


Графічні матеріали  
до дипломної роботи  
на тему:

“Геодезичний моніторинг за планово-висотним зміщенням  
будівлі”

					Дипломний проект			
					Геодезичний моніторинг за планово-висотним зміщенням будівлі	Лист		Масштаб
Зм	Кільк	№ докум.	Підпис	Дата				
Виконала		Кушнірчук Т. Ю.						
Керівник		Ісаєв О.П.						
						Арк. 1	Аркушів	
					Графічні матеріали	КНУБА, ГІСУТ Кафедра інженерної геодезії ГДм-23		
Зав кафедри		Дем'яненко Р.А						



Тема магістерського проекту «Геодезичний моніторинг за планово-висотним зміщенням будівлі» є актуальною через вплив техногенних і природних факторів на стабільність будівель.

Мета роботи – розробка проекту моніторингу для своєчасного виявлення та аналізу зміщень, із завданнями вибору обладнання, оцінки точності вимірювань і обробки даних.

Практична значущість полягає у впровадженні сучасних методів моніторингу для запобігання аваріям, оптимізації експлуатації будівель і зниження витрат на їх утримання.

# АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Обстежувана будівля розташована в селі Новосілки, Київської області, на схилі пагорба. У зв'язку з цим необхідно проводити спостереження за планово-висотним зміщенням споруди, щоб вчасно вжити заходи для усунення та попередження цих зміщень.

Будівля має розміри в плані 66.4 м x 18.9 м, висота поверху – 2.8 м.

Будинок має 25 поверхів та підвал.

Фундамент – монолітна залізобетонна плита товщиною 800 мм.

Головний фасад будівлі



Місце розташування району робіт

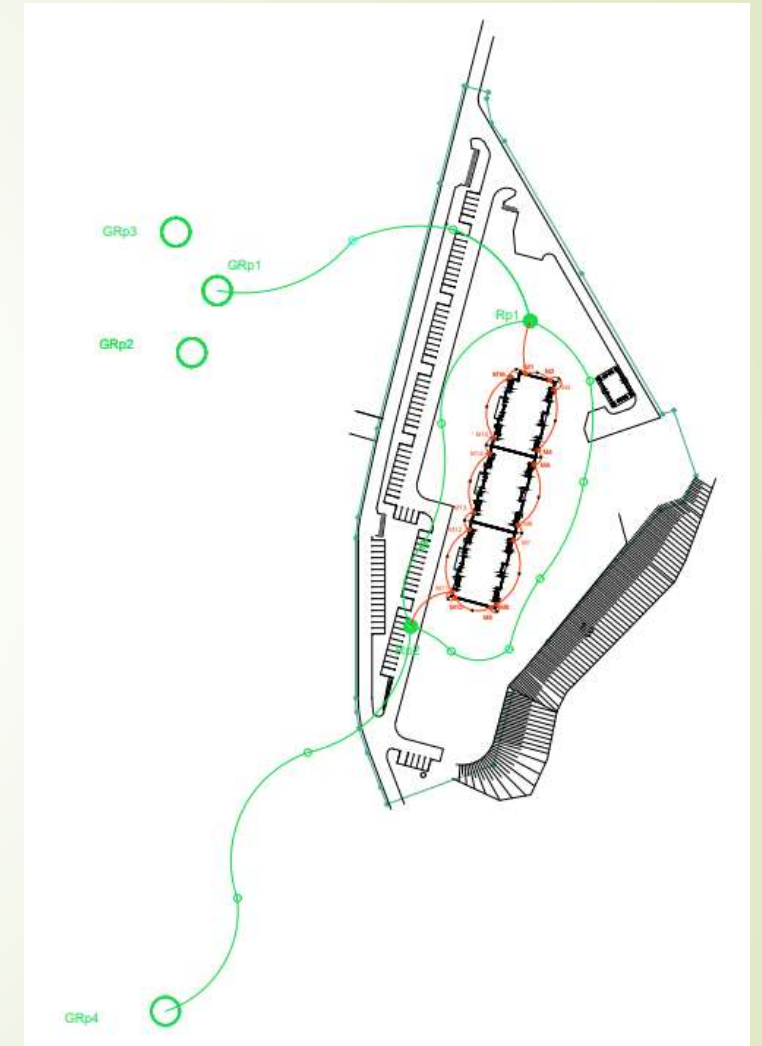


# Проект висотної мережі

На початковому етапі робіт проектується опорна висотна мережа яка представлена у вигляді 4 глибинних та 2 ґрунтових реперів



## Проект опорної висотної мережі



Похибка визначення еліпсоїдної висоти ( $f_e$ ) залежить від базової точності приймача і відстані до базової станції.

$f_e = f_b + (k \cdot d)$  де:

$f_b = 5 \text{ мм}$  — базова похибка GNSS-приймача;

$k = 0.5 \text{ мм/км}$  коефіцієнт похибки через відстань до базової станції;

$d = 14 \text{ км}$  — відстань до базової станції.

$f_e = 5 \text{ мм} + (0.5 \cdot 14) = 5 + 7 = 12 \text{ мм}$

Похибка моделі геоїда ( $f_g$ ):

$f_g = 10 \text{ мм}$

Похибка вимірювання висоти антени ( $f_a$ ):  $f_a = 2 \text{ мм}$

Розрахунок загальної похибки ( $f_H$ )

Загальна похибка визначення висоти обчислюється за формулою:

$$f_H = \sqrt{f_e^2 + f_g^2 + f_a^2}$$

$f_e = 12 \text{ мм}$

$f_g = 10 \text{ мм}$

$f_a = 2 \text{ мм}$

$$f_H = \sqrt{12^2 + 10^2 + 2^2} = \sqrt{144 + 100 + 4} = \sqrt{248} \approx 15,75 \text{ мм}$$

Допустимі похибки вимірювання деформаційних зміщень споруд

Таблиця 1

Клас точності вимірювань	Допустима похибка при вимірюванні переміщень, мм	
	вертикальних	горизонтальних
I	1	2
II	2	5
III	5	10
IV	10	15

