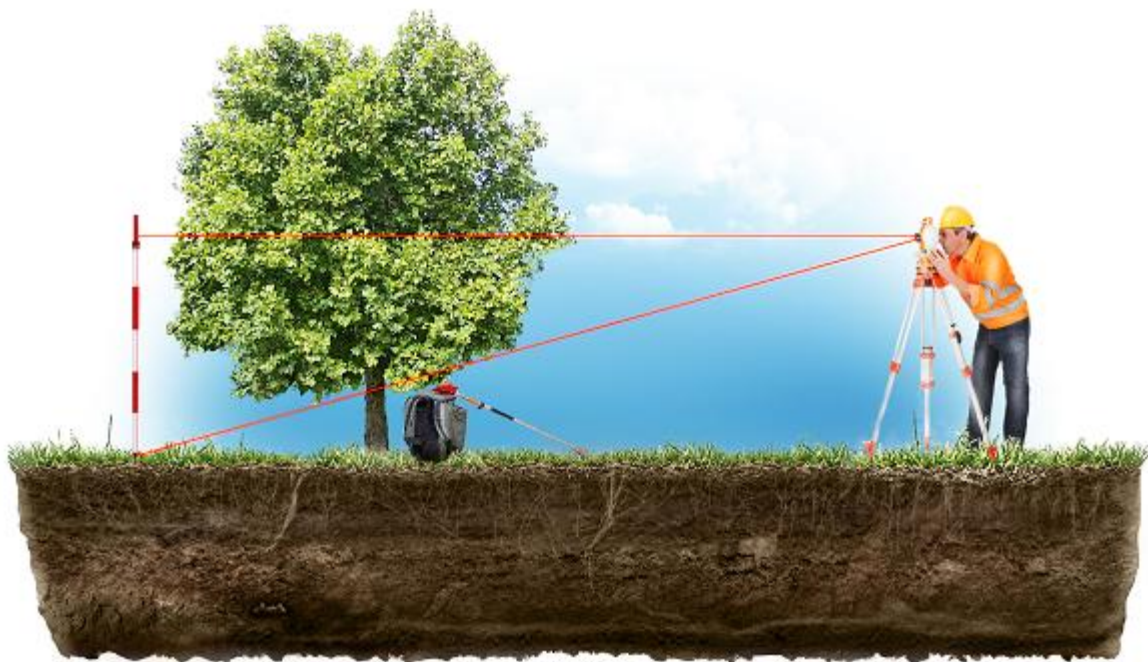


С. О. Винограденко, Л. М. Макєва, Т. О. Степаненко

ПРАКТИКУМ З ГЕОДЕЗІЇ



Харків – 2022

**Міністерство освіти і науки України
Державний біотехнологічний університет**

С. О. Винограденко, Л. М. Макєва, Т. О. Степаненко

ПРАКТИКУМ З ГЕОДЕЗІЇ

Харків – 2022

УДК 528.23
В49

*Схвалено і рекомендовано до видання рішенням вченої ради
факультету лісового господарства, деревооброблювальних
технологій та землевпорядкування
(протокол № 9 від 23 червня 2022 р.)*

Рецензенти: *І.В. Кошкалда*, завідувач кафедри управління земельними ресурсами, доктор економічних наук, професор (ДБТУ);
А. С. Попов, професор кафедри землеробства, геодезії та землеустрою, доктор економічних наук, професор (МНАУ)

Винограденко С. О., Макєєва Л. М., Степаненко Т. О.

В49 Практикум з геодезії / С. О. Винограденко, Л. М. Макєєва, Т. О. Степаненко; Державний біотехнологічний університет. – Харків, 2022. – 75 с.

Висвітлено питання, передбачені програмою дисципліни “Геодезія”: теоретичні положення та загальні поняття геодезії, вивчення топографічної карти, номенклатури топографічних карт і розв’язання задач за ними, вивчення будови теодолітів і теодолітне знімання, вивчення будови нівелірів та робота з ними.

Призначено для здобувачів закладів вищої освіти зі спеціальностей 205 «Лісове господарство», 206 «Садово-паркове господарство» початкового (короткого циклу) рівня вищої освіти та першого рівня (бакалаврського) вищої освіти.

УДК 528.23

© Державний біотехнологічний університет, 2022

© Винограденко С.О.,
Макєєва Л.М.,
Степаненко Т. О., 2022

ЗМІСТ

Вступ	4
Практична робота 1. Масштаби та їх застосування	5
Практична робота 2. Рішення задач за топографічними картами..	12
Практична робота 3. Визначення номенклатури топографічних карт масштабів 1 : 1 000 000, 1 : 500 000, 1 : 200 000, 1 : 100 000, 1 : 50 000, 1 : 25 000, 1 : 10 000	27
Практична робота 4. Теодоліт, його будова, перевірки теодоліта та робота з ними	34
Практична робота 5. Обчислення координат точок замкнутого теодолітного ходу	49
Практична робота 6. Нівелір, його будова і перевірки нівелірів, вимірювання перевищень	57
Список літератури.	67
Додатки	69

ВСТУП

Земля є основним природним ресурсом матеріальною основою життя і діяльності людей базою і джерелом отримання продовольства.

На сучасному етапі в Україні стоїть завдання щодо організації використання землі, щоб, з одного боку, покінчити з деградацією земель, установити і покращити їх родючість, а з другого, підвищити ефективність виробництва за рахунок правильного використання землеволодіння та землекористування. Це можна вирішити за допомогою землеустрою.

