

Графічний матеріал до магістерської  
роботи на тему:

# Створення та дослідження польового компаратора для перевірки тахеометрів та ГНСС приймачів

					АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА				
					Створення та дослідження польового компаратора для перевірки тахеометрів та ГНСС приймачів				
Посада	Прізвище	Підпис	Дата						
Розробив	Юсан О.В.								
Керівник	Адаменко О.В.								
						Аркуш	Аркушів		
						1	17		
					Міністерство освіти і науки України	КНУБА, каф. ІГ, зГД-61			
Зав.каф.	Дем'яненко Р.А.								

# Вступ

*Актуальність* досліджень полягає важливості підвищення точності визначення метрологічних характеристик польового компаратора, що дозволить покращити якість виконання повірки сучасної геодезичної техніки та розширити її номенклатуру.

*Об'єкт дослідження:* методи визначення метрологічних характеристик польового компаратора.

*Предмет дослідження:* метрологічні характеристики польового компаратора.

*Метою* роботи є опис геодезичних робіт що виконують при створенні польового компаратора для повірки та калібрування відділемірів у м. Коломия Івано-Франківської області. Науковою частиною роботи є дослідження стабільності пунктів польового компаратора та розроблення методу вдосконалення польового компаратора для забезпечення повірки та калібрування ГНСС-приймачів. Удосконалення польового компаратора необхідно виконати за умови мінімального комплексу робіт та за умови максимального використання існуючих пунктів польового компаратора.

# Загальні відомості про об'єкт досліджень

Польовий компаратор в м. Коломия (ДП «Івано-Франківськстандартметрологія»), створений у 2019 р., є польовим компаратором лінійного типу та складається з 7 пунктів. Польовим компаратором закріплено дожини ліній 50 м, 100 м, 200 м, 600 м, 1000 м та 1300 м. Відхилення від створу пунктів польового компаратора не перевищує 3 см в плані і 20 см по висоті. Такі значення довжин ліній польового компаратора вибрано урахуванням надійного визначення адитивної та мультиплікативної складових похибок вимірювань ліній віддалемірами



Конструкція пунктів польового компаратора у м. Коломия

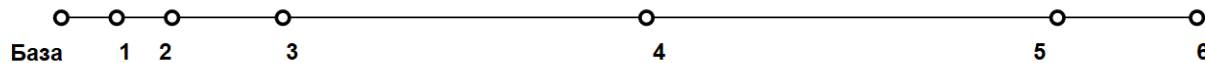


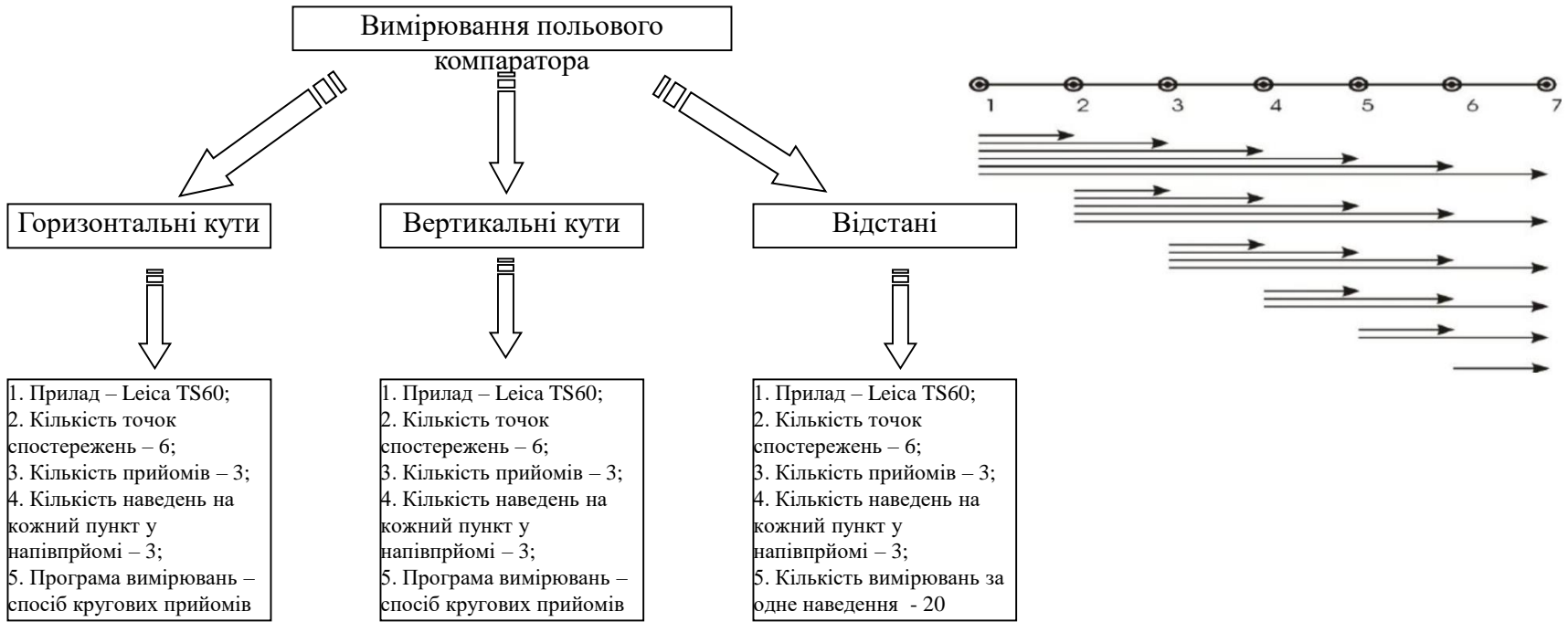
Схема польового компаратора у м. Коломия

