

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до проведення лабораторних занять
і організації самостійної роботи
з навчальної дисципліни

«ГЕОДЕЗІЯ»

Змістовий модуль 6

Засоби і методи наземних топографічних знімачів

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2024

Методичні рекомендації до проведення лабораторних занять і організації самостійної роботи з навчальної дисципліни «Геодезія». Змістовий модуль 6. Засоби і методи наземних топографічних знімачів (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : М. А. Кухар, В. О. Пеньков. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. – 36 с.

Укладачі: канд. техн. наук М. А. Кухар,
канд. техн. наук, доц. В. О. Пеньков

Рецензент

С. Г. Нестеренко, кандидат технічних наук, доцент кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою земельного адміністрування та геоінформаційних систем, протокол № 1 від 28 серпня 2023 р..

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Лабораторна робота № 20 Принципи теодолітного знімання.....	5
Лабораторна робота № 21 Принципи тахеометричного знімання.....	11
Лабораторна робота № 22 Визначення площ	22
Лабораторна робота № 23 Механічний спосіб визначення площ	27
Лабораторна робота № 24 Розв'язування комплексних узагальнюючих задач з топографічних знімачь	29
Список рекомендованих джерел.....	34

ВСТУП

Дисципліна «Геодезія» є нормативною дисципліною професійного спрямування для студентів зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій.

Вона є базовою для подальшого вивчення більш вузьких дисциплін підготовки фахівців цього напрямку.

Методичні рекомендації містять завдання до лабораторних і розрахунково-графічних робіт. До кожної лабораторної роботи наведено рекомендації до виконання завдань з прикладами, а також дається посилання на додаткову літературу для самостійної роботи.

Основним завданням, яке повинно бути вирішено при виконанні лабораторних робіт, є закріплення та використання на практиці теоретичних знань, формування у студентів навичок роботи з планами й картами, вміння читати карту й розв'язувати різноманітні задачі, які постають на виробництві перед фахівцями з геодезії, картографії та землеустрою.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 20

ПРИНЦИПИ ТЕОДОЛІТНОГО ЗНІМАННЯ

Мета роботи: навчитись побудові координатної сітки і точок знімальної основи.

Обладнання: олівець, ластик, кулькові (гелієві) авторучки двох або трьох кольорів, транспортир.

Завдання :

1. Вихідні дані.
2. Побудова координатної сітки.

Рекомендації до виконання завдань.

1. Вихідні дані – таблиця 1.
2. Побудова координатної сітки в масштабі 1:1 000
 - 2.1. Знаходимо в журналі X_{\max} , Y_{\max} та X_{\min} , Y_{\min} . Якщо $(X_{\max}-X_{\min}) > (Y_{\max}-Y_{\min})$, розташовуємо аркуш вертикально (рис. 2). Якщо $(X_{\max}-X_{\min}) < (Y_{\max}-Y_{\min})$, розташовуємо аркуш горизонтально (рис. 1).
 - 2.2. Будуємо координатну сітку на аркуші А3.

