

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА**

Факультет лісового і садово-паркового господарства

Кафедра геодезії, картографії і кадастру

ГЕОДЕЗІЯ

ПОБУДОВА ПЛАНОВОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ МЕРЕЖІ ЗГУЩЕННЯ

Методичні вказівки для практичних занять та самостійної роботи студентам спеціальності 193 – геодезія та землеустрій

Умань – 2022

Кононенко С.І., Шемякін М.В. Геодезія. Побудова планової геодезичної мережі згущення // Методичні вказівки для практичних занять та самостійної роботи студентам спеціальності 193 – геодезія та землеустрій. Умань: Уманський НУС, 2022. 29 с.

Рецензенти:

Шлапак В.П., доктор с.-г. наук, професор, завідувач кафедри лісового господарства Уманського НУС.

Ситник О.І., кандидат географічних наук, доцент кафедри географії та методики її викладання Уманського ДПУ

Рекомендовано до друку методичною комісією факультету лісового і садово-паркового господарства

© С.І. Кононенко
М.В. Шемякін 2022 р.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	4
1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ	5
2 ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНА ВИВЧЕНІСТЬ РАЙОНУ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ.....	5
3 ВИМОГИ ДО ПОБУДОВИ МЕРЕЖ ПОЛІГОНОМЕТРІЇ.....	5
4 ПРОЕКТУВАННЯ МЕРЕЖІ ХОДІВ ПОЛІГОНОМЕТРІЇ.....	5
5 ПОПЕРЕДНЯ ОЦІНКА ТОЧНОСТІ ПОЛІГОНОМЕТРИЧНИХ ХОДІВ.....	7
6 ТЕХНОЛОГІЯ ТА ТОЧНІСТЬ ВИМІРЮВАЛЬНИХ РОБІТ У ПОЛІГОНОМЕТРІЇ.....	8
7 ОБЧИСЛЕННЯ РОБОЧИХ КООРДИНАТ ПУНКТІВ ПОЛІГОНОМЕТРІЇ.....	13
7.1 Порядок обчислення робочих координат пунктів полігонометрії.....	13
7.2 Розв'язання обернених геодезичних задач.....	14
7.3 Обчислення робочих координат	15
ВИСНОВКИ.....	21
ЛІТЕРАТУРА.....	23
ДОДАТКИ.....	24

ВСТУП

Полігонометрія (від грецького - багатокутний і - вимірюю) - один із методів визначення положення точок земної поверхні в прийнятій системі координат при створенні опорної геодезичної мережі. Це система прокладених на місцевості ходів у вигляді ламаних ліній, точки зламу яких закріплені і є опорними пунктами Державної геодезичної мережі. У полігонометричних ходах вимірюють сторони і кути при вершинах.

Полігонометрія є найбільш поширеним видом інженерно-геодезичних опорних мереж. Застосовується вона для всіх видів інженерно-геодезичних робіт, включаючи спостереження за плановими зсувами споруд.

Залежно від мети знімання і ситуації, наявності пунктів опорної геодезичної мережі, полігонометрію проектують у вигляді одиночних ходів, що опираються на вихідні пункти вищого класу (розряду), систем ходів з вузловими точками або систем замкнутих полігонів.

Найбільш широко на виробництві застосовуються полігонометричні мережі, що складаються з ходів 4 класу, 1 і 2 розрядів. Полігонометрія 4 класу, 1 і 2 розрядів істотно відрізняється від полігонометрії, що застосовується для побудови державної геодезичної мережі, допустимими довжинами ходів і помилками виміру кутів.

При створенні полігонометрії найбільш трудомістким є процес лінійних вимірів. Із появою світловідалемірів найбільшого поширення набула світловідалемірна полігонометрія.

Виконання завдань дасть можливість студентам спеціальності 193 – «Геодезія та землеустрій» опанувати питання та набути навичок з побудови планової геодезичної мережі згущення.

1. ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ

(до трьох сторінок)

Описують район проведення робіт, його територіальне розташування, дорожню та залізничну мережу. За даними найближчої метеостанції подають загальну характеристику кліматичних умов. Описують особливості пір року, вказуючи наступні показники: середньорічна температура повітря, її максимальне та мінімальне значення; сума температур повітря вище 5°C та 10°C ; дата перших і останніх приморозків; утворення та схід снігового покриву; глибина промерзання ґрунту; сума опадів за рік і вегетаційний період; наявність посушливих періодів, переважаючи напрями вітрів.

Також наводять типи ґрунтів з їх короткою характеристикою. Обов'язково роблять посилання на джерела літератури.

2. ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНА ВИВЧЕНІСТЬ РАЙОНУ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ

(до трьох сторінок)

Топографічну характеристику проведення робіт виконують за схемою, наведеною у додатку В.

Також необхідно вказати кількість знаків державної геодезичної мережі, що розташовані на аркуші карти, визначити їх координати графічним способом і висоту та занести у каталог координат (додаток Д).

3. ВИМОГИ ДО ПОБУДОВИ МЕРЕЖ ПОЛІГОНОМЕТРІЇ

(до п'яти сторінок)

Використовуючи «Інструкцію з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98)», навести вимоги до щільності пунктів державної геодезичної мережі для створення знімальної геодезичної основи топографічних знімачів. Також навести вимоги до щільності при створенні розрядних мереж згущення. Порівняти кількість існуючих знаків геодезичної мережі із вимогами і зробити висновок про достатність чи недостатність кількості пунктів на місцевості.

