

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет водного господарства та  
природокористування

Навчально-науковий інститут агроекології та землеустрою  
Кафедра геодезії та картографії

**05-04-162М**

### **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни  
«Геодезія»

для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня  
за освітньо-професійними програмами «Геодезія та землеустрій» та  
«Геоінформаційні системи та технології» спеціальності G18  
«Геодезія та землеустрій» всіх форм навчання

**Обчислення координат точок замкнутого та розімкненого  
теодолітних ходів**

Рекомендовано  
науково-методичною радою  
з якості ННІАЗ  
Протокол № 8 від 24.03.2026 р.

Рівне – 2026

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Геодезія» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійними програмами «Геодезія та землеустрій» та «Геоінформаційні системи та технології» спеціальності G18 «Геодезія та землеустрій» всіх форм навчання. Обчислення координат точок замкненого та розімкненого теодолітних ходів. [Електронне видання] / Дмитрів О. П. – Рівне : НУВГП, 2026. – 21 с.

Укладач: Дмитрів О. П., к.т.н., доцент кафедри геодезії та картографії, доцент.

Відповідальний за випуск: Янчук Р. М., к.т.н., доцент, завідувач кафедри геодезії та картографії.

Керівник групи забезпечення спеціальності G18 «Геодезія та землеустрій» Янчук Р. М.

© О. П. Дмитрів, 2026  
© НУВГП, 2026

## Зміст

1. Загальні відомості про теодолітні ходи.....	4
2. Вихідні дані до лабораторної роботи та послідовність її виконання.....	9
3. Обчислення координат точок замкнутого теодолітного ходу.....	12
4. Обчислення координат точок розімкнутого теодолітного ходу.....	17
Додатки.....	19
Список використаної літератури.....	21

## 1. Загальні відомості про теодолітні ходи

Одним із способів створення планової знімальної геодезичної мережі є побудова на місцевості теодолітних ходів. *Теодолітним ходом* називається хід, в якому кути вимірюють кутомірним приладом з точністю до 1', а довжини сторін лінійним мірним приладом (сталевою стрічкою чи рулеткою) з відносною похибкою 1:2000. Теодолітний хід, який опирається на дві тверді лінії називається *розімкненим* (рис. 1 а), а хід який опирається на одну тверду лінію називається *замкненим* (рис. 1 б).

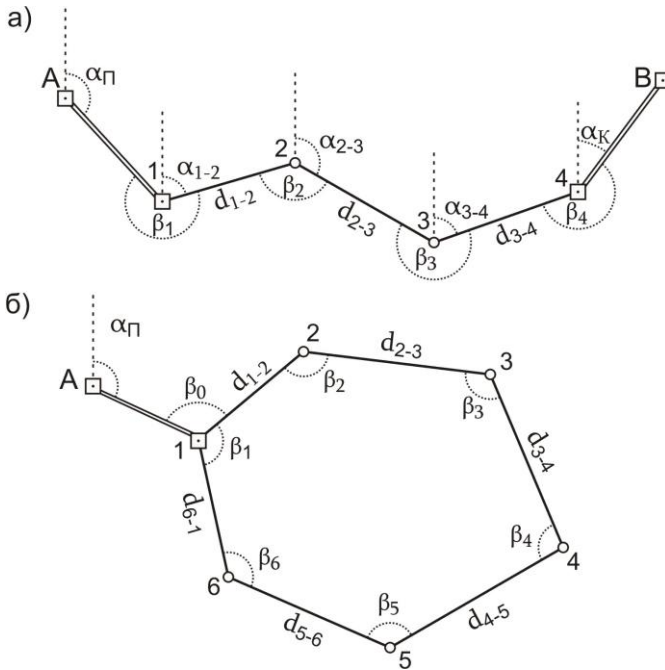


Рис. 1. Схема теодолітного ходу: а) розімкненого; б) замкненого

*Тверда лінія* – це лінія, в якій відомі координати початкової і кінцевої точок, або координати однієї з точок і дирекційний кут лінії. Тверді лінії на схемі позначаються подвійними лініями (на рис.1: лінія А-1 та 4-В).

Для визначення координат точок ходу необхідно виміряти кути кутомірним приладом  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$  та довжини ліній  $d_{1-2}, d_{2-3}, \dots, d_n$ . Якщо при русі за напрямком ходу виміряні кути лежать по праву сторону, то їх називають правими і позначають  $\beta_p$ , якщо по ліву сторону – лівими  $\beta_l$ .

Геодезичні роботи, які виконуються на місцевості називаються польовими, а в приміщенні – камеральними роботами.