Раціональне використання землі, правильний облік, упорядкування потребує певних знань з геодезії.

У результаті вивчення дисципліни «Геодезія» здобувач повинен: **знати** законодавчі та нормативно-стильові основи професійного мовлення; механізми дії зовнішніх факторів на технологічні процеси геодезичних робіт та екосистему в цілому, сучасні інформаційні технології; способи одержання наукової та професійної інформації; джерела одержання потрібної інформації, основні поняття, які використовуються в геодезії, основні види геодезичних зніманих, методика та порядок їх виконання;

володіти певними знаннями з геодезії, складанням планів та карт. У польових умовах робити зйомку та складати план певної території;

уміти працювати з вимірювальними приладами та інструментами; проводити геодезичні розрахунки, зв'язані з різними способами вираження концентрації, рівняннями та функціями тощо; проводити геодезичні знімання (теодолітне, нівелірне, тахеометричне); застосовувати екологічно безпечні підходи під час виконання робіт; упорядковувати, оцінювати, класифікувати одержану інформацію; готувати рекомендації щодо подальшого її використання; інтерпретувати отримані фахові теоретичні, практичні і наукові знання для формування стратегій і підходів щодо вирішення виробничих питань у галузі лісового та садово-паркового господарства.

Практична робота 1

МАСШТАБИ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

Мета роботи: вивчити види масштабів, правила їх застосування та нанесення на карту; отримати навички читання топографічних карт.

Матеріали та обладнання: карти масштабу 1:1000, 1:2000, 1:5000, олівець, вимірник, масштабна лінійка, навчальні плакати, підручники.

Теоретичні відомості і методика виконання роботи

1. Масштаби: чисельні, графічні та іменовані

Масштабом називають відношення довжини відрізка на плані або карті до довжини горизонтального прокладення відповідного відрізка на місцевості. У свою чергу, *горизонтальне прокладення лінії* – це проекція відповідної похилої лінії на місцевості на горизонтальну площину. За допомогою масштабу вирішуються два завдання:

1. Визначення довжини лінії на топографічному плані (карті);
2. Побудова заданої лінії на топографічному плані (карті).

Застосовують три типи масштабу: чисельний, графічний (лінійний і поперечний) та іменованний. **Чисельним масштабом** називають масштаб, виражений дробом, чисельник якого рівний одиниці, а знаменник показує, у скільки разів горизонтальне прокладення лінії місцевості зменшено під час зображення горизонтального прокладення лінії на плані або карті. Чисельний масштаб – величина неіменована. Його записують так: 1:1000, 1:2000, 1:5000 і т.д., причому в такому записі 1000, 2000 і 5000 називається **знаменником масштабу М**.

Чисельний масштаб означає, що в одній одиниці довжини лінії на плані (карті) міститься точно стільки ж одиниць довжини на місцевості. Наприклад, в одній одиниці довжини лінії на плані 1:5000 міститься 5000 таких самих одиниць довжини на місцевості, а саме: 1 см довжини лінії на плані 1:5000 відповідає 5000 см на місцевості (тобто 50 м на місцевості); в 1 мм довжини лінії на плані 1:5000

міститься 5000 мм на місцевості (тобто в 1 мм довжини лінії на плані 1:5000 міститься 500 см або 5 м на місцевості) і т.д.

Для зручності користування масштабами та уникнення розрахунків замість чисельного масштабу використовують графічні масштаби, які бувають лінійні та поперечні. Під час роботи з планом у ряді випадків використовують лінійний масштаб.

Лінійний масштаб – графік, (рис. 1) який є зображенням певного чисельного масштабу.

Основою лінійного масштабу називають відрізок АВ лінійного масштабу (основна частка масштабу) рівний 2 см. Його переводять у відповідну довжину на місцевості і підписують. Крайню ліву основу масштабу ділять на 10 рівних частин.

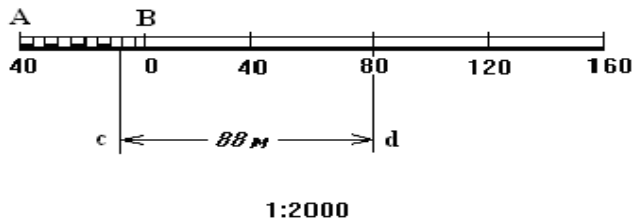


Рис. 1. Графік лінійного масштабу

Найменша поділка основи лінійного масштабу дорівнює 1/10 основи масштабу.

Приклад: для лінійного масштабу (який використовують під час роботи на топографічному плані масштабу 1:2000), показаного на рис.1, основа масштабу АВ рівна 2 см (тобто 40 м на місцевості), а найменша поділка основи рівна 2 мм, що в масштабі 1:2000 відповідає 4 м на місцевості. Відрізок *cd* (див. рис. 1), узятий з топографічного плану масштабу 1:2000, складається з двох основ масштабу і двох найменших основ, що відповідає на місцевості $2 \cdot 40\text{м} + 2 \cdot 2\text{м} = 88\text{ м}$.

У ході виконання роботи, користуючись лінійним масштабом на бланку, слід позначити довжини заданих відрізків, показати один з них на самому графіку лінійного масштабу, а два інших – під поперечним масштабом. Кінці їх наколоти голкою та обвести кружками діаметром 1,5–2,0 мм. Практична точність лінійного масштабу 0,02–0,03 основи масштабу. Для більш точних графічних робіт на картах використовують поперечний масштаб, який дає змогу вимірювати відрізки з точністю 0,01 його основи. Точніше графічне визначення і побудову довжин ліній можна зробити за допомогою іншого графіка – поперечного масштабу (рис. 2).

