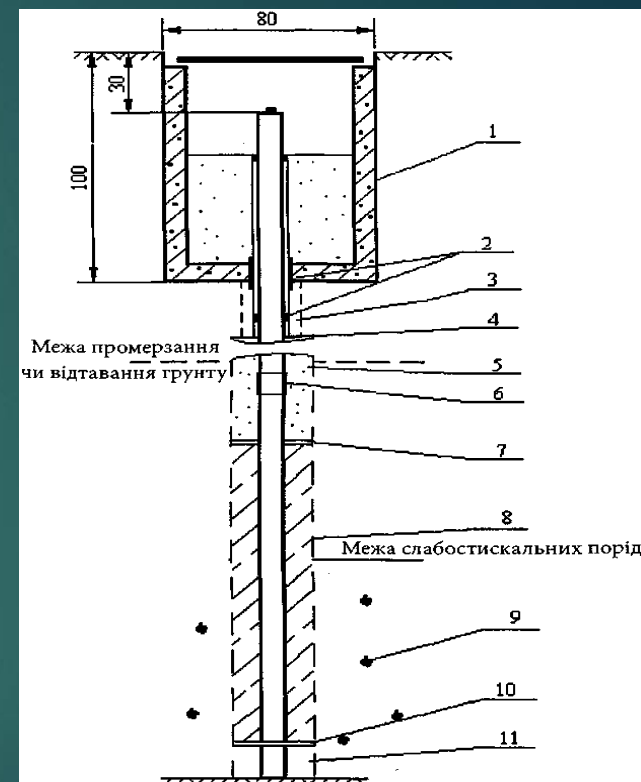
Оскільки $1,9 \text{ мм} < 10 \text{ мм}$ (III клас точності приймається для будівель комплексу), тому запроектована планова мережа забезпечує потрібну точність визначення координат.

Основні характеристики GPS-приймача Leica Viva GS16

Точність 2D (статика)	3 мм + 0.5 ppm
Точність 3D (статика)	5 мм + 0.5 ppm
Точність 2D (RTK)	8 мм + 0.5 ppm (мережеве)
Точність 3D (RTK)	15 мм + 0.5 ppm (мережеве)
Час ініціалізації	4 с



Знак закріплення пунктів планової мережі



Основні характеристики Тахеометр Leica FlexLine TS10 I 1" R1000

Збільшення (кратність)	30x
Точність кутова	1"
Дальність вимірювання без відбивача	1000м
Дальність вимірювання з відбивачем	3500м (10000м у режимі великих відстаней)
Точність вимірювання відстаней без відбивача	2мм+2мм/км
Точність вимірювання відстаней на відбивач	1мм+1.5мм/км

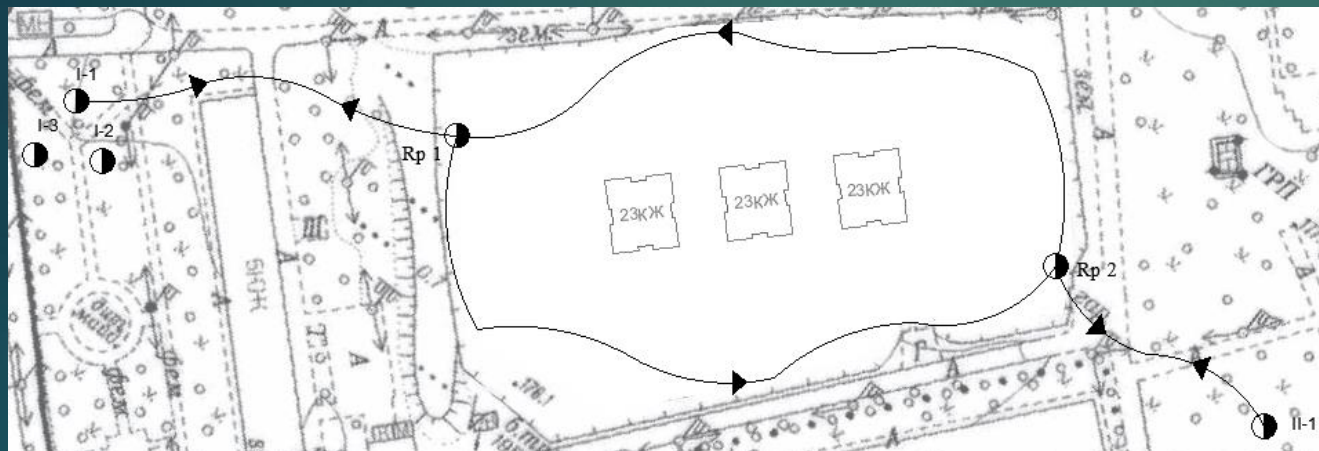


1 – залізобетонний чи металевий колодязь із кришкою; 2 – сальники; 3 – захисна труба діаметром 150 мм – 200 мм; 4 – труба діаметром 80 мм – 150 мм; 5 – ґрунт (пісок, лес); 6 – муфта; 7 – обмежувальне кільце; 8 – свердловина діаметром 250 мм; 9 – бетон; 10 – металевий диск; 11 – цементний розчин

ПРОЄКТ ВИСОТНОЇ МЕРЕЖІ

7

Схема опорної висотної мережі



Таблиця 5

Клас нівелюванн я	Середня квадратична похибка		Допустима нев'язка в полігонах і по лініях, мм
	Випадкова мм/км	Системати чна мм/км	
I	0,8	0,08	$3\text{мм}\sqrt{L}$
II	2,0	0,20	$5\text{мм}\sqrt{L}$

Опорна висотна мережа проектується для спостереження за вертикальними зміщеннями та деформаціями будівель комплексу. Мережа проектується у вигляді нівелірних ходів з вузловими реперами Rp 1 та Rp 2, які спираються на глибинні реперы I-1 та II-1. Загальна протяжність ходів 1,184 км. Визначення відмітки глибинних реперів виконується за допомогою GPS-приймача Leica Viva GS16 в балтійській системі висот. Технологія виконання нівелювання – це технологія нівелювання коротким лучем з точністю нівелювання II класу (таб. 5) відповідно до інструкції з нівелювання I, II, III, IV класів. Для забезпечення точності виконання нівелювання передбачається використання високоточного цифровий нівелір LEICA LS10.

Ґрунтові реперы Rp1 та Rp2 є сумісними з пунктами III та VI, відповідно, планової мережі.

високоточний цифровий нівелір LEICA LS10



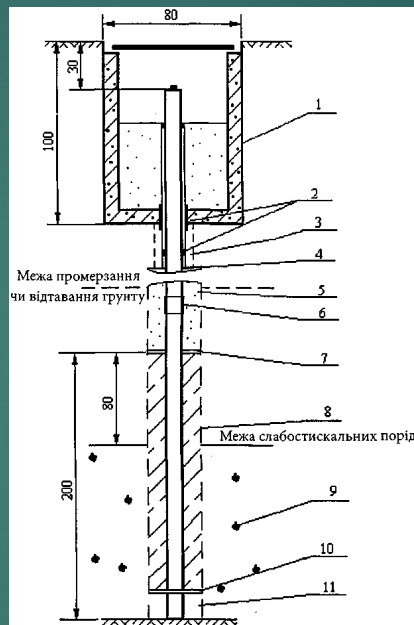
Таблиця 6

Основні характеристики LEICA LS10

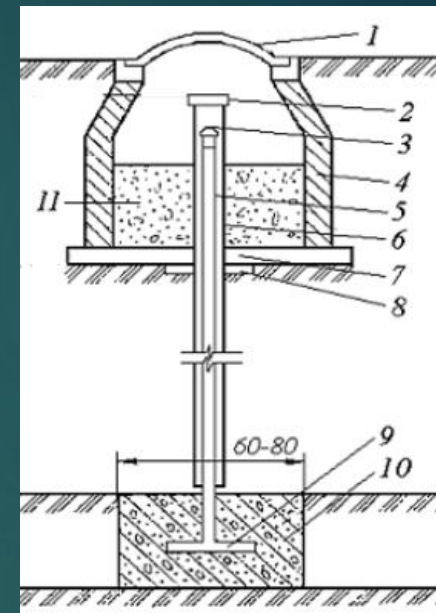
Зображення	Пряме
Збільшення	32x
Точність вимірювання перевищень по інварній рейці	0,3 мм

Оскільки в районі робіт насипні та лесові ґрунти, тому для стабільності закріплення пунктів опорної висотної мережі необхідно використовувати відповідні види знаків.

