

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

Кафедра геодезії, картографії кадастру

Кононенко С.І., Шемякін М.В.

**ЗРІВНОВАЖЕННЯ ПОЛІГОНОМЕТРИЧНОГО ХОДУ КОРЕЛАТНИМ
СПОСОБОМ**

Методичні вказівки для лабораторних занять студентам спеціальності

193 – геодезія та землеустрій

Умань – 2023

Кононенко С.І., Шемякін М.В., Боровик П.М., Прокопенко Н.А. Зрівноваження полігонометричного ходу корелатним способом: Методичні вказівки для лабораторних занять студентам спеціальності 193 – геодезія та землеустрій. – Умань, 2023. – 20 с.

Рецензенти:

Балабак А.Ф. – доктор с.-г. наук, професор (Уманський НУС)

Побережець І.І. – кандидат с.-г наук, доцент (Уманський НУС)

Рекомендовано до видання науково-методичною комісією факультету лісового і садово-паркового господарства (протокол № 1 від 5 вересня 2023 р.)

©С.І. Кононенко

М.В. Шемякін

2023 р.

ЗМІСТ

	Стор.
1. Завдання.....	4
2. Зрівноваження мережі полігонометрії корелатним способом.....	6
Література.....	20

1. Завдання

Студенту групи _____

1.1. Тема роботи: «Зрівняння полігонометрії корелатним способом».

1.2. Термін здачі роботи: _____

1.3. Вихідні данні для роботи:

- координати вихідних пунктів триангуляції 4 класу;
- результати кутових та лінійних вимірів в полігонометрії 1 розряду.

1.4. Технічне завдання:

Виконати зрівняння геодезичної мережі згущення у вигляді системи ходів полігонометрії 1 розряду з одним вузловим пунктом. Оцінити точність результатів зрівняння та обчислити середні квадратичні похибки визначення вузлового напрямку, координат та положення вузлового пункту.

1.5. Перелік питань для розробки та висвітлення в роботі:

- перетворення плоских прямокутних координат пунктів із однієї системи в іншу, рішення обернених геодезичних задач;
- попередня обробка полігонометрії та обчислення робочих координат пунктів, що визначаються;
- складання умовних рівнянь поправок в полігонометрії, складання вагових функцій для вузлового напрямку та координат вузлового пункту;
- складання та розв'язання системи нормальних рівнянь корелат, обчислення оберненої ваги вагових функцій;
- обчислення поправок в результати вимірів та в обчисленні значення приростів координат, обчислення зрівняних значень вимірюваних величин, дирекційних кутів, приростів координат та координат пунктів, що визначаються;
- складання каталогу робочих та зрівняних координат пунктів полігонометрії;
- оцінка точності результатів зрівняння;
- складання схеми мережі полігонометрії.

1.6. Перелік графічного матеріалу (1 аркуш формату А2):

- робоча схема мережі (системи ходів) полігонометрії з результатами вимірів;
- каталог робочих та зрівняних координат пунктів полігонометрії;
- оцінка точності результатів зрівняння.

1.7. До захисту представити:

- розрахунково-пояснювальну записку (формат А4);
- графічні матеріали (формат А2);
- робочий зошит до курсової роботи (формат А5).

1.8. Дата видачі завдання: _____

Завдання видав: _____

Завдання прийняв: _____

2. Зрівноваження мережі полігонометрії корелатним способом

2.1. Вихідні дані

Для забезпечення земельно-кадастрових знімань на місцевості прокладені ходи полігонометрії 1 розряду з однією вузловою точкою (рис. 2.1). Координати вихідних пунктів і результати вимірів кутів та довжин сторін ходу полігонометрії наведені в таблиці 2.1.1.