Поперечний масштаб – графік для максимально точного вимірювання і відкладання відстаней на топографічному плані

(карті). Для побудови поперечного масштабу на прямій лінії проводять однакової довжини перпендикуляри, які приймають за основу масштабу. Ліву основу ділять на десять однакових частин. Кожну з яких приймають за десятку основи. Із точок основ масштабу вгору відкладають перпендикуляри довжиною, рівною довжині основи, які ділять на десять рівних між собою відрізків. Верхній лівий крайній відрізок також ділять на десять частин. Паралельно до цієї лінії з'єднують інші відрізки за допомогою *трансверсалей*.

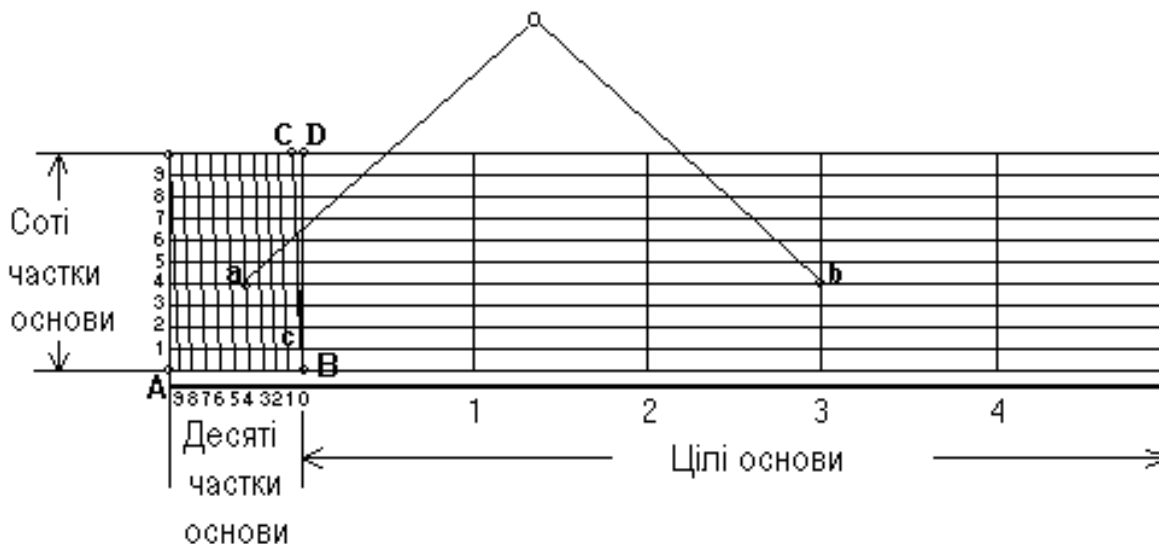


Рис. 2. Графік поперечного масштабу

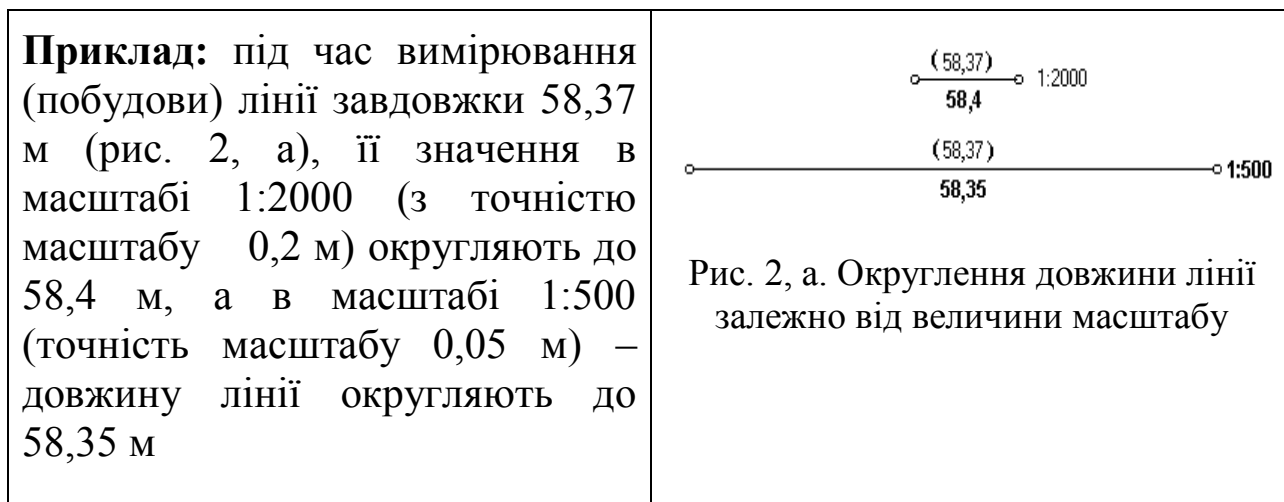
Основа АВ нормального поперечного масштабу становить, як і в лінійному масштабі, 2 см. Найменша поділка основи дорівнює $CD = \frac{1}{10}AB = 2$ мм. Найменша поділка поперечного масштабу дорівнює $cd = CD = AB = 0,2$ мм (що виходить з подібності трикутника BCD і трикутника Bcd). Таким чином, для чисельного масштабу 1:2000 основа поперечного масштабу відповідатиме 40 м, найменша поділка основи ($\frac{1}{10}$ основи) дорівнює 4 м, а найменша поділка масштабу $\frac{1}{100}AB$ становить 0,4 м.