Вид знаку для закріплення ґрунтових реперів Вид знаку для закріплення глибинних реперів



1 – залізобетонний чи металевий колодязь із кришкою; 2 – сальники; 3 – захисна труба діаметром 150 мм – 200 мм; 4 – труба діаметром 80 мм – 150 мм; 5 – ґрунт (пісок, лес); 6 – муфта; 7 – обмежувальне кільце; 8 – свердловина діаметром 250 мм; 9 – бетон; 10 – металевий диск; 11 – цементний розчин

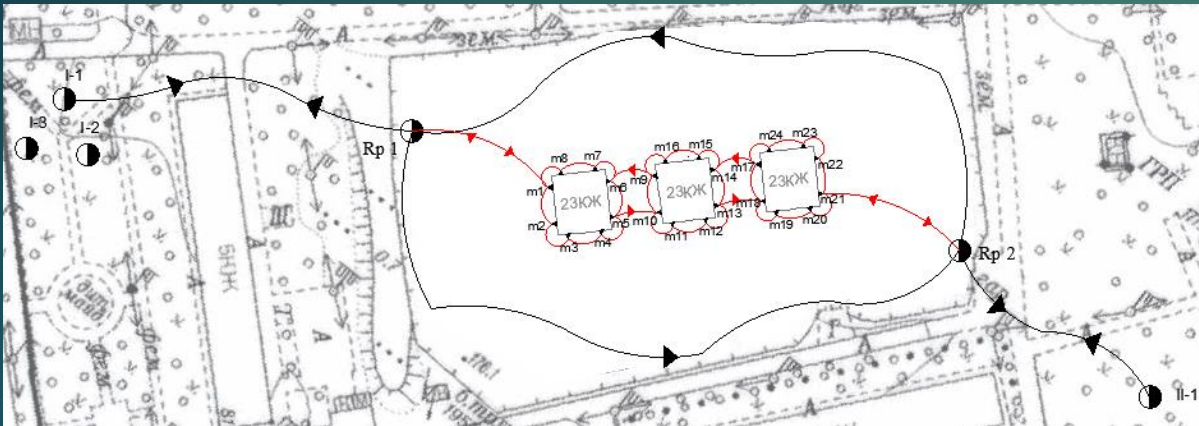


1 – люк с кришкою; 2 – кришка; 3 – реперная головка (Ø 2–4 см); 4 – кирпичный или бетонный сборный колодец; 5 – реперная труба (Ø 7–8 см); 6 – защитная труба (Ø 12–15 см); 7 – бетонная подготовка; 8 – хомут для удержания защитной трубы; 9 – анкерный лист; 10 – бетонная подушка; 11 – шлак

Локальна висотна мережа

Після створення опорної висотної основи створюється мережа осадочних марок на будівельних конструкціях. Вони встановлюються в нижній (цокольній) частині будівель, по їх периметру, зовні й у середині приміщень, на капітальних стінах, колонах, фундаментах, по обидва боки від температурних швів.

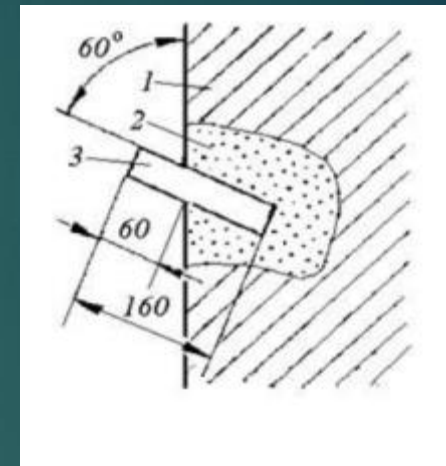
Схема нівелювання осадочних марок



Проект розміщення осадочних марок створюється після детального вивчення будівельних, конструктивних та технологічних креслень, а також з урахуванням гідрологічних умов ґрунтів під фундаментом споруди. При складанні проекту консультуються з представниками проектних і монтажних організацій [10].

Для визначення відміток осадочних марок виконується нівелювання коротким лучем з точністю нівелювання II класу.

Спрощена осадова марка



1- стіна;

2- цементний розчин;

3- сталевий кутик.

Вимірювання горизонтальних зміщень та кренів

10

Для визначення горизонтальних зміщень вимірюють кути і довжини в різних циклах спостережень на кожен закріплену точку. Визначення величини деформаційного зміщення точки по осях координат будівлі:

$$\delta x = d_2 \cos \beta_2 - d_1 \cos \beta_1; \quad \delta y = d_2 \sin \beta_2 - d_1 \sin \beta_1,$$

d_1 – відстань від пункту стояння до вимірюваної точки в першому циклі;

d_2 – відстань від пункту стояння до вимірюваної точки в другому циклі;

β_1 – кут між опорним напрямком та напрямком на точку в першому циклі;

β_2 – кут між опорним напрямком та напрямком на точку в другому циклі.

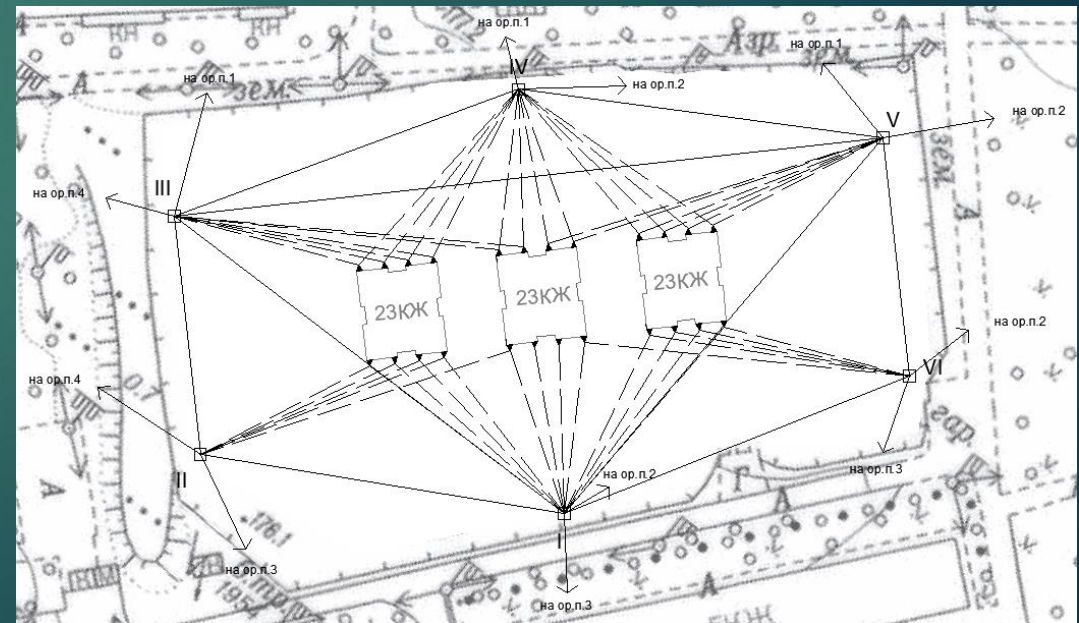
Після отримання зміщень по осях визначається загальний вектор горизонтального зміщення та його азимут:

$$\delta = \sqrt{\delta x^2 + \delta y^2}; \quad \alpha_\delta = \arctg \frac{\delta y}{\delta x}.$$

Креном будівлі називають відхилення вертикальної осі будівлі від прямої лінії. Поява крену викликається нерівномірністю осідання споруди. В результаті крену можуть виникати різного виду деформації.