Польові роботи по прокладанню теодолітного ходу виконуються в такій послідовності:

1. *Рекогносцирування території знімання* – це вивчення місцевості для кінцевого вибору положення вершин теодолітного ходу і прив'язки точок геодезичного обґрунтування до геодезичної мережі. На цьому етапі геодезичних робіт керуються наступними вимогами:

- точки теодолітного ходу повинні рівномірно покривати всю ділянку та розміщуватись у місцях, що є зручними для виконання знімання;
- виходячи з масштабу знімання території є рекомендації щодо довжин сторін ходу, див. таблиця 1.

Таблиця 1

Рекомендовані параметри теодолітного ходу для різних масштабів знімання території

Масштаб знімання	Орієнтовна довжина сторони	Загальна довжина ходу
1:500	20 - 100 м	до 1-2 км
1:1000	50 - 150 м	до 2-3 км
1:2000	100 - 300 м	до 3-5 км

- між суміжними точками ходу повинна бути пряма видимість для вимірювання кутів та сприятливі умови для вимірювання сторін ходу;
- місцезнаходження точок ходу повинно бути вибрано так, щоб забезпечити збереження знака на весь період знімання.

Після вибору місцезнаходження, точки теодолітного ходу закріплюються на місцевості тимчасовими знаками: дерев'яними кілками або металевими штирі.

2. При вимірюванні горизонтальних кутів в теодолітному ході найчастіше використовується спосіб прийомів. За допомогою нього кути вимірюють дотримуючись такої послідовності:

1) теодоліт приводять у робоче положення:

- центрують над вершиною кута;
- встановлюють вісь обертання приладу у вертикальне положення (приводять бульбашку циліндричного рівня на середину за допомогою піднімальних гвинтів);

- візують на точку.

2) визначають, яка точка кута буде правою, а яка лівою по відношенню до геодезиста. Для цього стають у вершині обличчям до кута – за правою рукою буде права точка, за лівою – ліва, на ці точки встановлюють віхи;

3) знімають відліки зі шкали горизонтального круга за допомогою відлікового мікроскопа при одному положенні вертикального круга за напрямками на праву та ліву точки;

4) величину виміряного кута знаходять віднімаючи від відліку на праву точку відлік на ліву точку. Якщо відлік на праву точку буде меншим ніж відлік на ліву точку, то до нього додають  $360^\circ$ ;

5) переводять зорову трубу через зеніт, внаслідок цього вертикальний круг займе інше положення. Після цього дії вказані вище у пунктах 3 і 4 повторюють і вдруге обчислюють величину виміряного кута.

Якщо значення кута, визначені при положеннях КП і КЛ, відрізняються не більше ніж подвійну точність відлікового пристрою (для приладів технічного класу точності, що використовуються для виконання поставленого завдання, ця різниця має бути не більше  $1'$ ), то обчислюють середнє значення кута та записують у відповідну графу журналу. Якщо різниця між величинами кута, отриманими при положеннях КП і КЛ, більша від подвійної точності теодоліта, вимірювання кута виконують повторно.

Для приведення виміряних на місцевості сторін ходу до горизонтального положення необхідно визначити кути нахилу місцевості  $\nu$  між точками, які є сторонами теодолітного ходу. Оскільки лише горизонтальні прокладання використовуються при обчисленнях координат точок ходу. Для цього вимірюють вертикальні кути кутотвірним приладом у наступній послідовності:

1) теодоліт приводять в робоче положення;  
2) вимірюють висоту приладу  $i$  (від точки на поверхні землі до горизонтальної осі обертання зорової труби) рейкою чи рулеткою;

3) зорову трубу у положенні круг ліворуч (КЛ) візують на віху встановлену в кінцевій точці лінії, причому перехрестя сітқи ниток наводять на висоту приладу, відмічену на вісі;

4) після точного наведення зорової труби, знімають відлік за вертикальним кругом;

5) переводять трубу через зеніт і повторюють дії зазначені у пунктах 3-4 при крузі праворуч (КП).

Залежно від конструкції теодоліта робочі формули для визначення кута нахилу  $v$  є різні. Для теодолітів типу 2Т30 вони мають такий вигляд

$$v = \text{КЛ} - \text{М0}, \quad (1)$$

$$v = \text{М0} - \text{КП}, \quad (2)$$

$$v = (\text{КЛ} - \text{КП}) / 2. \quad (3)$$

Для теодолітів типу Theo 080А використовують наступні формули

$$v = \text{М0} - \text{КЛ}, \quad (4)$$

$$v = \text{КП} - (\text{М0} + 180^\circ), \quad (5)$$

$$v = (\text{КП} - \text{КЛ} - 180^\circ) / 2 \quad (6)$$

У вищенаведених формулах  $\text{М0}$  – це величина місця нуля вертикального круга кутомірного приладу.