Приклад: відрізок ab (див. рис. 2), узятий з плану масштабу 1:2000, відповідає на місцевості 137,6 м (три основи поперечного масштабу ($3 \cdot 40 = 120$ м), чотири найменші поділки основи ($4 \cdot 4 = 16$ м) і чотири найменші поділки масштабу ($0,4 \cdot 4 = 1,6$ м), тобто $120 + 16 + 1,6 = 137,6$ м).

Точністю масштабу називають горизонтальний відрізок на місцевості, який відповідає величині 0,1 мм на плані певного масштабу. Ця характеристика залежить від роздільної здатності неозброєного людського ока, яка дозволяє розглянути мінімальну відстань на топографічному плані в 0,1 мм. На місцевості ця величина буде рівна $0,1 \text{ мм} \cdot M$, де M – знаменник масштабу. Поперечний

масштаб, зокрема, дозволяє виміряти довжину лінії на плані (карті) масштабу 1:2000 саме з точністю певного масштабу.

Приклад: в 1 мм плану 1:2000 міститься 2000 мм місцевості, а в 0,1 мм, відповідно, $0,1 \cdot M$ (мм) = $0,1 \cdot 2000$ мм = 200 мм = 20 см, тобто 0,2 м (табл. 1). Тому під час вимірювання (побудови) на плані довжини лінії її значення слід округляти з точністю масштабу.



Таблиця 1

Значення поділок нормального поперечного масштабу залежно від величини масштабу

Пор. №	Чисельний масштаб	Величина масштабу, см	Кількість метрів			
			в основі (2 см) масштабу	в одній поділці зліва від нуля (1/10 частина)	у найменшій поділці по трансверсалі (1/100 частина)	Гранична графічна точність плану (карти), м
1	1:500	5	10	1	0,1	0,05
2	1:1000	10	20	2	0,2	0,10
3	1:2000	20	40	4	0,4	0,20
4	1:5000	50	100	10	1,0	0,50
5	1:10000	100	200	20	2,0	1,00
6	1:25000	250	500	50	5,0	2,50
7	1:50000	500	1000	100	10,0	5,00
8	1:100000	1000	2000	200	20,0	10,00
9	1:200000	2000	4000	400	40,0	20,00
10	1:500000	5000	10000	1000	100,0	50,00
11	1:1000000	10000	20000	2000	200,0	100,00

2. Читання топографічних планів

Для користування топографічними планами необхідно вивчити умовні знаки, прийняті для певного масштабу. **Умовні знаки** – графічні позначення, які показують місцеположення предметів і явищ, а також їх кількісні та якісні характеристики. Їх видають у вигляді окремих таблиць або таблиць на учбових планах. Умовні знаки поділяють на масштабні (контурні) і позамасштабні.

Масштабними називають умовні знаки, якими місцеві предмети зображують у масштабі певного плану, тобто крупні об'єкти, наприклад, рілля, луки, ліси, моря, озера і т.п.

Позамасштабні умовні знаки – знаки, що показують предмети, які унаслідок свого малого розміру не може бути зображено в масштабі плану (ширина доріг, колодязі, джерела, мости, опори ЛЕП, стовпи електромережі і т.д.). Величина цих знаків не відповідає істинним розмірам зображуваних предметів.

Лінійні знаки – картографічні умовні знаки, які застосовують для зображення об'єктів лінійного характеру, довжина яких виражена в масштабі карти, але ширина значно перевищує їх фактичну ширину.

Площинні умовні знаки – картографічні умовні знаки, які застосовують для заповнення площ об'єктів, виражених у масштабі карти.

Позамасштабні лінійні знаки – картографічні умовні знаки, які застосовують для зображення об'єктів лінійного характеру, довжина яких не виражена в масштабі карти.

Позамасштабні площинні умовні знаки – картографічні умовні знаки, які використовують для зображення об'єктів, площі яких не виражені в масштабі карти (плану).

Підписи пояснень – підписи, що пояснюють вигляд або рід зображених на карті об'єктів, а також їх кількісні та якісні характеристики.

Штрихові елементи карти (плану) – елементи карти (плану), виконані лініями, штрихами або точками.

Фонові елементи карти (плану) – елементи карти (плану), виконані яким-небудь колірним фоном.

Здавальні матеріали

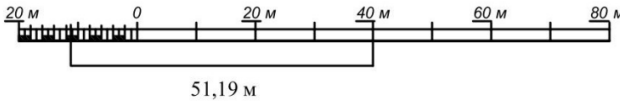
1. Вивчити масштаби – чисельний, графічний, іменований (рис. 3):

а) за чисельними масштабами 1:1000, 1:2000, 1:5000, 1:10000 визначити число метрів, відповідне основі нормального поперечного

масштабу, його десятим і сотим часткам. Визначити точність цих масштабів, отримані значення занести в табл. 2.