# Вимоги до польових компараторів

1. Територія на якій розташований компаратор має бути відкритою, із рівнинною поверхнею. Повинна забезпечуватись зручність під'їздів до пунктів польового компаратора;
2. Пункти польового компаратора повинні забезпечувати довготривале зберігання та високу точність центрування приладів;
3. Польовий компаратор повинен мати оптимальну форму та забезпечувати високу стабільність його інтервалів;
4. Польовий компаратор для повірки та калібрування віддалемірів повинен мати ділянку, пристосовану для визначення циклічної поправки віддалеміра;
5. Повинна забезпечуватись однакове освітлення ліній польового компаратора, тобто повинно бути відсутнє чергування тінювих і яскраво освітлених ділянок;
6. Повинні виконуватись роботи із періодичного контролю метрологічних характеристик польового компаратора;
7. Повинно забезпечуватись періодичне обстеження пунктів польового компаратора з метою отримання якісних характеристик їх стану;

Розряд базису	Точність	Діапазон вимірювання, км	Призначення
0	$1-3 \cdot 10^{-7}$	0.1-1	робочий еталон
1	$3-5 \cdot 10^{-7}$	1-20	атестація високоточних <u>віддалемірів</u>
2	$1-1.5 \cdot 10^{-6}$	1-20	атестація геодезичних та топографічних <u>електромагнітних віддалемірів</u>
3	$3-4 \cdot 10^{-6}$	2-5	перевірка <u>радіовіддалемірів</u> та окремих типів <u>світловіддалемірів</u>
4	$2-3 \cdot 10^{-5}$	0.3-1	перевірка <u>віддалемірів</u> геометричного та механічного типів

# Кутові та лінійні вимірювання при контролі метрологічних характеристик польового компаратора

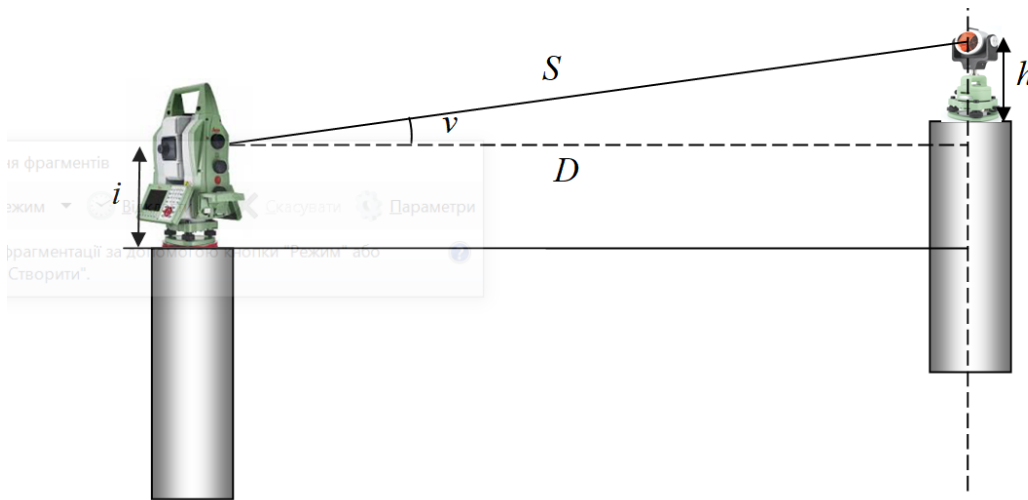


Згідно схеми польового компаратора та методики вимірювань, вимірювання складаються з 7 сесій. Кожній сесії відповідають вимірювання на одному із пунктів польового компаратора. Кожна сесія складається з трьох прийомів, у кожному з яких вимірювання виконують за програмою вимірювань способу кругових прийомів. Кутові вимірювання (вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів) поєднані із вимірюваннями довжин ліній. Вимірювання кожного пункту компаратора на станції виконується у три наведення у двох напівприйомах. При кожному наведенні виконується зняття відліку по горизонтальному кругу, вертикальному кругу та виконується лінійні вимірювання. Лінійні вимірювання виконуються шляхом осереднення результатів вимірювань з 20 прийомів.

# Попереднє оброблення результатів вимірювань

В загальному випадку такі роботи включають у себе ряд обчислень, а саме:

1. Врахування зміни умов навколишнього середовища та визначення виправлених значень вимірних відстаней; 
$$\Delta D = 286,338 \cdot \left[ \frac{0,29535(P_i - P_0)}{1 + \alpha(t_i - t_0)} - \frac{4,126 \cdot 0,0001(v_0 - v_i)}{1 + \alpha(t_i - t_0)} \cdot 10^{\beta_i} \right]$$
2. Врахування нахилу вимірних довжин ліній та визначення горизонтальних проєкцій між пунктами польового компаратора;



$$D_i = S_i \cos v_i$$

$$\Delta h_i = S_i \sin v_i + i - h$$

# Попереднє оброблення результатів вимірювань

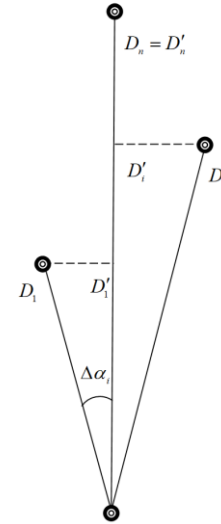
В загальному випадку такі роботи включають у себе ряд обчислень, а саме:

3. Врахування відхилень від створу пунктів польового компаратора та визначення приведених до створу довжин ліній польового компаратора:

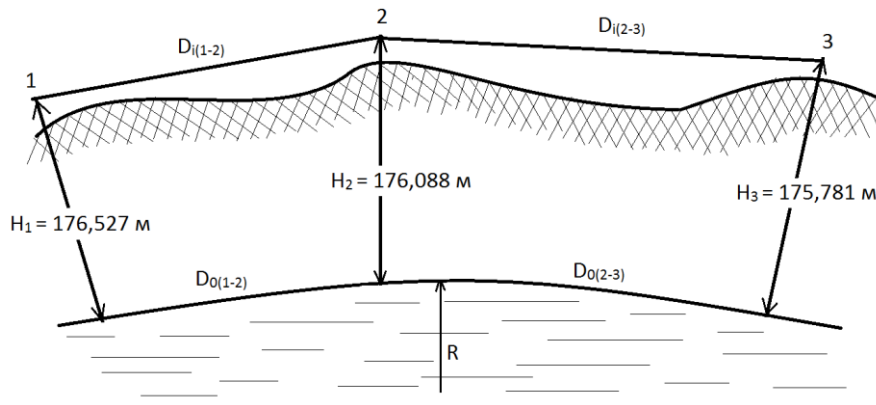
$$\alpha_{Bi} = \arctg \frac{Y_i - Y_B}{X_i - X_B}$$

$$\Delta\alpha_i = \alpha_{Bi} - \alpha_{B6}$$

$$D'_{Bi} = D_{Bi} \cos \Delta\alpha_i$$



4. Приведення вимірювань на поверхню відносності.



$$D_i^0 = D'_i - \frac{H_m}{R} D'_i - \frac{H_m^2}{R^2} D_i'^2$$

# Оброблення результатів вимірювань

Вирівнювання вимірювань будемо робити методом найменших квадратів. Оскільки польовий компаратор має лінійний тип, вирівнювання будемо виконувати шляхом вирівнювання довжин ліній між пунктами компаратора. Модель вимірювань має вигляд:

$$x_m^{ik} = y_m^k - y^i + p_m - d$$

де  $i = 0 \dots n$  - номер точки польового компаратора, на якій встановлюється тахеометр ( $i = 1 \dots n$  - номер лінії польового компаратора, довжина якої визначається);

$k = 0 \dots n$  - номер точки польового компаратора, на якій встановлюється відбивач;

$m = 1 \dots M$  - номер відбивача;

$x_m^{ik}$  - відстань між точками  $i$  та  $k$  польового компаратора, одержаний за виміряною еталонним тахеометром віддаллю на відбивач з номером  $m$ , після її редукування на поверхню відношення (це значення отримується за результатами попередніх обчислень вимірювань і є вихідною величиною у рівнянні);

$y^i, y_m^k$  - невідомі значення довжини ліній польового компаратора від початкової точки з номером нуль до кожної (див.

рис. 2.2.4) з номерами  $i$  та  $k$ , при  $i \neq k$ , між якими виконувалися вимірювання;

$d$  - оцінюване невідоме адитивне систематичне зміщення внесене віддалеміром у вимірювання довжини;

$p_m$  - оцінюване невідоме адитивне систематичне зміщення внесене відбивачем з номером  $m$  у вимірювання довжини.

Таким чином, рівняння поправок матимуть вигляд:

$$v_{x_m^{ik}} = \delta y_m^k - \delta y^i + p_m - d + l_{x_m^{ik}}$$

# Оброблення результатів вимірювань

Нормальні рівняння матимуть вигляд:

$$N = A^T A = \begin{bmatrix} A_y^T A_y & A_y^T A_p & A_y^T A_d \\ A_p^T A_y & A_p^T A_p & A_p^T A_d \\ A_d^T A_y & A_d^T A_p & A_d^T A_d \end{bmatrix} \quad L = A^T l = \begin{bmatrix} A_y^T l \\ A_p^T l \\ A_d^T l \end{bmatrix} \quad N \cdot \begin{bmatrix} \delta y_i \\ p \\ d \end{bmatrix} + L = 0$$

За запропонованою методикою оброблення, вимірювання можна виконувати довільною кількістю віддалемірів і відбивачів Але, в цьому випадку матриця коефіцієнтів нормальних рівнянь буде мати неповний ранг, тому для обчислення всіх невідомих, її рішення виконують через знаходження псевдооберненої матриці:

$$\begin{bmatrix} \delta y \\ p \\ d \end{bmatrix} = -N^+ \cdot L = -Q \cdot \begin{bmatrix} L_y \\ L_p \\ L_d \end{bmatrix}$$

Розрахунок псевдо оберненої матриці будемо виконувати за допомогою її скелетного розкладання

$$N = BC$$

$$C^+ = C^T (CC^T)^{-1}$$

$$B^+ = (BB^T)^{-1} B^T$$

$$A^+ = C^+ B^+ = C^T (CC^T)^{-1} (BB^T)^{-1} B^T$$

# Оброблення результатів вимірювань

Визначені наближені значення параметрів

Матриця нормальних рівнянь

Назва параметру	Значення параметру
d	0
p1	0
p2	0
1	50,09640
2	100,08190
3	200,20640
4	600,10890
5	1000,09380
6	1299,89930

42	-24	-18	8	4	0	-4	-8	-12
-24	24	0	-5	-1	3	4	4	4
-18	0	18	-3	-3	-3	0	4	8
8	-5	-3	12	-2	-2	-2	-2	-2
4	-1	-3	-2	12	-2	-2	-2	-2
0	3	-3	-2	-2	12	-2	-2	-2
-4	4	0	-2	-2	-2	12	-2	-2
-8	4	4	-2	-2	-2	-2	12	-2
-12	4	8	-2	-2	-2	-2	-2	12

Псевдообернена матриця

0,40384	-0,19101	-0,21283	0,50875	0,69608	0,88341	1,06706	1,24949	1,44639
0,34099	0,13730	-0,20368	0,47545	0,62948	0,78350	0,94341	1,10527	1,28160
0,33070	-0,19215	0,13855	0,48819	0,65494	0,82170	0,96863	1,10895	1,26373
0,01796	-0,01534	-0,00261	0,15237	0,09046	0,09997	0,10676	0,11263	0,11851
0,03591	-0,03069	-0,00522	0,09046	0,18092	0,12852	0,14209	0,15384	0,16559
0,05387	-0,04603	-0,00784	0,09997	0,12852	0,22849	0,17742	0,19505	0,21268
0,07403	-0,04962	-0,02440	0,10676	0,14209	0,17742	0,27877	0,23547	0,26359
0,09492	-0,04930	-0,04563	0,11263	0,15384	0,19505	0,23547	0,34705	0,31578
0,11582	-0,04897	-0,06685	0,11851	0,16559	0,21268	0,26359	0,31578	0,43940