Вимірювання горизонтальних зміщень та крену висотних будівель виконується з пунктів опорної планової мережі.

Схема вимірювання крену з пунктів опорної планової мережі



Проект закріплення рефлекторних марок та трипельпризм на фасаді будівлі

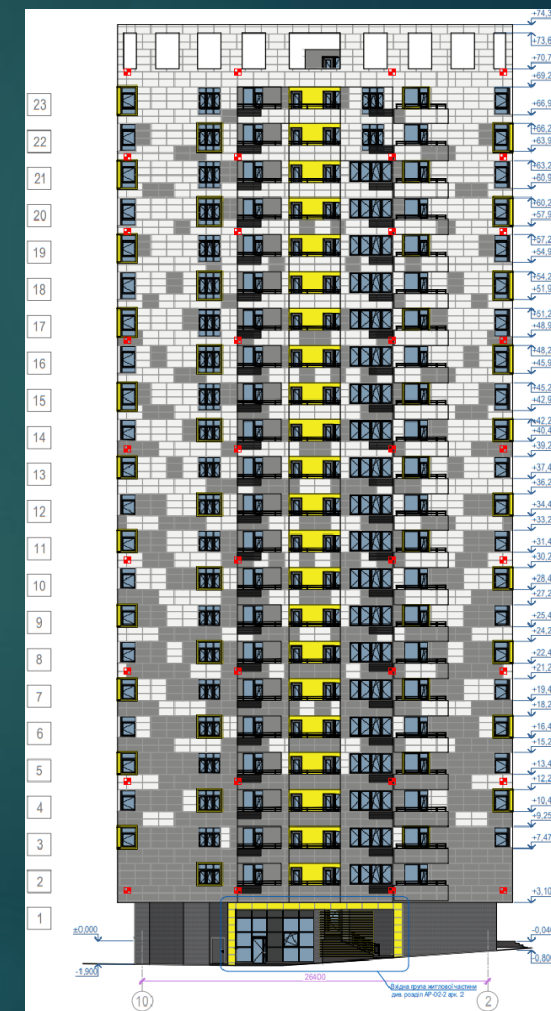
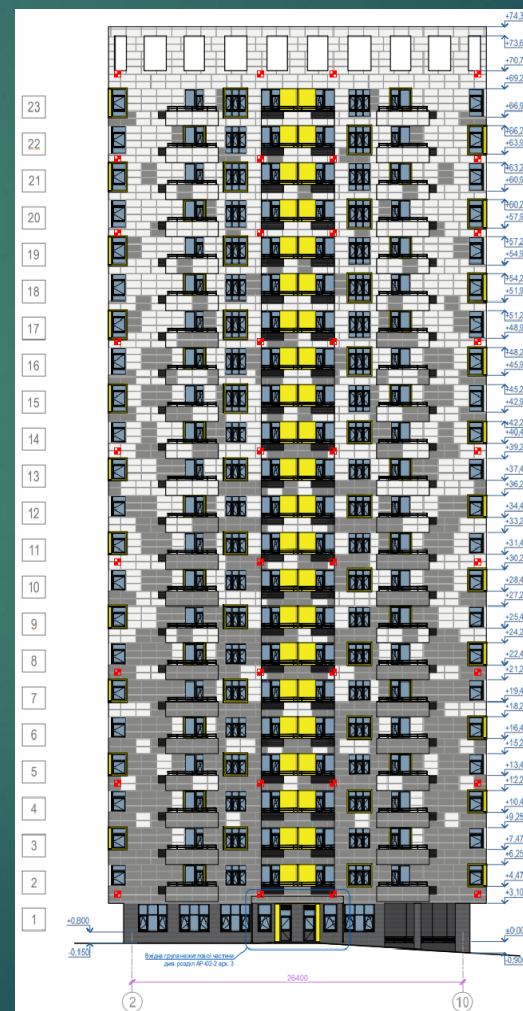
Проект закріплення марок та трипельпризм на фасаді будівлі по

Рефлекторна марка та спосіб її закріплення

осях 2-10 та 10-2

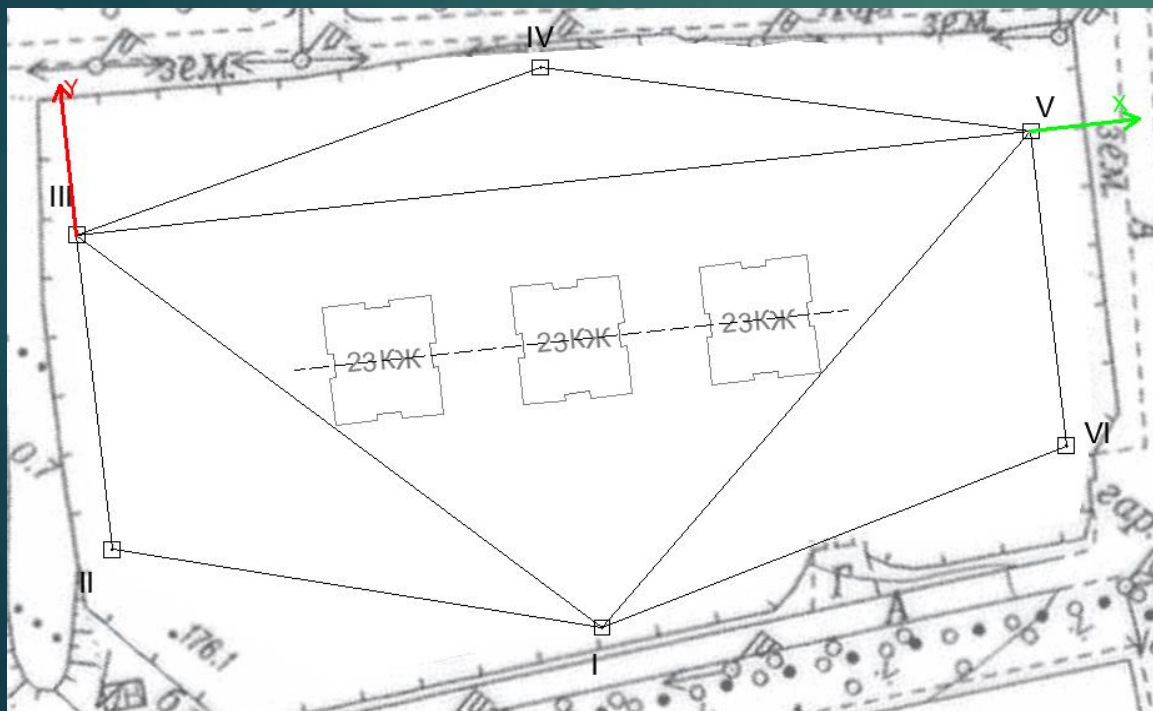


Трипельпризма круглого огляду та спосіб її закріплення



Моніторинг за креном будівель виконується в умовній системі координат. Вісь x лежить в здовж сторони III-V, а вісь y лежить перпендикулярно до осі x . Сторони III-V та II-VI запроектовані паралельно головній осі будівлі.