ЛІНІЙНИЙ МАСШТАБ

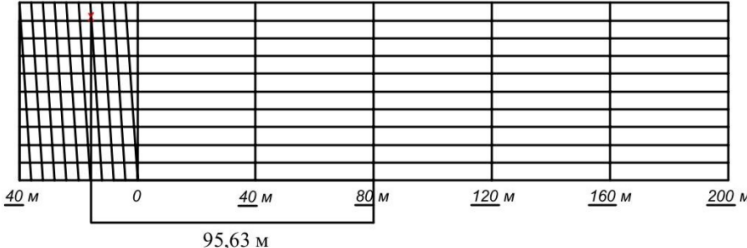
1 : 1 000, в 1 см 10 м



51,19 м

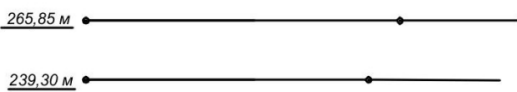
ПОПЕРЕЧНИЙ МАСШТАБ

1 : 2 000, в 1 см 20 м



95,63 м

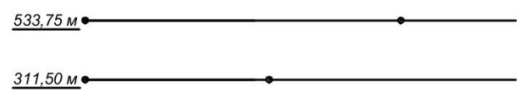
1 : 5 000, в 1 см 50 м



265,85 м

239,30 м

1 : 10 000, в 1 см 100 м



533,75 м

311,50 м

Індивідуальне завдання

1:10 000	339.50	117.25	5.55 x N	533.75	311.50
1:5 000	71.60	45.05	5.55 x 35 = 194.25	265.85	239.30
1:2 000	ГМ	56.78	ГМ	ГМ	95.63
1:1 000	ЛМ	12.34	1.11 x N	ЛМ	51.19
№ номер варіанта	1 група	Додати	1.11 x 35 = 38.85	ЛМ	51.19
		Приклад	1.11 x 35 = 38.85	ЛМ	51.19
		для		ЛМ	51.19
		варіанту 35		ЛМ	51.19
		група 1		ЛМ	51.19

<h2>МАСШТАБИ</h2>		ВАРІАНТ <u>35</u>
ВИКОНАВ		КАФЕДРА ГЕОДЕЗІЇ, КАРТОГРАФІЇ та ГЕОІНФОРМАТИКИ
ПЕРЕВІРИВ		ФІЗ, 1 к. 1 ГР.

Рис. 3. Зразок оформлення роботи

Розрахунок довжин основ по графікам масштабів

Масштаб	Кількість метрів, відповідна			Точність масштабу, м
	основі масштабу	десятим часткам основи	сотим часткам основи	
1:1000				
1:2000				
1:5000				
1:10000				

б) користуючись поперечним масштабом, побудувати довжину ліній за індивідуальним завданням у масштабах 1:5000 і 1:10000.

Індивідуальне завдання (довжини ліній):

$$1:1000: \quad ЛМ = 1,11 \cdot N + 12,34;$$

$$1:2000: \quad ПМ = 1,11 \cdot N + 56,78;$$

$$1:5000: \quad 5,55 \cdot N + 71,60;$$

$$5,55 \cdot N + 45,05;$$

$$1:10000: \quad 5,55 \cdot N + 339,50;$$

$$5,55 \cdot N + 117,25.$$

Під час захисту роботи проводять співбесіду з кожним здобувачем, у ході якого виявляють уміння вільно користуватися графічними масштабами під час вимірювання та відкладання відрізків на топографічних картах будь-якого масштабу.

**Контрольні запитання**

1. Що називають масштабом?
2. Який масштаб називають чисельним, лінійним, поперечним?
3. Що називають основою лінійного і поперечного масштабів?
4. Чому дорівнює основа нормального поперечного масштабу?
5. Чому дорівнює найменша поділка основи нормального поперечного масштабу?
6. Чому рівна найменша поділка нормального поперечного масштабу?
7. Дайте визначення поняття «точність масштабу»?
8. Які умовні знаки називають масштабними і які позамасштабними?

Практична робота 2

РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ЗА ТОПОГРАФІЧНИМИ КАРТАМИ

Мета роботи: навчитися визначати прямокутні та географічні координати, відмітки точок, довжини лінії, азимути, дирекційні кути, румби.

Матеріали та обладнання: карта масштабу 1:10000 або 1:25000, навчальні плакати, масштабна лінійка, олівець, транспортир, вимірник, калькулятор.

МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Задачі, які розв'язують за топографічним планом. За топографічним планом можна розв'язати ряд задач, у т. ч. визначити: прямокутні координати, географічні координати точок; довжину лінії; дирекційний кут і румб лінії; відмітку точки; ухил, крутизну схилу та ін.

Визначення прямокутних координат точок. На топографічні плани наносять координатну сітку, яка створює квадрати зі сторонами 10 см (для масштабу 1:10000). Вертикальні лінії сітки паралельні до осі абсцис, а горизонтальні – осі ординат. Координати вершин квадратів координатної сітки підписують.

Приклад. Запис 79,2 (рис. 4) означає, що абсциса лінії сітки $X=79,2$ км, тобто стоїть по осі X від початку координат на 79200 м. Запис 66,2 означає, що ордината лінії сітки $Y = 66,2$ км, тобто стоїть по осі Y від початку координат на 66200 м.

Щоб швидко знайти яку-небудь точку, на топографічному плані указують нижній лівий кут відповідного квадрата сітки координат.

Користуючись координатною сіткою, циркулем і поперечним масштабом, за топографічним планом можна визначити прямокутні координати точки A (див. рис. 4), що знаходиться в квадраті 79,2–66,2. Необхідно пам'ятати, що абсциси збільшуються на північ, а ординати – на схід.