4. ПРОЕКТУВАННЯ ХОДІВ ПОЛІГОНОМЕТРІЇ

(до п'яти сторінок)

На навчальній топографічній карті масштабу 1:10000 (У-34-37-В-в-4) запроектувати систему ходів полігонометрії 1 розряду з однією вузловою точкою для створення знімальної геодезичної основи топографічних знімачів згідно із вимогами до таких ходів, використовуючи «Інструкцію з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98)». Показати схему ходів на копії навчальної топографічної карти

При проектуванні ходів полігонометрії слід керуватись координатами вихідних пунктів.

Координати вихідних пунктів для прив'язки ходів полігонометрії наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Назва пункту	Координати вихідних пунктів	
	Координати, км	
	X	Y
A	6064,78	4311,91
D	6064,71	4312,97
B	6068,19	4312,81
E	6068,80	4311,22
C	6067,47	4314,63
F	6067,94	4313,83

Охарактеризувати запроєктовані ходи (кількість точок і ліній, найменша, середня і найдовша довжина лінії ходу, загальна довжина ходу).

На аркуші паперу формату А2 накреслити схему для визначення прямолінійності ходів та їх центрів ваги графічним способом (копія запроєктованих ходів полігонометрії з навчальної топографічної карти).

Графічно визначити довжини сторін (S_j) у ходах, довжини замикальних ходів між вузловою точкою і відповідними вихідними пунктами (L_j), обчислити ступінь прямолінійності ходів полігонометрії між вузловою точкою і відповідними вихідними пунктами ($k_{\text{прям.}}$). Результати визначення прямолінійності ходів навести у таблиці 2.2.

Визначити ступінь прямолінійності ходів полігонометрії за формулою:

$$k_{\text{прям.}} = \frac{\sum S_j}{L_j},$$

де $\sum S_j$ – сума довжин сторін у j ході полігонометрії між вузловою точкою та відповідними вихідними пунктами; L_j - довжина замикальної j ходу між вузловою точкою та відповідним вихідним пунктом.

Результати обчислень навести у таблиці 4.2.

Зробити висновки щодо прямолінійності запроєктованих полігонометричних ходів.

Якщо коефіцієнт прямолінійності $k_{\text{прям.}} \leq 1,3$ – хід вважати витягнутим, інакше – вигнутим. Зробити висновки по кожному полігонометричному ходу (витягнутий чи вигнутий).

Таблиця 4.2

Визначення коефіцієнта прямолінійності ходу

Номери пунктів	Довжини сторін, м	Номери пунктів	Довжини сторін, м	Номери пунктів	Довжини ліній, м
1	2	3	4	5	6
1 хід		2 хід		3 хід	
A	180	B	530	C	485
1	240	10	690	20	310
2	360	9	350	19	309
3	390	8	380	18	150
4	400	7	340	17	510
5		6	350	16	350
		5		15	515
				14	540
				13	450
				12	290
				11	370
				5	
ΣS_i	1570		2640		4279
L_i	1580		1800		2360
$K_{\text{прям}}$	0,993		1,467		1,813

На основі аналізу ситуації на карті та розташування полігонометричних ходів, використовуючи «Інструкцію з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98)» вибрати тип знаків і навести опис та рисунок типу ґрунтового репера.

5. ТЕХНОЛОГІЯ ТА ТОЧНІСТЬ ВИМІРЮВАЛЬНИХ РОБІТ У ПОЛІГОНОМЕТРІЇ

Використовуючи «Інструкцію з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98)», описати технологію та вимоги до точності вимірювання полігонометричних мереж 4 класу, I і II розряду (способи вимірювання кутів, кількість прийомів, точність приладів, допустимі похибки результатів вимірювання окремих кутів або напрямків, вимоги до приладів та точності вимірювання ліній ходів полігонометрії, матеріали, що здають після проведення польових робіт з полігонометрії).

6. ПОПЕРЕДНЯ ОЦІНКА ТОЧНОСТІ ПОЛІГОНОМЕТРИЧНИХ ХОДІВ

Виконати попередню оцінку точності полігонометричних ходів.

Відстані $D_{0,i}$, $D_{n,i}$ вимірюють графічно на схемі для визначення прямолінійності ходів та їх центрів ваги. Для вигнутих ходів на зазначеній схемі визначити їх центр ваги графічним способом.

Наприклад полігонометричний хід Rp1–Rp2 вигнутий (рис. 6.1.). Для визначення його центру ваги лінію Rp1–п.1 ділять навпіл (точка a). Лінією з'єднують точку a із пунктом 2. Відстань a -п.2 ділять на три частини. Отримують точку b . Точку b з'єднують із п.3. Відстань b -п.3 ділять на чотири частини. Отримують точку c . Потім лінію c -Rp2 ділять на п'ять частин. Отримують точку O . Точка O буде центром ваги вигнутого полігонометричного ходу Rp1–Rp2. Якщо полігонометричний хід має більше ліній, то діють таким же чином до кінця ходу.