### 3. Вимірювання довжин ліній мірними.

На кінцях лінії, яка вимірюється, встановлюють віхи. Робота виконується двома виконавцями. Один з них прикладає нульовий штрих мірної стрічки до початкової точки і закріплює стрічку шпилькою. Інший укладає стрічку в створі, натягує її та вставляє шпильку на другому кінці стрічки. Таку роботу повторюють до охоплення укладанням стрічки всієї довжини лінії.

В кінці лінії між останньою шпилькою і кінцевою точкою вимірюють залишок  $r$ . Для цього протягують стрічку вздовж створу і проти кінцевої точки знімають відлік за стрічкою.

Довжину лінії  $D$  вираховують за формулою

$$D = nl_0 + r, \quad (7)$$

де  $n$  – число цілих вкладень стрічки на вимірювальній лінії;

$l_0$  – номінальна довжина мірного приладу (н-д, 50 м);

$r$  – залишок.

Лінію вимірюють в прямому  $D_{np}$  та зворотному  $D_{зв}$  напрямках та обчислюють відносну похибку  $f_{відн.}$  за формулою

$$f_{відн.} = \frac{1}{D_{сер.} / \Delta D}, \quad (8)$$

де  $\Delta D$  – різниця між величинами довжин ліній виміряних у прямому і зворотному напрямках;

$D_{сер.}$  – середнє значення довжини лінії визначене за формулою

$$D_{сер.} = \frac{D_{np.} + D_{зв.}}{2}. \quad (9)$$

Якщо  $f_{відн.} \leq \frac{1}{2000}$ , то середнє значення довжини лінії приймають як виміряне з достатньою точністю і його використовують для подальшої роботи.

При обчисленні довжин ліній в результат вимірювань необхідно вести поправки за компарування  $\delta D_k$  та поправки за нахил поверхні місцевості  $\delta D_v$ .

Поправку за компарування  $\delta D_k$  обчислюють за формулою

$$\delta D_k = \Delta l (D_{сер.}/l_0), \quad (10)$$

де  $\Delta l$  – поправка за компарування робочої стрічки;

$l_0$  – номінальна довжина стрічки.

Для визначення поправки за нахил  $\delta D_v$  за допомогою теодоліта визначають кут нахилу  $v$  місцевості. Формула для визначення поправки за нахил  $\delta D_v$  має вигляд

$$\delta D_v = -2D \sin^2(v/2). \quad (11)$$

Величина цієї поправки завжди буде мати від'ємне значення, тому що горизонтальне прокладання завжди менше похилої лінії.

Для визначення поправки за температуру вимірюють температуру  $t$ , а поправку обчислюють за формулою

$$\delta D_t = \alpha (t - t_0) D, \quad (12)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу мірного приладу;

$t_0$  – температура компарування приладу.

Остаточне значення горизонтального прокладання лінії  $d$  з врахуванням всіх поправок має такий вигляд

$$d = D_{сер.} + \delta D_k + \delta D_v + \delta D_t. \quad (13)$$

## 2. Вихідні дані до лабораторної роботи та послідовність її виконання

Для виконання лабораторної роботи «Обчислення координат точок замкнутого та розімкненого теодолітних ходів» запропоновано наступні вихідні дані:

### 2.1. Для обчислення координат замкнутого теодолітного ходу

2.1.1. Схема замкнутого теодолітного ходу представлено на рис. 2, дані польових вимірювань у таблиці 2.

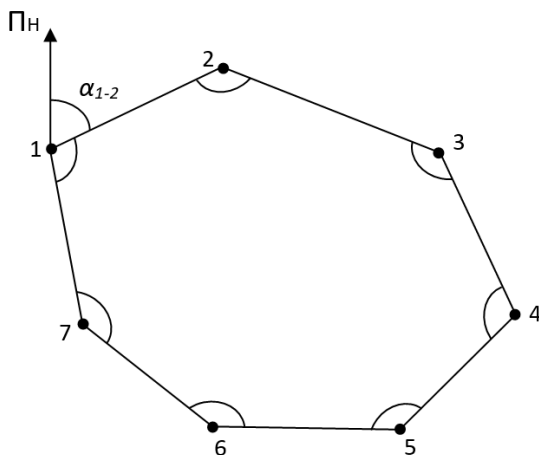


Рис. 2. Схема замкнутого теодолітного ходу

Дані польових вимірювань

№ точки	Горизонтальний кут	Назва лінії	Гориз. прокладання, м
1	76°00.0'	1-2	257.58
2	135°28.5'	2-3	182.31
3	144°02.0'	3-4	196.17
4	135°01.0'	4-5	241.90
5	115°27.5'	5-6	159.77
6	114°02.5'	6-7	267.93
7	180°01.0'	7-1	238.16