Розрахуємо СКП ходу ( $m_{\text{ходу}}$ ) та СКП визначення перевищення на станції ( $m_n$ )

Нев'язка ходу

$$f_{\text{пер}} = m \cdot \sqrt{L} = 5 \cdot \sqrt{0,947} = 4,87 \text{ мм}$$

Візьмемо граничну нев'язку як 3 СКП на  $m_{\text{ходу}}$

$$f_{\text{гр}} = 3 \cdot m_{\text{ходу}}$$

$$m_{\text{ходу}} = \frac{f_{\text{пер}}}{3} = \frac{4,87}{3} = 1,62 \text{ мм}$$

СКП ходу ( $m_{\text{ходу}}$ ) та СКП визначення перевищення на станції ( $m_n$ ) пов'язані між собою

пов'язані між собою

$m_{\text{ходу}} = m_n \cdot \sqrt{n}$ , де  $n$  — кількість станцій в ході

$$m_n = \frac{m_{\text{ходу}}}{\sqrt{16}} = \frac{1,62}{4} = 0,4 \text{ мм}$$

# Обладнання

## Основні характеристики GPS-приймача Leica 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

## Основні характеристики LEICA LS10

<b>Зображення</b>	<b>Пряме</b>
<b>Збільшення</b>	32x
<b>Точність вимірювання перевищень по інварній рейці</b>	0,3 мм

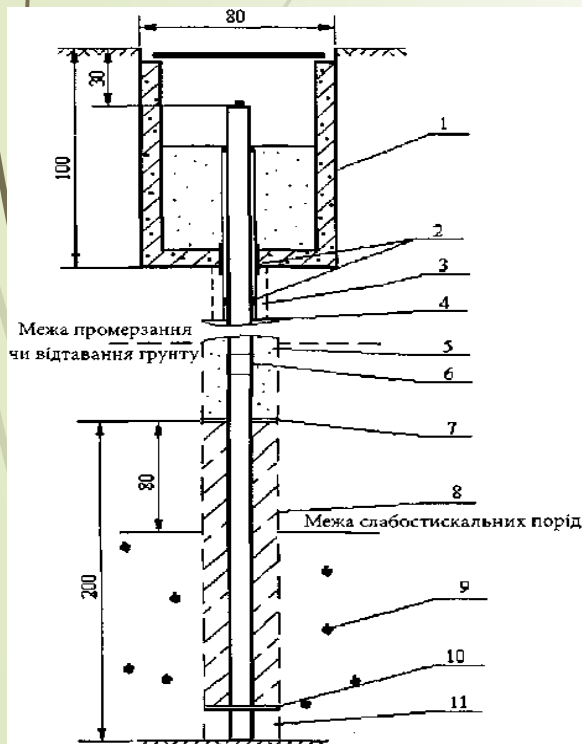


Високоточний цифровий нівелір LEICA LS10

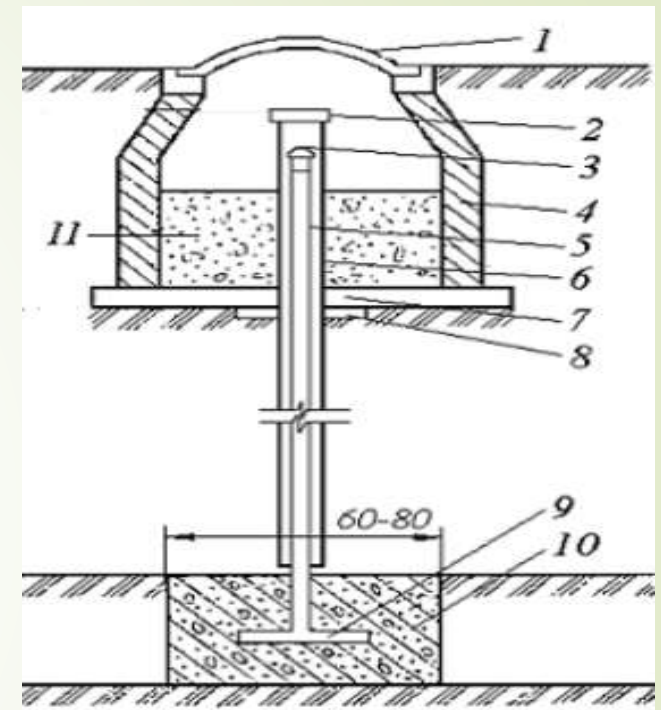
## Вид знаку для закріплення глибинних реперів

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

### Вид знаку для закріплення ґрунтових реперів



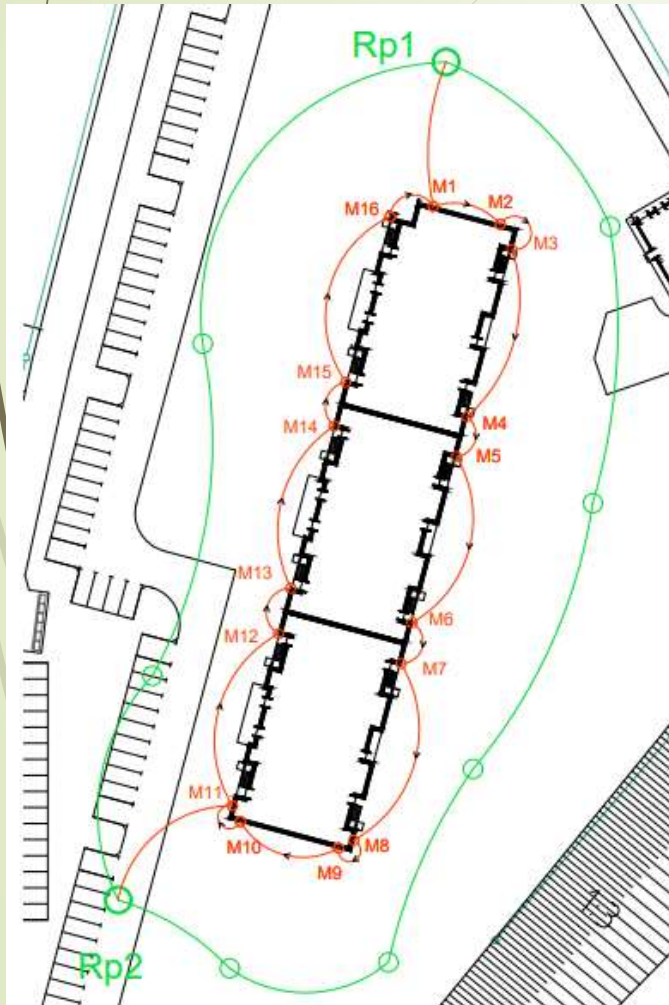
1 – залізобетонний чи металевий колодязь із кришкою; 2 – сальники; 3 – захисна труба діаметром 150 мм – 200 мм; 4 – труба діаметром 80 мм – 150 мм; 5 – ґрунт (пісок, лес); 6 – муфта; 7 – обмежувальне кільце; 8 – свердловина діаметром 250 мм; 9 – бетон; 10 – металевий диск; 11 – цементний розчин



