



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ  
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ  
ФАКУЛЬТЕТ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ І УПРАВЛІННЯ ТЕРИТОРІЯМИ  
КАФЕДРА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОДЕЗІЇ

АТЕСТАЦІЙНА ВИПУСКНА РОБОТА МАГІСТРА

НА ТЕМУ:

"ПРОЕКТ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ДЕФОРМАЦІЙ СПОРУД"

ВИКОНАВ: ГДм-23 ПАЛКОВСЬКИЙ І.С.  
КЕРІВНИК: К.Т.Н., ДОЦЕНТ АДАМЕНКО О. В.

КИЇВ 2024

**Об'єкт дослідження:** методика виконання геодезичних робіт при визначенні деформацій споруд.

**Предмет дослідження:** точність виконання моніторингу деформацій при будівництві висотних споруд.

**Мета магістерської роботи:** розроблення та вдосконалення методів моніторингу деформацій, що дасть змогу своєчасно впроваджувати обґрунтовані заходи для запобігання потенційним аварійним ситуаціям.

**Актуальність:** необхідністю удосконалення методів геодезичних вимірювань та аналізу даних, які забезпечують точне визначення деформацій на різних етапах життєвого циклу споруд.

## ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ СПОСТЕРЕЖЕНЬ



Об'єктом є висотна споруда за адресою: вул. 6-ї Стрілецької Дивізії, в м. Києві.

Замовник робіт ТОВ «КРУАЗЕТ», а генеральним підрядником виступає ТОВ «ЯГУАР».

Моніторинг деформацій споруд включає дослідження фізико-механічних властивостей ґрунтів і безпосередні вимірювання осідань. Причинами деформацій є вага споруди, властивості ґрунтів, а також невідповідність розрахункових і фактичних характеристик.

Геодезичні вимірювання виконуються з точок опорної мережі на стабільних ґрунтах.

Методи спостережень включають лінійно-кутові засічки, високоточне нівелювання, лазерне сканування і фотограмметрію. Комплексний підхід дозволяє своєчасно виявляти потенційні проблеми, забезпечуючи стабільність і безпеку споруд.

Контроль деформацій висотної споруди поблизу Дніпра є необхідним через вплив водоносного горизонту, близькість до річки, промислове минуле ділянки та можливе підтоплення, що може призвести до нерівномірного осідання фундаменту, особливо в умовах змінної вологості та кліматичних факторів.

## ВИЗНАЧЕННЯ ТОЧНОСТІ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА ДЕФОРМАЦІЯМИ

Вимоги до точності визначалися згідно з ДСТУ Б В.2.1-30:2014 «ґрунти. Методи вимірювання деформацій основ будинків і споруд».

2-й клас точності вибирають для споруд, що будуються на піщаних, глинистих та інших стискуваних ґрунтах. Такі умови характерні для більшості будівельних об'єктів, розташованих на стискуваних ґрунтах, і відповідають оптимальному співвідношенню між точністю вимірювань та витратами на їх проведення. Важливі фактори для вибору 2-го класу точності:

- **Призначення споруди:** Споруди середньої важливості, не віднесені до унікальних або тих, що будуються на дуже стабільних чи нестабільних ґрунтах.
- **Вимоги до точності:** Достатня для забезпечення надійного контролю за станом споруди та виявлення деформацій в межах експлуатаційних допусків.
- **Економічна доцільність:** Вимірювання з точністю, вищою ніж потрібно, значно збільшує витрати без відповідного збільшення практичної цінності результатів.

Нижче наведені таблиці щодо вимог до вибору точності які стали фактором до прийняття рішень:

Клас точності вимірювань	Допустима середня квадратична похибка вимірювань кутів, секунди, для відстаней, м					
	50	100	150	200	500	1000
I	8	4	3	2	1	-
II	20	10	7	5	2	1
III	40	20	14	10	4	2
IV	60	30	20	15	6	3

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

Оскільки загальна висота споруди складає 56 м (15 поверхів), **точність спостережень** за її креном не повина перевищувати:

$$m = 0.0001 \cdot H_m = 0.0001 * 56 \text{ м} = 5.6 \text{ мм}$$

Згідно опису умов, споруда що підлягає спостереженню за деформаціями, відноситься до 2 класу точності, відповідно точність визначення планових та висотних деформацій не повинна перевищувати значень:

Тип деформації	Середня квадратична похибка
Горизонтальні зміщення	5,0 мм
Вертикальні деформації	2,0 мм

Розрахунок необхідної точності створення **опорної геодезичної мережі** при забезпеченні вимірювань деформацій споруди.

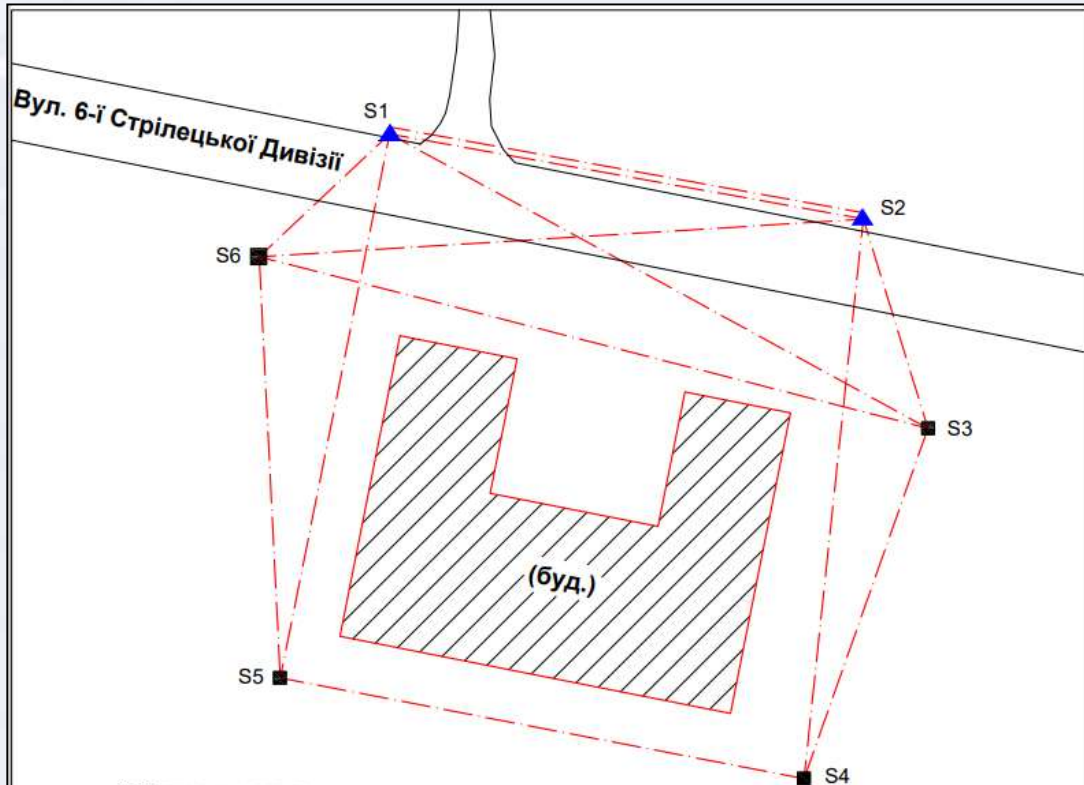
$$m_0 = \frac{m_z}{3}$$

$m_0$  - СКП створення опорної геодезичної мережі,

$m_z$  - СКП вимірювань деформацій.