2.1.2. Дирекційний кут твердої лінії 1-2 необхідно обчислити за формулою

$$\alpha_{1-2} = 54^{\circ}14' + (K^{\circ} \times 1.1) + (N' \times 4.2), \quad (14)$$

де  $K$  – номер академічної групи,

$N$  – номер варіанта.

2.1.3. Координати початкової точки 1 визначити за допомогою наступних формул:

$$X_1 = 8675.00 \text{ м} + (10 \text{ м} \times K) + (0.01 \text{ м} \times N); \quad (15)$$

$$Y_1 = 4872.00 \text{ м} + (10 \text{ м} \times K) + (0.01 \text{ м} \times N). \quad (16)$$

## 2.2. Для обчислення координат розімкненого теодолітного ходу

2.2.1. Схема замкнутого теодолітного ходу представлено на рис. 3.

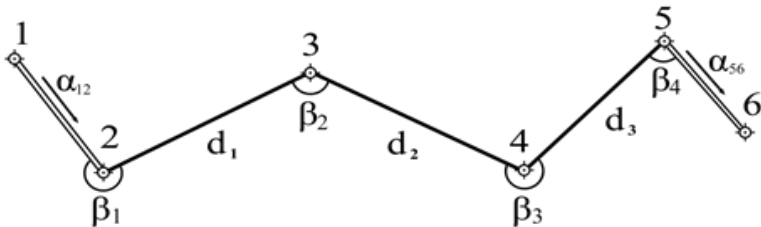


Рис. 3. Схема розімкненого теодолітного ходу

2.2.2. Виміряні кути та довжини ліній теодолітного ходу.

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 220^{\circ}00.0', & \beta_3 &= 206^{\circ}02.0', \\ \beta_2 &= 209^{\circ}01.0', & \beta_4 &= 134^{\circ}58.5', \\ d_1 &= 177.37 \text{ м}, \\ d_2 &= 206.00 \text{ м} + (0.2 \text{ м} \times N) = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м}, \\ d_3 &= 193.46 \text{ м}. \end{aligned}$$

2.2.3. Дирекційні кути твердих ліній необхідно обчислити за формулою

$$\alpha_{1-2} = \alpha_n = 50^{\circ}00.0' + (20^{\circ} \times K) + (1.1' \times N) = \quad (17)$$

$$\alpha_{5-6} = \alpha_k = 0^{\circ}00.0' + (20^{\circ} \times K) + (1.05' \times N) = \quad (18)$$

2.2.4. Координати вихідних точок

Номер точки	Координата точки	
	X, м	Y, м
2	1010.00	1015.00
5		

Координати пункту №5 вибрати з каталогу координат згідно свого варіанту у таблиці 3.

№ вар.	Група №1		Група №2		Група №3	
	X	Y	X	Y	X	Y
1	1545.05	1025.61	1509.16	1207.97	1413.06	1367.05
2	1545.24	1025.80	1509.27	1208.21	1413.07	1367.32
3	1545.43	1025.99	1509.38	1208.48	1413.09	1367.59
4	1545.61	1026.19	1509.48	1208.70	1413.11	1367.66
5	1545.80	1026.38	1509.59	1208.95	1413.13	1368.12
6	1545.98	1026.57	1509.70	1209.19	1413.15	1368.39
7	1546.17	1026.77	1509.81	1209.44	1413.17	1368.66
8	1546.37	1026.90	1509.95	1209.63	1413.19	1368.89
9	1546.56	1027.09	1510.07	1209.97	1413.24	1369.15
10	1546.75	1027.28	1510.18	1210.11	1413.26	1369.42

<b>11</b>	1546.93	1027.46	1510.29	1210.36	1413.28	1369.68
<b>12</b>	1547.12	1027.65	1510.40	1210.60	1413.30	1369.95
<b>13</b>	1547.31	1027.84	1510.51	1210.84	1413.33	1370.22
<b>14</b>	1547.50	1028.03	1510.63	1211.08	1413.35	1370.48
<b>15</b>	1547.72	1028.13	1510.80	1211.25	1413.37	1370.70
<b>16</b>	1547.91	1028.31	1510.92	1211.49	1413.48	1370.96
<b>17</b>	1548.10	1028.50	1511.03	1211.73	1413.50	1371.23
<b>18</b>	1548.29	1028.69	1511.15	1211.97	1413.53	1371.49
<b>19</b>	1548.48	1028.87	1511.26	1212.21	1413.58	1371.75
<b>20</b>	1548.67	1029.06	1511.38	1212.45	1413.61	1372.05

Послідовність виконання завдання:

1. Обчислення відомості координат точок замкнутого теодолітного ходу.