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

# Проект локальної висотної мережі

Після створення опорної висотної основи створюється мережа осадкових марок на будівельних конструкціях.



Розрахуємо СКП ходу ( $m_{\text{ходу}}$ ) та СКП визначення перевищення на станції ( $m_n$ )

Нев'язка ходу

$$f_{\text{пер}} = m \cdot \sqrt{L} = 5 \cdot \sqrt{0,3585} = 2,99 \text{ мм}$$

Візьмемо граничну нев'язку як 3 СКП на  $m_{\text{ходу}}$

$$f_{\text{нгр}} = 3 \cdot m_{\text{ходу}}$$

$$m_{\text{ходу}} = \frac{f_{\text{пер}}}{3} = \frac{2,99}{3} = 1 \text{ мм}$$

СКП ходу ( $m_{\text{ходу}}$ ) та СКП визначення перевищення на станції ( $m_n$ ) пов'язані між собою

$m_{\text{ходу}} = m_n \cdot \sqrt{n}$ , де  $n$  – кількість станцій в ході

$$m_n = \frac{1}{4} = 0,25 \text{ мм}$$

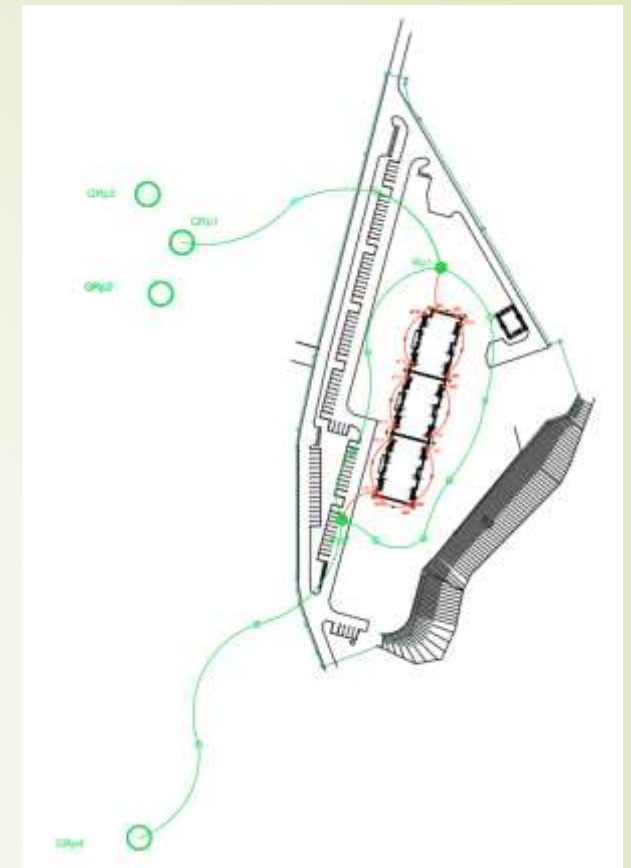
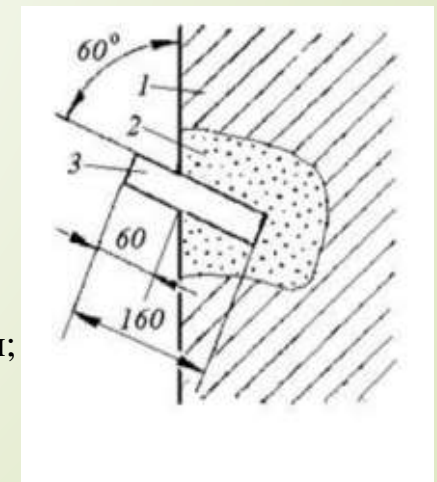


Схема закріплення осадкової марки

- 1- стіна;
- 2- цементний розчин;
- 3- сталевий кутик.