Таблиця 2.1.1

Вихідні дані і результати вимірів ходів полігонометрії

Вихідні пункти					
Назва пункту	Координати, км		Назва пункту	Координати, км	
	X'	Y'		X'	Y'
1	2	3	4	5	6
A	4 780,71	1 911,32	D	4 705,25	2 972,48
B	8 192,34	2 811,57	E	8 795,21	1 225,05
C	7 466,45	4 631,26	F	7 941,53	3 829,76
Результати вимірів					
Хід № 1 полігонометрії 1 розряду			Хід № 2 полігонометрії 1 розряду		
Назва пункту	β	d, м	Назва пункту	β	d, м
D			D		
A	293 ⁰ 53 ¹ 11 ¹¹	234,149	A	293 ⁰ 53 ¹ 11 ¹¹	234,149
1	162 ⁰ 50 ¹ 42 ¹¹	188,244	1	162 ⁰ 50 ¹ 42 ¹¹	188,244
2	182 ⁰ 20 ¹ 44 ¹¹	295,653	2	182 ⁰ 20 ¹ 44 ¹¹	295,653
3	175 ⁰ 50 ¹ 14 ¹¹	514,181	3	175 ⁰ 50 ¹ 14 ¹¹	514,181
4	184 ⁰ 26 ¹ 33 ¹¹	578,726	4	184 ⁰ 26 ¹ 33 ¹¹	578,726
5	143 ⁰ 28 ¹ 18 ¹¹	524,324	5	222 ⁰ 10 ¹ 43 ¹¹	467,693
6	214 ⁰ 18 ¹ 38 ¹¹	371,286	9	192 ⁰ 45 ¹ 02 ¹¹	328,277
7	178 ⁰ 43 ¹ 35 ¹¹	459,504	10	194 ⁰ 14 ¹ 08 ¹¹	280,384
8	225 ⁰ 37 ¹ 08 ¹¹	640,072	11	186 ⁰ 37 ¹ 01 ¹¹	513,260
B	55 ⁰ 15 ¹ 27 ¹¹		12	133 ⁰ 17 ¹ 13 ¹¹	628,047
E			13	221 ⁰ 05 ¹ 21 ¹¹	389,061
			C	37 ⁰ 04 ¹ 40 ¹¹	
			F		

Для виконання обчисліть координати вихідних пунктів за формулами:

$$X_i = (N_{гр.}) \times 1000 + X_i^1 \cos \gamma - Y_i^1 \sin \gamma;$$

$$Y_i = (N_{гр.}) \times 2000 + X_i^1 \sin \gamma + Y_i^1 \cos \gamma,$$

де X_i^1, Y_i^1 - умовні координати вихідних пунктів (див. табл. 2.1.1);

$\gamma = (N_{вар.}) \times (1^{\circ}01')$ - кут розвороту умовної системи координат для переходу до системи координат, що прийнята для обробки мережі триангуляції;

$N_{гр.}$ та $N_{вар.}$ - номер групи та номер варіанту.

Обчислення координат ведуться із точністю до 1 мм, кутових величин - із точністю до $0,1''$.

Контроль обчислення координат ведеться зрівнянням довжин ліній в різних системах координат за формулою

$$S' = \sqrt{(X_2^1 - X_1^1)^2 + (Y_2^1 - Y_1^1)^2}; S = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2},$$

де X', Y' та X, Y - координати точок в різних системах координат.