Система координат



Вектор крену визначається за результатами вимірювань. Визначення величини крену та напрямок виконується за формулами:

$$l = \sqrt{\delta x^2 + \delta y^2}; \alpha_l = \arctg \frac{\delta y}{\delta x}$$

де l – лінійна величина зміщення (скаляр); α_l – азимут зміщення.

СКП визначення координат точок закріплених на фасадах будівель

СКП визначення координат точок можна попередньо оцінити за формулою:

$$m_p^2 = m_{ц.п.}^2 + m_{ц.м.}^2 + \left(S \frac{m_\beta^2}{\rho''^2} \right) + m_S^2 + m_i^2$$

Де:

$m_{ц.п.}$ – похибка центрування приладу;

$m_{ц.м.}$ – похибка центрування марки;

S – найбільша відстань від пункту мережі до марки;

m_β – похибка вимірювання кутів;

m_S – похибка вимірювання відстаней;

m_i – похибка відхилення осі обертання тахеометра від прямовисної лінії;

Приймаючи такі значення похибок:

$$m_{ц.п.} = 0,7 \text{ мм};$$

$$m_{ц.м.} = 1 \text{ мм};$$

$$m_\beta = 1'';$$

$$m_S = 2,5 \text{ мм};$$

$$m_i = S * \text{tg}(i) = 130,084 * \text{tg}(5'') = 3 \text{ мм};$$

Отримуємо:

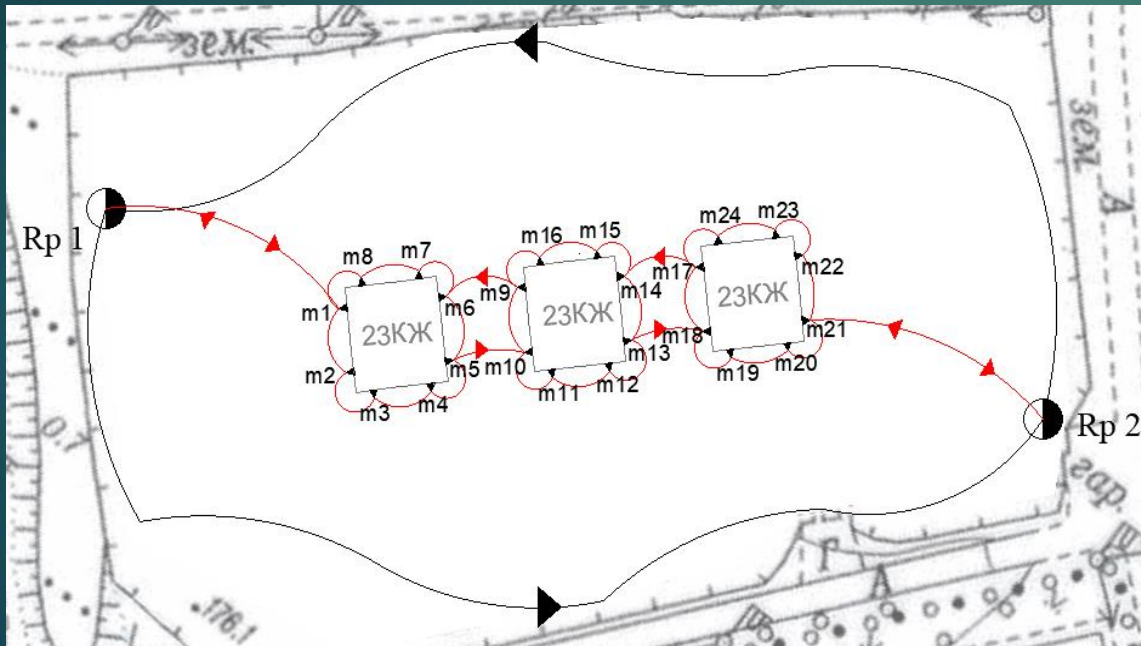
$$m_p = \sqrt{0,7^2 + 1^2 + \left(130,084 \frac{1''^2}{206265''^2} \right) + 2,5^2 + 3^2} = 4,6 \text{ мм};$$

Отже СКП вимірювання координат найбільш віддаленої точки з пунктів планової мережі тахеометром Leica FlexLine TS10 I 1" R1000 буде дорівнювати 4,6 мм. Оскільки 4,6 мм < 10,0 мм (III клас точності (таб. 2)), тому даний тахеометр можна використовувати для даного виду роботи.

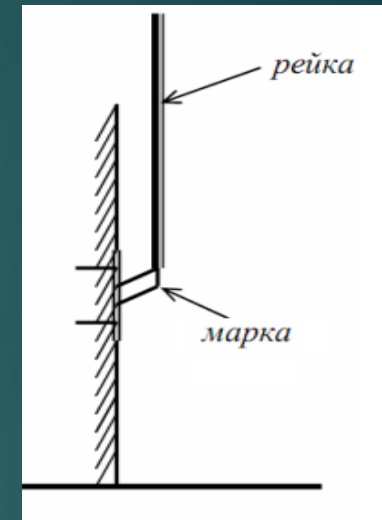
Спостереження за осіданням будівель

Для вимірювання осідання використовується спосіб нівелювання коротким лучем. Суть цього способу полягає в виконанні нівелювання лучами, довжина яких не перевищує 60 м, з точністю нівелювання II класу. Для виконання спостереження за осіданням в будівлі комплексу закладають осадові марки