1.1. Виконати зрівнювання вимірних горизонтальних кутів.

1.2. Обчислити дирекційні кути сторін теодолітного ходу.

1.3. Виконати обчислення і зрівнювання приростів координат.

1.4. Обчислити координати точок ходу.

2. Аналогічні розрахунки виконати при обробці відомості координат точок розімкнутого теодолітного ходу для ходу.

### **3. Обчислення координат точок замкнутого теодолітного ходу**

#### **3.1. Зрівнювання вимірних горизонтальних кутів**

Обчислення виконується у «Відомості обчислення координат точок замкнутого теодолітного ходу». Для цього з журналу теодолітного ходу переписують значення горизонтальних кутів з таблиці 2 у відповідну графу цієї відомості (додаток 1). Зрівнювання вимірних горизонтальних кутів виконується в наступній послідовності:

1) обчислюють суму вимірних кутів  $\sum_{i=1}^n \beta_{\text{вим.}}$  ;

2) обчислюють теоретичну суму кутів ходу за формулою

$$\sum \beta_{теор.} = 180^\circ \cdot (n - 2), \quad (19)$$

де  $n$  – кількість кутів у теодолітному ході;

3) обчислюють кутову нев'язку

$$f_\beta = \sum \beta_{вим.} - \sum \beta_{теор.}; \quad (20)$$

4) обчислюють допустиму кутову нев'язку теодолітного ходу

$$f_{\beta_{доп.}} = \pm 1' \sqrt{n}; \quad (21)$$

5) перевіряють чи виконується нерівність

$$f_\beta \leq f_{\beta_{доп.}}. \quad (22)$$

Виконання умови (22) означає, що кутові вимірювання виконані з достатньою точністю і кути полігону можна зрівнювати.

6) зрівнювання кутів полягає у розподіленні отриманої нев'язки з протилежним знаком порівну на кожний кут. Ця величина називається поправкою  $\mathcal{G}$  і обчислюється за формулою

$$\mathcal{G}_\beta = -\frac{f_\beta}{n}. \quad (23)$$

Поправки обчислюються до  $0,1'$  і записуються червоним кольором в колонці «Виміряні кути» над значеннями виміряних кутів. При цьому повинна виконуватись умова

$$\sum \mathcal{G}_{\beta_i} = -f_\beta. \quad (24)$$

6) зрівняні значення кутів  $\beta'$  обчислюють за формулою

7)

$$\begin{aligned} \beta'_1 &= \beta_1 + \mathcal{G}_\beta; \\ \beta'_2 &= \beta_2 + \mathcal{G}_\beta; \\ &\dots\dots\dots \\ \beta'_i &= \beta_i + \mathcal{G}_\beta. \end{aligned} \quad (25)$$

Контроль зрівнювання виконується за формулою

$$\sum \beta'_i = \sum \beta_{теор.}. \quad (26)$$

### 3.2. Обчислення дирекційних кутів сторін теодолітного ходу

Дирекційні кути сторін теодолітного ходу обчислюються на основі вихідного дирекційного кута та виправлених правих по ходу виміряних кутів за формулами, відповідно схеми теодолітного ходу

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} + 180 - \beta_i. \quad (27)$$

У процесі роботи можливі випадки, коли дирекційний кут будь-якої сторони виявиться більшим  $360^\circ$ , тоді від нього необхідно відняти  $360^\circ$  і продовжувати обчислення. у результаті послідовного визначення дирекційних кутів сторін полігону контролем буде значення дирекційного кута вихідної сторони.

Величини горизонтальних прокладань переписують із таблиці 2 теодолітного ходу у відповідну графу відомості.

### 3.3. Обчислення і зрівнювання приростів координат

Прирости координат  $\Delta x$  та  $\Delta y$  обчислюють за формулами

$$\begin{aligned} \Delta x_{i \text{ обч.}} &= d_i \cdot \cos \alpha_i, \\ \Delta y_{i \text{ обч.}} &= d_i \cdot \sin \alpha_i. \end{aligned} \quad (28)$$

де  $d_i$  – горизонтальне прокладання відповідної сторони;  
 $\alpha_i$  – дирекційний кут тієї ж сторони.