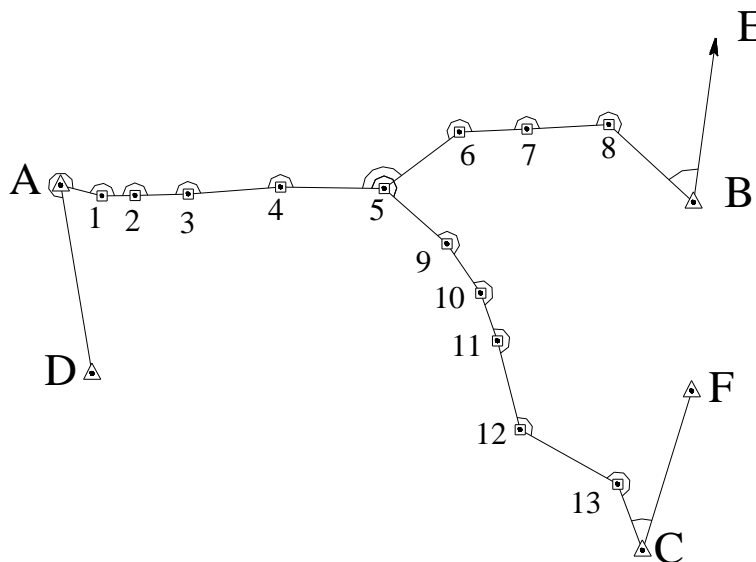


Рис. 2.1. Схема ходу полігонометрії

2.2. Порядок виконання роботи

1. Обчислити дирекційні кути вихідних сторін.
2. Обчислити кутові нев'язки ходів $f_{\beta 1}, f_{\beta 2}$ та їх граничні значення $f_{\beta гр.}$.
3. Обчислити прирости координат в ходах полігонометрії Δ_x та Δ_y , нев'язки приростів координат f_{x1} та f_{y1} , f_{x2} та f_{y2} , абсолютні нев'язки f_{s1} та f_{s2} , а також відносні нев'язку ходу f_s/P , де P - довжина ходу.
4. Виконати зрівняння системи ходів полігонометрії з однією вузловою точкою корелатним способом.
5. Виконати оцінку точності результатів зрівняння і визначити середні квадратичні похибки кутових та лінійних вимірів, середні квадратичні похибки

визначення вузлового напрямку (α_{4-5}) координат (X_5, Y_5) та положення вузлової точки.

Обчислення лінійних величин ведуться із точністю до 1 мм, кутових величин – із точністю до $0,1^{11}$.

Таблиця 2.1.2

Обчислення координат вихідних пунктів

Позначення та формули	Назва пункту					
	A	D	B	E	C	F
1	2	3	4	5	5	5
X_i^1						
Y_i^1						
γ						
$\sin \gamma$						
$\cos \gamma$						
$X_i^1 \cos \gamma$						
$Y_i^1 \sin \gamma$						
$X_i = N_{\text{зр}} * 1000 + X_i^1 \cos \gamma - Y_i^1 \sin \gamma$						
$X_i^1 \sin \gamma$						
$Y_i^1 \cos \gamma$						
$Y_i = N_{\text{зр}} * 2000 + X_i^1 \sin \gamma + Y_i^1 \cos \gamma$						
	Контроль		Контроль		Контроль	
$\Delta X', \Delta Y'$						
S'						
$\Delta X, \Delta Y$						
S						

2.3. Розв'язання обернених геодезичних задач

Для визначення дирекційних кутів вихідних сторін розв'яжіть обернені геодезичні задачі (табл. 2.2) за формулами:

$$\alpha_{i-j} = \arctg \frac{Y_j - Y_i}{X_j - X_i}, \quad d_{i-j} = \frac{Y_j - Y_i}{\sin \alpha_{i-j}} = \frac{X_j - X_i}{\cos \alpha_{i-j}};$$

де α_{i-j} та d_{i-j} - дирекційний кут та довжина сторони мережі триангуляції між пунктами i та j ;

X_i, Y_i та X_j, Y_j - координати пунктів i та j .

Таблиця 2.2

Вирішення оберненої геодезичної задачі

Дія	Дія	Приклад	Хід № 1, Хід № 2	Хід № 1	Хід № 2
	Початковий пункт		D	B	C
	Кінцевий пункт		A	E	F
3	X_K	4780,71			
1	X_{II}	4705,25			
5	$X_K - X_{II}$	75,46			
4	Y_K	1911,32			
2	Y_{II}	2972,48			
6	$Y_K - Y_{II}$	-1061,16			
14	$d = (Y_K - Y_{II}) / \sin \alpha_{II-K}$	1063,840			
13	$\sin \alpha_{II-K}$	-0,9974812			
7	$Y_K - Y_{II}$	-1061,16			
8	$X_K - X_{II}$	75,46			
14	$\cos \alpha_{II-K}$	0,0709317			
15	$d = (X_K - X_{II}) / \cos \alpha_{II-K}$	1063,840			
9	$\operatorname{tg} \alpha =$ $= (Y_K - Y_{II}) / (X_K - X_{II})$	-14,0625497			
10	Румб $r = \arctg \alpha$	ПнЗ: $85^{\circ}55'57,0^{11}$			
11	α_{II-K}	$274^{\circ}04'03,0^{11}$			

2.4. Обчислення нев'язок

1) Обчислити кутові нев'язки ходів полігонометрії за формулою:

$$f_{\beta} = \sum_1^n \beta_{\text{вим.}} - (\alpha_{\text{кінц.}} - \alpha_{\text{початк.}} + 180^{\circ} * n),$$

де n - кількість виміряних кутів ходу полігонометрії.