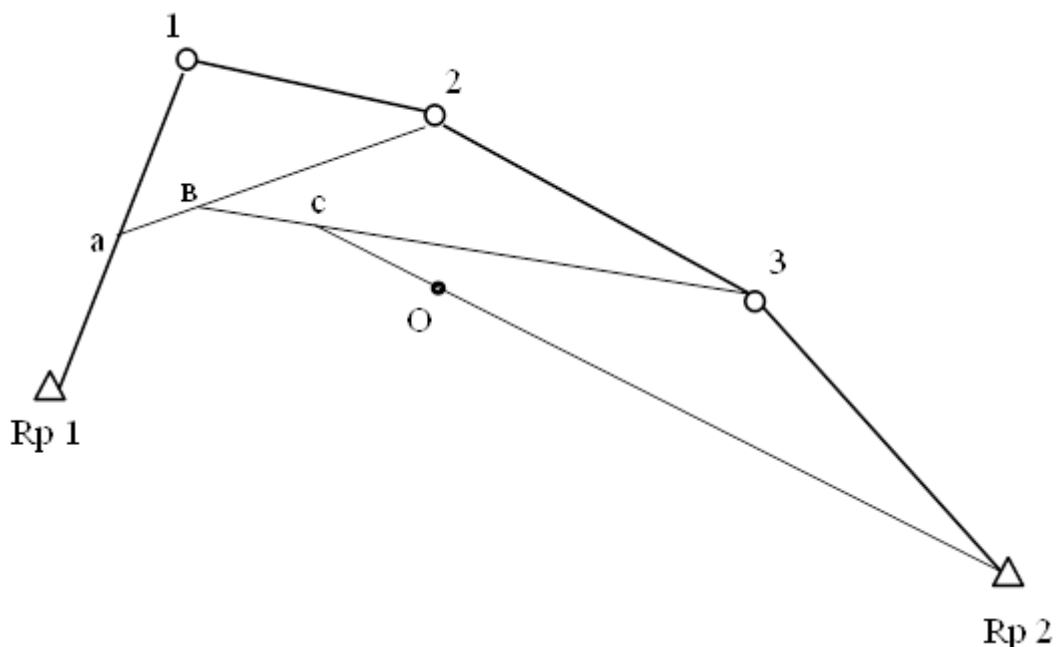


Рис. 6.1. Визначення центру ваги вигнутого полігонометричного ходу.

Згідно з «Інструкцією з топографічного знімання у масштабах 2000, 1:1000 та 1:500» встановити середні квадратичні похибки вимірювання довжин сторін:

$$m_{S_i} = 1 \text{ см для } S_i < 500 \text{ м;} \quad m_{S_i} = 2 \text{ см для } S_i \geq 500 \text{ м,}$$

де m_{S_i} - середня квадратична похибка вимірів довжин сторін в сантиметрах.

Обчислити середню квадратичну похибку визначення положення кінцевої (вузлової) точки по запроектованих ходах між відповідними вихідними пунктами та вузловою точкою для вигнутих ходів за формулою:

$$m_{\text{вузл}}^2 = \left[m_S^2 \right] + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \left[D_{0,i}^2 \right]$$

де m_S – середні квадратичні похибки вимірювання довжин кожної ліній ходу полігонометрії 1 розряду в сантиметрах;

$D_{0,i}$ – відстань між i точкою ходу полігонометрії та центром ваги в кілометрах (визначається графічно на схемі для визначення прямолінійності ходів та їх центрів ваги);

m_β - нормативна середня квадратична похибка вимірювання кутів в полігонометрії 1 розряду в секундах;

$\rho = 206265''$ - число секунд в радіані (для визначення $m_{вузл.}$ в сантиметрах прийняти при розрахунках $\rho = 2062,65''$).

Для прямолінійних (витягнутих) ходів середню квадратичну похибку визначення положення кінцевої (вузлової) точки по запроєктованих ходах між відповідними вихідними пунктами та вузловою точкою визначати за формулою:

$$m_{вузл.}^2 = [m_S^2] + [D_{n,i}^2] \frac{m_\beta^2}{\rho^2},$$

де m_S – середні квадратичні похибки вимірювання довжин кожної ліній ходу полігонометрії 1 розряду в сантиметрах; $D_{n,i}$ – відстань між i точкою та кінцевою (вузловою) точкою ходу полігонометрії в кілометрах (визначається графічно на схемі для визначення прямолінійності ходів та їх центрів ваги); m_β - нормативна середня квадратична похибка вимірювання кутів в полігонометрії 1 розряду в секундах; $\rho = 206265''$ - число секунд в радіані (для визначення $m_{вузл.}$ в сантиметрах прийняти при розрахунках $\rho = 2062,65''$).

$$m_{вузл.}^2 = [m_S^2] + [D_{n,i}^2] \frac{m_\beta^2}{\rho^2},$$

де m_S – середні квадратичні похибки вимірювання довжин кожної ліній ходу полігонометрії 1 розряду в сантиметрах; $D_{n,i}$ – відстань між i точкою та кінцевою (вузловою) точкою ходу полігонометрії в кілометрах (визначається графічно на схемі для визначення прямолінійності ходів та їх центрів ваги); m_β - нормативна середня квадратична похибка вимірювання кутів в полігонометрії 1 розряду в секундах; $\rho = 206265''$ - число секунд в радіані (для визначення $m_{вузл.}$ в сантиметрах прийняти при розрахунках $\rho = 2062,65''$).

Обчислити середню квадратичну похибку визначення положення вузлової точки в запроєктованій системі ходів полігонометрії за формулою:

$$M_{вузл.} = \frac{1}{\sqrt{P_{вузл.}}} = \frac{1}{\sqrt{0.0514}} = 4,41 \text{ см}$$

де $P_{вузл.} = \sum P_j$ - сумарна вага вузлової точки (сума ваги вузлової точки по трьох ходах).