Прирости координат визначають з точністю до 0,01 м. Вони можуть бути як додатними, так і від’ємними. Тому для зазначення знаків приростів у відомості передбачено окремі стовпці, у які їх необхідно записувати.

Зрівнювання обчислених приростів координат виконується в наступній послідовності:

1) підраховують суму обчислених приростів координат

$$\sum_{i=1}^n \Delta x_{i \text{ обч.}}, \sum_{i=1}^n \Delta y_{i \text{ обч.}}; \quad (29)$$

2) обчислюють теоретичну суму приростів координат за формулами

$$\begin{aligned}\sum \Delta x_{теор.} &= x_{\kappa} - x_n, \\ \sum \Delta y_{теор.} &= y_{\kappa} - y_n,\end{aligned}\tag{30}$$

де  $x_n, y_n$  – координати початкової точки ходу;  
 $x_{\kappa}, y_{\kappa}$  – координати кінцевої точки ходу.

Очевидно, що у випадку замкненого ходу початкова і кінцева точки співпадають, тому для замкненого ходу

$$\begin{aligned}\sum \Delta x_{теор.} &= x_{\kappa} - x_n = 0, \\ \sum \Delta y_{теор.} &= y_{\kappa} - y_n = 0;\end{aligned}\tag{31}$$

3) обчислюють лінійну нев'язку за формулами

$$\begin{aligned}f_x &= \sum \Delta x_{обч.} - \sum \Delta x_{теор.}, \\ f_y &= \sum \Delta y_{обч.} - \sum \Delta y_{теор.};\end{aligned}\tag{32}$$

4) на основі  $f_x$  та  $f_y$  визначають абсолютну лінійну нев'язку за формулою

$$f_{абс.} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2};\tag{33}$$

5) відносну нев'язку вираховують за формулою

$$f_{відн.} = \frac{f_{абс.}}{P} = \frac{1}{P / f_{абс.}},\tag{34}$$

де  $P$  – довжина теодолітного ходу, м.

Критерієм точності прокладеного теодолітного ходу є відносна лінійна нев'язка, значення якої для теодолітного ходу не повинно перевищувати 1:2000;

6) якщо відносна нев'язка не перевищує допустимого значення, то нев'язки  $f_x$  та  $f_y$  розподіляються з протилежними знаками між обчисленими приростами координат пропорційно до довжин відповідних їм сторін шляхом введення поправок

$$\mathcal{G}_{\Delta x_i} = -\frac{f_x}{P} d_i,$$

$$\mathcal{G}_{\Delta y_i} = -\frac{f_y}{P} d_i,$$
(35)

де  $\mathcal{G}_{\Delta x_i}, \mathcal{G}_{\Delta y_i}$  – поправки у прирости  $i$ -ої сторони довжиною  $d_i$ .

Поправки прирости координат визначають з точністю до 0.01 м та записують червоним кольором над відповідними їм приростами.

Контроль обчислення поправок виконують за формулами

$$\sum_{i=1}^n \mathcal{G}_{\Delta x_i} = -f_x,$$

$$\sum_{i=1}^n \mathcal{G}_{\Delta y_i} = -f_y.$$
(36)

7) виправлені прирости координат  $\Delta x_{\text{випр.}}$ ,  $\Delta y_{\text{випр.}}$  знаходять за формулами

$$\Delta x_{i \text{ випр.}} = \Delta x_i + \mathcal{G}_{\Delta x_i},$$

$$\Delta y_{i \text{ випр.}} = \Delta y_i + \mathcal{G}_{\Delta y_i}.$$
(37)

Контроль: сума виправлених приростів координат в теодолітному ході повинна дорівнювати теоретичній сумі, тобто

$$\sum \Delta x_{\text{випр.}} = \sum \Delta x_{\text{теор.}},$$

$$\sum \Delta y_{\text{випр.}} = \sum \Delta y_{\text{теор.}}.$$
(38)

#### 3.4. Обчислення координат точок замкнутого ходу

Координати точок теодолітного ходу обчислюють за виправленими приростами координат за таким правилом: координата кожної наступної точки дорівнює координаті попередньої точки плюс відповідний виправлений приріст, тобто

$$\begin{aligned}x_i &= x_{i-1} + \Delta x_{i-1,i} \text{ вимр.}, \\y_i &= y_{i-1} + \Delta y_{i-1,i} \text{ вимр.}\end{aligned}\tag{39}$$

У результаті виконання наведених вище дій послідовно обчислюють координати всіх точок теодолітного ходу.