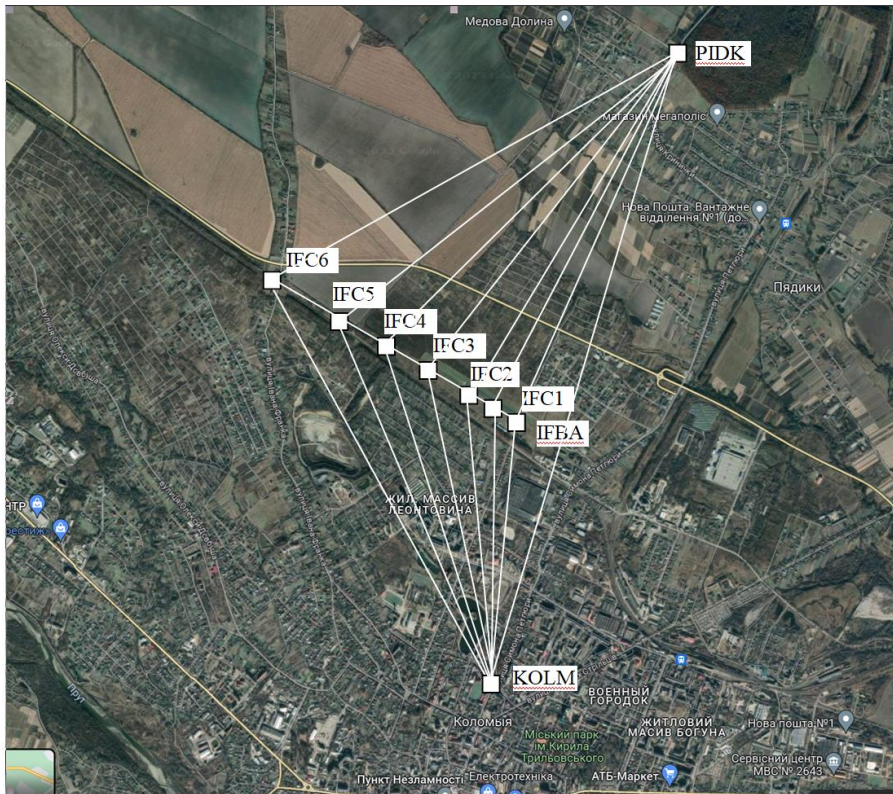
Результати вирівнювання

Оцінка точності визначення параметрів польового компаратора

Назва параметру	Поправка, мм	Вирівняне значення, м
d	-0,42	-0,00042
p1	-0,58	-0,00058
p2	-0,29	-0,00029
1	0,00	50,09640
2	0,07	100,08197
3	0,23	200,20663
4	-0,11	600,10879
5	-0,16	1000,09364
6	-0,20	1299,89910

Назва параметру	Значення параметру, мм
СКП одиниці ваги S	0,14
d	0,09
p1	0,05
p2	0,05
1	0,05
2	0,06
3	0,07
4	0,07
5	0,08
6	0,09

# Модернізація польового компаратора для забезпечення проведення повірки та калібрування ГНСС-приймачів



Було розроблено перелік вимог до створення нового еталону:

1. Максимальне використання існуючого польового компаратора
2. Забезпечення проведення мінімальної кількості будівельних робіт;
3. Забезпечення необхідної точності польового компаратора;
4. Забезпечення необхідного діапазону вимірювань польового компаратора
5. Забезпечення виконання вимірювань ГНСС-приймачів по різних азимутах.

# Супутникові вимірювання координат пунктів польового компаратора

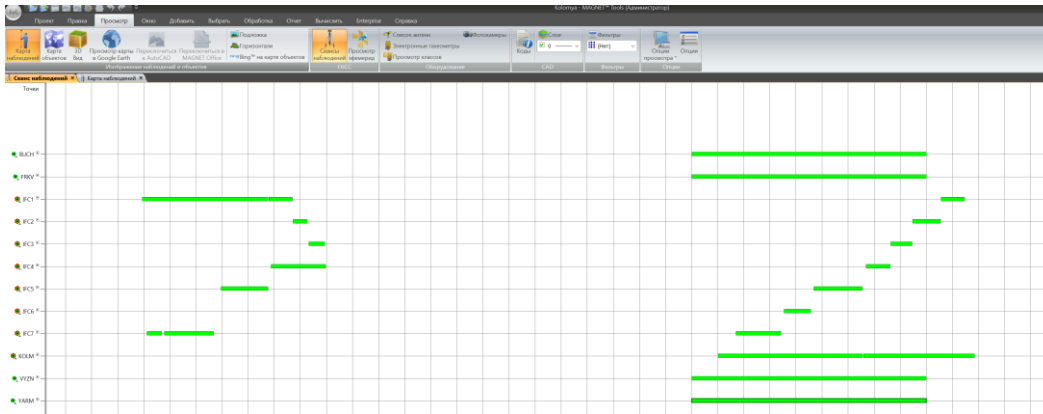
Номер приймача	Номер сесії і її тривалість				
	1 6ч.	2 2ч.	3 2ч.	4 4ч.	5 4ч.
1	<u>KOLM</u>	<u>KOLM</u>	<u>KOLM</u>	<u>KOLM</u>	<u>PIDK</u>
2	<u>IFBA</u>	<u>IFC3</u>	<u>IFC4</u>	<u>IFC6</u>	<u>IFC6</u>
	6 2ч.	7 2ч.	8 6ч.	9 6ч.	
1	<u>PIDK</u>	<u>PIDK</u>	<u>PIDK</u>	<u>PIDK</u>	
2	<u>IFC4</u>	<u>IFC3</u>	<u>IFBA</u>	<u>KOLM</u>	

Параметри виконання вимірювань:

- кількість сесій спостереження – 9;
  - кількість опорних пунктів перманентних геодезичної мережі, не менше – 4;
  - кількість прийомів, не менше – 2;
  - тривалість кожної сесії – 30-34 години;
  - інтервал реєстрації даних – 1 або 5 секунд (рівно);
  - інтервал визначення метеопараметрів через кожні – 2-4 години;
- інтервал перезапису даних з приймачів на комп'ютер – не менше 30-34 годин (кількість даних, які може помістити приймач за одні сесію залежить від кількості пам'яті та інтервалу реєстрації даних);
  - файли вимірювань повинні зберігатись у форматі Rinex;
  - вимірювання під час кожної сесії вимірювань подано у табл. 3.1
- використання при апостеріорній обробці орбіт: (в системі WGS-84) для попередніх обчислень, наукові від IGS служби (в системі ITRF, похибка 10 см) для остаточної обробки.