2) Обчислити нев'язки приростів координат за формулами:

$$f_x = \sum \Delta x_{обч.} - (X_{кінц.} - X_{початк.});$$

$$f_y = \sum \Delta y_{обч.} - (Y_{кінц.} - Y_{початк.}).$$

3) Обчислити граничні кутові нев'язки та відносні нев'язки за формулами:

$$f_{\beta_{гран.}} = 2 * m_{\beta} * \sqrt{n}; \quad f_s = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}; \quad 1/T = 1/P : f_s.$$

Таблиця 2.3

Обчислення нев'язок ходу полігонометрії

Назва пункту	$\beta_{вим.}$	$\alpha_{обч.}$	$d, м$	$\Delta x_{обч.}$	$\Delta y_{обч.}$	Зрівняні координати	
						X^*	Y^*
D	XXXXX					XXXXX	XXXXX
A							
1							
2							
3							
4							
5	XXXXX						
Сума		XXXXX				XXXXX	XXXXX

Продовження таблиці 2.3

Назва пункту	$\beta_{вим.}$	$\alpha_{обч.}$	$d, м$	$\Delta x_{обч.}$	$\Delta y_{обч.}$	Зрівняні координати	
						X^*	Y^*
4	XXXXX		XXXX	XXXX	XXXX	XXXXX	XXXXX
5							
6							
7							
8							
B							
E	XXXXX		XXXX	XXXX	XXXX	XXXXX	XXXXX
Сума		$\alpha_{B-E обч.} =$				XXXXX	XXXXX

Нев'язки: $f_{\beta l} = \Sigma \beta - (\alpha_{B-E} - \alpha_{D-A} + 180^\circ * n) = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}};$

$$f_{X1} = \Sigma \Delta x_{\text{обч.}} - (X_B - X_A) = \underline{\hspace{10em}} = \underline{\hspace{10em}};$$

$$f_{Y1} = \Sigma \Delta y_{\text{обч.}} - (Y_B - Y_A) = \underline{\hspace{10em}} = \underline{\hspace{10em}}.$$

Контроль: $f_{\beta 1} = \alpha_{B-E \text{ обч.}} - \alpha_{B-E \text{ вих.}} = \underline{\hspace{10em}} = \underline{\hspace{10em}};$

$$f_{X1} = X_A + \Sigma \Delta x_{\text{обч.}} - X_B = \underline{\hspace{10em}} = \underline{\hspace{10em}};$$

$$f_{Y1} = Y_A + \Sigma \Delta y_{\text{обч.}} - Y_B = \underline{\hspace{10em}} = \underline{\hspace{10em}}.$$

$$f_{\beta_{\text{гран}}} = \underline{\hspace{10em}} = \underline{\hspace{10em}}; \quad 1/T = 1/\underline{\hspace{10em}} = 1/\underline{\hspace{10em}}.$$

Продовження таблиці 2.3

Назва пункту	$\beta_{\text{вим.}}$	$\alpha_{\text{обч.}}$	$d, \text{ м}$	$\Delta x_{\text{обч.}}$	$\Delta y_{\text{обч.}}$	Зрівняні координати	
						X^*	Y^*
4	XXXXXX					XXXXXX	XXXXXX
5							
9							
10							
11							
12							
13							
С							
F	XXXXXX		XXXX	XXXX	XXXX	XXXXXX	XXXXXX
Сума		$\alpha_{C-F \text{ обч.}} =$				XXXXXX	XXXXXX

Нев'язки: $f_{\beta 2} = \Sigma \beta - (\alpha_{C-F} - \alpha_{D-A} + 180^{\circ} * n) = \underline{\hspace{10em}} = \underline{\hspace{10em}};$

$$f_{X2} = \Sigma \Delta x_{\text{обч.}} - (X_C - X_A) = \underline{\hspace{10em}} = \underline{\hspace{10em}};$$

$$f_{Y2} = \Sigma \Delta y_{\text{обч.}} - (Y_C - Y_A) = \underline{\hspace{10em}} = \underline{\hspace{10em}}.$$

Контроль: $f_{\beta 2} = \alpha_{C-F \text{ обч.}} - \alpha_{C-F \text{ вих.}} = \underline{\hspace{10em}} = \underline{\hspace{10em}};$

$$f_{X2} = X_A + \Sigma \Delta x_{\text{обч.}} - X_C = \underline{\hspace{10em}} = \underline{\hspace{10em}};$$

$$f_{Y2} = Y_A + \Sigma \Delta y_{\text{обч.}} - Y_C = \underline{\hspace{10em}} = \underline{\hspace{10em}}.$$

$$f_{\beta_{\text{гран}}} = \underline{\hspace{10em}} = \underline{\hspace{10em}}; \quad 1/T = 1/\underline{\hspace{10em}} = 1/\underline{\hspace{10em}}.$$