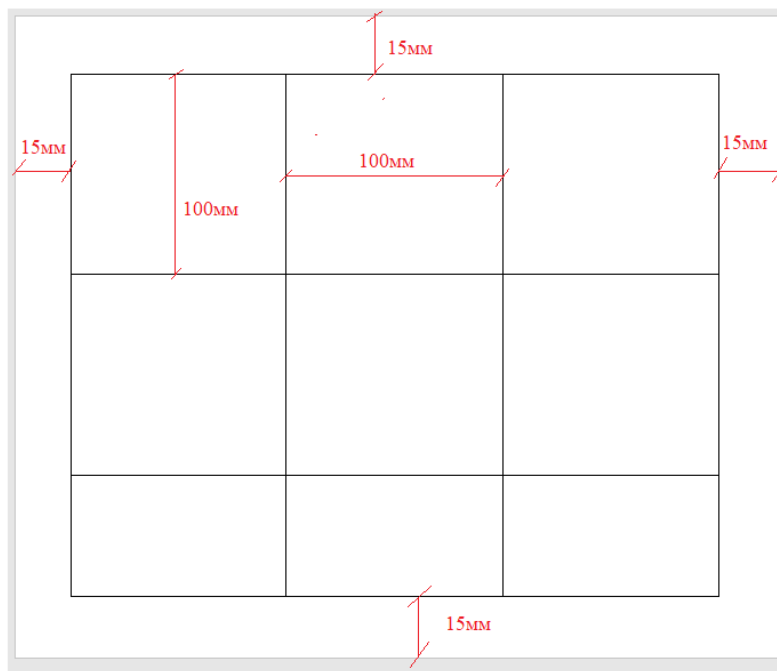


Рисунок 1 – Координатна сітка на горизонтальному аркуші

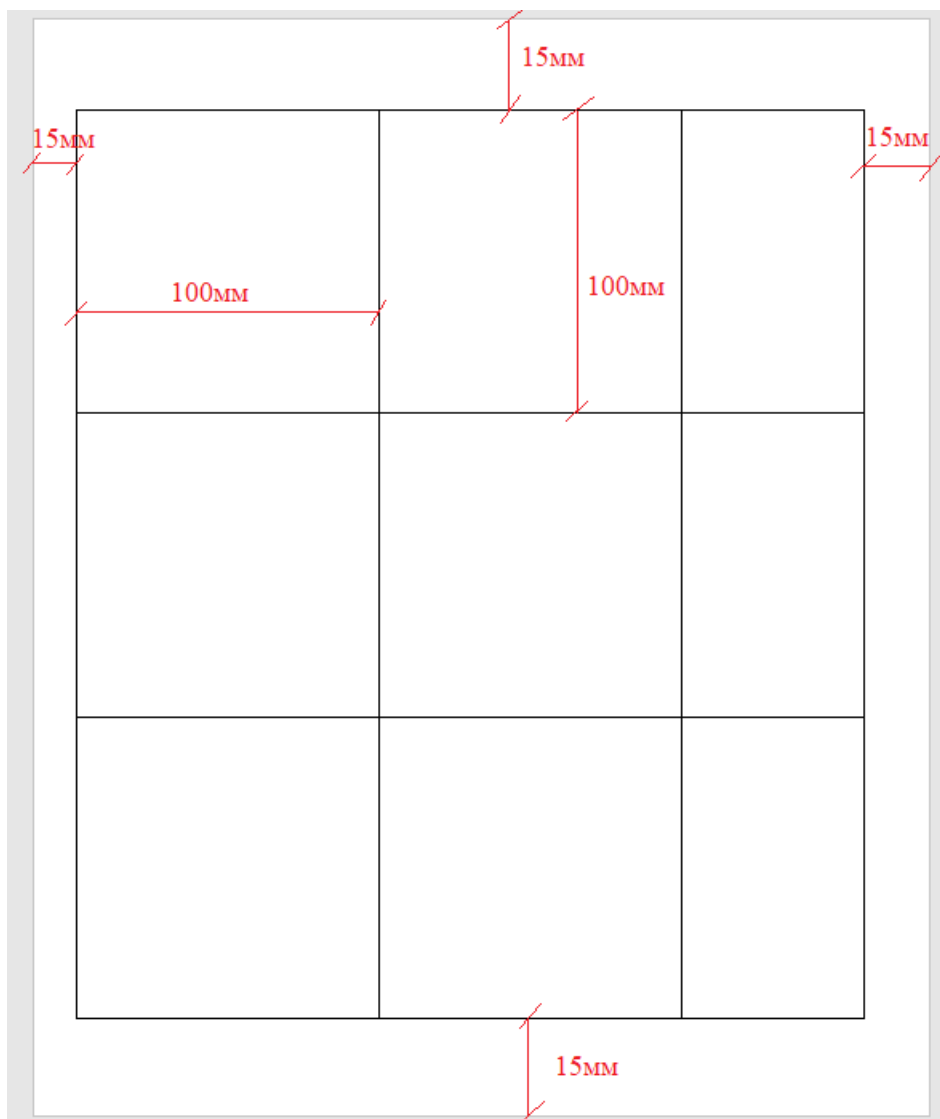


Рисунок 2 – Координатна сітка на вертикальному аркуші

Таблиця 1 – Відомість координат теодолітного ходу

Номер точки	Горизонтальне	Вимірні кути β			Поправки	Виправлені кути			Дирекційний кут			Прирости координат				Виправлені прирости координат		Координати	
		№ з/п	d, m	°		'	''	''	°	'	''	°	'	''	Δx	поправки по Δx	Δy	поправки по Δy	Δx
1	2	3			5	6			7			8		9		10	11	12	13
1																		2031,21	3031,21
	149,54								165	20	0	-144,667	-0,05	37,86	0	-144,72	37,86		
2		150	9	30	15	150	9	45										1886,49	3069,07
	104,15								195	10	15	-100,52	-0,03	-27,26	0	-100,55	-27,26		
3		91	55	30	15	91	55	45										1785,94	3041,81
	123,6								283	14	30	28,31	-0,04	-120,31	0	28,27	-120,31		
4		118	28	0	15	118	28	15										1814,21	2921,50
	138,4								344	46	15	133,54	-0,04	-36,35	0	133,5	-36,35		
5		131	8	15	15	131	8	30										1947,71	2885,15
	113,1								33	37	45	94,17	-0,04	62,64	0	94,13	62,64		
6		116	23	0	15	116	23	15										2041,84	2947,79
	84,1								97	14	30	-10,6	-0,03	83,43	-0,01	-10,63	83,42		
1		111	54	15	15	111	54	30										2031,21	3031,21
	Σd	$\Sigma \beta_{\text{факт}}$			$f\beta$	$\Sigma \beta_{\text{виправлені}}$			165	20	0	$\Sigma \Delta x$		$\Sigma \Delta y$		$\Sigma \Delta x$	$\Sigma \Delta y$		
	712,89	719	58	30	-90	717	177	180				0,23	-0,23	0,01	-0,01	0,00	0,00		
						720	0	0					$f_{\text{абс}}$	$f_{\text{відн}}$	1/2000				
		$\Sigma \beta_{\text{теор}}$			p_i								0,23	1	1				
		720	0	0	90									3099,5217	2000				

2.2.1. Контроль побудови квадратів.

Накресливши квадрат, вимірюємо його діагоналі (рис. 3). Діагоналі повинні дорівнювати $100\sqrt{2} = 141\text{мм}$.

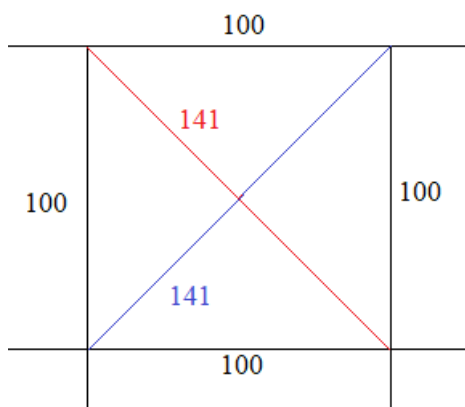


Рисунок 3 – Схеми сітки квадратів по діагоналях

2.3. Оцифрування ліній сітки квадратів.

Для того щоб сітка квадратів стала координатною сіткою, а площа аркуша паперу в її межах набула властивостей плану, лініям сітки квадратів необхідно надати значення абсцис і ординат, кратне довжині сторони квадрата (50 м в масштабі плану 1:500, 100 м в масштабі плану 1:1 000).

Вихідними даними для цього є координати точок теодолітного ходу. З них треба вибрати x_{\min} , x_{\max} , y_{\min} , y_{\max} .

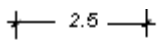
У першому наближенні південній лінії сітки квадратів надають значення абсциси, кратне 100 м, що передує x_{\min} ; західній лінії – значення ординати, кратне 100 м, що передує y_{\min} .

Від цих ліній потрібно надати відповідні значення абсцис і ординат наступним лініям. Перевіряють приблизно положення лінії з x_{\max} та лінії з y_{\max} і за необхідності в другому наближенні змінюють координати ліній сітки квадратів на значення, кратне 1 000 м.

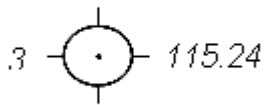
2.4. Нанесення точок знімальної основи теодолітного ходу.

Точки теодолітного ходу будують на папері за їх прямокутними координатами за допомогою масштабної лінійки і вимірника.

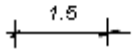
Кожну точку теодолітного ходу потрібно фіксувати колом діаметром 0,1–0,2 мм і оформити умовним знаком:



– навколо отвора кола – коло діаметром 1,5 мм;

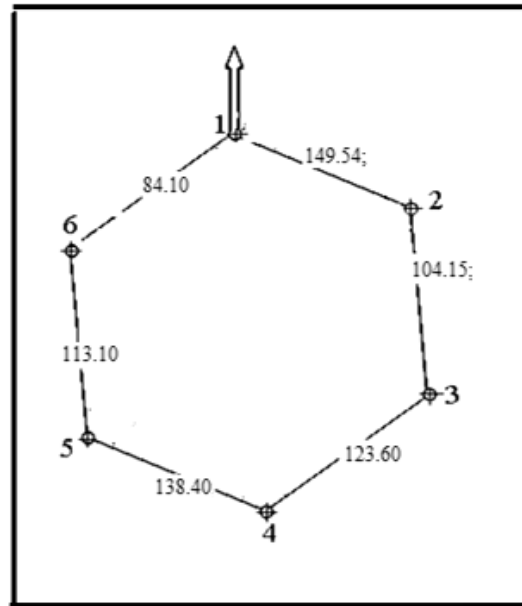


– поза колом наносять у напрямку координатних ліній штрихи довжиною 0,5 мм;



– номер точки розміщують ліворуч від умовного знака,

а висоту – праворуч.



1:1 000

2.4.1. Для **контролю** положення побудованих точок вимірюють довжини **ліній** між суміжними точками на плані і порівнюють їх з відповідними довжинами у відомості обчислення координат. Різниця не повинна перевищувати допустиме відхилення 0,2–0,3 мм.

Таблиця 2 – Контроль теодолітного ходу за довжинами ліній

Назва лінії	Довжина лінії у відомості, мм	Довжина на плані, мм	Нев'язка
1–2			
2–3			
3–4			
4–5			
5–6			
6–1			

2.4.2. Для **контролю** положення побудованих точок вимірюють внутрішні **кути** ходу між суміжними лініями на плані і порівнюють їх з відповідними довжинами у відомості обчислення координат. Різниця не повинна перевищувати допустиме відхилення.

Таблиця 3 – Контроль теодолітного ходу за довжинами ліній

Назва кута	Значення кута у відомості	Значення кута на плані	Нев'язка
1			
2			
3			
4			
5			
6			

Питання для самоперевірки

1. Що таке план?
2. Основні елементи плану?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 21

ПРИНЦИПИ ТАХЕОМЕТРИЧНОГО ЗНІМАННЯ

Мета роботи: вивчити методики виконання тахеометричної зйомки.

Обладнання: журнал тахеометричного знімання, калькулятор, засоби креслення.

Частина 1

Завдання: виконати обробку тахеометричних знімань.

Рекомендації до виконання завдань.