Розрахунки навести у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1

**Оцінка точності визначення положення кінцевої точки ходу
полігонометрії**

Номери точок	m_s , см	m_s^2	$D_{n+1, i}$, км	$D_{n+1, i}^2$, км	$m_{\text{вузл}}^2$	Вага вузлової точки, $P_i = 1/m_{\text{вузл}}^2$
Хід від пункту А до вузлової точки						
А	1	1	1,57	2,46	31,3	0,0319
1	1	1	1,39	1,93		
2	1	1	1,15	1,32		
3	1	1	0,79	0,62		
4	1	1	0,4	1,6		
5	1	1	0	0		
Сума	xxx	5	xxx	7,93		
Хід від пункту В до вузлової точки						
В	2	4	2,64	6,97	65,9	0,0152
10	2	4	2,11	4,45		
9	1	1	1,42	2,02		
8	1	1	1,07	1,14		
7	1	1	0,69	0,48		
6	1	1	0,35	0,12		
5	1	1	0	0		
Сума	xxx	12	xxx	15,18		
Хід від пункту С до вузлової точки						
С	1	1	4,279	18,31	231	0,0043
20	1	1	3,794	14,39		
19	1	1	3,484	12,14		
18	1	1	3,175	10,08		
17	2	4	3,025	9,15		
16	1	1	2,515	6,33		
15	2	4	2,165	2,17		
14	2	4	1,65	2,72		
13	1	1	1,11	1,23		
12	1	1	0,66	0,44		
11	1	1	0,37	0,14		
5	1	1	0	0		
Сума	xxx	18	xxx	77,1		
$P_{\text{вузл}} = \sum P_i$						

У таблиці 3.2 навести основні технічні характеристики запроєктованих полігонометричних ходів, порівняти їх із вимогами для таких ходів, що наведені у «Інструкції з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98)».

Таблиця 6.2

Технічні характеристики проекту полігонометрії 1 розряду

Показники	Проектні дані	Нормативні вимоги
		Полігонометрія 1 розряду
1	2	3
Хід А-5		
Гранична довжина ходу між вихідною і вузловою точками	1,58	5
Довжини сторін, км:	найбільша	0,40
	найменша	0,12
	середня	0,30
Найбільша кількість сторін у ході	5	15
Середня кв. похибка вимірювання кута	5''	5''
Середня квадратична похибка вимірювання довжини сторони, см:	до 500 метрів	1
	понад 500 метрів	2
Ступінь прямолінійності ходів полігонометрії, $k_{\text{прям}}$	1,46	$\leq 1,3$
Очікувана середня квадратична похибка визначення положення вузлової точки ($m_{\text{вузл}}$)	5,1	5
Хід В-5		
Гранична довжина ходу між вихідною і вузловою точками	2,64	5
Довжини сторін, км:	найбільша	0,69
	найменша	0,34
	середня	0,38
Найбільша кількість сторін у ході	7	15
Середня кв. похибка вимірювання кута	5''	5''
Середня квадратична похибка вимірювання довжини сторони, см:	до 500 метрів	1
	понад 500 метрів	2
Ступінь прямолінійності ходів полігонометрії, $k_{\text{прям}}$	1,46	$\leq 1,3$
Очікувана середня квадратична похибка визначення положення вузлової точки ($m_{\text{вузл}}$)	5,1	5

Продовження таблиці 3.2

Хід С-5		
Гранична довжина ходу між вихідною і вузловою точками	2,26	5
Довжини сторін, км:	найбільша	0,54
	найменша	0,15
	середня	0,31
Найбільша кількість сторін у ході	12	15
Середня кв. похибка вимірювання кута	5"	5"
Середня квадратична похибка вимірювання довжини сторони, см:	до 500 метрів	1
	понад 500 метрів	2
Ступінь прямолінійності ходів полігонометрії, $K_{\text{прям}}$	1,813	$\leq 1,3$
Очікувана середня квадратична похибка визначення положення вузлової точки ($m_{\text{вузл}}$)	4,983	5

Зробити висновки щодо відповідності запроєктованої полігонометрії нормативним вимогам.

Запроєктована планова геодезична мережа _____
(відповідає, не відповідає)

нормативним вимогам до полігонометрії 1 розряду.

Навести робочу схему мережі (системи ходів) полігонометрії з результатами вимірювань на аркуші паперу формату А-4.

7. ОБЧИСЛЕННЯ РОБОЧИХ КООРДИНАТ ПУНКТІВ ПОЛІГОНОМЕТРІЇ

Вихідні дані

Для забезпечення топографічних знімів на місцевості прокладені ходи полігонометрії 1 розряду з однією вузловою точкою (рис. 7.1). Індивідуальні координати вихідних пунктів і результати вимірів кутів та довжин сторін ходу полігонометрії для кожного студента визначаються на основі базових (наведені у табл. 7.1 методичних вказівок) за узгодженням із керівником курсового проекту.

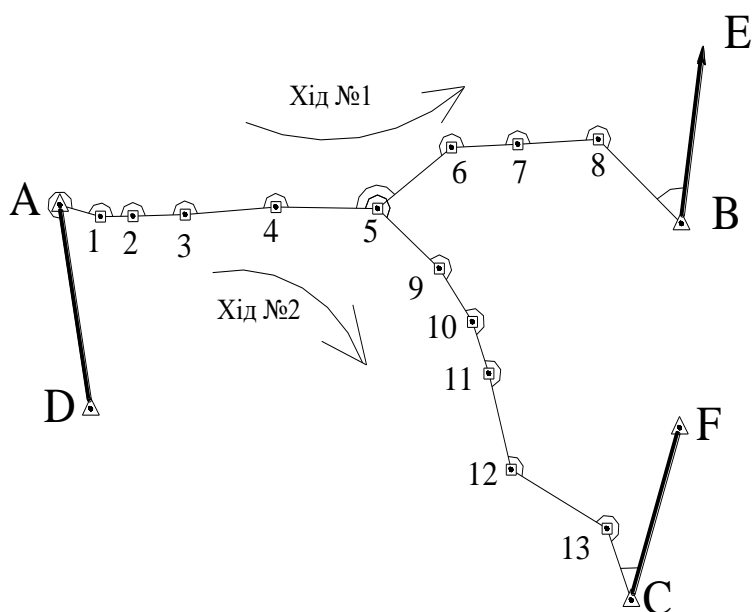


Рис. 7.1. Схема ходів полігонометрії.