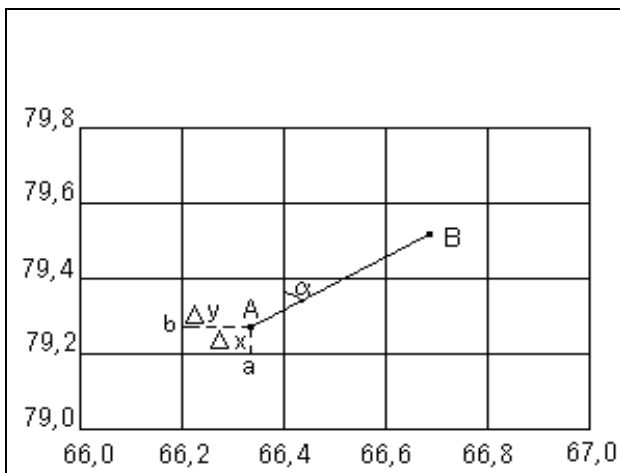


Рис. 4. Визначення прямокутних координат точки А за координатною сіткою топографічної карти

Спочатку записують у метрах абсцису $X_{\text{пд. лінії сітки нижньої (південної) лінії квадрата}}$, у якому знаходиться точка А, тобто $X_{\text{пд. лінії сітки}} = 79200,0$ м. Циркулем за поперечним масштабом визначають відстань $\otimes x = a - A$ також у метрах з точністю масштабу. Отриману величину $\otimes x = 64,8$ м додають до абсциси нижньої (південної) лінії квадрата $X_{\text{пд. лінії сітки}} = 79200,0$ м і знаходять абсцису точки А: $X_A = 79200,0 + 64,8 = 79264,8$ м

Аналогічно визначають ординату точки А: до значення ординати західної лінії сітки квадрата $Y_{\text{зх. лінії сітки}} = 66200,0$ м додають довжину відрізка $D = b - A$, рівну 141,6 м, і одержують Y_A точки А = $66200,0 + 141,6 = 66341,6$ м.

Визначення геодезичних координат точок. На топографічних картах підписують геодезичні координати – широту і довготу, величину яких визначають розмірами й орієнтацією референц-еліпсоїда Красовського, прийнятого в Україні під час виконання картографо-геодезичних робіт як фігури Землі.

Геодезичною широтою B точки (рис. 5) називають кут B , утворений нормаллю до поверхні еліпсоїда в цій точці з площиною екватора. Широти точок, розміщені на північ від екватора, називають північними, а на південь – південними [1].

Геодезичною довготою L точки називають двограний кут L , утворений площиною геодезичного меридіана цієї точки і площиною меридіана, прийнятого за початковий. Довготи обчислюють від початкового меридіана на схід і захід і, відповідно, називають східною та західною [1].

Геодезичну широту B і довготу L заданої точки на карті визначають за допомогою картографічної сітки. На топографічних картах масштабу 1:200000 і більше картографічною сіткою слугують лінії паралелей і меридіанів, що обмежують картографічне зображення.

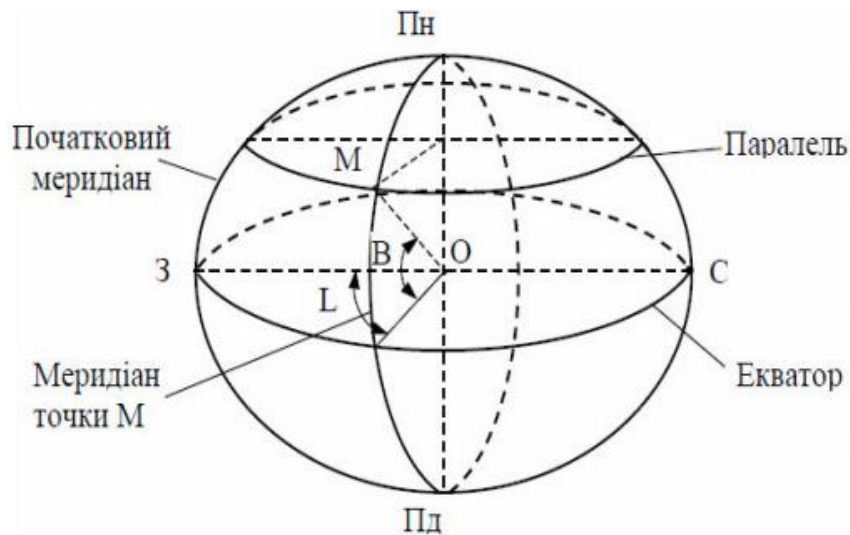


Рис. 5. Географічні координати точки М (B, L)

На кожному аркуші топографічної карти підписано широти і довготи кутів внутрішніх рамок аркуша. Крім того, мінутну рамку карти розбито на міноти, а кожен міноту довготи і широти на топографічних картах масштабів 1:10000 – 1:100000 крапками поділено на шість рівних частин, відстань між якими відповідає $10''$ довготи або широти (рис. 6).