# Проект планової мережі

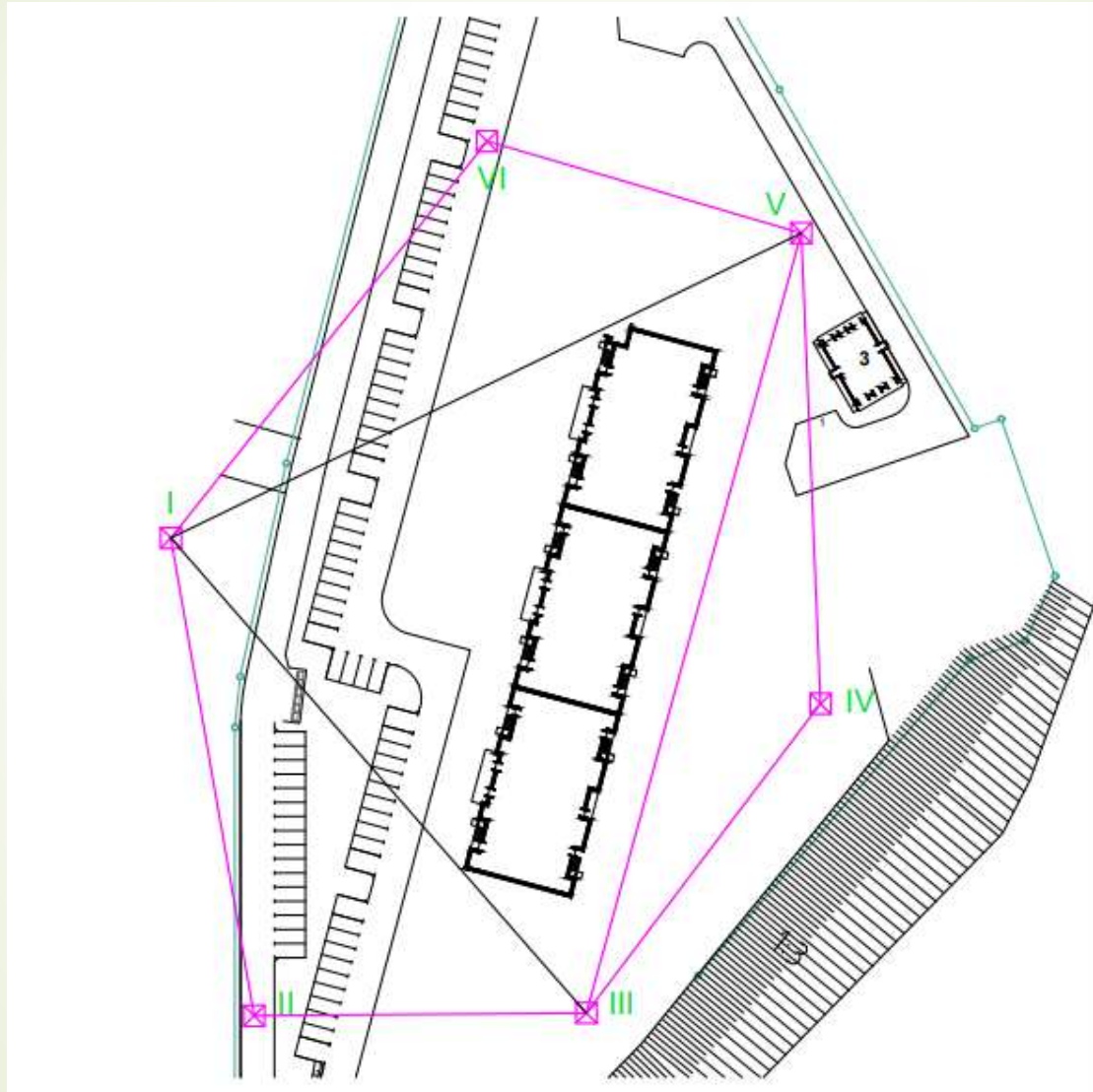


Схема планової мережі

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.

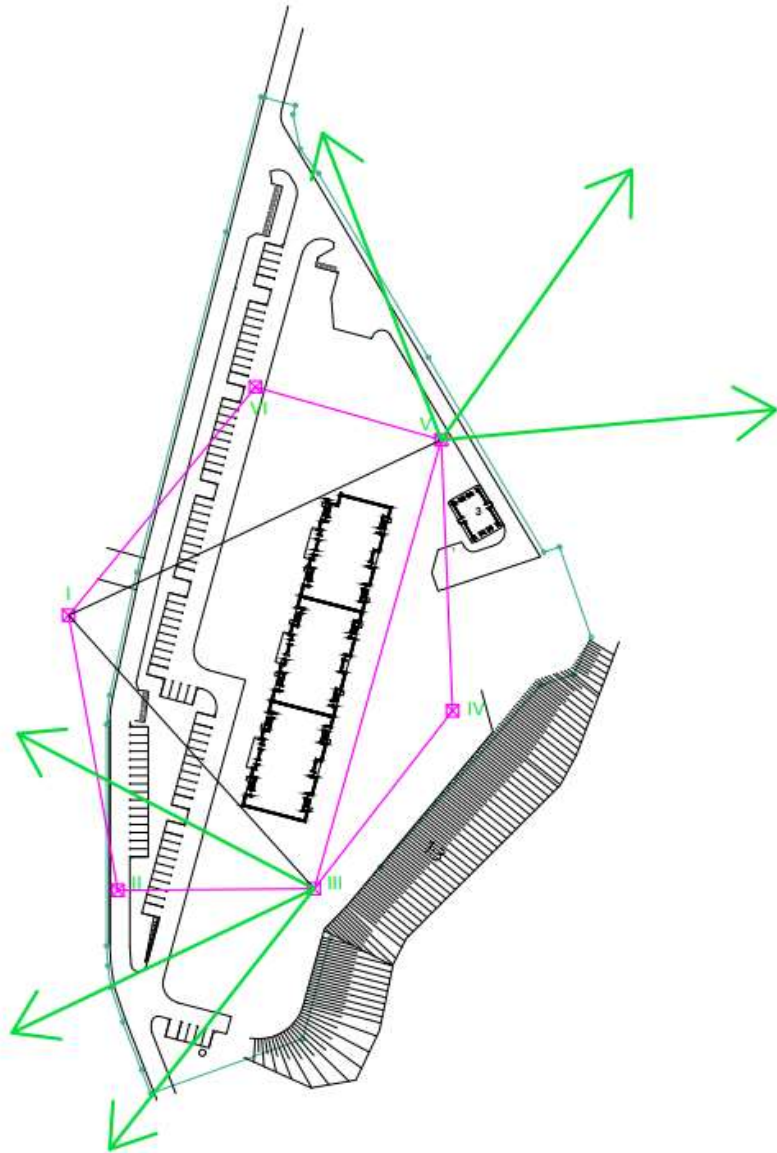
Апостеріорна оцінка точності виконується після побудови мережі. Отримані значення порівнюються з значеннями таблиці 1 (III клас точності) ДСТУ Б В.2.1-30:2014.