Проект закріплення осадових марок в будівлях комплексу



Конструкція марки в стіні будівлі

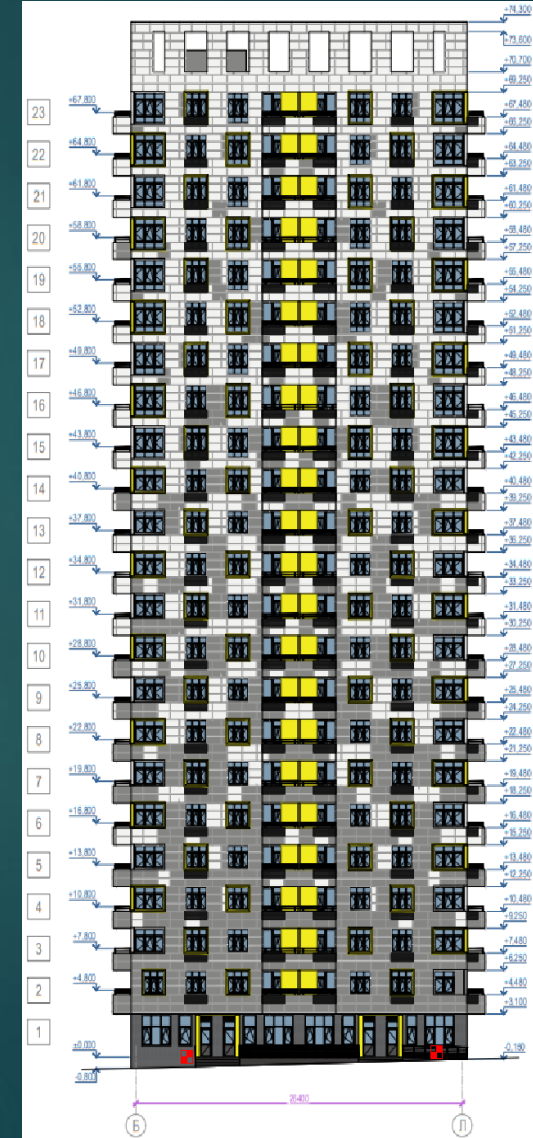
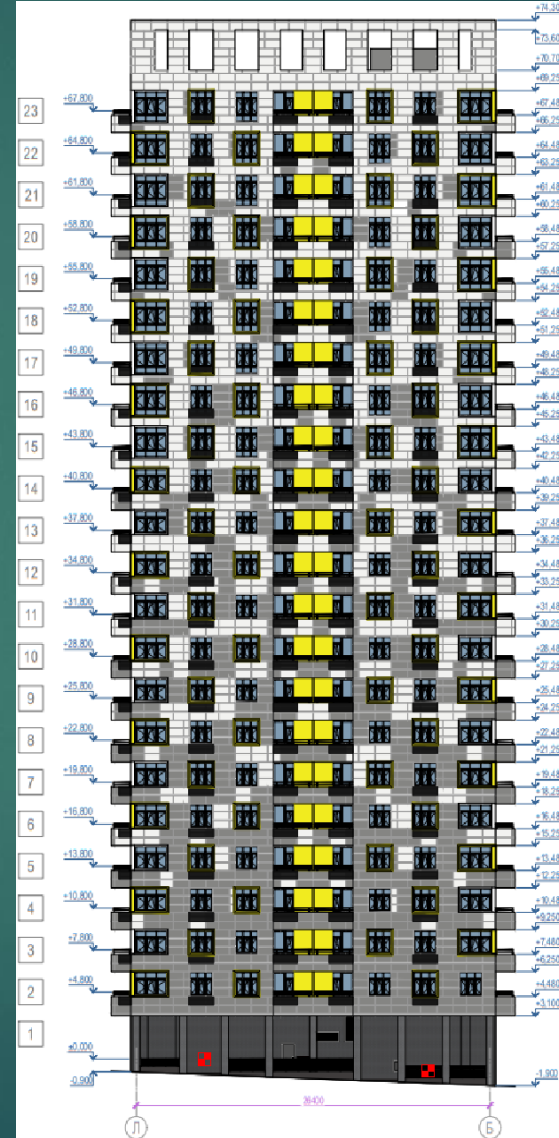
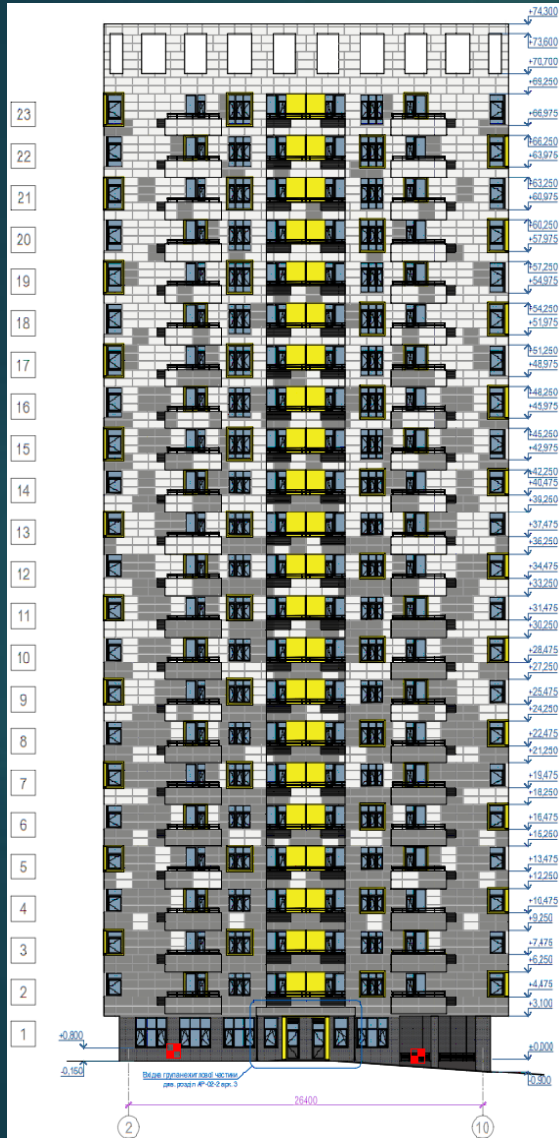


Осадові марки встановлюються в нижній частині будівель та споруд, по їх периметру.

Нівелювання виконується тільки при цілком сприятливих умовах й при хорошій видимості штрихів рейок. Величину осідання осадової марки отримують в результаті різниці відміток отриманих в двох циклах вимірювання на цій марці:

$$\Delta H = H_2 - H_1;$$

Схема закріплення осадкових марок в цокольній частині будівель по осях 2-10, 10-2, Л-Б та Б-Л



Спостереження за деформаціями будівель

Волоконно-оптичний датчик

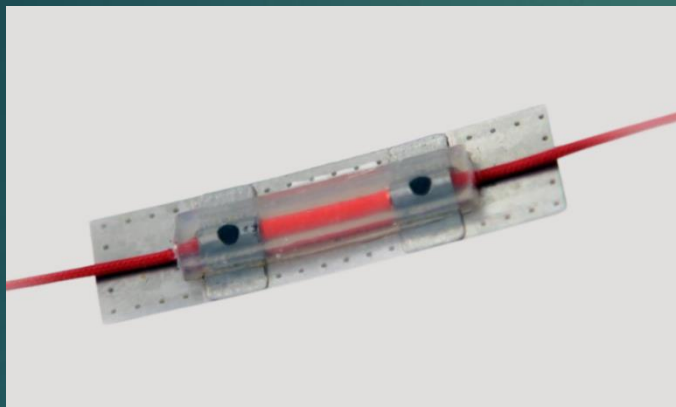
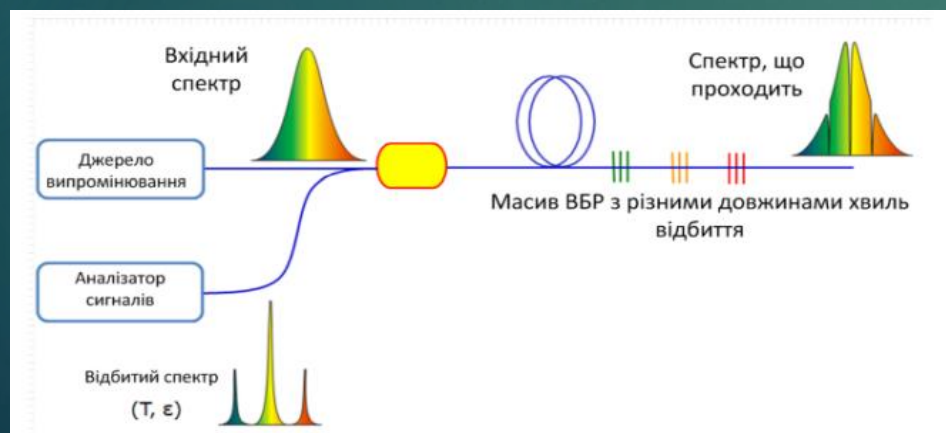