Тахеометрія – швидкий спосіб одночасного визначення планового та висотного положення точок місцевості. В основі тахеометричного знімання лежить ідея визначення просторового положення точки місцевості одним наведенням зорової труби приладу на рейку, встановлену в цій точці.

Точка, над якою встановлений прилад, називається *станцією*, а точка, положення якої визначається під час знімання, – *рейковою (пікетною) точкою*.

Абрис (кроки) – це схематичне зображення ситуації і рельєфу місцевості в довільному масштабі на папері.

Суть тахеометричного знімання полягає в тому, що зі станції, просторові координати якої відомі, визначають положення рейкових точок способом полярних координат – за кутом β між орієнтирним напрямком і вибраною точкою та відстанню D від станції до цієї точки (рис. 4).

Всі польові вимірювання заносять в *журнали* відповідної форми. Одночасно з цим ведуть *абрис*, на який наносять контури місцевості, а також наближене розташування на місцевості всіх рейкових точок. У результаті тахеометричного знімання складають топографічний план місцевості із зображенням на ньому ситуації та рельєфу. Перевищення h та горизонтальне прокладання d визначають за виміряною відстанню D та вимірним вертикальним кутом ν .

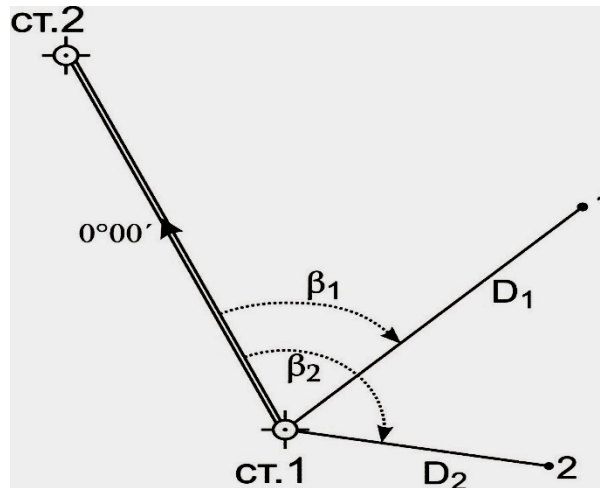


Рисунок 4 – Положення рейкових точок при тахеометричній зйомці

За результатами теодолітного знімання з окремої стації I – $H_I = 24,236$ м побудувати план ділянки у масштабі 1:1 000 на аркуші формату А4 (210 мм × 297 мм).

Висота станції I приймається з журналу нівелювання висотної основи відповідно до варіанта.

Результати польових робіт на станції наведено у таблиці 4 та на рисунку 5.

Послідовність обробки результатів вимірювань на станції:

- 1) обчислюють кут нахилу ν ;
- 2) обчислюють горизонтальну проекцію віддалі d до рейкової точки;
- 3) обчислюють попередні перевищення h' ;
- 4) обчислюють кінцеві перевищення h та висоти рейкових точок H ;
- 5) виконують побудову топографічного плану.

Вертикальні кути нахилу за лініями візування обчислюють залежно від місця нуля M_0 :

$$M_0 = \frac{KL + KP + 180}{2}, \quad (1)$$

$$\gamma = KL + 360^\circ - M_0, \quad \text{або } \nu = MO - KP. \quad (2)$$

б) при тахеометричному зніманні віддалі визначаються за допомогою *ниткового віддалеміра*. Визначені віддалі називаються *віддалемірними*.

Горизонтальне прокладання d в тахеометрії обчислюється на основі віддалемірної віддалі D та кута нахилу ν :

$$d = L \cdot \cos \gamma \quad . \quad (3)$$

Обчислення перевищень:

$$h = d \cdot \operatorname{tg} \gamma \quad . \quad (4)$$

Враховуються висота приладу i та висота наведення на рейку V :

$$h_i = h'_i + i - V_i \quad . \quad (5)$$

Обчислення висот H_i рейкових точок:

$$H_i = H_{cm} + h_i \quad , \quad (6)$$

де H_{cm} – висота станції;

h_i – перевищення між станцією та рейковою точкою.

Таблиця 4 – Журнал тахеометричного знімання на станції I

Номер ст	Номер т-ки	Відст., м	Відлік за ГК		Відлік за ВК		Примітки	Абрис
			о	'	о	'		
	11		0	00				
	1	46,5	15	00	0	15	Дорога	
	2	84,0	27	30	359	53	«»	
	3	87,2	39	40	359	41	Будівля	
	4	52,3	66	30	359	11	«»	
	5	22,5	278	20	1	18	Дорога	
	6	18,0	336	30	0	50	–«–	

Продовження таблиці 4

Номер ст	Номер т-ки	Відст., м	Відлік за ГК		Відлік за ВК		Примітки	Абрис
			о	'	о	'		
I	30	45,3	314	10	1	17	Рельєф	
	31	73,5	343	30	0	50	« »	
	41	126,2	242	40	00	54	—«—	
	42	76,1	262	10	01	44	—«—	
	43	164,3	262	10	01	06	—«—	
	44	82,1	296	40	02	16	—«—	
	45	143,2	296	40	02	56	—«—	
	46	92,3	320	30	01	58	—«—	
	82в	45,1	108	30	1	24	—«—	
	83	91,2	153	20	0	14	—«—	
	84	68,2	162	25	0	54	—«—	
	85	77,4	187	11	3	58	—«—	
	86	74,3	220	30	4	8	—«—	
	87	30,1	188	10	2	5	—«—	
	88	62,2	239	10	1	43	—«—	
	89	103,2	259	15	1	54	—«—	
	90	102,2	212	25	3	59		

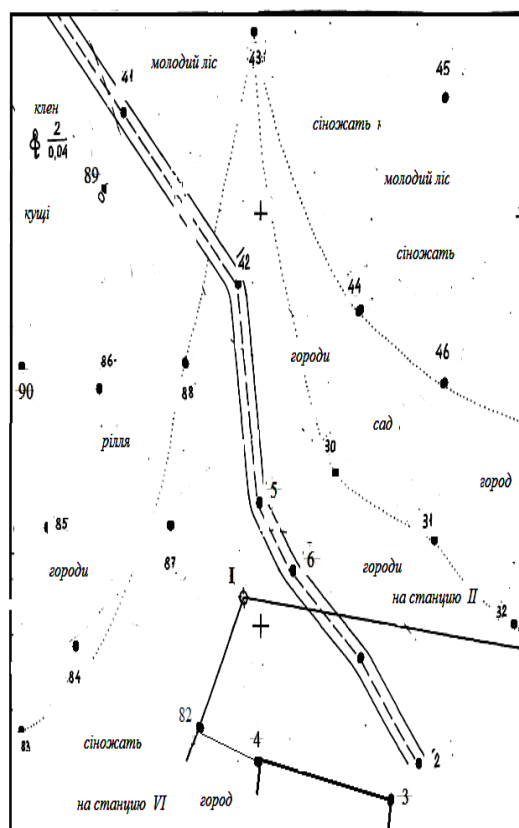


Рисунок 5 – Абрис

Таблиця 5 – Вихідні дані журналу тахеометричного знімання на станції I

Номер станції	Номер точки	Відстань L, м	Відлік за ГК		Відлік за ВК		Кут нахилу δ		Горизонт проклад. d, м	Перевищення h, м	Висота наведення V	Висота т-ки H, м	Примітки	Абрис
			о	'	о	'	о	'						
I (24,236м)	11		0	00										
	1	46,5	15	00	0	15	+0 15	46,5	+0,20				Дорога	
	2	84,0	27	30	359	53	-0 07	84,0	-0,17				«»	
	3	87,2	39	40	359	41							Будівля	
	4	52,3	66	30	359	11							«»	
	5	22,5	278	20	1	18							Дорога	
	6	18,0	336	30	0	50							-«-	
	30	45,3	314	10	1	17							Рельєф	
	31	73,5	343	30	0	50							« »	
	41	126,2	242	40	00	54							-«-	
	42	76,1	262	10	01	44							-«-	
	43	164,3	262	10	01	06							-«-	
	44	82,1	296	40	02	16							-«-	
	45	143,2	296	40	02	56							-«-	
	46	92,3	320	30	01	58							-«-	
	82в	45,1	108	30	1	24							-«-	
	83	91,2	153	20	0	14							-«-	
	84	68,2	162	25	0	54							-«-	
	85	77,4	187	11	3	58							-«-	
	86	74,3	220	30	4	8							-«-	
87	30,1	188	10	2	5							-«-		
88	62,2	239	10	1	43							-«-		
89	103,2	259	15	1	54							-«-		
90	102,2	212	25	3	59									