Апріорна оцінка точності лінійно-кутової мережі  
Таблиця 2

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

Оскільки 1,9 мм < 10 мм ( III клас точності приймається для обстежуваної будівлі), тому запроектована планова мережа забезпечує потрібну точність визначення координат.

# Контроль стабільності пунктів планової мережі



Контролю стабільності положення пунктів планової мережі в кожному циклі проводиться методом спостереження на віддалені об'єкти. Такими об'єктами можуть бути телефонна вежа, церква тощо, головною умовою вибору є стабільність їхнього положення. Для цього на кожному з цих пунктів обираються та вимірюються горизонтальні кути для 3 напрямків на віддалені об'єкти. Такі спостереження проводяться впродовж усього періоду робіт.



### Основні характеристики GPS-приймача Leica Viva GS16

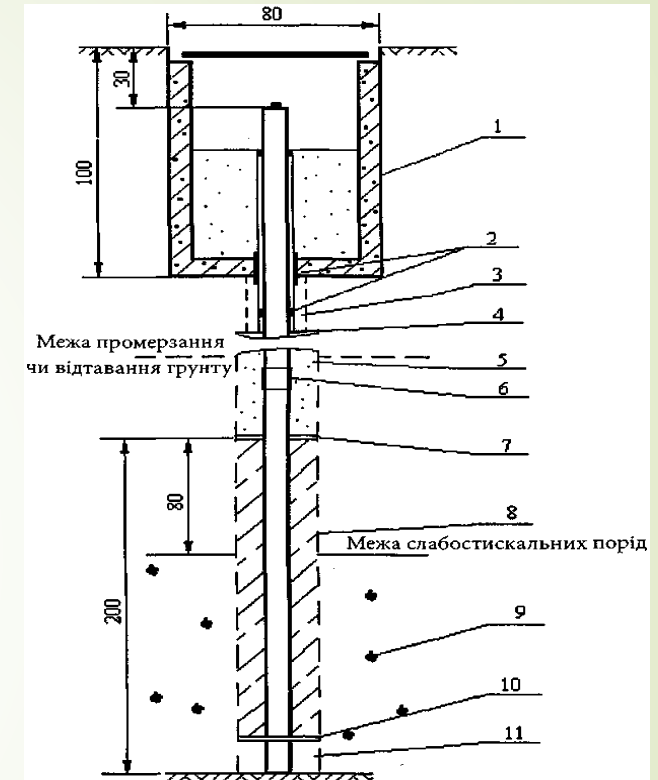
Точність 2D (статика)	3 мм + 0.5 ppm
Точність 3D (статика)	5 мм + 0.5 ppm
Точність 2D (RTK)	8 мм + 0.5 ppm (мережеве)
Точність 3D (RTK)	15 мм + 0.5 ppm (мережеве)
Час ініціалізації	4 с

### 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



### Знак закріплення пунктів планової мережі



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

# Проект закріплення рефлекторних марок та трипельпризм на фасаді будівлі

Трипельпризма круглого огляду та рефлекторна марка



Проект закріплення марок та трипельпризм на фасаді будівлі по



# 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 візування марки;

$S$  – найбільша відстань від пункту мережі до марки;

$m_\beta$  – похибка вимірювання кутів;

$m_S$  – похибка вимірювання відстаней;

$m_i$  – похибка відхилення осі обертання тахеометра від прямовисної лінії;

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.

Приймаючи такі значення похибок:

$$m_{ц.п.} = 1 \text{ мм};$$

$$m_{ц.м.} = 1 \text{ мм};$$

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

$$m_S = 2,5 \text{ мм};$$

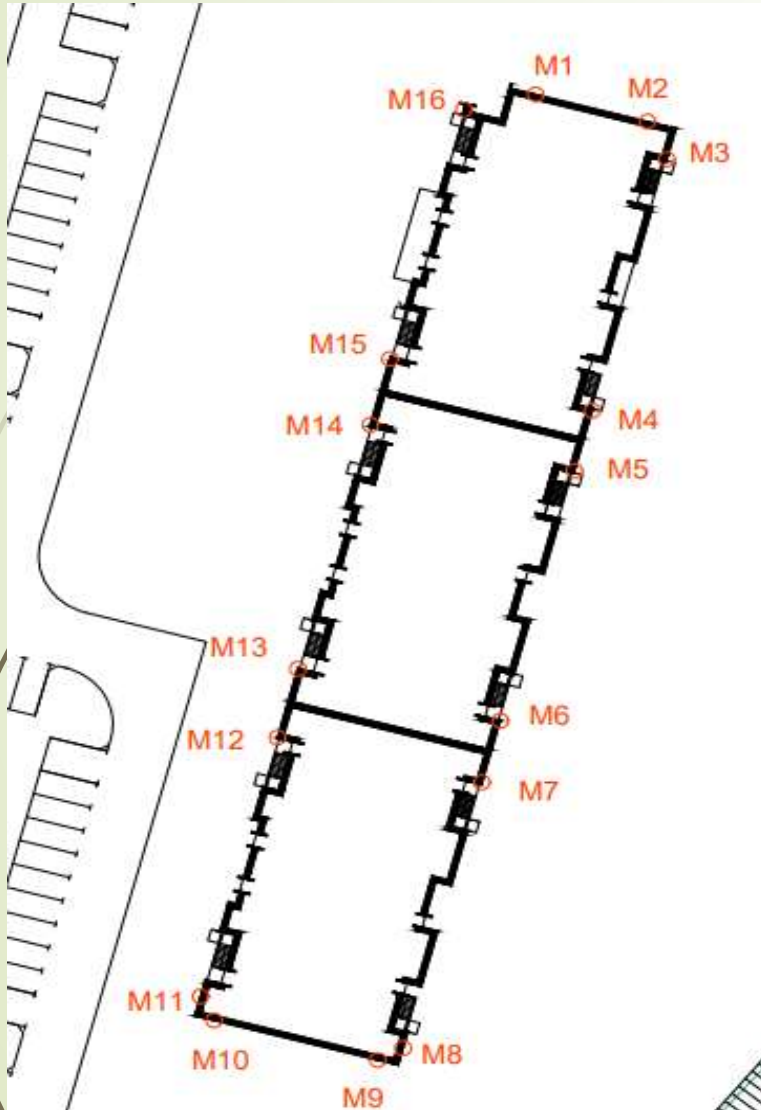
$$m_i = S * \text{tg}(i) = 72 * \text{tg}(5'') = 3 \text{ мм};$$