Тип деформації	Середня квадратична похибка
Горизонтальні зміщення	1,7 мм
Вертикальні деформації	0,7 мм

## ОПОРНА ГЕОДЕЗИЧНА МЕРЕЖА ДЛЯ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА ПЛАНОВИМИ ДЕФОРМАЦІЯМИ



Таблиця координат

N° точки	X	Y
S1	5588925.7352	326358.2430
S2	5588911.3960	326437.8148
S3	5588876.0607	326448.6738
S4	5588816.9307	326427.8672
S5	5588806.4010	326339.8830
S6	5588905.0163	326336.3367

Схема планової геодезичної опорної мережі об'єкта

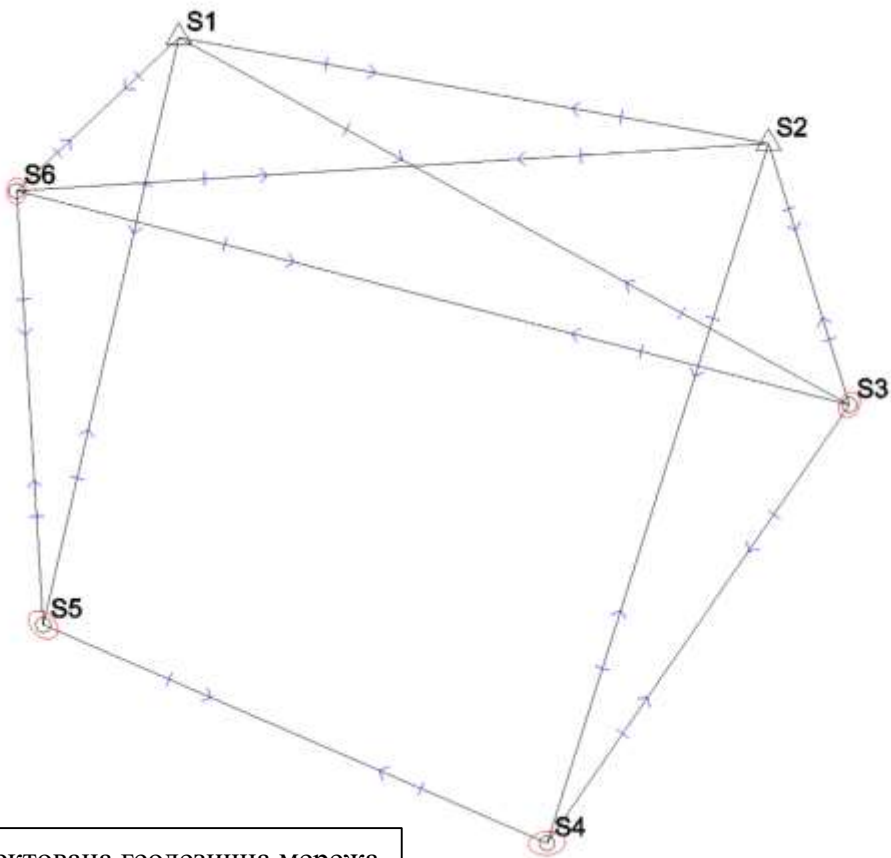
Мережа, представлена як замкнений полігон із шістьма точками (S1–S6) та периметром 398 метрів.

Точки розташовані симетрично для забезпечення гарної видимості, стабільності ґрунту та мінімізації похибок. Відстань від точок до будівлі забезпечує точний моніторинг деформацій, а зв'язки між точками підвищують жорсткість та стабільність мережі.

- Опорна геодезична мережа для моніторингу деформацій була створена комбінованим методом, який поєднує ГНСС-спостереження та лінійно-кутові вимірювання.
- Координати пунктів S1 і S2 були визначені за допомогою ГНСС-спостережень у режимі "Статика".
- Після отримання координат пунктів S1 та S2 за допомогою ГНСС, ми від цих точок розпочали побудову опорної геодезичної мережі, застосовуючи метод лінійно-кутових вимірювань.
- З метою виконання поставлених завдань було вирішено створити планову опорну геодезичну мережу, використовуючи тахеометр **SOKKIA FX-201** та призмий відбивач, встановлений на штативі.
- Проводити вимірювання висотних відміток на пунктах планово-висотної основи за допомогою нівеліра **SOKKIA SDL30**.

## Попередні розрахунки точності мережі були виконані з використанням програмного комплексу Торосад.

Для оцінки точності геодезичної мережі перед її побудою проведено попередні розрахунки за допомогою програмного комплексу Торосад. Ця система дозволяє обробляти дані з тахеометрів, нівелірів і ГНСС-приймачів, а також вводити їх вручну або графічно. Використання Торосад забезпечує високоточний аналіз та ефективне проектування мережі.