Частина 2

Завдання:

1. Виконати тахеометричне знімання з однієї станції відповідно до варіанта, результати занести в журнал тахеометричного знімання.
2. Нанести висоти точок на план та сформуванати горизонталі.

Рекомендації до виконання завдань.

Тахеометрія – швидкий спосіб одночасного визначення планового та висотного положення точок місцевості. В основі тахеометричного знімання лежить ідея визначення просторового положення точки місцевості одним наведенням зорової труби приладу на рейку, встановлену в цій точці.

Точка, над якою встановлений прилад, називається *станцією*, а точка, положення якої визначається під час знімання, – *рейковою (пікетною) точкою*.

Абрис (кроки) – це схематичне зображення ситуації і рельєфу місцевості в довільному масштабі на папері.

Суть тахеометричного знімання полягає в тому, що зі станції, просторові координати якої відомі, визначають положення рейкових точок способом полярних координат – за кутом β між орієнтирним напрямком і вибраною точкою та відстанню D від станції до цієї точки.

Усі польові вимірювання заносять у *журнали* відповідної форми. Одночасно з цим ведуть *абрис*, на який наносять контури місцевості, а також наближене розташування на місцевості всіх рейкових точок. У результаті тахеометричного знімання складають топографічний план місцевості із зображенням на ньому ситуації та рельєфу. Перевищення h та горизонтальне прокладання d визначають за виміряною відстанню D та вимірним вертикальним кутом ν .

Послідовність роботи на станції при виконанні тахеометричного знімання із застосуванням теодоліта-тахеометра така:

- 1) встановлюють прилад над точкою геодезичного обґрунтування і приводять його в робоче положення;
- 2) орієнтують лімб горизонтального круга на один із суміжних пунктів

геодезичного обґрунтування:

– відкріплюють закріпний гвинт аліади горизонтального круга та встановлюють на горизонтальному крузі відлік $0^{\circ}00'$;

– закріплюють закріпний гвинт аліади горизонтального круга і відкріплюють закріпний гвинт лімба;

– наводять зорову трубу на точку орієнтування та закріплюють закріпний гвинт лімба (для точного наведення користуються мікрометричним гвинтом лімба);

3) вимірюють висоту приладу з точністю до 1 см (від верху закріпленої точки на місцевості, над якою встановлений теодоліт, до візирної осі труби теодоліта);

4) наводять зорову трубу на рейку, встановлену в рейковій точці (пікеті) та беруть відліки (лише при одному положенні круга – КП або КЛ):

– висота наведення на рейку (за середнім штрихом сітки ниток);

– за горизонтальним кругом;

– за вертикальним кругом;

– за верхнім і нижнім віддалемірними штрихами сітки ниток (у журнал записується лише обчислена віддалемірна віддаль D).

5) виконують дії, зазначені в *пункті 4* у всіх характерних точках місцевості, після чого переходять на наступну станцію, де повторюють роботи, наведені в *пунктах 1–5*.

Інтерполювання рельєфу (журнал тахеометричного знімання береться з попередньої лабораторної роботи):

1) способом графічного інтерполювання викреслюють на плані *горизонталі*;

2) основні горизонталі повинні мати товщину $0,12–0,15\text{ мм}$, а потовщені – $0,25–0,30\text{ мм}$. Крім того, усі потовщені горизонталі мають бути підписані (верх цифр повинен бути направлений у бік підвищення місцевості). На характерних вигинах горизонталей викреслюють *бергштрихи* – короткі штрихи, які показують напрямок схилу; виконують *редагування плану*, яке полягає у

видаленні зайвих підписів точок у місцях їх скупчення і там, де вони заважають ситуації.

Ситуацію, рельєф та позарамкове оформлення плану викреслюють тушшю згідно з вимогами щодо умовних знаків.

Результати побудови плану наведено на рис. 6–8.

Положення точок з прийнятною точністю може визначатись графічним інтерполюванням відповідно до ескізу.

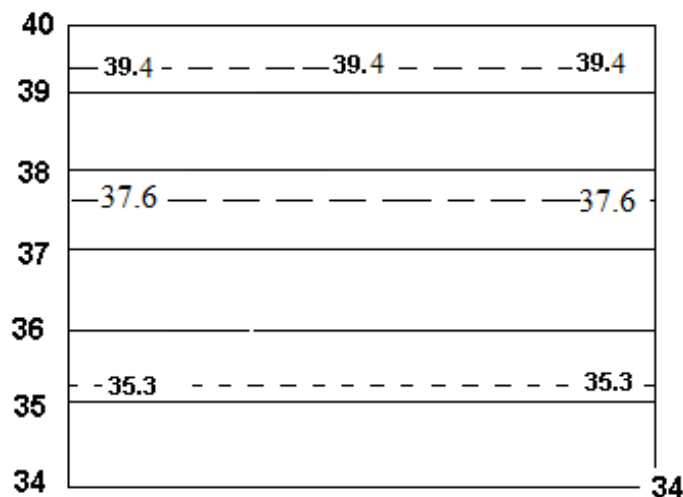


Рисунок 6 – Палетка для графічного інтерполювання слідів горизонталей з висотами

Для інтерполювання графічним методом застосовується *палетка*-система паралельних ліній (рис. 5) з постійною відстанню між ними 5–10 мм (за необхідності). Палетка може бути прозорою (на кальці), або непрозорою (на папері).

Властивості палетки:

- кількість ліній n палетки дорівнює кількості горизонталей, що підлягають зображенню +2: (рис. 8, $n = 6$);
- лініям палетки надані висоти горизонталей, які потрібно зобразити;
- усі точки на кожній лінії палетки (і лініях, паралельних до них) мають однакову висоту;
- простір між лініями палетки заповнений точками, що мають висоти:

$$H_n < H < H_v, \quad (7)$$

де H_n та H_v – висоти відповідно нижньої та верхньої лінії палетки;

– висоти точок між лініями палетки змінюються за лінійним законом у напрямку, перпендикулярному до ліній.

Послідовність дій при графічному інтерполюванні слідів горизонталей:

1. Побудувати план у заданому масштабі (1:1 000).

2. Вписати на план висоти точок.

3. Розглядаючи кожен поверхню між 3 точками як окрему, визначити на її сторонах можливе положення слідів горизонталей та намітити попереднє положення горизонталей.