Отримуємо:

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

# Визначення осідань будівлі

## Місця закріплення осадкових марок



Осадкові марки встановлюються в нижній частині будівлі, по їх периметру.

Щоб визначити осідання точки в даному циклі спостережень  $H_i$  відносно початкового циклу спостережень  $H_0$ , необхідно обчислити різницю вимірних відміток, отриманих на цих циклах, тобто

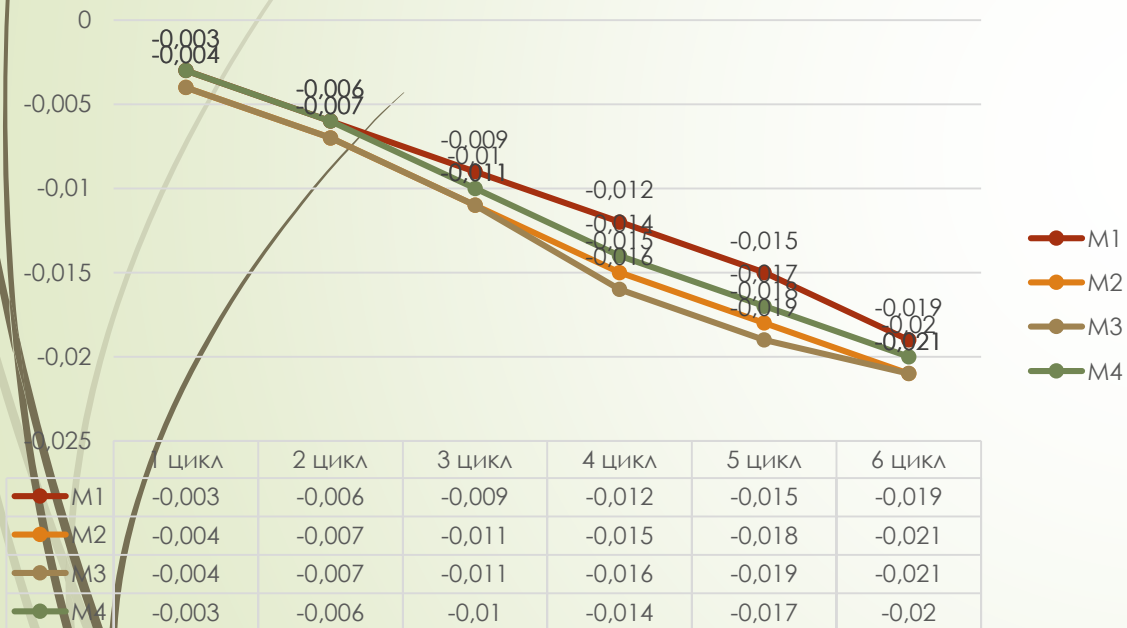
$$\Delta H = H_i - H_0$$

Аналогічно можна розраховувати осідання між попереднім  $H_i$  і наступним  $H_{i+1}$  циклами спостережень.

$$\Delta H = H_i - H_{i-1}$$

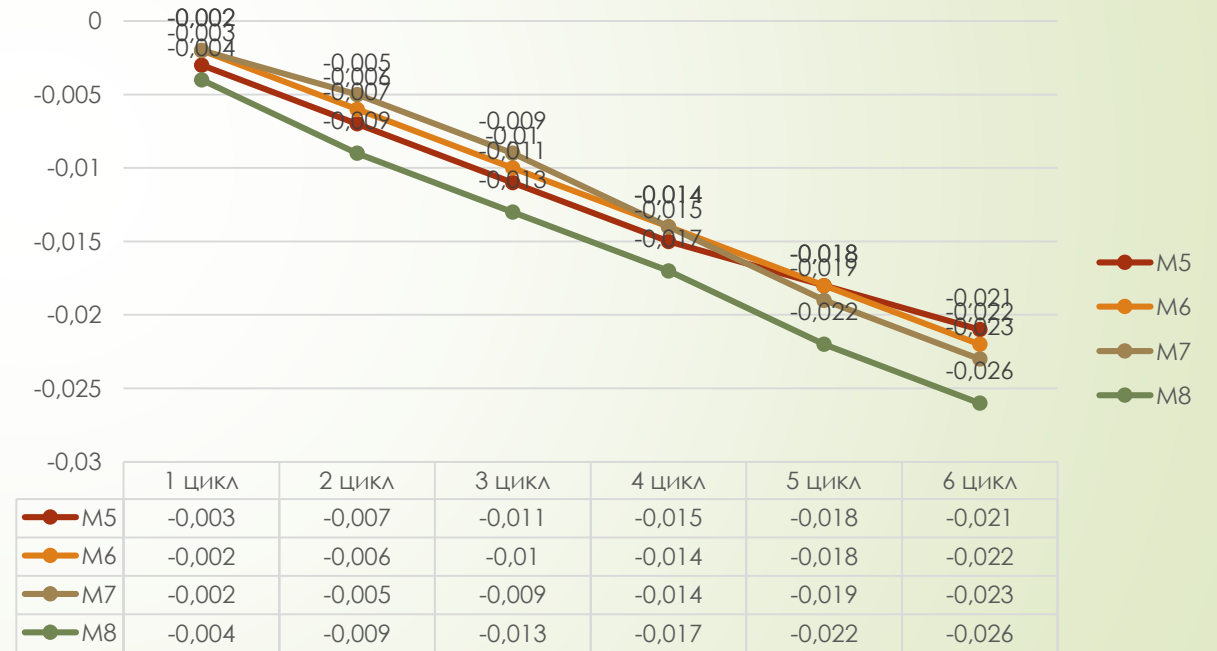
## Графік осідання будівлі в місцях закріплення марок М1-М4