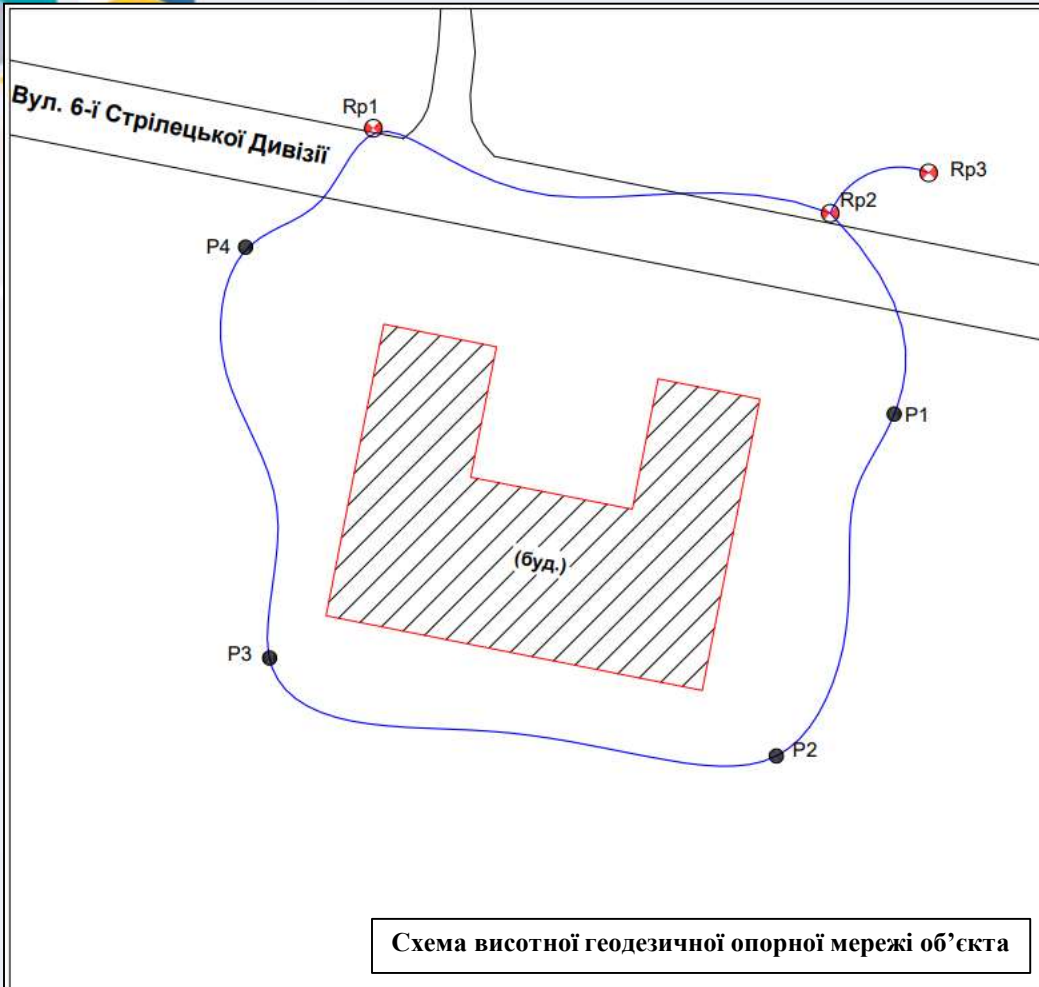


Запроектована геодезична мережа

Відомість оцінки точності розташування пунктів

Ім'я точки	Координати		СКП X	СКП Y	Еліпс А	Еліпс В	Еліпс кут
	X, м	Y, м					
Вихідні пункти							
S1	5588925.7	326358.2	-	-	-	-	-
S2	5588911.4	326437.8	-	-	-	-	-
Визначувані пункти							
S3	5588876.099	326448.700	0.0009	0.0007	0.001	0.001	27°
S4	5588816.899	326407.900	0.0008	0.0012	0.001	0.001	66°
S5	5588846.399	326339.899	0.0009	0.0010	0.001	0.001	121°
S6	5588904.999	326336.297	0.0009	0.0007	0.001	0.001	2°

# ОПОРНА ВИСОТНА МЕРЕЖА ДЛЯ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА ВИСОТНИМИ ДЕФОРМАЦІЯМИ



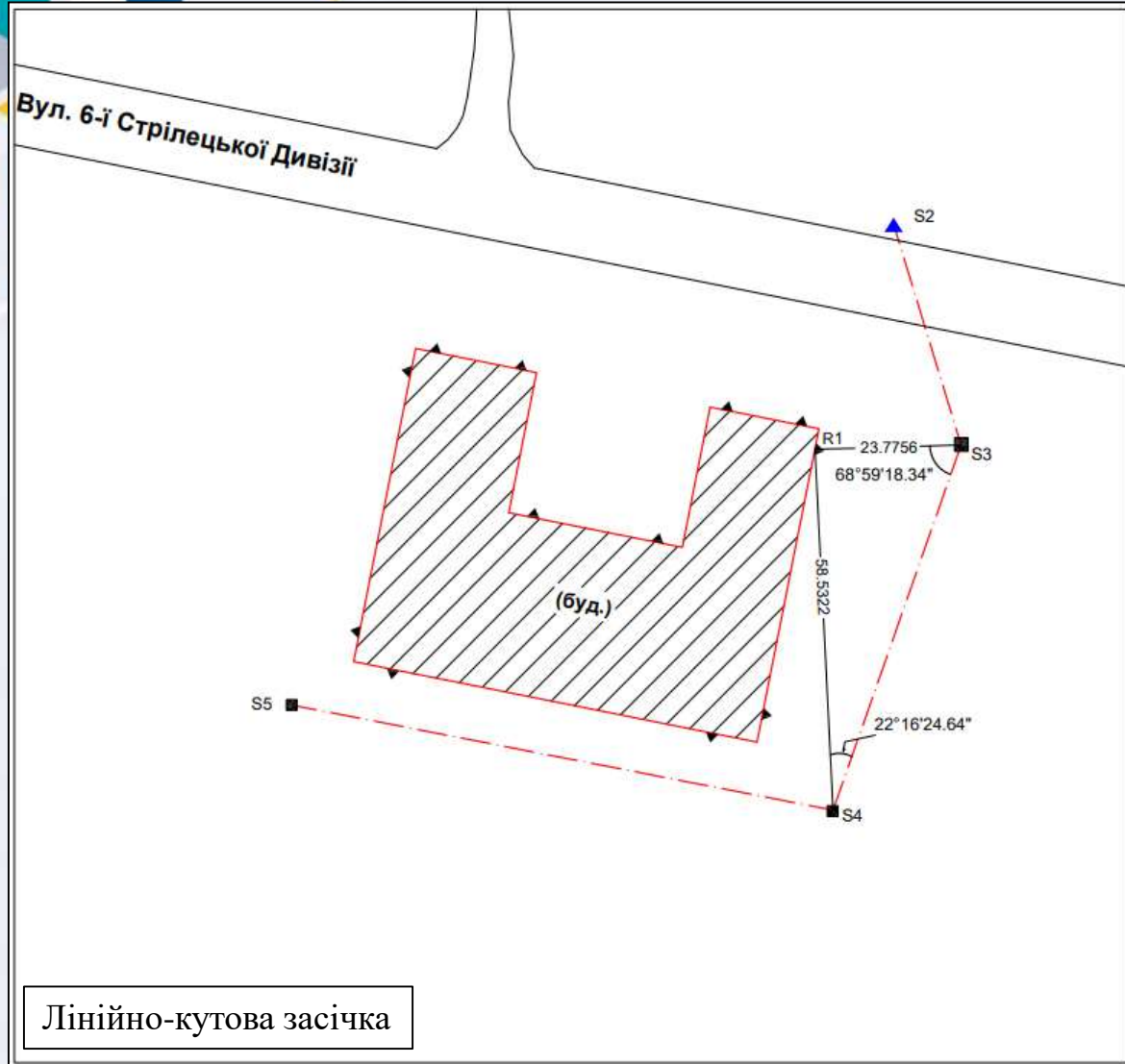
Осідання будівлі вимірювали методом високоточного геометричного нівелювання II класу з використанням нівеліра типу Н05 та інварних рейок довжиною 1,8 м. Спостереження виконували на постійно розмічених місцях, а вимірювання проводилися на задній і передній рейках по основній і додатковій шкалах. Опорна висотна мережа включала три репери (Rp1, Rp2, Rp3), розташовані навпроти будівлі.

Обробка даних включала перевірку польових записів, урівнювання методом найменших квадратів, розрахунок осідань та їх точності, побудову графіків і підготовку звітів. Осідання визначалося як різниця висот між поточним і початковим циклами спостережень. Параметри осідань включають середнє осідання, прогин і крен, а результати представлені у таблиці та графічному вигляді.

Результати розрахунку висотної опорної геодезичної мережі

Ім'я точки	Висота, м	СКП Н, м
Вихідні пункти		
S1	230	-
S2	228	-
Визначувані пункти		
S3	228	0,0006
S4	231	0,0007
S5	231	0,0006
S6	230	0,0007

# ВИЗНАЧЕННЯ ПЛАНОВИХ ДЕФОРМАЦІЙ СПОРУДИ



Для визначення горизонтальних деформацій використовували метод лінійно-кутової засічки. Тахеометр встановлювали над базовим пунктом, спрямовували на орієнтир та виконували вимірювання до деформаційних марок. Середнє квадратичне відхилення для відстаней не перевищувало 2,2 мм, а для кутів — 2". Точки закріплювали плівковими відбивачами на кутах будівлі, де фіксували координати верхніх і нижніх точок. Крен визначали через порівняння координат між циклами спостережень.