7.1. Порядок обчислення робочих координат пунктів полігонометрії

1. Обчислити дирекційні кути вихідних сторін.
2. Обчислити кутові нев'язки ходів між вихідними пунктами та вузловою точкою $f_{\beta 1}$, $f_{\beta 2}$, $f_{\beta 3}$ та їх граничні значення $f_{\beta \text{ гр}}$.
3. Обчислити попередні поправки до вимірних кутів та виправлені значення дирекційних кутів сторін полігонометрії.
4. 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} , f_{x3} та f_{y3} , абсолютні нев'язки f_{S1} та f_{S2} , а також відносні нев'язки ходу f_S/P , де P – довжина ходу.
5. Обчислити попередні поправки до приростів координат та робочі координати пунктів полігонометрії.
6. Скласти каталог робочих координат пунктів полігонометрії.

Обчислення лінійних величин ведуться із точністю до 1 мм, кутових величин – із точністю до $0,1''$.

Таблиця 7.1

Вихідні дані і результати вимірів в ходах полігонометрії

Вихідні пункти					
Назва пункту	Умовні координати, м		Назва пункту	Умовні координати, м	
	X'	Y'		X'	Y'
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	$\beta, ^{\circ} //$	$d, \text{ м}$	Назва пункту	$\beta, ^{\circ} //$	$d, \text{ м}$
D			D		
A	293° 53' 11"	234,149	A	293° 53' 11"	234,149
1	162° 50' 42"	188,244	1	162° 50' 42"	188,244
2	182° 20' 44"	295,653	2	182° 20' 44"	295,653
3	175° 50' 14"	514,181	3	175° 50' 14"	514,181
4	184° 26' 33"	578,726	4	184° 26' 33"	578,726
5	143° 28' 18"	524,324	5	222° 10' 43"	467,693
6	214° 18' 38"	371,286	9	192° 45' 02"	328,277
7	178° 43' 35"	459,504	10	194° 14' 08"	280,384
8	225° 37' 08"	640,072	11	186° 37' 01"	513,260
B	55° 15' 27"		12	133° 17' 13"	628,047
E			13	221° 05' 21"	389,061
			C	37° 04' 40"	
			F		

7.2. Розв'язання обернених геодезичних задач

Для визначення дирекційних кутів вихідних сторін розв'язуємо обернені геодезичні задачі (табл. 4.2) 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 7.2

Вирішення оберненої геодезичної задачі

Номер ді	Дія	Вихідні сторони		
	Початковий пункт	D	E	F
	Кінцевий пункт	A	B	C
3	X_K	4 810,71	8 222,34	7 496,45
1	X_{II}	4 735,25	8 825,21	7 971,53
5	$X_K - X_{II}$	75,46	-602,87	-475,08
4	Y_K	1 941,32	2 841,57	4 661,26
2	Y_{II}	3 002,48	1 255,05	3 859,76
6	$Y_K - Y_{II}$	-1061,16	1586,52	801,5
12	$d = (Y_K - Y_{II}) / \sin \alpha_{II-K}$	1063,840	1697,205	931,722
13	$\sin \alpha_{II-K}$	-0,997481	-0,934784	-0,860235
7	$Y_K - Y_{II}$	-1061,16	1586,52	801,5
8	$X_K - X_{II}$	75,46	-602,87	-475,08
14	$\cos \alpha_{II-K}$	0,0709317	0,3552157	0,50989666
15	$d = (X_K - X_{II}) / \cos \alpha_{II-K}$	1063,840	1697,205	931,722
9	$\operatorname{tg} \alpha = (Y_K - Y_{II}) / (X_K - X_{II})$	-14,0625	-2,63161	-1,68708
10	Румб $r = \operatorname{arctg} \alpha$	ПнЗ: 85° 55' 57''	ПнЗ: 69° 11' 36''	ПнЗ: 59° 20' 35''
11	α_{II-K}	274° 04' 03''	290° 48' 24''	300° 39' 25''

7.3. Обчислення робочих координат

В таблицях 7.3, 7.4, 7.5 записати значення вимірних кутів та довжин сторін полігонометрії (табл. 4.1), а також координати вихідних пунктів триангуляції та значення дирекційних кутів вихідних сторін (табл. 7.2).

Визначити попереднє значення дирекційного кута вузлової сторони α_{4-5} . Для цього в кожному ході від вихідного пункту (А, В, С) послідовно вирахувати дирекційні кути сторін ходу полігонометрії за формулами:

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i \pm 180^\circ - \beta_{iП};$$

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i + \beta_{iЛ} \pm 180^\circ,$$

α_{i+1} – дирекційний кут наступної сторони ходу;

α_i – дирекційний кут попередньої сторони ходу;

$\beta_{iП}$ – правий за ходом горизонтальний кут;

$\beta_{iЛ}$ – лівий за ходом горизонтальний кут.

Виправлене значення дирекційного кута вузлової сторони 4-5 ($\alpha_{4-5}^{(c)}$) обчислити як середнє арифметичне між трьома його значеннями (табл. 4.6) за формулою:

$$\alpha_{4-5}^{(c)} = \frac{\alpha_{4-5}^{(1)} + \alpha_{4-5}^{(2)} + \alpha_{4-5}^{(3)}}{3},$$

де $\alpha_{4-5}^{(i)}$ ($i=1, 2, 3$) – попереднє значення дирекційних кутів по кожному ходу полігонометрії від вихідного пункту до вузлової точки.