Схема закріплення датчиків на несучих конструкціях будівлі

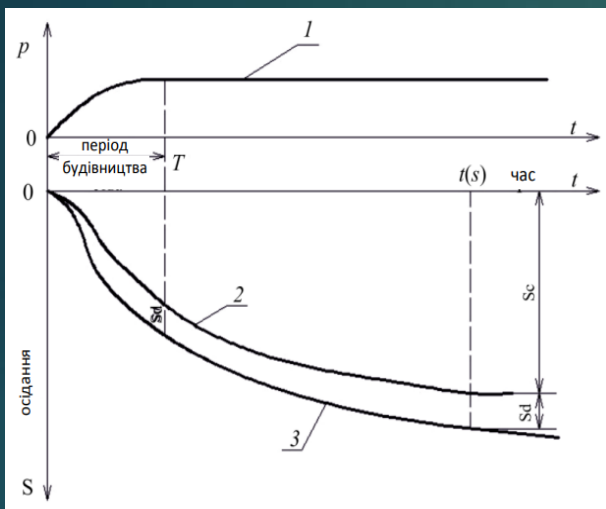


Принцип дії волоконно-оптичних датчиків з решітками Брегга



Прогнозування можливих зміщень та деформацій

Розвиток осідань у часі



Графік осідання точок будівлі №2

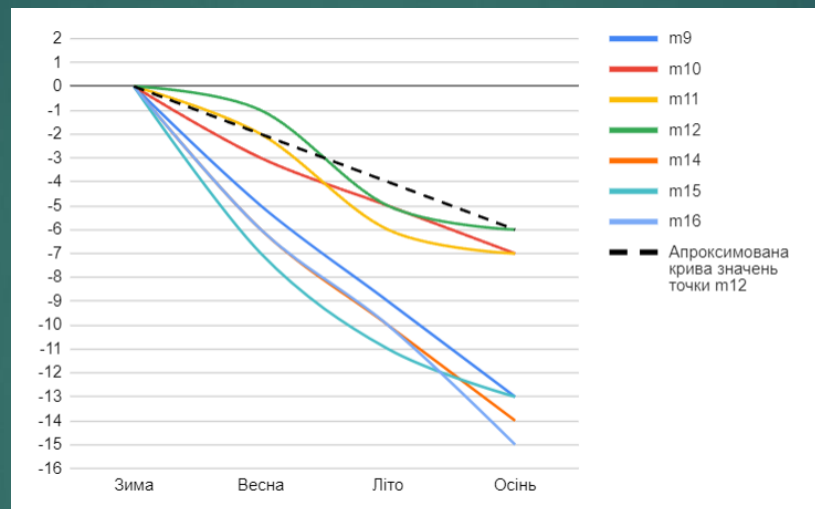
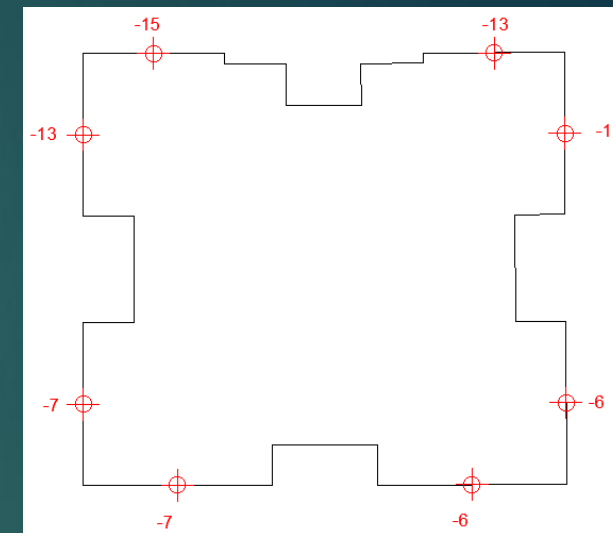


Схема закріплення осадкових марок

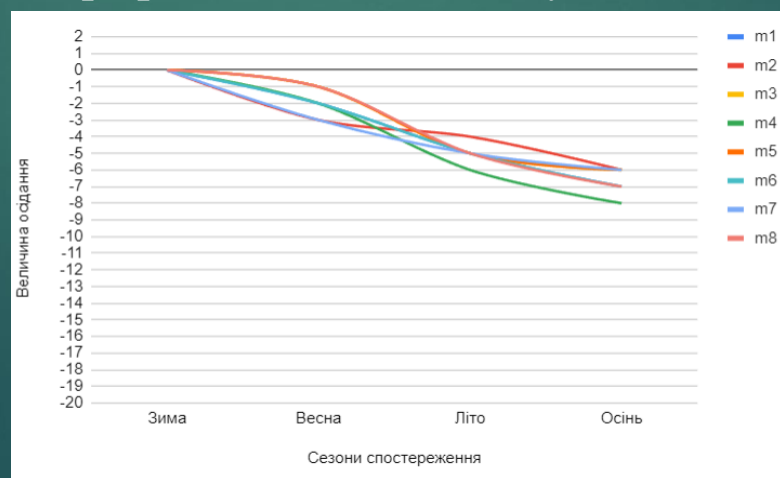


1. Крива навантаження
2. Крива запланованих осідань
3. Крива реальних осідань

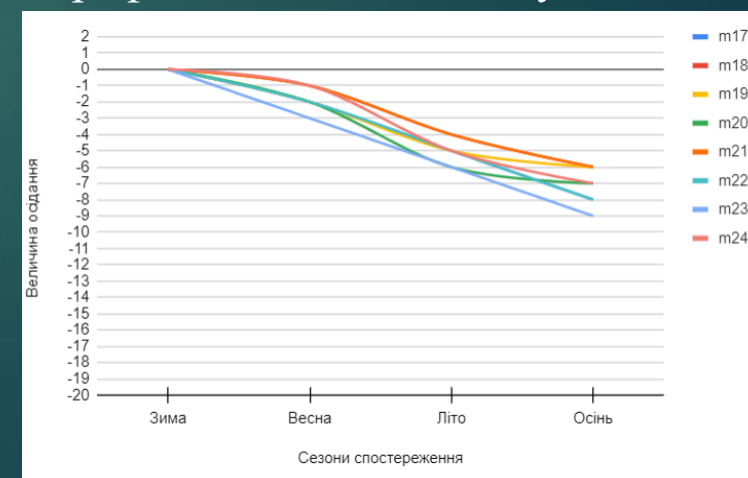
Проаналізувавши дані графіки по осіданню будівель за рік, ми можемо зробити наступні висновки.

Осадка комплексу будівель наростає та не стабілізується.