Точність визначення осідання можна визначити за формулою:

$$m_{\Delta H} = \sqrt{m_{h1}^2 + m_{h2}^2}$$

де  $m_{h1}$  та  $m_{h2}$  – СКП визначення перевищення між вихідним репером та деформаційною маркою у першому та другому циклах.

Нехай при застосуванні високоточних нівелірів  $m_{h1} = m_{h2} = 0,4$  мм.  $m_{\Delta H} = \sqrt{2}m_h = 0,57$  мм., що задовольняє вимоги до точності.

Нехай точність визначення координат деформаційної марки можна знайти за формулою:

$$m_c = \sqrt{m_A^2 + m_B^2 + \frac{d^2}{\rho^2} m_\beta^2 + m_d^2}$$

Якщо СКП положення опорних пунктів  $m_A, m_B$  складає 2 мм., відстань візування  $d$  складає 50 м., СКП вимірювання горизонтальних кутів  $m_\beta = 2''$  та СКП визначення відстані  $m_d$  складає 1 мм. то СКП положення деформаційних марок складатиме 3 мм., що задовольняє вимоги.

## ВИЗНАЧЕННЯ КРЕНУ СПОРУДИ

У першому періоді (30.03.2020–24.07.2020) проведено п'ять циклів спостережень на марках різних поверхів: 11–12 (третій поверх), 13–14 (четвертий поверх) та 21–24 (одинадцятий поверх). Максимальний крен за цей час становив 4 мм і був зафіксований на марці 11 у південно-західному напрямку, інші значення коливалися в межах 0–3 мм.

У другому періоді (28.08.2020–11.12.2020) також проведено п'ять циклів спостережень. Максимальний крен становив 3 мм і був зафіксований на марці 31 (п'ятнадцятий поверх) у південно-східному напрямку та на марці 43 (дев'ятнадцятий поверх) у північно-західному напрямку, інші крени варіювалися в межах 1–2 мм. З 28 серпня 2020 року було встановлено шість нових марок (31, 32, 33, 34, 43, 44), для яких проведено початковий цикл спостережень.

### Висновок:

Спостереження за горизонтальними зміщеннями дозволило визначити максимальні зміщення у межах 7 мм для деформаційних марок, що були зафіксовані протягом 2020 року. Основний напрямок зміщень — до центру будівлі, хоча були виявлені виключення для певних марок, які зміщувалися у північно-східному напрямку. Точність вимірювань відповідає нормативним вимогам, а відхилення знаходяться в межах допустимих значень.

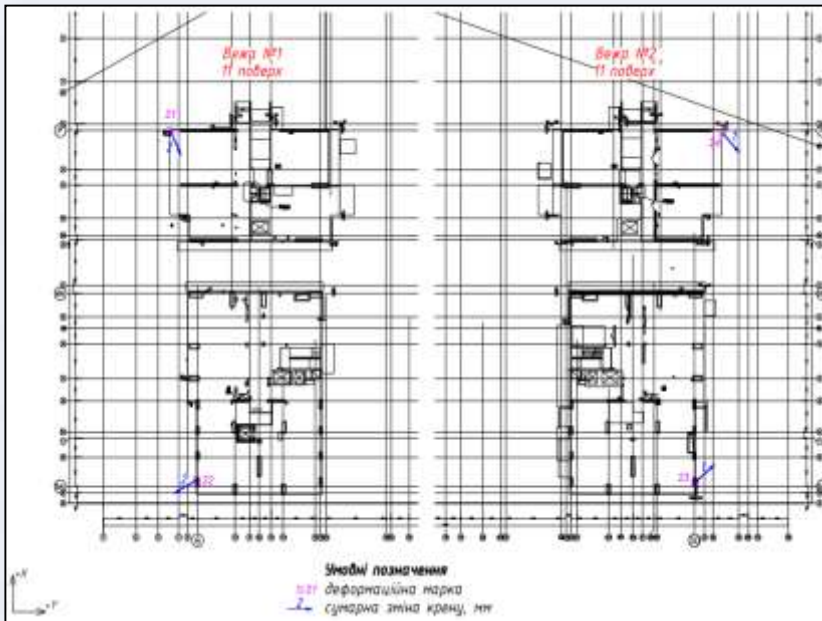


Схема сумарних змін кренів веж №1,2 на рівні 11 поверху з 30.03.2020 по 11.12.2020

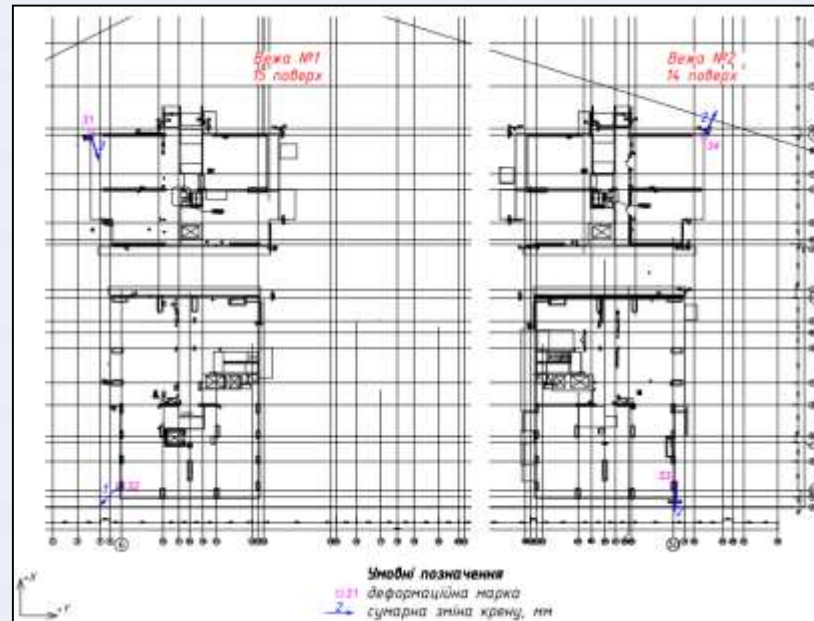


Схема сумарних змін кренів веж №1,2 на рівні 15 поверху вежі №1 та рівні 14 поверху вежі №2 з 24.07.2020 по 11.12.2020