Контролем правильності обчислень є співпадіння обчислених і заданих значень координат кінцевої точки ходу (це точка №1), яка була і початковою, оскільки хід замкнений.

#### 4. Відомість обчислення координат точок розімкненого теодолітного ходу

Обчислення розімкненого теодолітного ходу виконується у «Відомості обчислення координат точок розімкненого теодолітного ходу» (додаток 2). Для цього у її відповідні стовбці вносять значення горизонтальних кутів та горизонтальних прокладань.

Розрізняють поняття початкових та кінцевих дирекційних кутів сторін та координат пунктів, на які опирається розімкнений хід, а також лівих чи правих вимірних горизонтальних кутів.

Обчислення кутової нев'язки виконують за формулами

а) для лівих вимірних кутів

$$f_{\beta} = \sum_{i=1}^n \beta_{i \text{ вим.}} - [\alpha_{\kappa} - \alpha_n + 180^{\circ} (n+1)];\tag{40}$$

б) для правих кутів

$$f_{\beta} = \sum_{i=1}^n \beta_{i \text{ вим.}} - [\alpha_n - \alpha_{\kappa} + 180^{\circ} (n+1)],\tag{41}$$

де  $\alpha_n$  – дирекційний кут початкової твердої лінії ( $\alpha_{1-2}$ );

$\alpha_{\kappa}$  – дирекційний кут кінцевої твердої лінії ( $\alpha_{5-6}$ );

$n$  – кількість сторін ходу.

Допустиму кутову нев'язку для розімкненого ходу вираховують за формулою

$$f_{\beta \text{ доп.}} = \pm 1,5' \sqrt{n+1}.\tag{42}$$

Далі зрівнювання горизонтальних кутів виконується в послідовності описані у пункті 3.1. «Зрівнювання вимірних горизонтальних кутів», використовуючи формули 22-26.

Обчислення дирекційних кутів сторін здійснюють аналогічно викладеним вже правилам для замкненого ходу, в результаті послідовного обчислення дирекційних кутів останнім повинно бути отримане відоме значення  $a_k$  дирекційного кута кінцевої твердої сторони ходу.

Прирости координат обчислюють згідно з формулами (28), а нев'язки у прирости координат за формулами

$$f_{\Delta x} = \sum_{i=1}^n \Delta x_{i \text{ обч.}} - (X_k - X_n); \quad (43)$$

$$f_{\Delta y} = \sum_{i=1}^n \Delta y_{i \text{ обч.}} - (Y_k - Y_n), \quad (44)$$

де  $X_n, Y_n$  та  $X_k, Y_k$  - відомі координати початкової та кінцевої точки ходу (т.2 та т.5).

Абсолютну та відносну нев'язки обчислюють згідно з формулами (33) та (34). Значення відносної нев'язки для розімкненого діагонального ходу не повинно перевищувати 1:1500.

Якщо відносна нев'язка не перевищує допустимої межі, то виконують зрівнювання приростів та обчислюють координати вершин розімкненого ходу аналогічно, як і для замкненого ходу.

У результаті послідовного обчислення координат вершин повинні бути одержані відомі координати  $X_k$  та  $Y_k$  кінцевої точки ходу.

**Додаток 1. Відомість обчислення координат точок замкнутого теодолітного ходу**

№ точ.	Кути			Гор. прокл., м	Прирости координат, м						Координати, м			
	Виміряні	Виправлені і	Дирекційні		Обчислені				Виправлені				X	Y
					±	ΔX	±	ΔY	±	ΔX	±	ΔY		
	-0°00.0'													
1	76°00.0'	76°00.0'				-0.07		+0.10					8685.18	4882.18
	-0°00.5'		56°35.6'	257.58	+	141.82	+	215.02	+	141.75	+	215.12		
2	135°28.5'	135°28.0'				-0.05		+0.07					8826.93	5097.30
	-0°00.5'		101°07.6'	182.31	-	35.18	+	178.88	-	35.23	+	178.95		
3	144°02.0'	144°01.5'				-0.05		+0.08					8791.70	5276.25
	-0°00.5'		137°06.1'	196.17	-	143.71	+	133.53	-	143.76	+	133.61		
4	135°01.0'	135°00.5'				-0.07		+0.10					8647.94	5409.86
	-0°00.5'		182°05.6'	241.90	-	241.74	-	8.84	-	241.81	-	8.74		
5	115°27.5'	115°27.0'				-0.04		+0.06					8406.13	5401.12
	-0°00.5'		246°38.6'	159.77	-	63.34	-	146.68	-	63.38	-	146.62		
6	114°02.5'	114°02.0'				-0.07		+0.10					8342.75	5254.50
	-0°00.0'		312°36.6'	267.93	+	181.39	-	197.19	+	181.32	-	197.09		
7	180°01.0'	180°01.0'				-0.07		+0.09					8524.06	5057.41
			312°35.6'	238.16	+	161.18	-	175.32	+	161.11	-	175.23		
1													8685.18	4882.18