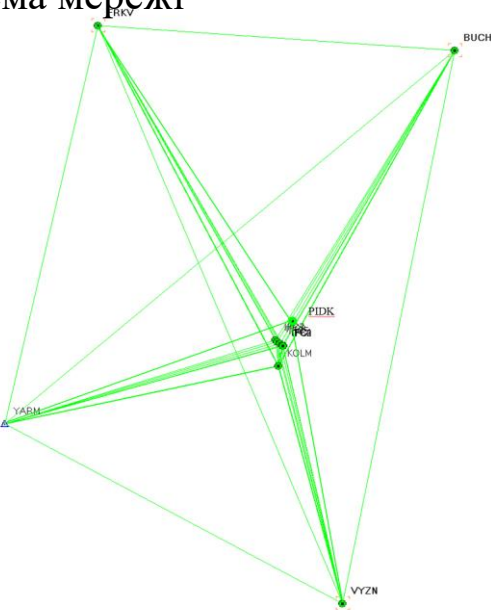
# Оброблення результатів супутникових спостережень

Оброблення результатів супутникових вимірювань виконують в програмному забезпеченні Magnet Tools. На першому етапі виконують аналіз всіх супутникових вимірювань та виключають вимірювання тих супутників, сигнал від яких був нестійким або переривчастим.



	Величина, що контролюється	Нев'язка	повторюваність
1	висотна компонента вектора, мм, не більше	±5 - 10	±20
2	широтна компонента вектора, мм, не більше	±3 - 5	±6
3	довготна компонента вектора, мм, не більше	±4 - 6	±8
4	довжина вектора (довжина бази), мм, не більше	±2 - 4	±4

Схема мережі



Координати пунктів польового компаратора у м. Коломия

Назва пункту	Дійсні координати пунктів		
	<i>X</i> д, м	<i>Y</i> д, м	<i>N</i> д, м
<i>IFC1</i>	5381631,3290	5355988,9665	296,8268
<i>IFC2</i>	5381660,9359	5355948,5006	297,0303
<i>IFC3</i>	5381690,3592	5355908,0754	297,1839
<i>IFC4</i>	5381749,6178	5355827,3416	297,5387
<i>IFC5</i>	5381985,8402	5355504,5404	299,1898
<i>IFC6</i>	5382222,0783	5355181,6461	300,5895
<i>IFC7</i>	5382399,0784	5354939,5720	301,5620
<i>KOLM</i>	5378928,1481	5355310,6979	298,1945
<i>PIDK</i>	5384284,3265	5354698,3879	287,5401

# Дослідження стабільності метрологічних характеристик польового компаратора

Незалежно від типу польового компаратора та його призначення до нього висувається перелік вимог, головними серед яких є забезпечення вимірювань на польовому компараторі приладів, що повіряються і калібруються, та забезпечення високої точності вимірювань метрологічних характеристик польового компаратора. Забезпечення цих вимог виконують через виконання цілого ряду процесів, а саме:

1. Перевірка стабільності пунктів польового компаратора у часі та під впливом зовнішніх чинників, наприклад температурні деформації, нерівномірних прогріів пунктів, вітрове навантаження, деформації земної поверхні, антропогенний фактор, та інше;
2. Забезпечення високої точності центрування приладів над пунктами польового компаратора;
3. Забезпечення вимог видимості між пунктами польового компаратора;
4. Забезпечення вимог вимірювань до геодезичних приладів, наприклад відсутність електромагнітного випромінювання під час вимірювань ГНСС приймачів, наявність «відкритого неба».

Контроль метрологічних характеристик польового компаратора виконують шляхом його періодичного вимірювання:

1. перший цикл - не раніше ніж через рік після закладки центрів, тобто не раніше, ніж закінчиться один цикл сезонного промерзання і відтавання ґрунту;
2. другий цикл вимірів, призначений для контролю стабільності положення центрів –ще через 1 рік;
3. третій цикл вимірювань, якщо зрушень центрів не виявлено, виконують ще через 1 рік.

# Аналіз джерел похибок при повірці геодезичної техніки

Існує цілий рід похибок, які впливають на результати вимірювань під час повірки та калібрування геодезичної техніки на польовому компараторі.