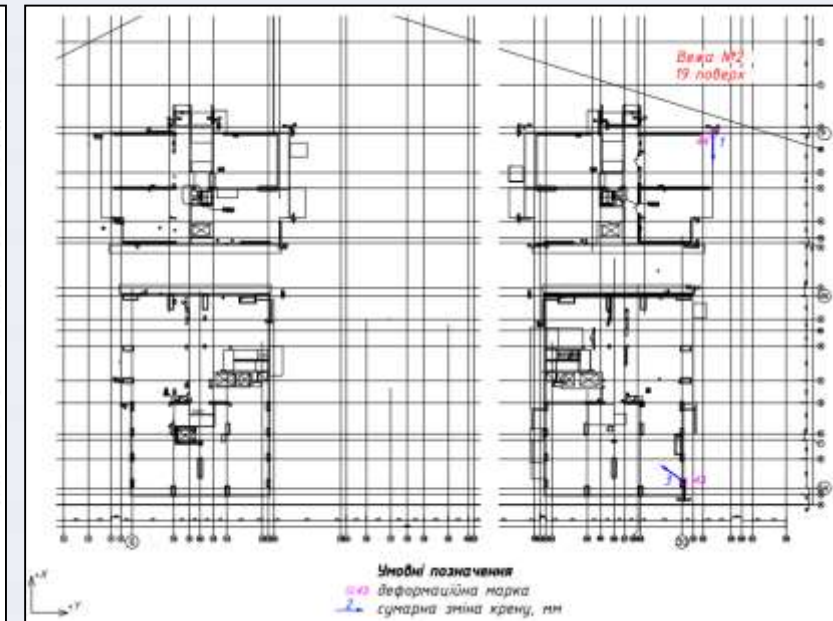
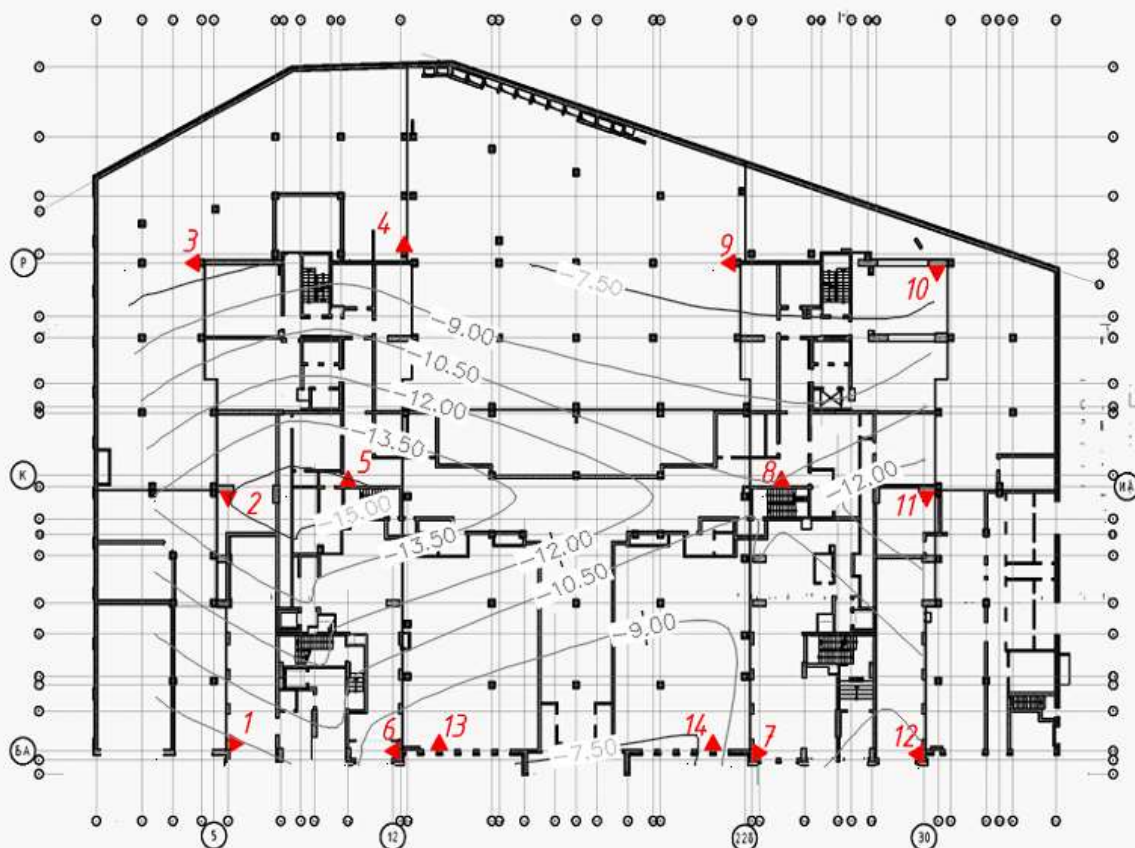


Схема сумарних змін кренів вежі №2 на рівні 19 поверху вежі №2 з 28.10.2020 по 11.12.2020

# ВИЗНАЧЕННЯ ОСІДАНЬ СПОРУДИ



1 ▲ Умовні позначення деформаційна марка

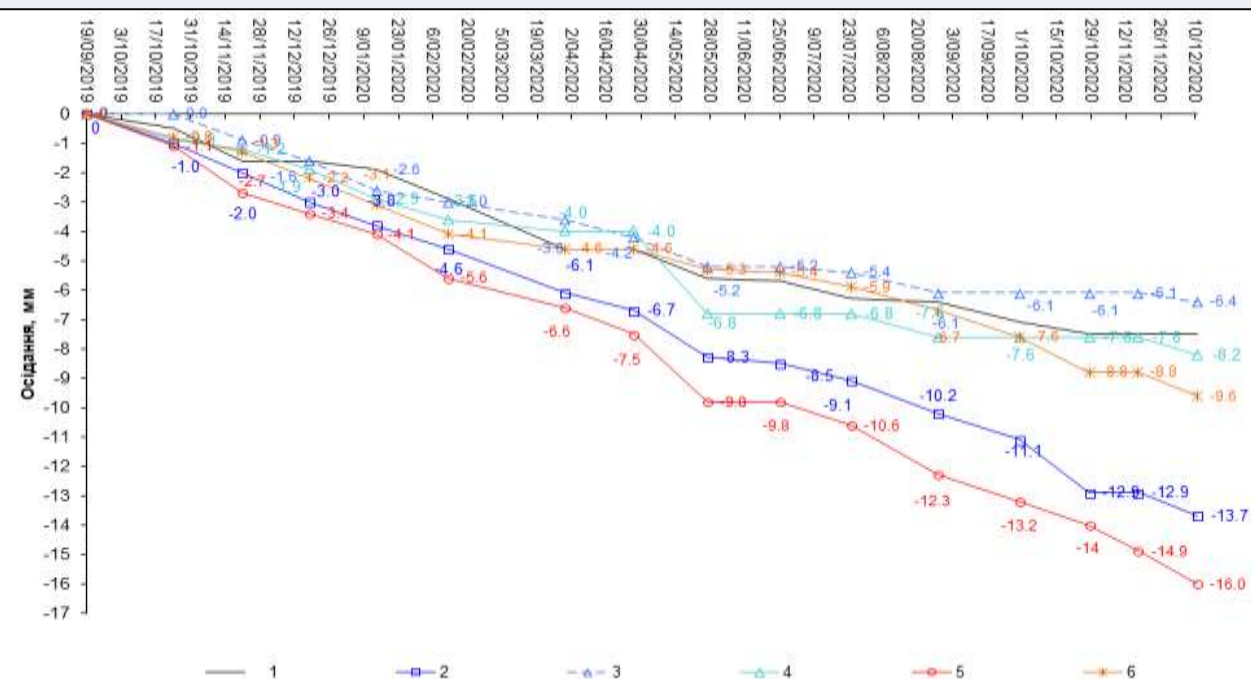
Рисунок А.3 - Схема розташування деформаційних марок розташованих на залізобетонних конструкціях об'єкта будівництва

Схема горизонталі осідань споруди

Після вирівнювання результатів нівелювання були визначені позначки деформаційних марок, які порівнювалися між собою для кожного циклу спостережень. Спостереження проводилися з 19.09.2019 по 11.12.2020.