$$\begin{aligned} \sum \beta_{\text{практ.}} &= 900^{\circ}02.5' \\ \sum \beta_{\text{теор.}} &= 900^{\circ}00.0' \\ \mathbf{f}_{\beta} &= 0^{\circ}02.5' \\ \mathbf{f}_{\beta \text{ гр. доп.}} &\approx \pm 0^{\circ}02.65' \end{aligned}$$

$$\mathbf{P} = 1543.81 \text{ м}$$

$$\begin{aligned} \sum \Delta X_{\text{практ.}} &= +0.42 \text{ м} \\ \sum \Delta X_{\text{теор.}} &= 0.00 \text{ м} \\ \mathbf{f}_X &= +0.42 \text{ м} \\ \mathbf{f}_{\text{абс.}} &\approx 0.732 \text{ м} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum \Delta Y_{\text{практ.}} &= -0.60 \text{ м} \\ \sum \Delta Y_{\text{теор.}} &= 0.00 \text{ м} \\ \mathbf{f}_Y &= -0.60 \text{ м} \\ \mathbf{f}_{\text{відн.}} &\approx 1/2108 \end{aligned}$$

**Додаток 2. Відомість обчислення координат точок розміщеного теодолітного ходу**

№ точ.	Кути			Гор. прокл., м	Прирости координат, м								Координати, м		
	Виміряні	Виправлені	Дирекційні		Обчислені				Виправлені				X	Y	
					±	ΔX	±	ΔY	±	ΔX	±	ΔY			
1			50°0.0'												
2	220°00.0'	220°00.0'				0.00		-0.05					1010.00	1015.00	
	-0.5'		10°0.0'	177.37	+	174.68	+	30.8	+	174.68	+	30.75			
3	209°01.0'	209°00.5'				-0.01		-0.06					1184.68	1045.75	
	-0.5'		340°59.5'	206.0	+	194.77	-	67.10	+	194.76	-	67.16			
4	206°02.0'	206°01.5'				-0.01		-0.06					1379.44	978.59	
	-0.5'		314°58.0'	193.46	+	136.72	-	136.88	+	136.71	-	136.94			
5	134°58.5'	134°58.0'											1516.15	841.65	
			0°0.0'												
6															

$$\begin{aligned} \sum \beta_{\text{практ.}} &= 770^{\circ}01.5' \\ \sum \beta_{\text{теор.}} &= 770^{\circ}00.0' \\ f_{\beta} &= 0^{\circ}01.5' \\ f_{\beta \text{ гр.доп.}} &\approx \pm 0^{\circ}2' \end{aligned}$$

$$P = 576.83 \text{ м}$$

$$\begin{aligned} \sum \Delta X_{\text{обч.}} &= 506.17\text{м} \\ \sum \Delta X_{\text{теор.}} &= 506.15\text{м} \\ f_{\Delta X} &= + 0.02\text{м} \\ f_{\text{абс.}} &\approx 0.1712 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum \Delta Y_{\text{обч.}} &= -173.18\text{м} \\ \sum \Delta Y_{\text{теор.}} &= -173.35\text{м} \\ f_{\Delta Y} &= + 0.17\text{м} \\ f_{\text{відн.}} &\approx 1/3370 \end{aligned}$$

## Список використаної літератури

1. Геодезія : підручник. Ч. II / А. Л. Островський та ін. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2007. 508 с.
2. Дмитрів О. П. Геодезія. Ч. I : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2023. 211 с.
3. Могильний С. Г., Войтенко С. П. Геодезія. Ч. 1 : навч. посіб. Донецьк : ДонНТУ, 2003. 458 с.
4. Порядок топографічної зйомки у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (версія від 2025 р.). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0868-25#n15> (дата звернення: 24.03.2026).
5. Романчук С. В., Кирилюк В. П., Шемякін М. В. Геодезія : навч. посіб. Київ : Центр учбової літератури, 2023. 296 с.
6. Терещук О. І., Крячок С. Д. Геодезія. Ч. I : навч. посіб. Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2025. 268 с.
7. Шевченка Т. Г., Мороз О. І., Тревого І. С. Геодезичні прилади : підручник. Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009. 484 с.