2.5. Складання умовних рівнянь поправок

1) Умовні рівняння поправок для j ($j=1,2$) ходу полігонометрії мають вид:

$$1) \text{ та } 4) \quad \sum_{i=1}^n \nu_{\beta_i} + f_{\beta_j} = 0;$$

$$2) \text{ та } 5) \quad -\frac{1}{\rho} \sum_{i=1}^n (Y_n - Y_i) \nu_{\beta_i} + \sum_{i=1}^{n-1} \nu_{S_i} \cos \alpha_i + f_{x_j} = 0;$$

$$3) \text{ та } 6) \quad \frac{1}{\rho} \sum_{i=1}^n (X_n - X_i) \nu_{\beta_i} + \sum_{i=1}^{n-1} \nu_{S_i} \sin \alpha_i + f_{y_j} = 0,$$

де ν_{β_i}, ν_{S_i} - поправки до вимірних кутів β_i в секундах та довжин сторін S_i в мм;

$\rho = 206,265$ – коефіцієнт для переходу від секунд до радіанів при значеннях координат X_i, Y_i в метрах, а поправок до довжин сторін ν_{S_i} – в міліметрах.

2) Обчислити обернену вагу кутових та лінійних вимірів при $\mu = m_{\beta}$:

$$m_{\beta} = \text{---}; \quad p_{\beta} = \frac{\mu^2}{m_{\beta}^2} = \text{---}; \quad q_{\beta} = \frac{1}{p_{\beta}} = \text{---};$$

$$m_S = \text{---}; \quad p_S = \frac{\mu^2}{m_S^2} = \text{---}; \quad q_S = \frac{1}{p_S} = \text{---},$$

3) Обчислити умовні координати пунктів полігонометрії та допоміжні величини для визначення коефіцієнтів умовних рівнянь поправок.

Таблиця 2.4

Обчислення допоміжних величин (хід № 1)

Назва пункту	Умовні координати		$X_n - X_i$	$Y_n - Y_i$	$c_1 = (X_n - X_i) / \rho$	$b_1 = (Y_n - Y_i) / \rho$
	$X_i, \text{ м}$	$Y_i, \text{ м}$				
А	0	0				
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
В			0	0	0	0
Сума						

β_{14}												
β_{15}												
β_{16}												
β_{17}												
Сторони ходів												
S_i	q_s	(0)	$\cos \alpha_i$	$\sin \alpha_i$	(0)	$\cos \alpha_i$	$\sin \alpha_i$	(0)	$\cos \alpha_i$	$\sin \alpha_i$	S	v_s
S_1												
S_2												
S_3												
S_4												
S_5												
S_6												
S_7												
S_8												
S_9												
S_{10}												
S_{11}												
S_{12}												
S_{13}												
S_{14}												
S_{15}												
Сума	XX											

Контроль

$$\Sigma S = \underline{\hspace{10cm}} = \underline{\hspace{10cm}}.$$

$$[pv^2] \underline{\hspace{10cm}} = \underline{\hspace{10cm}}.$$

2.6. Складання вагових функцій

Скласти вагові функції визначення дирекційного кута вузлового напрямку α_{4-5} , абсциси вузлової точки X_5 , ординати вузлової точки Y_5 :

$$F_1 = \underline{\hspace{10cm}}.$$

$$F_2 = \underline{\hspace{10cm}}.$$

$$F_3 = \underline{\hspace{10cm}}.$$

Обчислити коефіцієнти вагових функцій за формулою:

$$f_{j,i} = \frac{\partial F_j}{\partial \beta_i}, \quad f_{j,i} = \frac{\partial F_j}{\partial S_i}.$$

Коефіцієнти вагових функцій запишіть в графі 9, 10, 11 табл. 2.6.

2.7. Складання та розв'язання системи нормальних рівнянь

1) Обчислити коефіцієнти нормальних рівнянь корелат (табл. 2.7).