Обчислити фактичні та граничні нев'язки по кожному ходу за формулами:

$$f_{\beta}^{(i)} = \alpha_{4-5}^{(i)} - \alpha_{4-5}^{(c)}; \quad f_{\beta_{zp}}^{(i)} = 2m_{\beta} \sqrt{n_i},$$

де i – номер ходу полігонометрії, n – кількість кутів в ході полігонометрії.

При допустимому значенні нев'язок ($f_{\beta_i} \leq f_{\beta_{zp}}$) обчислити поправки $v_{\beta}^{(i)}$ в виміряні кути та поправки v_{α_i} у попередні значення дирекційних кутів за формулами:

$$v_{\beta}^{(i)} = -\frac{f_{\beta}^{(i)}}{n_i}; \quad v_{\alpha_i} = \sum_{j=1}^{j=i} v_{\beta_j}.$$

Контроль:

$$\sum_{j=1}^{n_i} v_{\beta_j}^{(i)} = -f_{\beta}^{(i)}; \quad v_{\alpha_{4-5}}^{(i)} = -f_{\beta}^{(i)}.$$

Обчислити прирости координат для кожної сторони ходу полігонометрії за формулами:

$$\Delta x_j^{(i)} = d_j^{(i)} \times \cos \alpha_j^{(i)}; \quad \Delta y_j^{(i)} = d_j^{(i)} \times \sin \alpha_j^{(i)},$$

де d_j та α_j – довжина та дирекційний кут (j) сторони ходу.

Обчислити попередні координати вузлової точки для кожного ходу полігонометрії за формулами:

$$X_5^{(i)} = X_{\text{поч.}}^{(i)} + \sum_{j=1}^{j=n^{(i)}} \Delta x_j^{(i)}; \quad Y_5^{(i)} = Y_{\text{поч.}}^{(i)} + \sum_{j=1}^{j=n^{(i)}} \Delta y_j^{(i)},$$

де (i) – номер ходу полігонометрії;

$X_{\text{поч.}}^{(i)}$, $Y_{\text{поч.}}^{(i)}$ – вихідні координати початкового пункту в (i) ході полігонометрії; $\Delta \tilde{\alpha}_j^{(3)}$, $\Delta y_j^{(3)}$, – прирости координат в (i) ході полігонометрії.

В таблиці 7.6 обчислюємо середні координати вузлової точки за формулою:

$$X_5^{(c)} = \frac{X_5^{(1)} + X_5^{(2)} + X_5^{(3)}}{3}; \quad Y_5^{(c)} = \frac{Y_5^{(1)} + Y_5^{(2)} + Y_5^{(3)}}{3}.$$

Обчислити нев'язки в приростах координат, абсолютні та відносні нев'язки для кожного ходу полігонометрії за формулами:

$$f_x^{(i)} = (X_{\text{поч.}}^{(i)} + \sum \Delta x_j^{(i)}) - X_5^{(c)}$$

$$f_y^{(i)} = (Y_{\text{поч.}}^{(i)} + \sum \Delta y_j^{(i)}) - Y_5^{(c)};$$

$$f_S^{(i)} = \sqrt{(f_x^{(i)})^2 + (f_y^{(i)})^2}$$

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{P^{(i)} : f_S^{(i)}},$$

де P^i – периметр (сума довжин сторін) (i) ходу полігонометрії.

Обрахувати поправки в прирости координат за формулами:

$$v_{\Delta x_j}^{(i)} = -d_j^{(i)} \frac{f_x^{(i)}}{P^{(i)}}; \quad v_{\Delta y_j}^{(i)} = -d_j^{(i)} \frac{f_y^{(i)}}{P^{(i)}},$$

де $d_j^{(i)}$ – довжини сторін в (i) ході полігонометрії.

Обчислити робочі координати пунктів полігонометрії за формулами:

$$X_{i+1} = X_i + (\Delta x_{i,i+1} + v_{\Delta x_{i,i+1}}); \quad Y_{i+1} = Y_i + (\Delta y_{i,i+1} + v_{\Delta y_{i,i+1}}).$$

Таблиця 7.3

Обчислення нев'язок ходу полігонометрії (хід від п. А до п. Б)

Назви пунктів	β _{випр.}				α _{обч}				α _{випр}				d _i , м	Δx _{обч}	Δy _{обч}	Δx _{випр}	Δy _{випр}	Робочі координати		
	°	'	″	″	°	'	″	″	°	'	″	″						X	Y	
D	XXXX				XXXX															
A	293	53	11		293	53	11		274	04	03	274	04	2.81					4735.25	3002.48
1	162	50	42		162	50	42		27	57	12.76	27	57	12.38	0.0022	0.0013	465.537	319.383	5200.79	3321.86
2	182	20	44		182	20	44		10	47	53.52	10	47	52.95	0.0018	0.0010	615.207	174.061	5815.99	3495.92
3	175	50	14		175	50	14		13	08	36.28	13	08	35.52	0.0028	0.0016	739.345	141.213	6555.34	3637.14
4	184	26	33		184	26	33		8	58	49.04	8	58	48.07	0.0048	0.0028	949.635	202.743	7504.97	3839.88
5	X	XX	XX	X	XX	XX	XX	X	XX	XX	XX	XX	XX	XX	0.0054	0.0032	1011.855	176.156	8516.83	4016.04
Сума	999	21	24						α _{випр} =				1811	3781.57	1013.549					
					13	25	19.83													

$$f_{\beta}^{(1)} = \alpha_{4,5}^{(1)} - \alpha_{4,5}^{(c)} = 13^{\circ}25'20.8'' - 13^{\circ}25'19.83'' = 0,97''$$

$$f_{\beta}^{(1)} = 2m_{\beta}\sqrt{n_{\beta}} = 2 \cdot 5 \cdot \sqrt{5} = 22,4''$$

$$f_x^{(1)} = (X^{(1)}_{пов.} + \sum \Delta x^{(1)}_j) - X_5^{(c)} = (4735,25 + 3781,57) - 8516,837 = -0,017 \text{ м}$$

$$f_y^{(1)} = (Y^{(1)}_{пов.} + \sum \Delta y^{(1)}_j) - Y_5^{(c)} = (3002,48 + 584,438) - 4016,039 = -0,01 \text{ м}$$

$$f_s^{(1)} = \sqrt{(f_x^{(1)})^2 + (f_y^{(1)})^2} = \sqrt{(-0,017)^2 + (-0,01)^2} = 0,0197 \text{ м}$$