Графік осідання точок будівлі №1

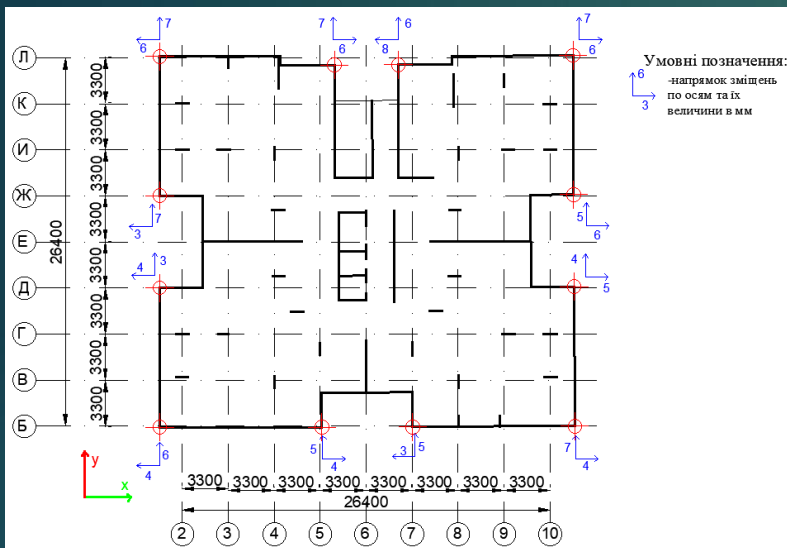


Графік осідання точок будівлі №3

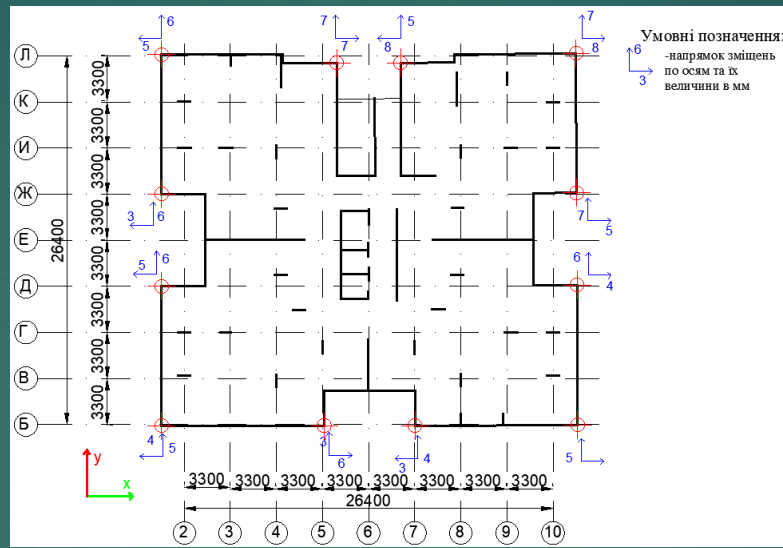


Можливі горизонтальні зміщення граней фасадів в різних циклах

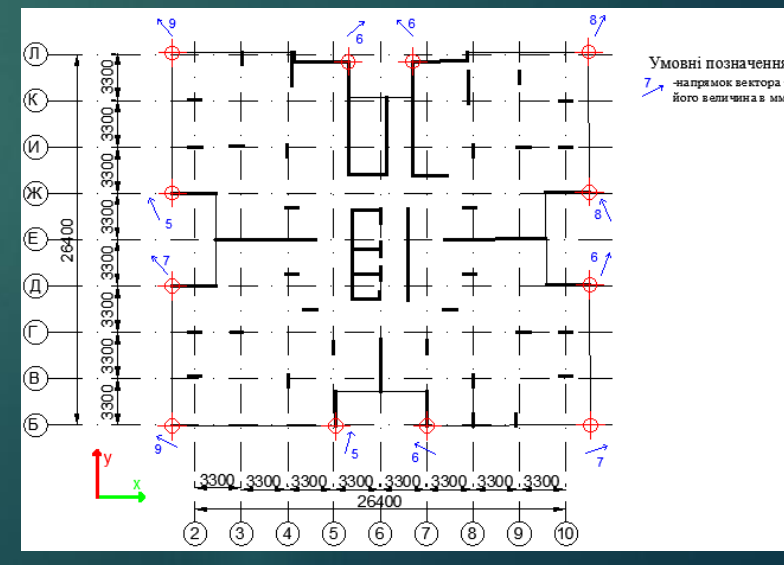
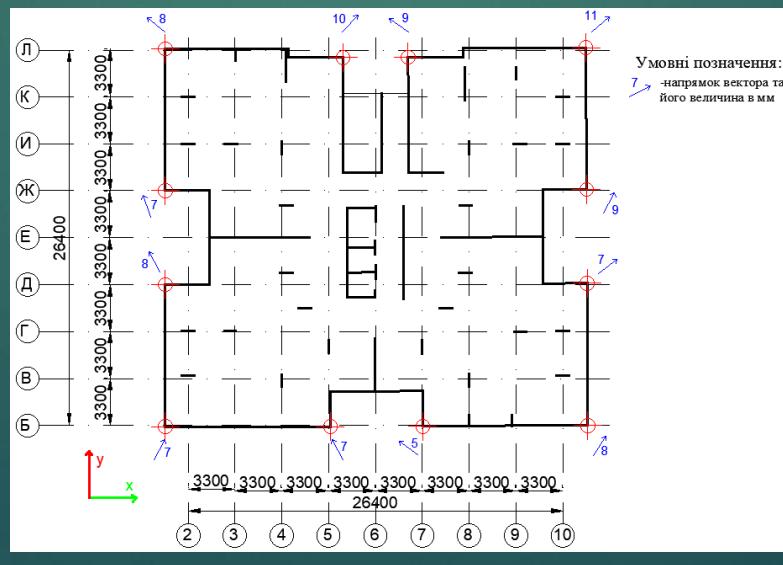
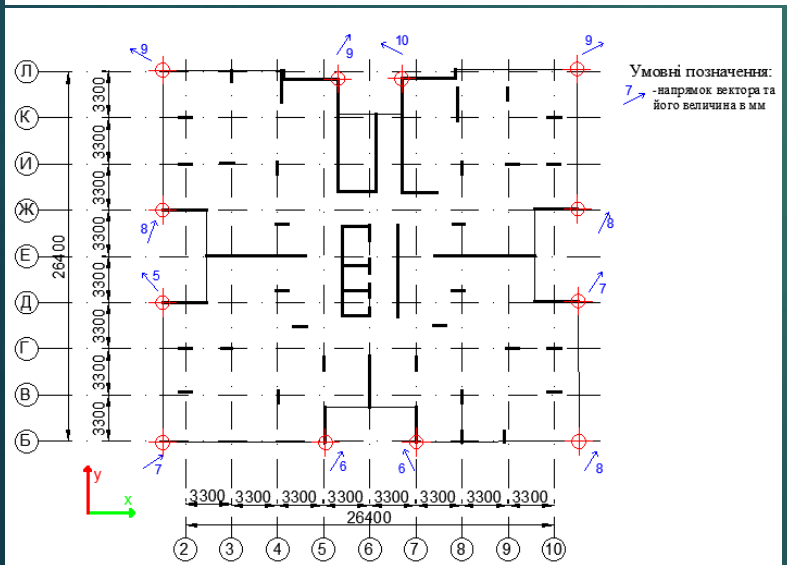
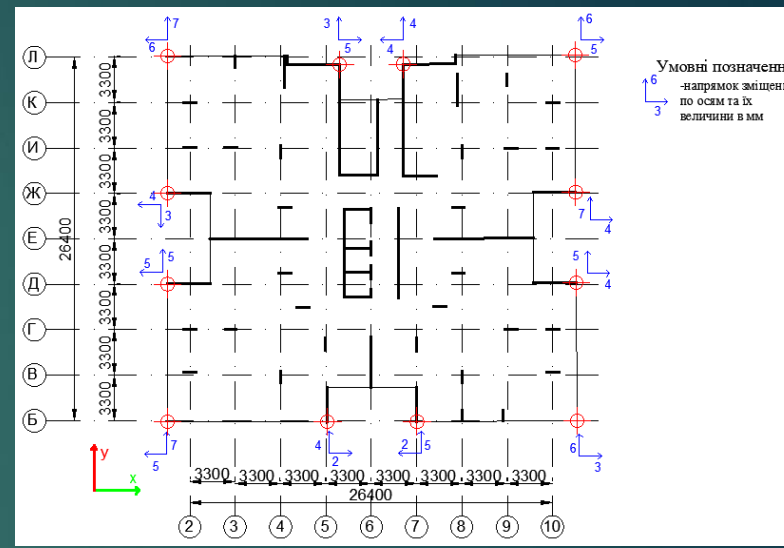
1-му циклі