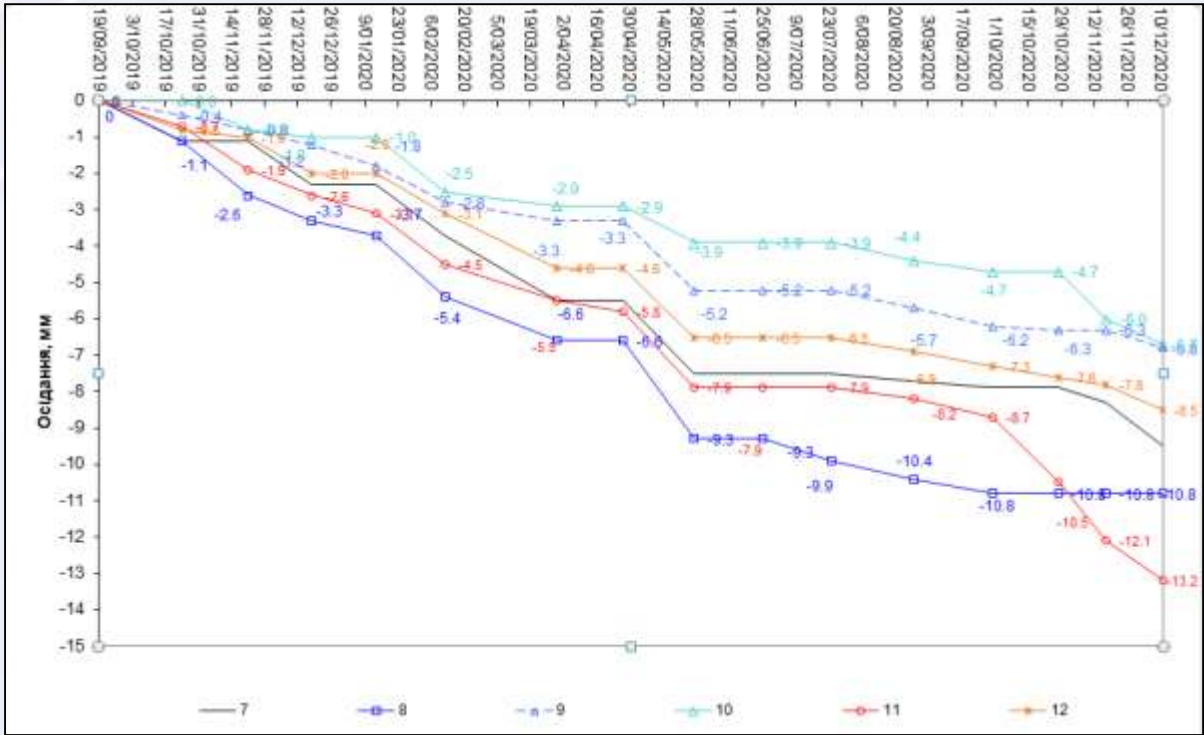
Для полегшення аналізу вертикальних деформацій (осідань) сходів усі 14 деформаційних марок були розділені на три групи. Це дозволило спростити оцінку змін і виявити особливості деформацій для кожної окремої групи.

У першій групі максимальне осідання зафіксовано **10.12.2020 року** на марках №2 (-13,7 мм) та №5 (-16,0 мм). Осідання інших марок варіюється від -6,4 до -9,6 мм.



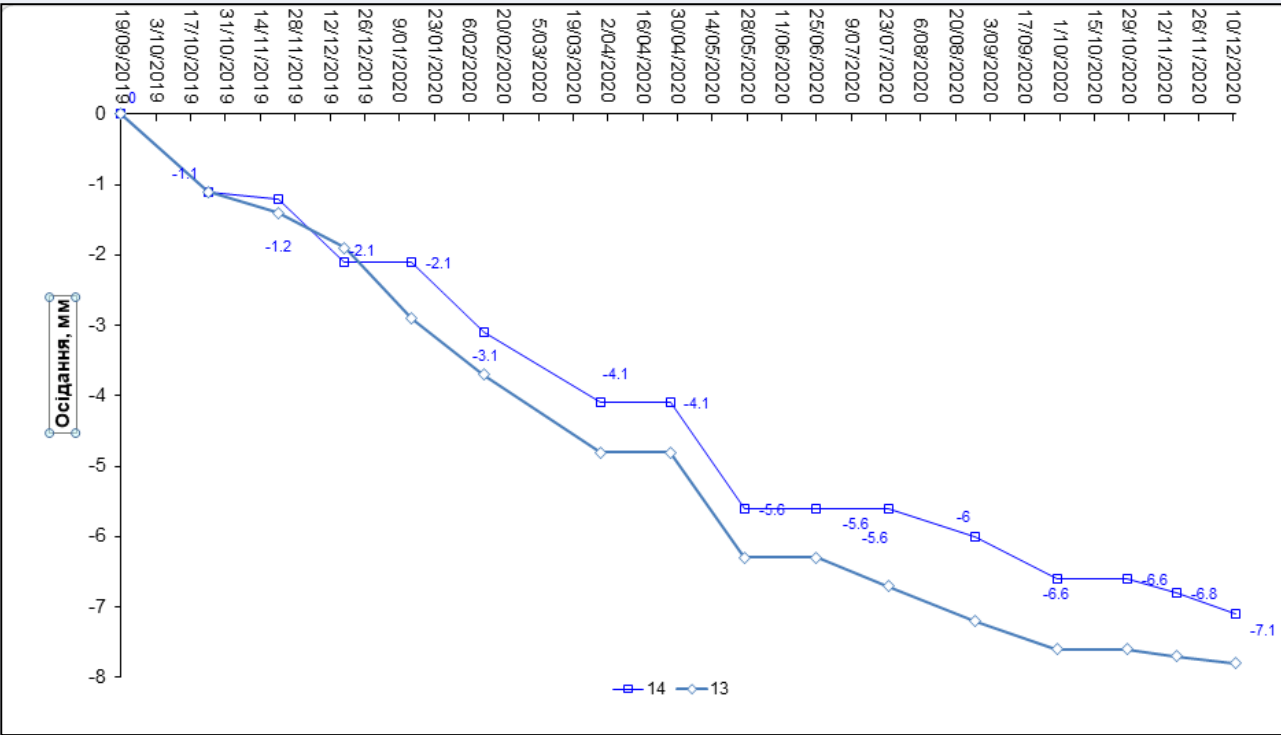
Графік осідань деформаційних марок, розміщених на будівельних конструкціях Вежі 1

У другій групі марок максимальне осідання було зафіксовано за 10.12.2020, на марках №8 (-10.8 мм), №11 (-13.2 мм). Осідання інших марок коливається від -6.7 до -9.5 мм.



Графік осідань деформаційних марок, розміщених на будівельних конструкціях Вежі 2

У третій групі марок максимальне осідання було зафіксовано за 10.12.2020 №13 (-7.8 мм), №14 (-7.1 мм).