Таблиця 2.7

Обчислення коефіцієнтів нормальних рівнянь корелат

	$a_1]$	$b_1]$	$c_1]$	$a_2]$	$b_2]$	$c_2]$	$S']$	Контроль S'
$[qa_1]$								
$[qb_1]$								
$[qc_1]$								
$[qa_2]$								
$[qb_2]$								
$[qc_2]$								

2) Скласти систему нормальних рівнянь $N * k + f = 0$:

3) Розв'язати систему нормальних рівнянь в табл. 2.9.

4) Обчислити коефіцієнти для визначення оберненої ваги вагових функцій.

Таблиця 2.8

Обчислення коефіцієнтів для вагових функцій

	$f_1]$	$f_2]$	$F_3]$	$S]$	Контроль $S=S'+\Sigma$
$[qa_1]$					
$[qb_1]$					
$[qc_1]$					
$[qa_2]$					
$[qb_2]$					
$[qc_2]$					
$[qf_i]$					

5) Перевірити розв'язання системи нормальних рівнянь:

1.

_____ = _____;

2.

_____ = _____;

3.

_____ = _____;

4.

_____ = _____;

5.

_____ = _____;

6.

_____ = _____;

$$-[p v^2] = k_1 * f_{\beta 1} + k_2 * f_{x 1} + k_3 * f_{y 1} + k_4 * f_{\beta 2} + k_5 * f_{x 2} + k_6 * f_{y 2} = \frac{\quad}{\quad} = \frac{\quad}{\quad}.$$

6) В додаткових графах табл. 2.9 обчислити обернену вагу вагових функцій.

7) В таблиці 2.6 (графа 13) обчислити поправки до вимірних величин за формулою:

$$v_i = q_i (a_1 k_1 + b_1 k_2 + c_1 k_3 + a_2 k_4 + b_2 k_5 + c_2 k_6)$$

та

$$[p v^2] = [v^2 / q].$$

2.8. Обчислення зрівняних координат пунктів полігонометрії

В табл. 2.3 над вимірними величинами кутів та довжин ліній записати червоним кольором обчислені поправки до них.

1) Для ходів полігонометрії № 1 та № 2 обчислити поправки до попередніх значень дирекційних кутів за формулою:

$$v_{\alpha_j} = \sum_{i=1}^{i=j} v_{\beta_i}.$$

2) Обчислити поправки до приростів координат за формулами:

$$v_{\Delta X_i} = v_{S_i} \cos \alpha_i - v_{\alpha_i} \Delta Y_i / \rho;$$

$$v_{\Delta Y_i} = v_{S_i} \sin \alpha_i + v_{\alpha_i} \Delta X_i / \rho.$$

Контроль: $[v_{\Delta X_i}] = -f_X$; $[v_{\Delta Y_i}] = -f_Y$.

Таблиця 2.9

Дія	Корелати						f
	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6	
1	2	3	4	5	6	7	8
$N_{1,1}$							
$E_{1,1}$	-1,0000						
$N_{2,1}$							
$N_{1,2}E_{1,1}$							
$N^{(1)}_{2,1}$							
$E_{2,1}$		-1,0000					
$N_{3,1}$							
$N_{1,3}E_{1,1}$							
$N^{(1)}_{2,3}E_{2,1}$							
$N^{(2)}_{3,1}$							
$E_{3,1}$			-1,0000				
$N_{4,1}$							
$N_{1,4}E_{1,1}$							
$N^{(1)}_{2,4}E_{2,1}$							
$N^{(2)}_{3,4}E_{3,1}$							
$N^{(3)}_{4,1}$							
$E_{4,1}$				-1,0000			
$N_{5,1}$							
$N_{1,5}E_{1,1}$							
$N^{(1)}_{2,5}E_{2,1}$							
$N^{(2)}_{3,5}E_{3,1}$							
$N^{(3)}_{4,5}E_{4,1}$							
$N^{(4)}_{5,1}$							
$E_{5,1}$					-1,0000		
$N_{6,1}$							
$N_{1,6}E_{1,1}$							
$N^{(1)}_{2,6}E_{2,1}$							
$N^{(2)}_{3,6}E_{3,1}$							
$N^{(3)}_{4,6}E_{4,1}$							
$N^{(4)}_{5,6}E_{5,1}$							
$N^{(5)}_{6,1}$							
$E_{6,1}$						-1,0000	
$N_{7,7}$							0,000
$N_{1,f}E_{1,f}$							
$N^{(1)}_{2,f}E_{2,f}$							
$N^{(2)}_{3,f}E_{3,f}$							
$N^{(3)}_{4,f}E_{4,f}$							
$N^{(4)}_{5,f}E_{5,f}$							
$N^{(5)}_{6,f}E_{6,f}$							
$N^{(6)}_{7,7}$						-[pvv]=	
$k_6 = E_{6,f}$							
$k_5 = k_6 E_{5,6} + E_{5,f}$							
k_4							
k_3							
k_2							
k_1							