4. Створивши ескіз рельєфу на станції по поверхнях кожного трикутника, потрібно:

– задати висоту перерізу рельєфу h_0 ($h_0 = 1,0$ м);

– визначити висоти горизонталей, що підлягають зображенню, та їхню кількість, обчисливши перепад висот на ділянці;

– знайти найнижчу і найвищу точки $H_n = \underline{\hspace{2cm}}$; $H_v = \underline{\hspace{2cm}}$ на всьому плані;

– заокруглити H_n у більшу сторону до числа, кратного висоті перерізу рельєфу h_0 (1 м) – отримаємо висоту найнижчої горизонталі $HNД = \underline{\hspace{2cm}}$ м;

– заокруглити H_v у меншу сторону до числа, кратного h_0 – отримаємо висоту найвищої горизонталі $HВД = \underline{\hspace{2cm}}$ м;

– визначити перелік горизонталей, що підлягають зображенню на всьому плані;

– підготувати палетку;

– визначити перелік горизонталей, що підлягають зображенню в площині трикутника.

Наприклад: в інтервалі між точками 13,6–15,1 будуть точки з висотами 14, між точками 14,7–15,1 будуть точки з висотами 15, між 13,6–14,7 буде точка з висотою 14.

Між точками з однаковими висотами проводять лінії, які мають ту ж висоту, і отримують ескіз (попереднє зображення рельєфу горизонталями).

5. Виконати інтерполювання слідів горизонталей і уточнити положення слідів та горизонталей.

6. Зобразити рельєф з урахуванням форми.

У результаті буде отриманий план ділянки від станції I на аркуші паперу формату А3 з представленням рельєфу горизонталями.

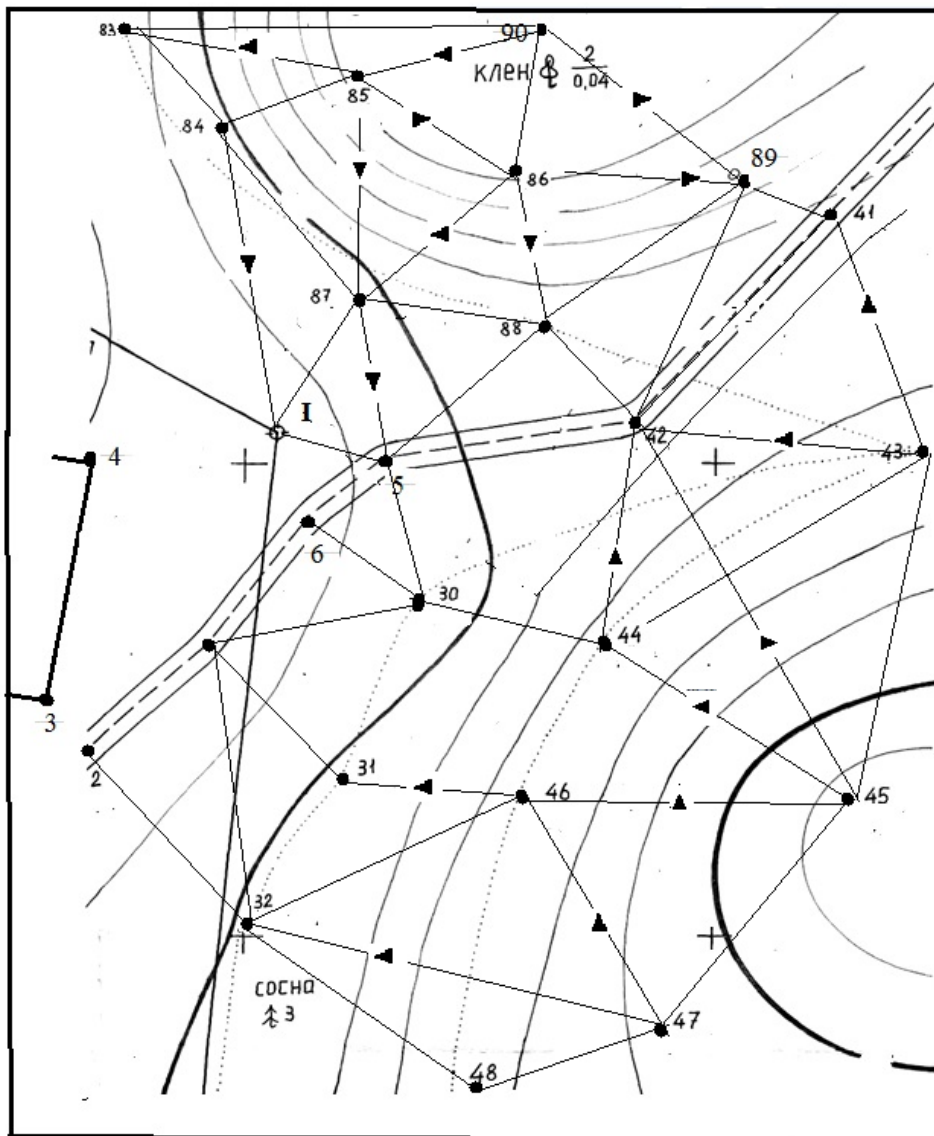


Рисунок 7 – Кроки на станції 1

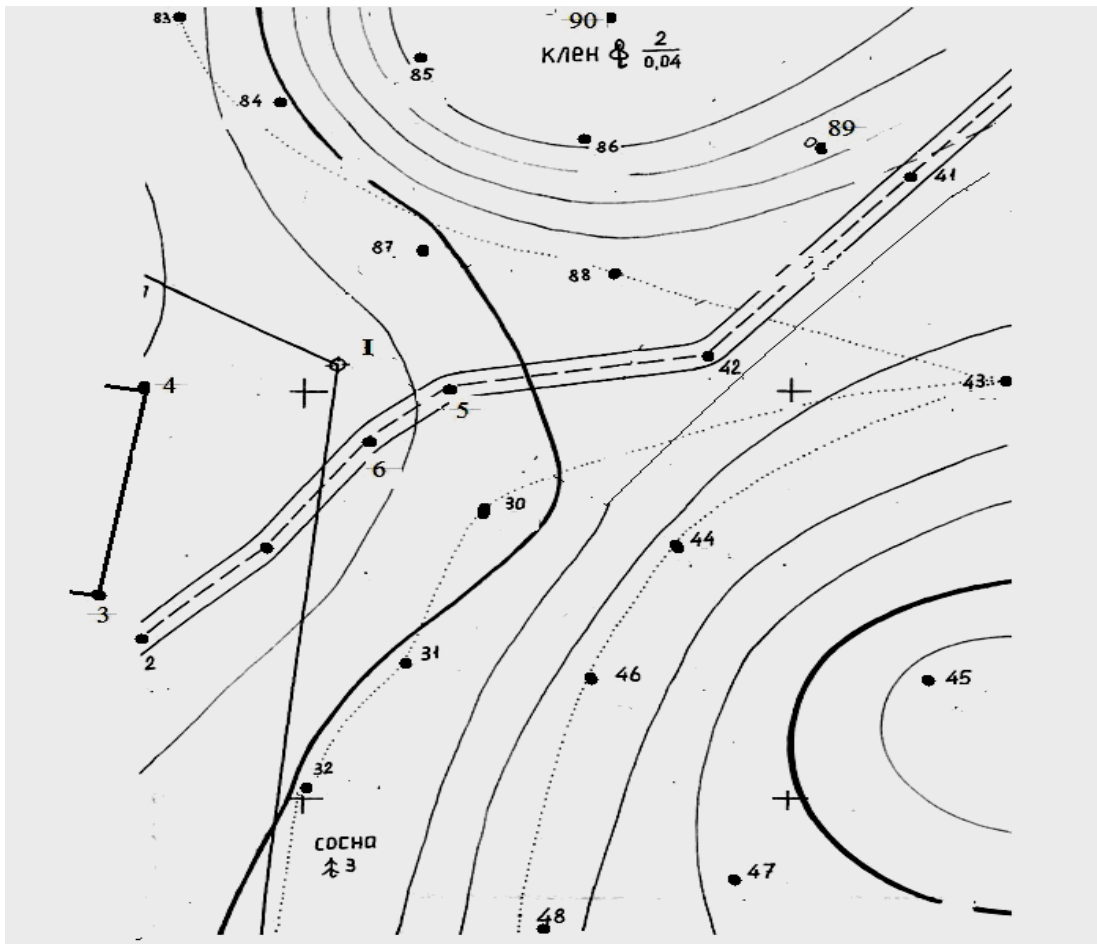


Рисунок 8 – Абрис з ескізом горизонталей на ст.1

Питання для самоперевірки

1. Що таке тахеометрична зйомка?
2. Яка послідовність тахеометричної зйомка?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 22

ВИЗНАЧЕННЯ ПЛОЩ

Мета роботи: засвоєння методів визначення площі з використанням геодезичного обладнання, аналітичним та графічним методами.