Графік осідань деформаційних марок, розміщених на будівельних конструкціях паркінгу об'єкта будівництва

**Висновок:** Аналіз вертикальних осідань виявив їх рівномірний характер з максимальними значеннями у межах встановлених нормативів. Для кожного циклу спостережень результати оброблялися методом найменших квадратів, що забезпечило високу точність даних. Осідання розраховувалися як різниця між висотними позначками початкового та наступних циклів спостережень, результати було представлено у вигляді таблиць та графіків.

# ДОСЛІДЖЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ ПОЛОЖЕННЯ ОПОРНИХ ВИСОТНИХ РЕПЕРІВ

## Метод А. Костехеля

За методом Костехеля висоти вихідних реперів протягом всього циклу спостережень повинні зберігатись. Будь-яка зміна перевищень між реперами може бути викликана тільки зміною висот цих реперів, за умови вирівнювання нівелірної мережі як вільної, без вихідних пунктів.

1) Знайдемо різницю перевищень за формулою  $v = h_n - h_l$

Перевище н-ня, м № циклу	$Rp1 - Rp2$	$Rp1 - Rp3$	$Rp2 - Rp3$	$Rp2 - Rp1$	$Rp3 - Rp1$	$Rp3 - Rp2$
1	0.9478	3.6657	2.7179	-0.9478	-3.6657	-2.7179
2	0.9477	3.6634	2.7157	-0.9477	-3.6634	-2.7157
3	0.9475	3.6629	2.7154	-0.9475	-3.6629	-2.7154
4	0.9477	3.6627	2.7150	-0.9477	-3.6627	-2.7150
5	0.9477	3.6626	2.7149	-0.9477	-3.6626	-2.7149
6	0.9477	3.6626	2.7149	-0.9477	-3.6626	-2.7149
7	0.9477	3.6624	2.7147	-0.9477	-3.6624	-2.7147

Перевище н-ня, м № циклу	$Rp1 - Rp2$	$Rp1 - Rp3$	$Rp2 - Rp3$	$Rp2 - Rp1$	$Rp3 - Rp1$	$Rp3 - Rp2$
8	0.9477	3.6624	2.7147	-0.9477	-3.6624	-2.7147
9	0.9477	3.6624	2.7147	-0.9477	-3.6624	-2.7147
10	0.9477	3.6624	2.7147	-0.9477	-3.6624	-2.7147
11	0.9477	3.6624	2.7147	-0.9477	-3.6624	-2.7147
12	0.9475	3.6625	2.7148	-0.9475	-3.6625	-2.7148
13	0.9475	3.6625	2.7148	-0.9475	-3.6625	-2.7148
14	0.9477	3.6624	2.7147	-0.9477	-3.6624	-2.7147
15	0.9477	3.6624	2.7147	-0.9477	-3.6624	-2.7147

2) Знайдемо сумму квадратів різниць перевищень  $[vv]$  для кожного репера. Репер для якого величина  $[vv]$  буде найменшою приймається за вихідний.

№ циклів	$Rp1 - Rp2$	$Rp1 - Rp3$	$Rp2 - Rp3$	$Rp2 - Rp1$	$Rp3 - Rp1$	$Rp3 - Rp2$
1-2	0.0001	0.0023	0.0022	-0.0001	-0.0023	-0.0022
1-3	0.0003	0.0028	0.0025	-0.0003	-0.0028	-0.0025
1-4	0.0001	0.0030	0.0029	-0.0001	-0.0030	-0.0029
1-5	0.0001	0.0031	0.0030	-0.0001	-0.0031	-0.0030
1-6	0.0001	0.0031	0.0030	-0.0001	-0.0031	-0.0030
1-7	0.0001	0.0033	0.0032	-0.0001	-0.0033	-0.0032
1-8	0.0001	0.0033	0.0032	-0.0001	-0.0033	-0.0032
1-9	0.0001	0.0033	0.0032	-0.0001	-0.0033	-0.0032
1-10	0.0001	0.0033	0.0032	-0.0001	-0.0033	-0.0032
1-11	0.0001	0.0033	0.0032	-0.0001	-0.0033	-0.0032
1-12	0.0003	0.0032	0.0031	-0.0003	-0.0032	-0.0031
1-13	0.0003	0.0032	0.0031	-0.0003	-0.0032	-0.0031
1-14	0.0001	0.0033	0.0032	-0.0001	-0.0033	-0.0032
1-15	0.0001	0.0033	0.0032	-0.0001	-0.0033	-0.0032

3) Визначимо сумму квадратів відхилень для кожного репера.

№ репера	$Rp1$	$Rp2$	$Rp3$
$\sum v^2$	0,0001384	0,0001288	0,0002665

4) Визначаємо позначки двох інших реперів, на кожний цикл спостережень та їх різницю  $\Delta H = H_I - H_i$  відносно першого циклу. Позначку для Rp2 приймаємо з першого циклу.

№ циклу	$H_{Rp1}$	$H_{Rp3}$
1	228.8372	243.5029
2	228.8373	243.5007
3	228.8375	243.5004
4	228.8373	243.5000
5	228.8373	243.4999
6	228.8373	243.4999
7	228.8373	243.4997
8	228.8373	243.4997
9	228.8373	243.4997
10	228.8373	243.4997
11	228.8373	243.4997
12	228.8375	243.4998
13	228.8375	243.4998
14	228.8373	243.4997
15	228.8373	243.4997

№ циклу	Rp1	Rp3
1	0.1	-2.2
2	0.3	-2.5
3	0.1	-2.9
4	0.1	-3.0
5	0.1	-3.0
6	0.1	-3.2
7	0.1	-3.2
8	0.1	-3.2
9	0.1	-3.2
10	0.1	-3.2
11	0.3	-3.1
12	0.3	-3.1
13	0.1	-3.2
14	0.1	-3.2
15	0.1	-2.2

5) Визначимо граничну похибку визначення вертикальних переміщень реперів за формулою:

$$\Delta H_{\text{гран.}} = K\sqrt{\pi} = 0.9 \text{ мм.} \cdot \sqrt{\pi}$$

де  $\pi$  – зворотна вага еквівалентного ходу, виражена числом штативів.

Після чого визначимо коефіцієнт N для кожного реперу.

Репер вважається стабільним, якщо цей коефіцієнт більший за 1.

Для ходу Rp2 – Rp1.  $\pi = 2$ .  $\Delta H_{\text{гран.}} = 1.3$  мм.

Для ходу Rp2 – Rp3.  $\pi = 8$ .  $\Delta H_{\text{гран.}} = 2.5$  мм.

№ циклу	Rp1	Rp3
2	12,728	1,157
3	4,243	1,018
4	12,728	0,878
5	12,728	0,849
6	12,728	0,849
7	12,728	0,795
8	12,728	0,795
9	12,728	0,795
10	12,728	0,795
11	12,728	0,795
12	12,728	0,849
13	12,728	0,849
14	12,728	0,795
15	12,728	0,795

**Висновок:** Таким чином, за результатами досліджень за методом Костехеля Rp1 був стабільним протягом всього циклу спостережень та може використовуватись у якості вихідного реперу. Репер Rp3 був стабільний тільки у перші три цикли спостережень.