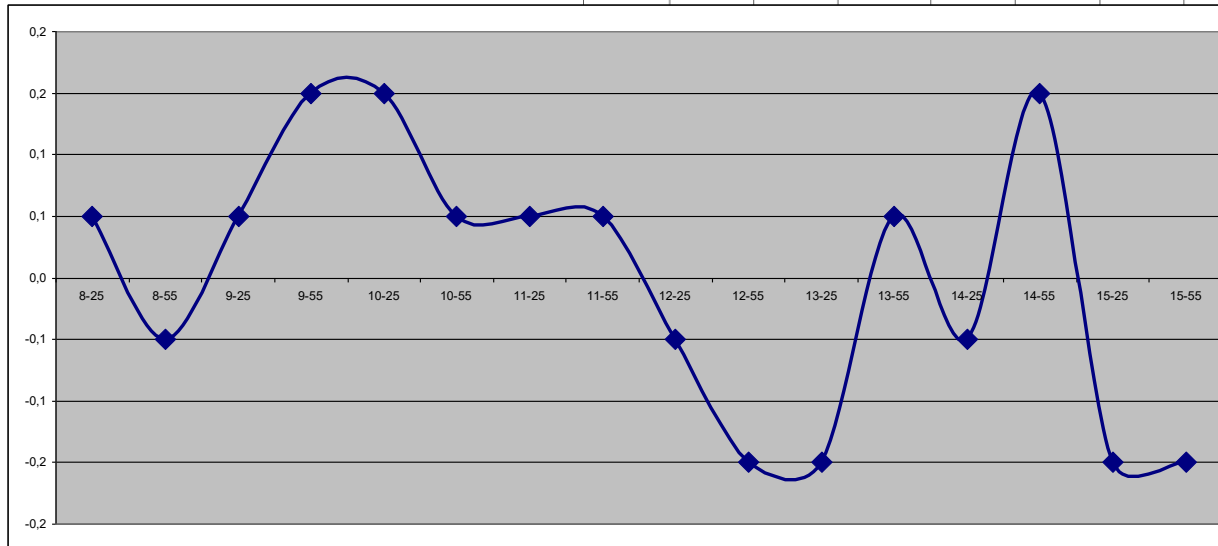
1. Похибка центрування приладу;
2. Похибка врахування параметрів зовнішнього середовища;
3. Похибка вимірювань вертикальних кутів;
4. Зміщення конструкції знаку під впливом сонячного випромінювання.

Серед зазначеного переліку похибок вимірювань певний систематичний вплив мають похибки врахування зовнішніх умов. Проте, навіть у випадку врахування параметрів навколишнього середовища, існує певна несистематична складова, вплив якої врахувати на результати вимірювань неможливо. Це пов'язано із різними чинниками, наприклад із неоівномірним нагрівом повітря вздов лінії польового компаратора. Таким чином, у вимірах присутня нефрахована похибка внаслідок неточного врахування параметрів атмосфери яка впливає на результати випадковим чмином.

# Дослідження стабільності довжин ліній польового компаратора

Результати вимірювань при контролі стабільності вимірювань лінії польового компаратора BAZA-C1

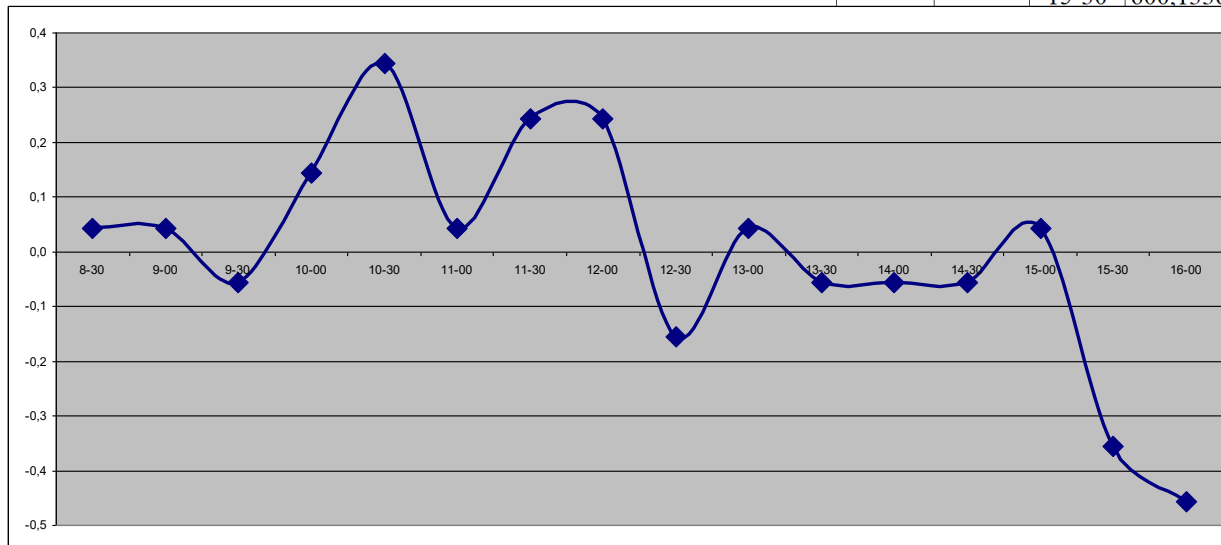
№ пункту стояння	№ пункту наведення	Час вимірювань	Виміряна відстань, м	Температура, °С	Тиск, кПа	Поправка за зовнішні умови,	Приведена відстань, м	Відхилення, мм
BAZA	C1	8-25	55,0987	25,2	996	0,51	55,0992	0,0
		8-55	55,0986	25,6	996	0,53	55,0991	-0,1
		9-25	55,0986	26,2	996	0,56	55,0992	0,0
		9-55	55,0987	26,5	996	0,58	55,0993	0,1
		10-25	55,0987	26,8	996	0,59	55,0993	0,1
		10-55	55,0986	27,1	996	0,61	55,0992	0,0
		11-25	55,0986	27,5	996	0,62	55,0992	0,0
		11-55	55,0986	28,0	996	0,65	55,0992	0,0
		12-25	55,0984	28,5	996	0,67	55,0991	-0,1
		12-55	55,0983	28,7	996	0,68	55,099	-0,2
		13-25	55,0983	29,2	996	0,71	55,099	-0,2
		13-55	55,0985	29,5	996	0,72	55,0992	0,0
		14-25	55,0984	29,5	996	0,72	55,0991	-0,1
		14-55	55,0986	29,3	996	0,71	55,0993	0,1
							99	-0,2



# Дослідження стабільності довжин ліній польового компаратора

Результати вимірювань при контролі стабільності вимірювань лінії польового компаратора BAZA-C4