Обладнання: теодоліт, рейка нівелірна, калькулятор, засоби креслення.

Частина 1

Завдання: визначити площу фігури.

Рекомендації до виконання завдань.

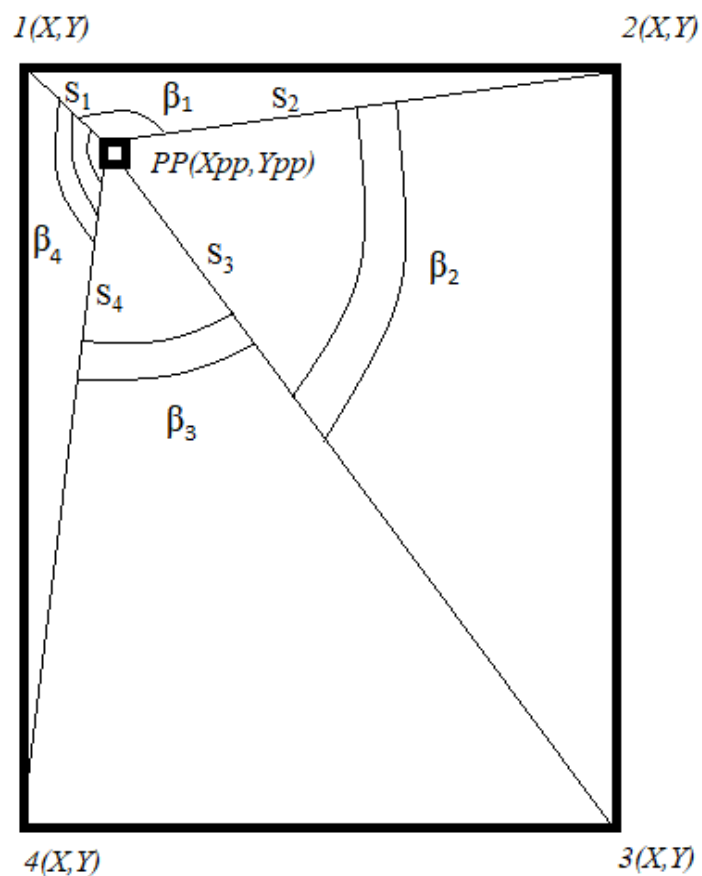


Рисунок 9 – Схема вихідних та похідних даних для визначення площі

Хід роботи

1. Встановити прилад на станції.

2. Визначити умовні координати станції: PP(0;0).
3. Виміряти похилу відстань та кут нахилу по напрямках до кутів фігури.
4. Виміряти кути між напрямками.

Номер станції	№	Круг	Відлік за ГК	Гор. кут	Відлік за ВК	МО	Кут нахилу, ν	N1	N2	D
PP	1	КЛ								
		КП								
	2	КЛ								
		КП								

Номер станції	№	Круг	Відлік за ГК	Гор. кут	Відлік за ВК	МО	Кут нахилу, ν	N1	N2	D
PP	2	КЛ								
		КП								
	3	КЛ								
		КП								

Номер станції	№	Круг	Відлік за ГК	Гор. Кут	Відлік за ВК	МО	Кут нахилу, ν	N1	N2	D
PP	3	КЛ								
		КП								
	4	КЛ								
		КП								

Номер станції	№	Круг	Відлік за ГК	Гор. кут	Відлік за ВК	МО	Кут нахилу, ν	N1	N2	D
PP	4	КЛ								
		КП								
	1	КЛ								
		КП								

5. Розрахунок місця нуля.
6. Розрахувати горизонтальне прокладення по 4 напрямках.
7. Зрівняти горизонтальні кути.
8. Розрахувати дирекційні кути від станції до точок 2–4 фігури, якщо дирекційний кут $\alpha_{pp-1} = 00^\circ 00'$.
9. Розрахувати координати точок 1–4 фігури, якщо відомий дирекційний кут.

10. Визначаємо площу фігури за координатами.

$$\begin{aligned} S &= \frac{1}{2} \left| \sum_{i=1}^{n-1} x_i y_{i+1} + x_n y_1 - \sum_{i=1}^{n-1} x_{i+1} y_i - x_1 y_n \right| = \\ &= \frac{1}{2} |x_1 y_2 + x_2 y_3 + \dots + x_{n-1} y_n + x_n y_1 - x_2 y_1 - x_3 y_2 - \dots - x_n y_{n-1} - x_1 y_n|, \end{aligned} \quad (8)$$

де S – площа багатокутника,

n – кількість сторін багатокутника,

(x_i, y_i) , $i = 1, 2, \dots, n$ – координати вершин багатокутника.

Частина 2

Завдання: визначити площу фігури. Фігуру задає викладач.

Рекомендації до виконання завдань

Основним параметром підрахунку запасів в об'ємній або масовій мірі є площа поширення покладу чи окремих його частин. Тому визначення площі є постійною операцією при підрахунку запасів будь-яким способом.

Поверхні, площі яких підлягають визначенню, можуть бути плоскими і топографічними. Контури площ, які визначають, можуть бути ламаними або кривими лініями. Очевидно, що спосіб визначення площі зумовлюється характером поверхні покладу, формою обмежувального контуру і способом підрахунку запасів.

Площу плоского контуру можна визначити одним із таких способів: аналітичним, геометричним – за формулами геометрично правильних фігур, планіметром, курвіметром і палеткою з паралельними лініями, палеткою точковою або квадратною.

Розглянемо суть кожного з названих способів.

Аналітичний спосіб. Аналітично площу визначають за координатами x , y кутових точок контуру. На рис. 10 – це вершини 1–4 чотирикутника. Площа цієї фігури дорівнює алгебраїчній сумі площ трапецій, основами яких є ординати

точок, а висотами – різниці абсцис. Площа трапеції дорівнює добутку півсуми основ на висоту. Враховуючи це, маємо:

$$S = 1/2[(x_1-x_2)(y_1-y_2)+(x_2-x_3)(y_2-y_3)+\dots+(x_{n-1}-x_n)(y_{n-1}-y_n)+(x_n-x_1)(y_n-y_1)]. \quad (9)$$

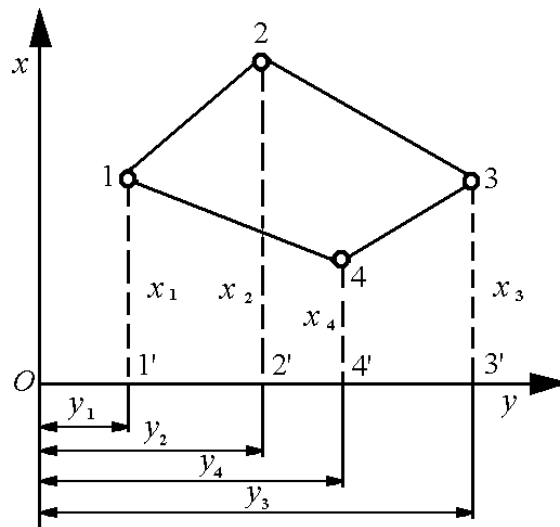


Рисунок 10 – Аналітичний спосіб визначення площ

Часто для вимірювання площ використовують точкову або квадратну палетку (рис. 11).