Осідання марки М1-М4 за 6 циклів спостереження

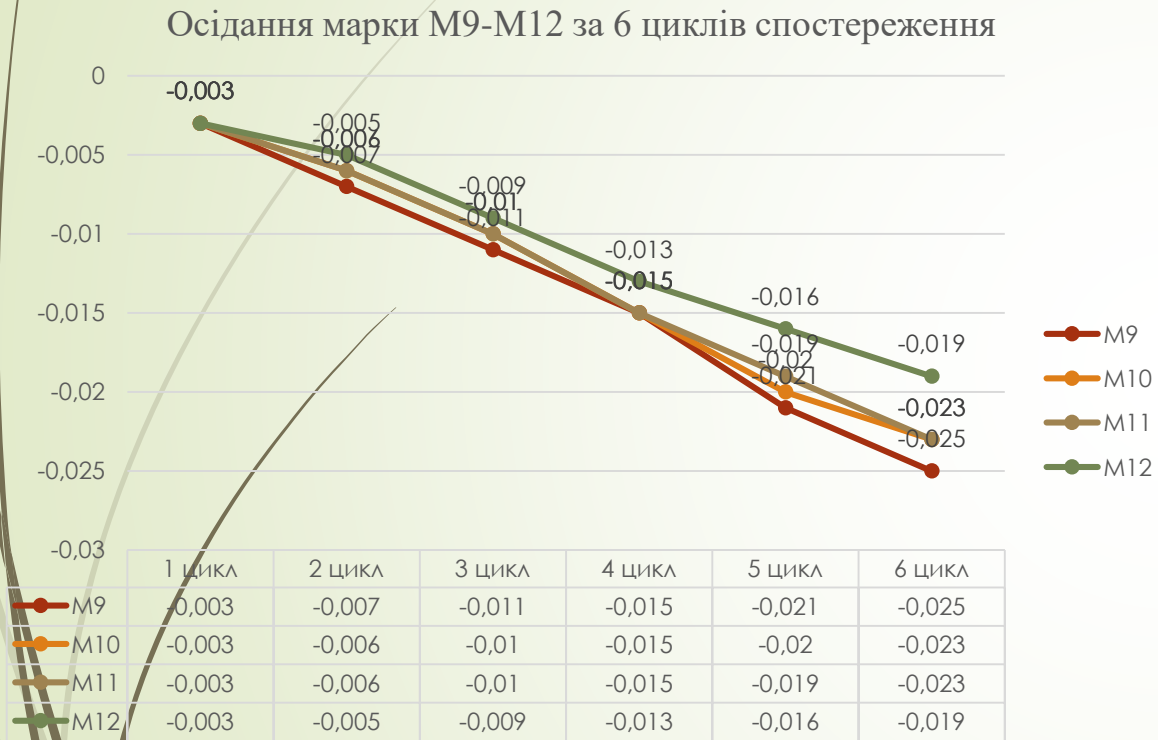


## Графік осідання будівлі в місцях закріплення марок М5-М8

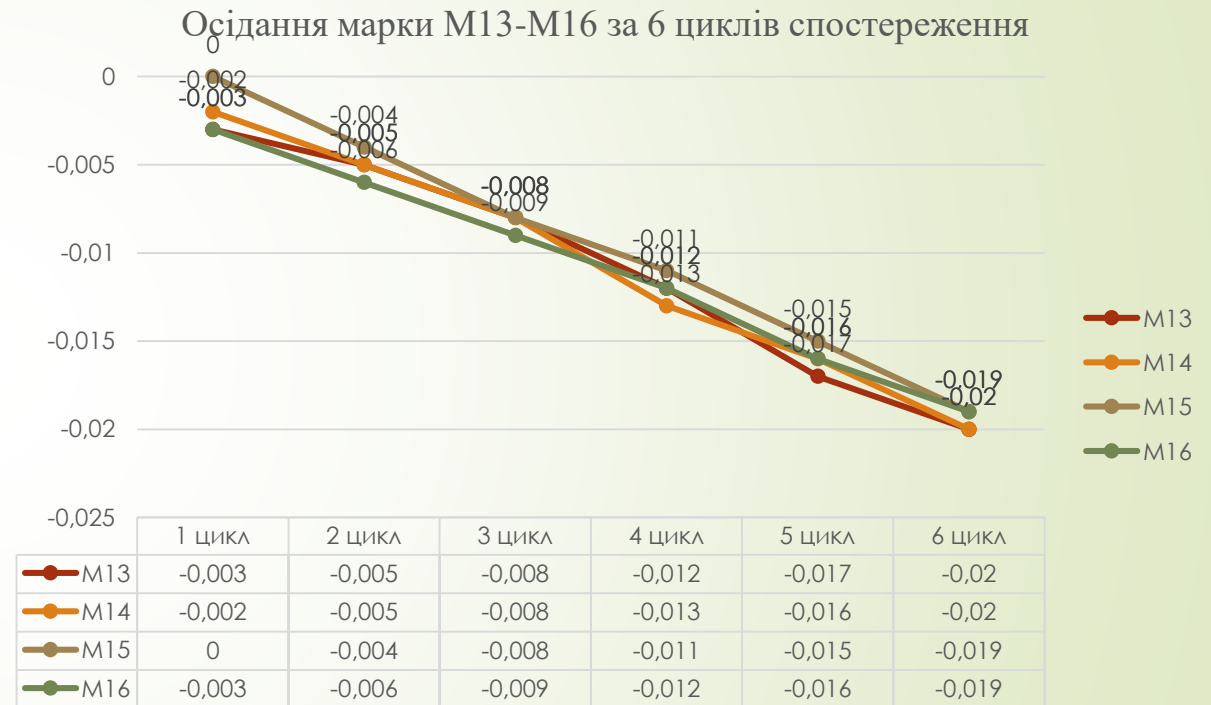
Осідання марки М5-М8 за 6 циклів спостереження



## Графік осідання будівлі в місцях закріплення марок М9-М12



## Графік осідання будівлі в місцях закріплення марок М13-М16



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

Осадка комплексу будівель нарастає та не стабілізується.