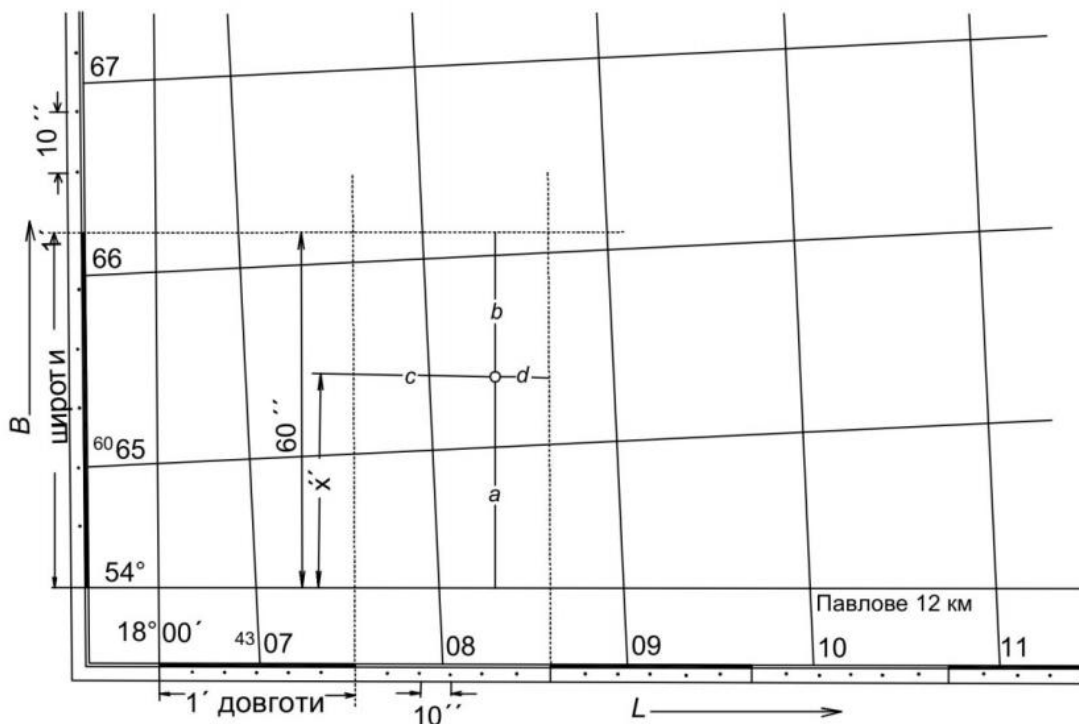


Рис. 6. Визначення геодезичних координат

Приклад. Для наближеного визначення геодезичних координат необхідно через задану точку провести (або прикласти лінійку) паралель і меридіан цієї точки і визначити їх значення на мінутній

рамці на око. Для точнішого визначення координат з урахуванням точності карти і деформації паперу через мінутні поділки рамки проводять найближчі до точки лінії меридіанів і паралелей і за допомогою поперечного масштабу вимірюють відрізки a , b , c , d (див. рис. 6). Координати обчислюють за формулами:

$$B = B_1 + \frac{a}{a+b} \cdot 60''; \quad (1)$$

$$L = L_1 + \frac{c}{c+d} \cdot 60'', \quad (2)$$

де a і b – відстані за меридіанами L від певної точки до найближчих паралелей B_1 , а c і d – паралелі B до найближчих меридіанів L_1 . Якщо наприклад:

$$\begin{aligned} a &= 44,0 \text{ мм}; & B_1 &= 54^\circ 40'; \\ b &= 30,0 \text{ мм}; & L_1 &= 18^\circ 01'; \\ c &= 31,0 \text{ мм}; \\ d &= 11,5 \text{ мм}, \end{aligned}$$

тоді

$$\begin{aligned} B_T &= 54^\circ 40' 35,7''; \\ L_T &= 18^\circ 01' 43,8''. \end{aligned}$$

Отримані значення прямокутних і географічних координат заносять до табл. 3, у яку буде записано і решту розрахованих величин.

Вимірювання довжин відрізків за картою. Відстань між точками A і B (див. рис. 4) вимірюють циркулем, значення довжини лінії AB знаходять за поперечним масштабом і записують з точністю масштабу. Проконтролювати правильність вимірювання відрізка на карті і попереднього визначення прямокутних координат його кінців можна за формулою:

$$D = \sqrt{(X_n - X_k)^2 + (Y_n - Y_k)^2}, \quad (3)$$

де D – відстань між точками з прямокутними координатами початкової X_n , Y_n та кінцевої X_k , Y_k точок, м.

Для визначення криволінійних ліній на планах і картах, особливо довжин горизонталей, рекомендують використовувати **курвіметр** – найпростіший геодезичний прилад для вимірювання довжин кривих ліній на топографічних планах і картах (рис. 7).

Розв'язання задач за топографічною картою

Пор. №	Вимірювані величини	Позначення	Номери точок	
			А	В
1	2	3	4	5
1	Географічні координати - широта - довгота	φ λ	54°40'35,7" 18°01'43,8"	54°41'35,5" 18°02'43,3"
2	Прямокутні координати - абсциса - ордината	X Y	79264,8 м 66341,6 м	79275,6 м 66352,4 м
3	Відстань між точками	d	16,8 м	
4	Дирекційний кут - прямий - зворотний	α_{1-2} α_{2-1}	30°15' 210°15'	
5	Зближення меридіанів дійсне	γ	- 2°22'	
6	Азимут дійсний	A_d	27°53'	
7	Схилення магнітної стрілки	δ	+ 7°12'	
8	Азимут магнітний	$A_m = A_d - \delta$	20°41'	
9	Румб	r	Пн. Сх.: 30°15'	
10	Висота точок	$H_1; H_2$	162 м	161 м
11	Перевищення	$h = H_2 - H_1$	- 1 м	
12	Ухил місцевості	$i = \frac{h}{d}$	0,0595	
13	Крутизна схилу	$\nu^\circ = \frac{\rho^\circ \cdot h}{d}$	3° 24,6'	