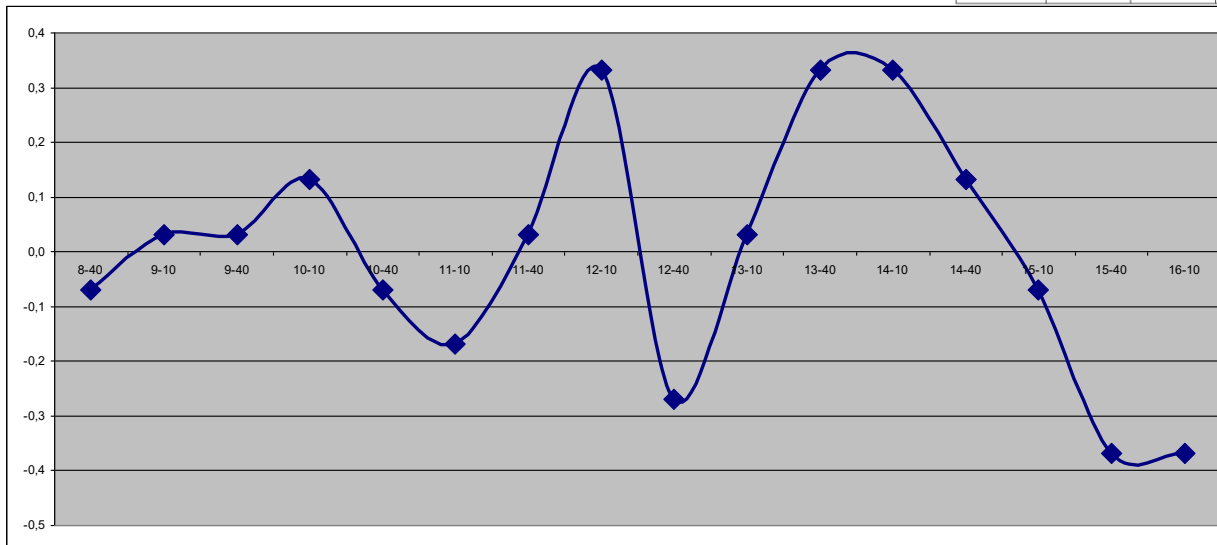
№ пункту стояння	№ пункту наведення	Час вимірювань	Виміряна відстань, м	Температура, °C	Тиск, кПа	Поправка за зовні	Приведена відстань, м	Відхилення, мм
BAZA	C4	8-30	600,1360	25,2	996	5,58	600,1416	0,0
		9-00	600,1358	25,6	996	5,79	600,1416	0,0
		9-30	600,1354	26,2	996	6,11	600,1415	-0,1
		10-00	600,1354	26,5	996	6,27	600,1417	0,1
		10-30	600,1355	26,8	996	6,43	600,1419	0,3
		11-00	600,1350	27,1	996	6,59	600,1416	0,0
		11-30	600,1350	27,5	996	6,80	600,1418	0,2
		12-00	600,1347	28,0	996	7,06	600,1418	0,2
		12-30	600,1341	28,5	996	7,33	600,1414	-0,2
		13-00	600,1342	28,7	996	7,43	600,1416	0,0
		13-30	600,1338	29,2	996	7,69	600,1415	-0,1
		14-00	600,1337	29,5	996	7,85	600,1415	-0,1
		14-30	600,1337	29,5	996	7,85	600,1415	-0,1
		15-00	600,1339	29,3	996	7,74	600,1416	0,0
		15-30	600,1336	29,0	996	7,59	600,1412	-0,4
				28,5	996	7,33	600,1411	-0,5



# Дослідження стабільності довжин ліній польового компаратора

Результати вимірювань при контролі стабільності вимірювань лінії польового компаратора BAZA-C5

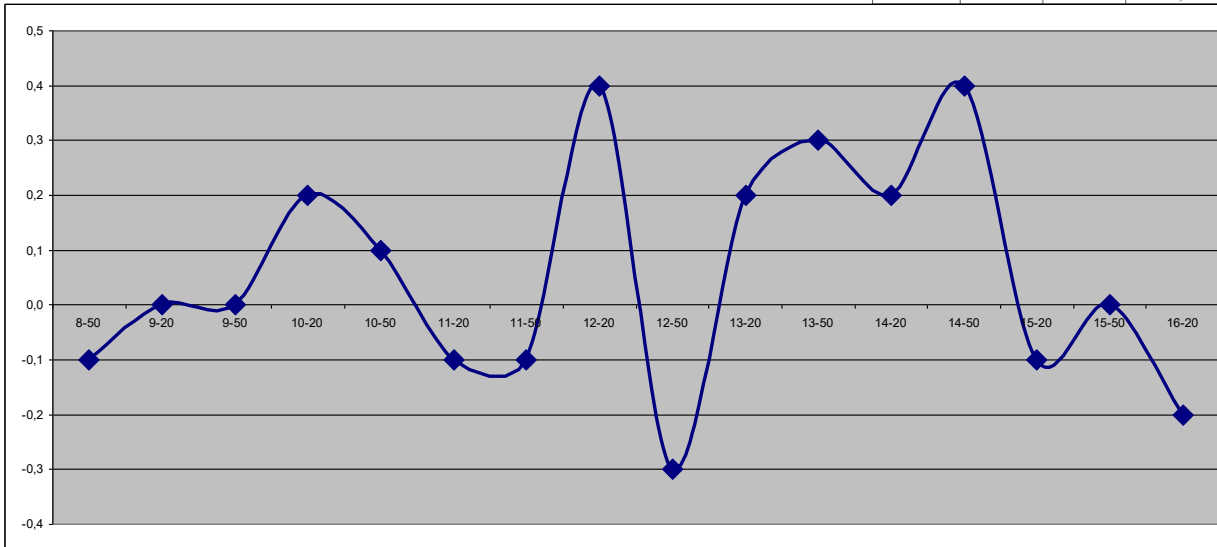
№ пункту стояння	№ пункту наведення	Час вимірювань	Виміряна відстань, м	Температура, °С	Тиск, кПа	Поправка за зовні	Приведена відстань, м	Відхилення, мм
BAZA	C5	8-40	1000,1384	25,3	996	9,39	1000,1478	-0,1
		9-10	1000,1381	25,8	996	9,83	1000,1479	0,0
		9-40	1000,1375	26,4	996	10,37	1000,1479	0,0
		10-10	1000,1375	26,6	996	10,54	1000,148	0,1
		10-40	1000,1370	26,9	996	10,81	1000,1478	-0,1
		11-10	1000,1366	27,2	996	11,07	1000,1477	-0,2
		11-40	1000,1366	27,5	996	11,34	1000,1479	0,0
		12-10	1000,1363	28,1	996	11,86	1000,1482	0,3
		12-40	1000,1355	28,4	996	12,12	1000,1476	-0,3
		13-10	1000,1354	28,8	996	12,47	1000,1479	0,0
		13-40	1000,1353	29,3	996	12,91	1000,1482	0,3
		14-10	1000,1351	29,5	996	13,08	1000,1482	0,3
		14-40	1000,1349	29,5	996	13,08	1000,148	0,1
		15-10	1000,1349	29,3	996	12,91	1000,1478	-0,1
		15-40	1000,1351	28,7	996	12,38	1000,1475	-0,4
		16-10	1000,1353	28,5	996	12,21	1000,1475	-0,4