# Визначення планового зміщення та крену будівлі

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.

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

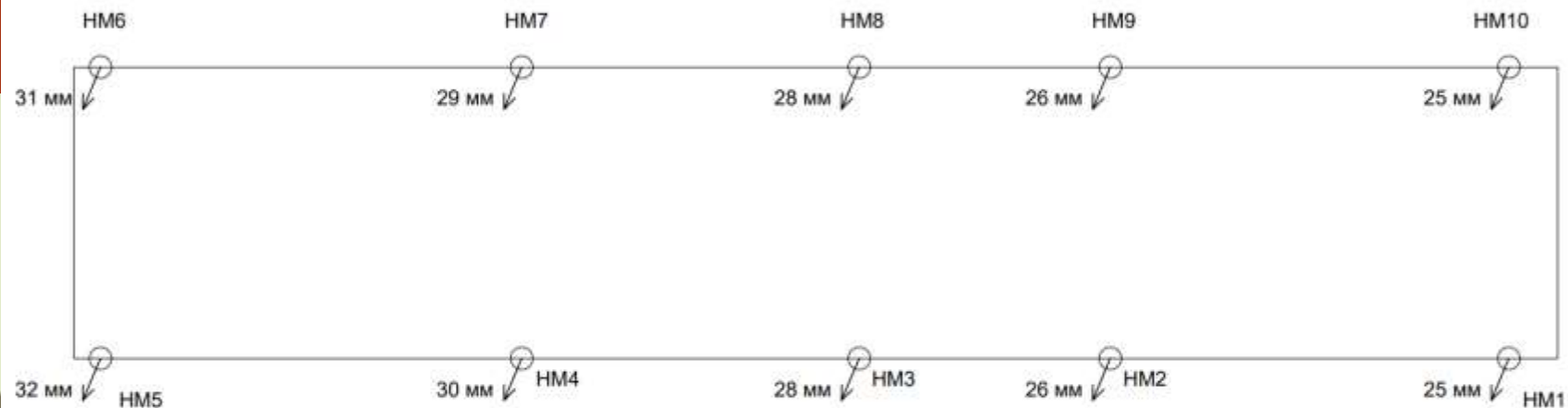
$$Q = \sqrt{(x_B - x_H)^2 + (y_B - y_H)^2}$$

$$\alpha_Q = \arctg \frac{\delta y}{\delta x}$$

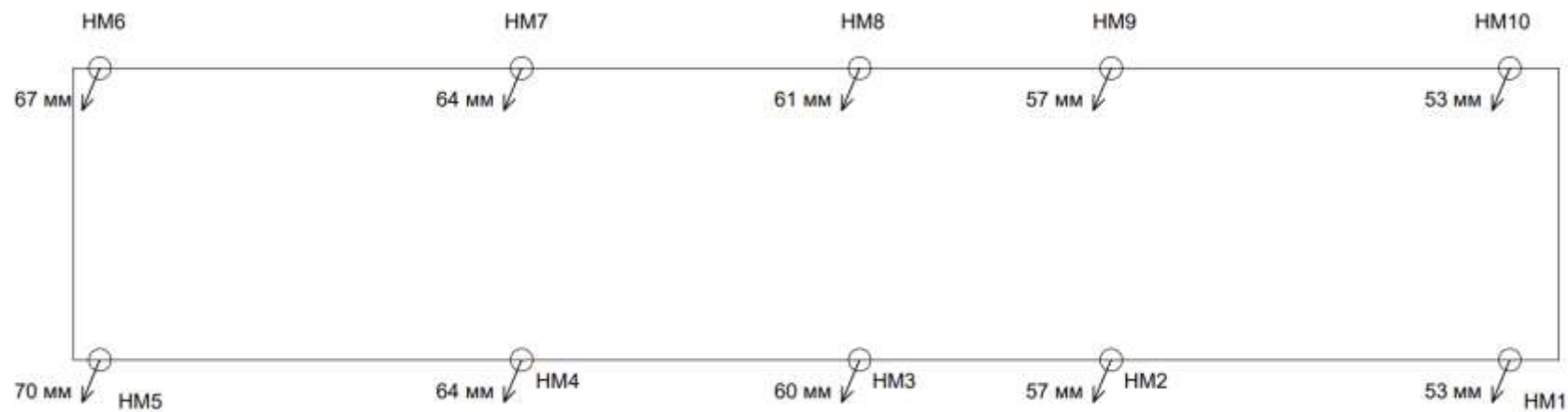
де  $Q$  – лінійна величина зміщення (скаляр);  $\alpha_Q$  – азимут зміщення.

$x_H, y_H$  - координати точки у нижній частині споруди

$x_B, y_B$  - координати точки у верхній частині споруди;



Крени головного фасаду будинку на прикладі марок НМ1 та НМ5 в 6 циклі спостережень



Крени головного фасаду будинку на прикладі марок НМ1 та НМ5 в 0 циклі спостережень

За результатами спостережень за визначенням значень кренів обстежуваної будівлі виявлено продовження зміни крену будівлі, який спрямований в сторону схилу яру, біля якого побудована будівля

# Висновки

- Результатом даної роботи є проект проведення моніторингу за планово-висотним зміщенням будівлі.
- Розроблені проекти планової та висотної мереж для спостережень за горизонтальними та вертикальними зміщеннями, креном будівлі.
- 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!