Палетку накреслюють на прозорому папері. Відстань між точками приймають 0,5; 1,0 або 2,0 см залежно від розміру ділянки. Для невеликих площ (3–4 дм²) використовують сантиметрову палетку, в інших випадках – двосантиметрову. Бажано, щоб всередині контуру, площа якого визначається, було не менше 50 точок палетки.

Для вимірювання площі палетку довільно накладають на контур плану і підраховують кількість точок чи квадратів всередині контуру (n) і кількість точок, що розташовані на самому контурі (k). Площа, обмежена контуром, дорівнює $n + \frac{k}{2}, \text{см}^2$. Дійсну площу обчислюють за формулою:

$$S = q \left(n + \frac{k}{2} \right), \quad (10)$$

де q – площа одного квадрата палетки (m^2) у масштабі плану.

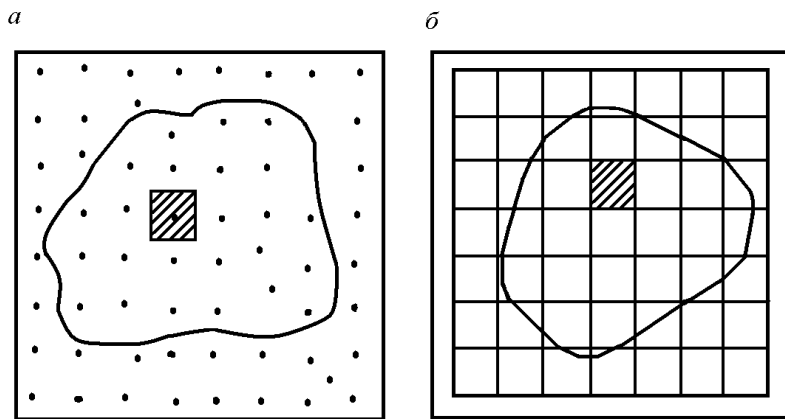


Рисунок 11 – Палетки для визначення площі:

a – точкова; b – квадратна

Площу, зазвичай, визначають тричі, по-різному орієнтуючи палетку відносно контуру, і знаходять середнє арифметичне цих трьох визначень. Його й приймають за шукану площу.

Питання для самоперевірки

1. Що таке палетка?
2. Для чого необхідне визначення площі?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 23

МЕХАНІЧНИЙ СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ПЛОЩ

Мета роботи: засвоєння методів визначення площі планіметром.

Обладнання: планіметр, калькулятор, засоби креслення

Завдання: Визначити площу фігури планіметром. Фігуру беруть на карті.

Рекомендації до виконання завдань

Геометрично площу визначають за формулами геометрично правильних фігур – трикутника, квадрата, прямокутника, трапеції тощо, на які розбивають шукану площу. Додаючи площі останніх і враховуючи масштаб креслення, одержують площу всієї фігури.

Великі площі криволінійних ділянок вимірюють за допомогою приладу – *планіметра*. Теорія цього приладу і практика вимірювання ним площ на плані детально розглядається в курсі геодезії.

Обчислюють площу, виміряну планіметром, за формулами:

$S = c(N_2 - N_1 - q)$, якщо полюс планіметра розміщений всередині контуру фігури;

$S = c(N_2 - N_1)$, якщо полюс розміщений поза контуром фігури,

де N_1 – показання лічильника планіметра до обведення контуру;

N_2 – показання лічильника після обведення контуру шпилем планіметра;

c – ціна поділки планіметра або його коефіцієнт, який визначається шляхом вимірювання заздалегідь відомої площі в масштабі плану при певній довжині обвідного важеля планіметра і ділення цієї площі на різницю відліків до і після обведення контуру. Ціна поділки планіметра залежить від довжини обвідного важеля і масштабу плану;

q – друга стала планіметра для даної довжини важеля, яку визначають за формулою $q = N_2 - N_1 - (N_2' - N_1')$, де N_1, N_2, N_1', N_2' – показання лічильника планіметра при вимірюванні однієї і тієї ж площі при розміщенні полюса поза контуром і всередині контуру фігури.

При визначенні площі курвіметром і палеткою з паралельними лініями відстані між останніми мають дорівнювати 0,5; 1,0 або 2,0 см залежно від розмірів вимірюваної площі.

Визначаючи площу цим способом, палетку накладають так, щоб деякі дві її лінії дотикалися контуру в двох точках, наприклад, a і b (рис. 12). Відрізки ліній палетки, які розміщені в межах контуру, послідовно прокочують (вимірюють) курвіметром. Їхні довжини цим приладом автоматично додаються – одержують площу контуру на плані в сантиметрах квадратних, якщо відстань між лініями палетки дорівнює 1 см. Після цього площу згідно з масштабом переводять в метрах квадратних .

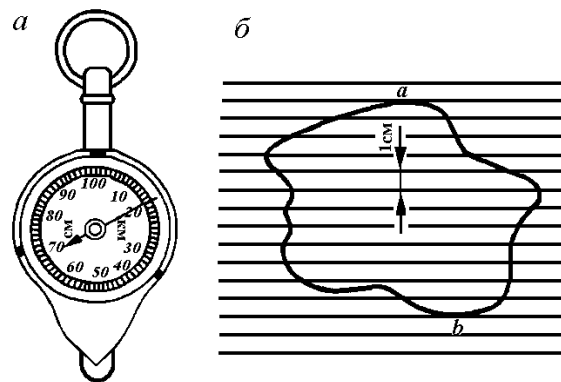


Рисунок 12 – Вимірювання площі за допомогою курвіметра і палетки

Питання для самоперевірки

1. Що таке планіметр?
2. Які особливості використання планіметра?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 24
РОЗВ'ЯЗУВАННЯ КОМПЛЕКСНИХ УЗАГАЛЬНЮЮЧИХ ЗАДАЧ З
ТОПОГРАФІЧНИХ ЗНІМАНЬ

Мета роботи: навчитись визначати похибки і їх вплив на геодезичні вимірювання.

Обладнання: калькулятор, засоби креслення.

Завдання: оцінити точність визначення площ різними методами. Вихідні дані задає викладач.

Рекомендації до виконання завдань.

Вплив похибок положення точок контуру на точність площ.

Похибки визначення положення точок контуру викликають похибки визначення його площі.

Кординати точок контура x_i та y_i визначаються із середньоквадратичними похибками m_{x_i} та m_{y_i} .

Площу ділянки за *координатами* поворотних точок контуру визначають за формулою:

$$2P = \sum_{i=1}^n x_i (y_{i+1} - y_{i-1}) \quad (11)$$

Середньоквадратичну похибку обчислення площі за *координатами точок* визначають за такою формулою:

$$m_p^2 = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^n m_{t_i}^2 D_i^2, \quad (12)$$

де m_p – середньоквадратична похибка площі;

D_i – діагоналі (відстань між точками $n - 1$ та $n + 1$);

m_t – середньоквадратична похибка відстаней між точками.