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{p^{(1)} \cdot f^{(1)}_s} = \frac{1}{91929}$$

Таблиця 7.4

Обчислення нев'язок ходу полігонометрії (хід від п. В до п. 5)

Назви пунктів	β _{внч.}			β _{внпр.}			α _{обч.}			α _{внпр.}			d _i , м	Δx _{обч.}	Δy _{обч.}	Δx _{внпр.}	Δy _{внпр.}	Робочі координати			
	*	°	'	°	'	''	°	'	''	°	'	''						X	Y		
Е	XXXX			XXXX			290	48	24	290	48	24						8825,21	1255,05		
В	55	15	27	55	15	26,34				55	32	58,14	640,07	-0,0096	0,0006	-101,590	954,740				
8	225	37	8	0,66	225	37	7,34	0,48	57,66	55	32	57,66		-101,58	954,739			8723,62	2209,79		
7	178	43	35	0,66	178	43	34,34	0,96	50,32	9	55	51,28	459,5	-0,0069	0,0005	-11,056	506,175				
6	214	18	38	0,66	214	18	37,34	1,44	15,98	11	12	17,42	371,29	-0,0059	0,0004	-99,457	499,076				
5	143	28	17,9	0,66	143	28	17,24	1,92	53,32	45	30	55,24	524,32	-0,0079	0,0005	-96,271	800,999				
	X	XX	XX	X	XX	XX	XX	2,43	22,26	13	25	19,83		XXX	XXX	XXXX	XXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	
4	Сума кутів			Сума кутів			α _{внпр} =														
	817	23	6					-2,43	19,83	13	25	19,83	1995,2	-308,343	2760,987					XXXXXX	XXXXXX

$$f_{\beta}^{(2)} = \alpha_{4,5}^{(1)} - \alpha_{4,5}^{(2)} = 13^{\circ}25'17,5'' - 13^{\circ}25'19,83'' = -2,43''$$

$$f_{\beta_{\text{впр}}}^{(2)} = 2m_{\beta}\sqrt{n_1} = 2 \cdot 5 \cdot \sqrt{5} = 22,4''$$

$$f_x^{(2)} = (X^{(2)}_{\text{поч.}} + \sum \Delta x^{(2)}_j) - X_5^{(2)} = (8825,21 - 308,343) - 8516,837 = 0,03 \text{ м}$$

$$f_y^{(2)} = (Y^{(2)}_{\text{поч.}} + \sum \Delta y^{(2)}_j) - Y_5^{(2)} = (1255,05 + 2760,987) - 4016,039 = -0,002 \text{ м}$$

$$f_s^{(2)} = \sqrt{(f_x^{(2)})^2 + (f_y^{(2)})^2} = \sqrt{(0,03)^2 + (-0,002)^2} = 0,0301 \text{ м}$$

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{p^{(2)} \cdot f^{(2)}_s} = \frac{1}{66286}$$

Обчислити середні значення для вузлового напрямку та координат вузлової точки в таблиці 7.6.

Таблиця 7.6

Обчислення середніх значень для вузлового напрямку та координат вузлової точки

Ходи (пункти)	a_{4-5}	X_5 , м	Y_5 , м
(А-5)	$13^{\circ}25' 20,8''$	8516,820	4016,029
(В-5)	$13^{\circ}25' 17,5''$	8516,867	4016,037
(С-5)	$13^{\circ}25' 21,2''$	8516,851	4016,057
Середнє	$13^{\circ}25' 19,83''$	8516,837	4016,039

Занести у таблицю 7.7 робочі координати пунктів полігонометрії I розряду.

Таблиця 7.7

Робочі координати пунктів полігонометрії I розряду

Номер пункту	Робочі координати, м	
	X	Y
1	5200,79	3321,86
2	5815,99	3495,92
3	6555,34	3637,14
4	7504,97	3839,88
5	8516,837	4016,039
6	8613,11	3215,04
7	8712,56	2715,97
8	8723,62	2209,79
9	8317,618	3986,29
10	8261,50	4037,30
11	8290,32	4115,40
12	8348,17	3958,33
13	7950,05	3890,24

ВИСНОВКИ

(одна сторінка).

У 4–5 невеликих за об'ємом, конкретних і чітких за редакцією пунктах висновків вказують регіон проведення робіт, клімат, ґрунти, глибину промерзання, категорійність ділянки за рельєфом.

Наводять відомості про достатність чи недостатність кількості пунктів опорної геодезичної мережі, кількість запроєктованих ходів полігонометричної мережі та загальну довжину кожного і кількість пунктів, тип знаків, відповідність

ходів нормативним вимогам.

Наводять очікувану середню квадратичну похибку визначення положення вузлової точки.

Надають рекомендації, щодо приладів для розвитку полігонометричних мереж згущення, наводять допустимі похибки вимірювання кутів і ліній.