Продовження табл. 2.9

Дія	F_1	F_2	F_3	S	Контроль
1	9	10	11	12	13
$N_{1,1}$					
$E_{1,1}$					
$N_{2,1}$					
$N_{1,2}E_{1,1}$					
$N^{(1)}_{2,1}$					
$E_{2,1}$					
$N_{3,1}$					
$N_{1,3}E_{1,1}$					
$N^{(1)}_{2,3}E_{2,1}$					
$N^{(2)}_{3,1}$					
$E_{3,1}$					
$N_{4,1}$					
$N_{1,4}E_{1,1}$					
$N^{(1)}_{2,4}E_{2,1}$					
$N^{(2)}_{3,4}E_{3,1}$					
$N^{(3)}_{4,1}$					
$E_{4,1}$					
$N_{5,1}$					
$N_{1,5}E_{1,1}$					
$N^{(1)}_{2,5}E_{2,1}$					
$N^{(2)}_{3,5}E_{3,1}$					
$N^{(3)}_{4,5}E_{4,1}$					
$N^{(4)}_{5,1}$					
$E_{5,1}$					
$N_{6,1}$					
$N_{1,6}E_{1,1}$					
$N^{(1)}_{2,6}E_{2,1}$					
$N^{(2)}_{3,6}E_{3,1}$					
$N^{(3)}_{4,6}E_{4,1}$					
$N^{(4)}_{5,6}E_{5,1}$					
$N^{(5)}_{6,1}$					
$E_{6,1}$					
$N_{7,7}$					
$N_{1,f}E_{1,f}$					
$N^{(1)}_{2,f}E_{2,f}$					
$N^{(2)}_{3,f}E_{3,f}$					
$N^{(3)}_{4,f}E_{4,f}$					
$N^{(4)}_{5,f}E_{5,f}$					
$N^{(5)}_{6,f}E_{6,f}$					
$N^{(6)}_{7,7}$					
$k_6 = E_{6,f}$	$1/P_{F1}$	$1/P_{F2}$	$1/P_{F3}$		
$k_5 = k_6 E_{5,6} + E_{5,f}$					
k_4					
k_3					
k_2					
k_1					

2.9. Оцінка точності

1) Обчислити середні квадратичні похибки одиниці ваги μ , та вимірів:

$$\mu = \sqrt{\frac{[p\nu^2]}{r}} = \sqrt{\frac{\quad}{\quad}} = \underline{\quad};$$

$$m_\beta = \frac{\mu}{\sqrt{p_\beta}} = \underline{\quad}; \quad m_s = \frac{\mu}{\sqrt{p_s}} = \underline{\quad}.$$

2) Обчислити середні квадратичні похибки зрівняних значень вузлового напрямку та координат вузлової точки:

$$m_{\alpha_{4-5}} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_{F_1}}} = \underline{\quad} = \underline{\quad};$$

$$m_{X_5} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_{F_2}}} = \underline{\quad} = \underline{\quad};$$

$$m_{Y_5} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_{F_3}}} = \underline{\quad} = \underline{\quad};$$

$$m_{P_5} = \sqrt{m_{X_5}^2 + m_{Y_5}^2} = \sqrt{\underline{\quad}} = \underline{\quad}.$$

Література

1. Островський А.Л. Геодезія: підручник. Ч. 2 / А.Л. Островський, О.І. Мороз, В.Л. Тарнавський [за ред. А.Л. Островського]. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2012. – 564 с.
2. Інструкції з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500. (ГКНТА 2.04-02-98).
3. Инструкция по полигонометрии и трилатерации. – М.: Недра, 1976. – 104 с.
4. Селиханович В.Г. Геодезия: Учебник для вузов, ч. II. / В.Г. Селиханович – М.: Недра, 1981. – 544 с.
5. Маслов А.В. Геодезия / А.В. Маслов, А.В. Гордеев, Н.Н. Александров, К.С. Соберайский, Ю.Г. Батраков. – М. : Недра, 1972. – 525 с.