Якщо ділянка близька до правильного багатокутника з n вершинами, то

$$m_p = S \sin \frac{\beta}{2} m_t \sqrt{n/2} = m_t \sqrt{\frac{P \sin 360^\circ}{n}}; \quad (13)$$

для прямокутника:

$$m_p = m_t \sqrt{P} \sqrt{(1+k^2)/2k}, \quad (14)$$

де k – відношення більшої сторони до меншої;

для квадрата:

$$m_p = m_t \sqrt{P}. \quad (15)$$

Похибки подаються $[m_p] = \text{м}^2$; $[m_t] = \text{м}$; $[P] = \text{м}^2$.

Тоді для представлення m_p та P в гектарах на місцевості і m_t в сантиметрах:

$$m_p (\text{га}) \cdot 10000 = \frac{m_t (\text{см})}{100} \cdot M \sqrt{P (\text{га}) \cdot 10000} \quad (16)$$

$$m_p (\text{га}) = m_t (\text{см}) \cdot \frac{M}{10000} \sqrt{P (\text{га})}, \quad (17)$$

де M – знаменник чисельного масштабу.

Похибки площ ділянок при різних способах визначення площ для $P = 100$ га і $M 1:10\,000$:

1. Похибки площ при польових вимірюваннях на місцевості при зйомці теодолітом і мірним приладом:

$$m_{PF} = \frac{P}{2000}. \quad (18)$$

2. Похибки площ при нанесені точок на план за координатами і визначення координат за планом:

$$m_{PN} = 0.018 \cdot \frac{M}{10000} \cdot \sqrt{P(za)} \quad (19)$$

3. Похибки площ при контурній зйомці по точках контурів ситуації:

$$m_{PS} = 0.040 \cdot \frac{M}{10000} \cdot \sqrt{P(za)} \quad (20)$$

4. Похибки площ при графічному способі:

$$m_{PQ} = 0.010 \cdot \frac{M}{10000} \cdot \sqrt{P(za)} \quad (21)$$

5. Похибки площ при механічному способі дворазовим обведенням:

$$m_{PR} = 0.5P + 0.007 \cdot \frac{M}{10000} \cdot \sqrt{P(za)} + 0.0003 \cdot P(za) \quad (22)$$

6. Похибки площ при визначенні промірів графічно за планом:

$$m_{PQ} = 0.010 \cdot \frac{M}{10000} \cdot \sqrt{P(za)} \quad (23)$$

Спосіб	Геодоснова	Похибка площі в залежності від похибок, га						Сумарн абсолют пох, га	Відносна сум арн пох, % $m_{от}$	Гранична	
		m_{PF}	m_{PN}	m_{PS}	Обчисл. площа		m_{PQ}			$2m_{от}$	$3m_{от}$
					m_{PQ}	m_{PR}					
		1	2	3	4	5	6				
Аналітичний	Теодол ходи	0.05	–	–	–	–	–	0.05	0.05	0.10	0.15
Графічний	Теодол ходи	0.05	0.18	–	0.10	–	0.10	0.23	0.23	0.46	0.69
Графічний	Т-ки ситуації	–	–	0.40	0.10	–	0.10	0.42	0.42	0.84	1.26
Механічний	Теодол ходи	0.05	0.18	–	–	0.15	0.10	0.26	0.26	0.52	0.78
Механічний	Т-ки ситуації	–	–	0.40	–	0.15	0.10	0.44	0.44	0.88	1.32

Рисунок 13 – Похибки площ ділянок залежно від способів проектування і перенесення в натуру для $P = 100$ га і $M 1:10\ 000$

При розрахунку похибок передбачається, що роботи виконують на щільному папері, вивіреними приладами, гостро відточеним олівцем, вимірником з гостро відточеними ніжками тощо. *Без дотримання цих умов точність площ ділянок значно знижується.*

Для витягнутих ділянок середні квадратичні похибки слід збільшити в r разів,

$$r = \sqrt{(1+k)/2k}, \quad (24)$$

де K – відношення довгої сторони до короткої.

Для більш точного уявлення про похибки визначення площі за планом для фігур, *близьких за формою до прямокутника*, з числом точок n , видовженістю k і з *приблизно рівними відстанями між точками* по контуру, слід використовувати формулу:

$$m_p = m_t \cdot \frac{M}{10000} \sqrt{P} \cdot \frac{4\sqrt{0.5n-1}}{n} \cdot \frac{k+1}{2\sqrt{k}} \quad (25)$$

де m_f – середньоквадратична похибка відстаней між точками (m_p вимірюється в гектарах).

Найточніший – аналітичний спосіб $m \approx 0.05\%$.

Найбільші похибки є при графічному і механічному способах.

Питання для самоперевірки

1. Що таке похибка?
2. Який вплив мають похибки на вимірювання?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дистанційний курс на платформі Moodle. Геодезія (Модуль 1 Геодезичні вимірювання) [Електрон. ресурс] / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова : сайт. – Електрон. текст. дані. – Оновлюється постійно. – Харків, 2024. – Режим доступу: <https://dl.kname.edu.ua/course/view.php?id=1732>, вільний (дата звернення: 02.02.2024). – Назва з екрана.
2. Про затвердження Інструкції з топографічного знімання у масштабах 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000 та 1:500 [Електрон. ресурс] : Наказ Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті міністрів України. № 56 від 09.04.98. – Електрон. текст. дані. – Київ, 1998. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0393-98#Text>, вільний (дата звернення: 02.02.2024). – Назва з екрана..
3. Гончаренко О. С. Геодезичне забезпечення землевпорядкування : [Електрон. ресурс] : конспект лекцій / О. С. Гончаренко. – Електрон. текст. дані. – Київ, 2020. – 129 с. – Режим доступу : http://geo.univ.kiev.ua/images/doc_file/Konspekt_lekcii/Zemlya_Goncharenko.pdf, вільний (дата звернення: 02.02.2024). – Назва з екрана.
4. Калинич І. В. Топографія. Лабораторний практикум / І. В. Калинич, М. Р. Ничвид, І. І. Калинич. – Ужгород : Видавництво УжНУ «Говерла», 2020. – 176 с.
5. Рева М. П. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Геодезія та землевпорядкування» / М. П. Рева, Ю. В. Орешніков. – Дніпропетровськ, 2011, – 39 с.
6. Панчук Ю. М. Лабораторний практикум з інженерної геодезії : навч. посіб. / Ю. М. Панчук, О. Є. Янчук. – Рівне, 2010. – 135 с.
7. Шаульський Д. В. Конспект лекцій з дисципліни «Основи геодезії» (для студентів 1 і 3 курсів денної форми навчання, напряму підготовки 6.060102 «Архітектура» спеціальності «Містобудування») / Д. В. Шаульський ; Харків. нац. акад. міськ. гос-ва. – Харків : ХНАМГ, 2012. – 55 с.

8. Рева М. П. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Геодезія та землевпорядкування» / М. П. Рева, Ю. В. Орешніков. – Дніпропетровськ, 2011. – 39 с.

9. Панчук Ю. М. Навчальний посібник. Лабораторний практикум з інженерної геодезії / Ю. М. Панчук, О. Є. Янчук. – Рівне, 2010. – 135 с.

Електронне навчальне видання

Методичні рекомендації
до проведення лабораторних занять
і організації самостійної роботи
з навчальної дисципліни

«ГЕОДЕЗІЯ»
Змістовий модуль 6
Засоби і методи наземних топографічних знімачь

(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій)

Укладачі : **КУХАР** Максим Анатолійович,
ПЕНЬКОВ Володимир Олексійович

Відповідальний за випуск *К. А. Мамонов*
Редактор *М. О. Гаман*
Комп'ютерне верстання *М. А. Кухар*

План 2021, поз. 518М

Підп. до друку 03.04.2023. Формат 60 × 84/16.
Ум. друк. арк. 2,3.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: office@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017.