Перелік використаної літератури

До списку включають усі джерела, на які було зроблено посилання у тексті. Список складають згідно з прізвищами авторів (заголовків) за українською абеткою, або в порядку посилань у тексті із наскрізною нумерацією. Праці латиницею подаються у кінці списку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Островський А.Л., Мороз О.І., Тарнавський В.Л. Геодезія: підручник. Ч. II [за ред. А.Л. Островського]. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. 564 с.
2. Селиханович В.Г. Учебное пособие, 2-е издание стереотипное / В.Г.Селиханович, В.П. Козлов, Г.П. Логинов. М.: ООО ИД "Альянс", 2006. 382 с.
3. Геодезія. Частина 1. Під редакцією проф. Могильного С.Г., проф. Войтенка С.П. Чернігів, 2002.
4. Остапчук С.М., Романчук С.В. Камеральні геодезичні роботи. Посібник Рівне 1994. 197 с.
5. Інструкція з топографічного знімання в масштабах 1:5000; 1:2000; 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98). Київ: ГУГК України, 1998. 97 с.
6. Порядок побудови Державної геодезичної мережі / Постанова Кабінету Міністрів України від 7 серпня 2013 р. № 646. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/646-2013-п>
7. Положення про порядок встановлення місцевих систем координат / Наказ Мінекоресурсів України від 3.07.2001 р. № 245.
8. Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:500, 1:2000, 1:1000, 1:500. К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, 2001. 255 с.
9. Косогорова О.А., Радов С.Г. Побудова планової геодезичної мережі // Методичні вказівки. Косогова О.А., Радов С.Г. Луганськ: ЛНАУ, 2006. 32 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА**

Факультет лісового і садово-паркового господарства

Кафедра геодезії, картографії і кадастру

ГЕОДЕЗІЯ

«ПОБУДОВА ПЛАНОВОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ МЕРЕЖІ ЗГУЩЕННЯ»

Студент ___ курсу ___ групи

Перевірив _____

м. Умань – 20__ р.

Додаток Б
Зміст завдання

	Стор.
ВСТУП.....	
1. ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ.....	
2. ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНА ВИВЧЕНІСТЬ РАЙОНУ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ.....	
3. ВИМОГИ ДО ПОБУДОВИ МЕРЕЖ ПОЛІГОНОМЕТРІЇ.....	
4. ПРОЕКТУВАННЯ МЕРЕЖІ ХОДІВ ПОЛІГОНОМЕТРІЇ.....	
5. ПОПЕРЕДНЯ ОЦІНКА ТОЧНОСТІ ПОЛІГОНОМЕТРИЧНИХ ХОДІВ.....	
6. ТЕХНОЛОГІЯ ТА ТОЧНІСТЬ ВИМІРЮВАЛЬНИХ РОБІТ..... У ПОЛІГОНОМЕТРІЇ.....	
7. ОБЧИСЛЕННЯ РОБОЧИХ КООРДИНАТ ПУНКТИВ ПОЛІГОНОМЕТРІЇ.....	
7.1. Порядок обчислення робочих координат пунктів полігонометрії.....	
7.2. Розв'язання обернених геодезичних задач.....	
7.3. Обчислення робочих координат.....	
ВИСНОВКИ.....	
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	

Додаток В

ОПИС ТОПОГРАФІЧНОЇ КАРТИ _____ масштабу _____
назва карти

Номенклатура карти _____ Система прямокутних координат _____

Спосіб і дата створення карти _____

Трапеція: $L_{zx} = \text{__}^\circ \text{__}' \text{__}''$ $L_{cx} = \text{__}^\circ \text{__}' \text{__}''$ $B_{nd} = \text{__}^\circ \text{__}' \text{__}''$ $B_{nn} = \text{__}^\circ \text{__}' \text{__}''$

Схилення магнітної стрілки $\delta = \text{__}^\circ \text{__}'$. Зближення меридіанів _____ $\gamma = \text{__}^\circ \text{__}'$

Система висот _____ Висота перетину рельєфу _____ м.

Тип місцевості за рельєфом _____

Найменша висота $H_{min} = \text{_____}$ м. Найбільша висота $H_{max} = \text{_____}$ м

Населенні пункти:

міст __ селищ __ сіл, хуторів __. Населення: міст __ тис. ос, сіл, селищ __ тис. ос.

Дорожня мережа і ЛЕП :

Залізниця _____ загальною довжиною _____ км. Головна станція _____

Шосейних доріг _____ км, покращених ґрунтових _____ км, ґрунтових _____ км.

Головна траса проходить між н/п _____ і _____ з _____ на _____.

Високовольтних ліній електропередач _____ км. , напрямом з _____ на _____.

Гідрографія:

Головна водна артерія _____ довжиною _____ км проходить з _____

на _____. Швидкість течії _____ Максимальна ширина _____ м.

Озер, ставків, водосховищ _____ шт., загальною площею _____ га.

Боліт _____ га, в тому числі прохідних _____ га, непрохідних _____ га.

Рослинність:

Характеристика рослинності _____. Лісів _____ га.

Порода _____, середня висота _____ м, відстань між деревами _____ м.

Лісосмуг і лісових насаджень _____ га,

Порода _____, середня висота _____ м. Чагарників _____ га.

МЕТОДИЧНЕ ВИДАННЯ

Сергій Іванович Кононенко
Михайло Васильович Шемякін

Геодезія. Побудова планової геодезичної мережі згущення // Методичні вказівки для практичних занять та самостійної роботи студентам спеціальності 193 – геодезія та землеустрій. Умань: Уманський НУС, 2022. 29 с.

Папір офсетний. Формат 60×84/16
Фіз. друк. Аркушів 1,22. Умов. друк. аркушів 1,13.
Тираж 20 примірників.

Уманський національний університет садівництва
Міністерство освіти і науки України
20305 вул. Інститутська 1, м. Умань, Черкаська обл.