# Дослідження стабільності довжин ліній польового компаратора

Результати вимірювань при контролі стабільності вимірювань лінії польового компаратора BAZA-C6

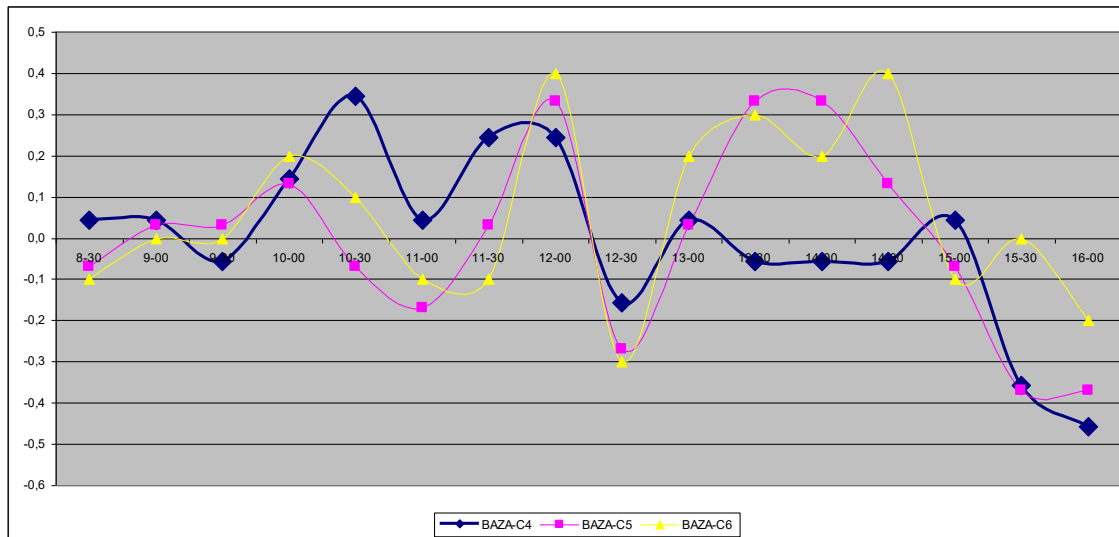
№ пункту стояння	№ пункту наведення	Час вимірювань	Виміряна відстань, м	Температура, °С	Тиск, кПа	Поправка за зовні	Приведена відстань, м	Відхилення, мм
BAZA	C6	8-50	1299,9564	25,6	996	12,55	1299,969	-0,1
		9-20	1299,9561	26,0	996	13,01	1299,9691	0,0
		9-50	1299,9555	26,5	996	13,59	1299,9691	0,0
		10-20	1299,9554	26,8	996	13,93	1299,9693	0,2
		10-50	1299,9549	27,1	996	14,28	1299,9692	0,1
		11-20	1299,9545	27,3	996	14,50	1299,969	-0,1
		11-50	1299,9540	27,7	996	14,96	1299,969	-0,1
		12-20	1299,9540	28,2	996	15,53	1299,9695	0,4
		12-50	1299,9529	28,5	996	15,87	1299,9688	-0,3
		13-20	1299,9528	29,1	996	16,55	1299,9693	0,2
		13-50	1299,9525	29,4	996	16,89	1299,9694	0,3
		14-20	1299,9523	29,5	996	17,00	1299,9693	0,2
		14-50	1299,9526	29,4	996	16,89	1299,9695	0,4
		15-20	1299,9522	29,3	996	16,77	1299,969	-0,1
		15-50	1299,9529	28,8	996	16,21	1299,9691	0,0
		16-20	1299,9531	28,4	996	15,76	1299,9689	-0,2



# Аналіз результатів дослідження стабільності довжин ліній польового компаратора

Протягом часу всього спостережень виміряне значення довжини лінії змінюється у межах  $+0,1 \dots - 0,2$  мм. Основними джерелами похибок вимірювань, що мають переважний вплив на результати вимірювань довжини лінії Baza-C1, є складова «а» похибки вимірювань відстаней електроним тахеометром та похибка центрування відбивача над пунктом польового компаратора. Оскільки конструкція усіх пунктів польового компаратора однакова, можна зробити висновок, що примусове центрування на пунктах польового компаратора у м. Коломия виконується із точністю  $-0,2 \dots +0,1$  мм.

Як видно із графіків, відхилення при вимірюванні усіх ліній варіювались у межах  $-0,5 \text{ мм} \dots +0,4 \text{ мм}$ , що свідчить про наявність додаткових джерел похибок у вимірюваннях, у порівнянні з виміряними довжини лінії BAZA-C1. При цьому, графіки відхилень мають деякі спільні риси, а саме співпадіння додатних відхилень у вимірюваннях о 10-00, 12-00 та 13-00, та співпадіння від'ємних відхилень у вимірюваннях о 11-00, 12-30, 15-00 та 16-00. Неспівпадіння графіків між собою не перевищує 0,4 мм, що значно менше за виявлені значення відхилень у виміряних відстанях.



Дякую за увагу!