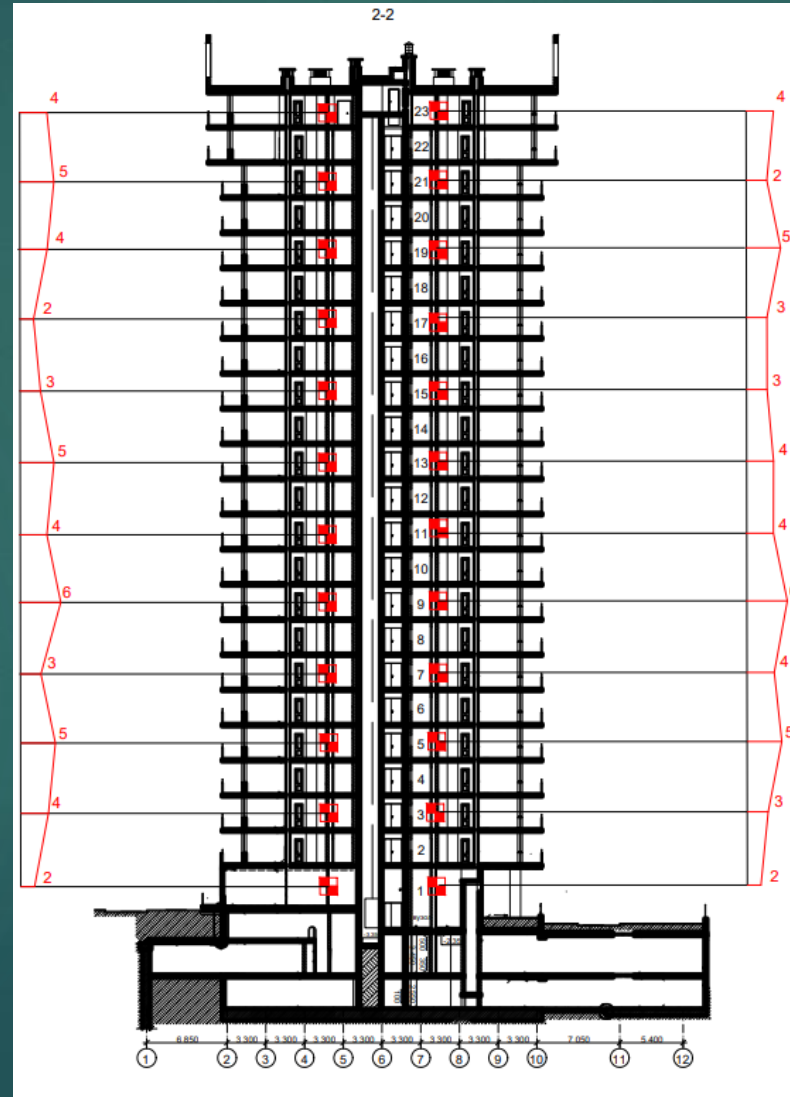
2-му циклі



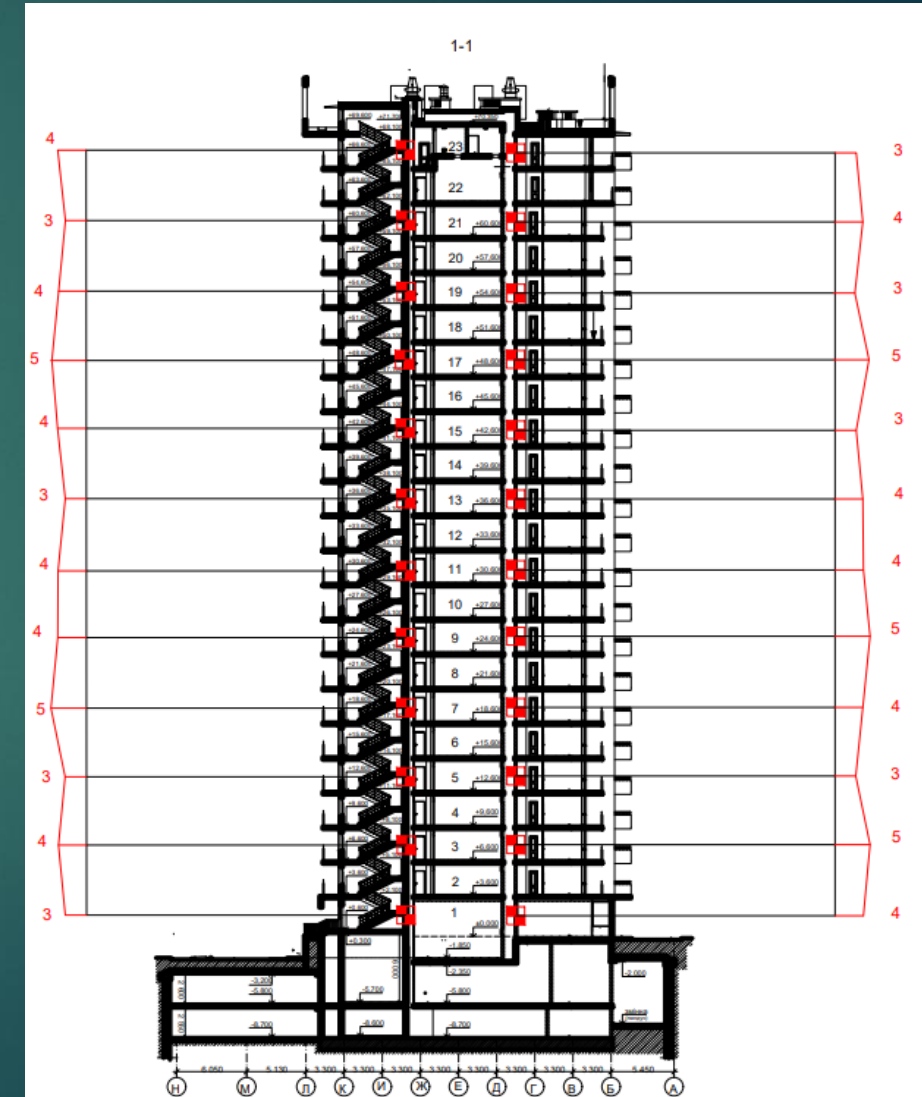
3-му циклі



На розрізі 2-2



На розрізі 1-1



Обрахунок деформацій виконується в програмі Кредо Розрахунок деформацій. Оскільки дана програма дає змогу імпортувати данні з різних приладів в один проект і одночасно з ними працювати. Результатом роботи даної програми будуть графіки по зміщенням та деформаціям, а також відповідні 3D-моделі будівель.

Висновки

- ▶ Результатом даної роботи геодезичного моніторингу комплексу висотних будівель.
- ▶ Розроблені проекти планової та висотної мереж для спостережень за горизонтальними та вертикальними зміщеннями, креном будівлі та деформаціями.
- ▶ Передбачені технології спостережень за горизонтальними та вертикальними зміщеннями, креном будівлі та деформаціями.
- ▶ Виконано посилання на методики застосування сучасних приладів та програм. На характерних прикладах показані аналіз та прогнозування розвитку осідань будівлі, горизонтальних зміщень, крену будівлі та деформацій.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!