### Метод Г. К. Ботяна

Нехай осідання реперів дорівнює  $S_i$ , а різниці перевищень між однойменними реперами в поточному циклі і першому позначимо через  $\Delta h_{i-j}$ , де  $i, j$  – номери реперів. Тоді справедливими будуть наступні рівності:

$$\begin{cases} S_2 - S_1 = \Delta h_{1-2} \\ S_3 - S_1 = \Delta h_{1-3} \end{cases} \begin{cases} S_1 - S_2 = \Delta h_{2-1} \\ S_3 - S_2 = \Delta h_{2-3} \end{cases} \begin{cases} S_1 - S_3 = \Delta h_{3-1} \\ S_2 - S_3 = \Delta h_{3-2} \end{cases}$$

Почергово приймаючи кожний репер як стабільний ( $S_i = 0$ ) можемо отримати наступні рівності:

$$\begin{cases} S_1 = 0 \\ S_2 = \Delta h_{1-2} \\ S_3 = \Delta h_{1-3} \end{cases} \begin{cases} S_2 = 0 \\ S_1 = \Delta h_{2-1} \\ S_3 = \Delta h_{2-3} \end{cases} \begin{cases} S_3 = 0 \\ S_1 = \Delta h_{3-1} \\ S_2 = \Delta h_{3-2} \end{cases}$$

Для кожного випадку позначимо  $\sum_1^3 \Delta h = w_i$ . За методом Г. К. Ботяна найстабільнішим вважається той репер, для якого величина  $w_i$  буде мати найбільш від'ємне значення.

Δh цикли 1-2

	Rp1	Rp2	T1
$S_{Rp1}$	0	0.0001	0.0023
$S_{Rp2}$	-0.0001	0	0.0022
$S_{Tp1}$	-0.0023	-0.0022	0
$w_i$	-0.0024	-0.0021	0.0045

Δh цикли 1-3

	Rp1	Rp2	T1
$S_{Rp1}$	0	0.0003	0.0028
$S_{Rp2}$	-0.0003	0	0.0025
$S_{Tp1}$	-0.0028	-0.0025	0
$w_i$	-0.0031	-0.0022	0.0053

Δh цикли 1-4

	Rp1	Rp2	T1
$S_{Rp1}$	0	0.0001	0.0030
$S_{Rp2}$	-0.0001	0	0.0029
$S_{Tp1}$	-0.0030	-0.0029	0
$w_i$	-0.0031	-0.0028	0.0059

Δh цикли 1-5

	Rp1	Rp2	T1
$S_{Rp1}$	0	0.0001	0.0031
$S_{Rp2}$	-0.0001	0	0.0030
$S_{Tp1}$	-0.0031	-0.0030	0
$w_i$	-0.0032	-0.0029	0.0061

Δh цикли 1-6

	Rp1	Rp2	T1
$S_{Rp1}$	0	0.0001	0.0031
$S_{Rp2}$	-0.0001	0	0.0030
$S_{Tp1}$	-0.0031	-0.0030	0
$w_i$	-0.0032	-0.0029	0.0061

Δh цикли 1-7

	Rp1	Rp2	T1
$S_{Rp1}$	0	0.0001	0.0033
$S_{Rp2}$	-0.0001	0	0.0032
$S_{Tp1}$	-0.0033	-0.0032	0
$w_i$	-0.0034	-0.0031	0.0065

Δh цикли 1-8

	Rp1	Rp2	T1
$S_{Rp1}$	0	0.0001	0.0033
$S_{Rp2}$	-0.0001	0	0.0032
$S_{Tp1}$	-0.0033	-0.0032	0
$w_i$	-0.0034	-0.0031	0.0065

Δh цикли 1-9

	Rp1	Rp2	T1
$S_{Rp1}$	0	0.0001	0.0033
$S_{Rp2}$	-0.0001	0	0.0032
$S_{Tp1}$	-0.0033	-0.0032	0
$w_i$	-0.0034	-0.0031	0.0065

Δh цикли 1-10

	Rp1	Rp2	T1
$S_{Rp1}$	0	0.0001	0.0033
$S_{Rp2}$	-0.0001	0	0.0032
$S_{Tp1}$	-0.0033	-0.0032	0
$w_i$	-0.0034	-0.0031	0.0065

Δh цикли 1-11

	Rp1	Rp2	T1
$S_{Rp1}$	0	0.0001	0.0033
$S_{Rp2}$	-0.0001	0	0.0032
$S_{Tp1}$	-0.0033	-0.0032	0
$w_i$	-0.0034	-0.0031	0.0065

Δh цикли 1-12

	Rp1	Rp2	T1
$S_{Rp1}$	0	0.0001	0.0031
$S_{Rp2}$	-0.0001	0	0.0034
$S_{Tp1}$	-0.0033	-0.0028	0
$w_i$	-0.0034	-0.0029	0.0065

Δh цикли 1-13

	Rp1	Rp2	T1
$S_{Rp1}$	0	0.0001	0.0031
$S_{Rp2}$	-0.0001	0	0.0034
$S_{Tp1}$	-0.0033	-0.0028	0
$w_i$	-0.0034	-0.0029	0.0065

Δh цикли 1-14

	Rp1	Rp2	T1
$S_{Rp1}$	0	0.0001	0.0033
$S_{Rp2}$	-0.0001	0	0.0032
$S_{Tp1}$	-0.0033	-0.0032	0
$w_i$	-0.0034	-0.0031	0.0065

Δh цикли 1-15

	Rp1	Rp2	T1
$S_{Rp1}$	0	0.0001	0.0033
$S_{Rp2}$	-0.0001	0	0.0032
$S_{Tp1}$	-0.0033	-0.0032	0
$w_i$	-0.0034	-0.0031	0.0065

**Висновок:** Згідно методу Ботяна найстійкішим репером протягом часу спостережень був репер *Rp1*. Високу стійкість також показав репер *Rp2*. Як і в розрахунках за методом Костехеля, репер *Rp3* був визнаний таким що втратив стійкість і має бути виключений із вимірювань як вихідний пункт.

Таким чином, нами було виконано дослідження стійкості реперів висотної мережі методами Костехеля і Ботяна. За результатами досліджень виявлено що обидва методи дозволяють виявляти та виключати репери що втратили стійкість. На нашу думку, більш зручним у використанні є метод Костехеля, оскільки за цим методом легше виявити період, в якому один із реперів втратив стійкість.

## Висновок

У даній роботі проведено аналіз проекту геодезичних робіт з визначення деформацій споруд на будівельному об'єкті в м. Києві, вул. 6-ї Стрілецької Дивізії.

Для досягнення мети створено опорну планово-висотну мережу комбінованим методом із використанням ГНСС-спостережень та лінійно-кутових побудов. Деформації споруд визначалися шляхом встановлення деформаційних марок: їхні координати для планових деформацій визначалися методом лінійно-кутової засічки, а висотні деформації – нівелюванням II класу точності. У результаті побудовано графіки осідань, схеми горизонтальних переміщень і сумарних змін кренів.

Стійкість реперів досліджувалася методами Костехеля та Ботяна. Встановлено, що репер Rp3 слід виключити із вимірювань через втрату стійкості. Метод Костехеля визнано більш зручним для об'єктивної оцінки періоду нестабільності репера. Усі роботи виконано з дотриманням норм охорони праці.

The image features a light blue background with decorative geometric patterns in the corners. The top-left and bottom-right corners contain clusters of 3D cubes and triangles in shades of teal, blue, and yellow. The text is centered in a black, serif font.

**Дякую за увагу!**