Рис. 7. Вимірювання курвіметром довжини лінії по карті

Курвіметр складається із зубчатого ролика відомого діаметра на ручці і лічильника пройденої кількості зубців. Принцип дії приладу оснований на визначенні довжини шляху, пройденого зубчатим роликом під час руху по лінії, яку вимірюють. Довжину шляху легко обчислити, якщо знати довжину кола коліщатка і скільки обертів воно зробило

Знаючи довжину лінії на карті (плані, схемі) і масштаб зображення, визначають дійсну величину відстані, яку вимірюють у метрах і кілометрах. Щоб виміряти довжину кривої, по ній прокочують роликом курвіметра.

Визначення дирекційних кутів, істинних і магнітних азимутів і румбів. Орієнтувати лінію означає визначити її напрям щодо іншого напрямку, прийнятого за початковий. Напрямок визначається величиною кута орієнтування (орієнтирного кута), тобто кута між початковим напрямом і напрямом лінії. Кутами орієнтування є *дирекційні кути, румби, істинні та магнітні азимуту* [2].

У геодезії орієнтування ліній здійснюють відносно до меридіанів. Розрізняють географічні, або істинні, магнітні та осьові меридіани [2]. На рис. 8 показано географічний та осьовий меридіани в проекції Гаусса-Крюгера. На карті напрямок осьового меридіана зони вказують вертикальні лінії кілометрової сітки, а напрямок географічного меридіана – вертикальні лінії внутрішньої рамки.

Дирекційним кутом (рис. 9) називають горизонтальний кут, який відраховують за годинниковою стрілкою від північного напрямку осьового меридіана або лінії, паралельної з ним, до заданого напрямку та позначають грецькою літерою „ α ” (альфа) з відповідними індексами – α_{AB} [2].

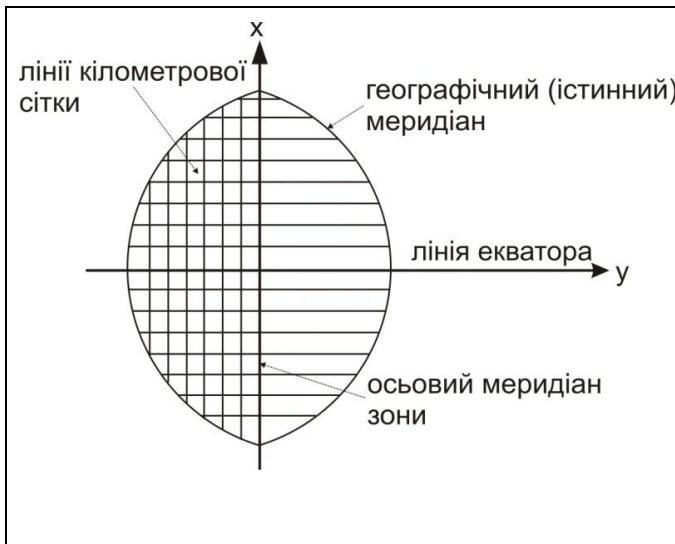


Рис. 8. Географічний та осьовий меридіани в проекції Гаусса-Крюгера

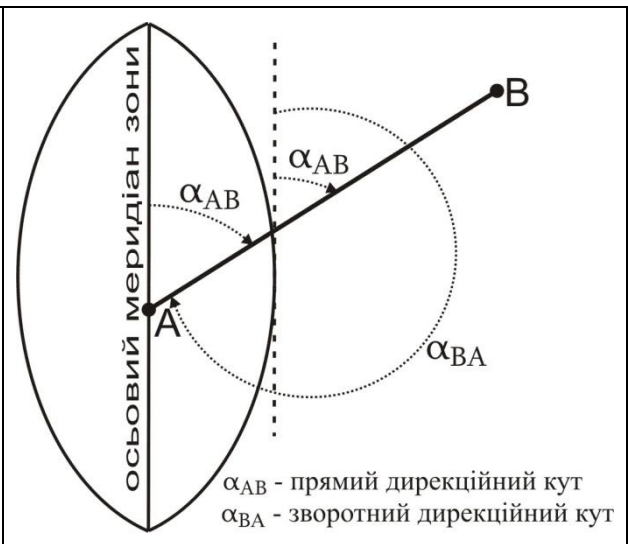


Рис. 9. Дирекційний кут

Дирекційний кут може набувати значення 0° - 360° . Оскільки напрям осьового меридіана для зони один, то дирекційний кут прямої лінії однаковий у різних її точках. Дирекційний кут α_{AB} лінії AB називають **прямим**, а дирекційний кут α_{BA} для тієї ж лінії AB – **зворотним** [2]. Прямі і зворотні дирекційні кути відрізняються між собою на $\pm 180^{\circ}$ (рис. 10). На карті чи плані дирекційний кут відраховують від північного напрямку осьового меридіана або лінії, паралельної з ним, за допомогою геодезичного транспортера з точністю $15'$. Для визначення дирекційного кута напрямку $1-2$ (рис. 10) з'єднаємо точки прямою лінією.

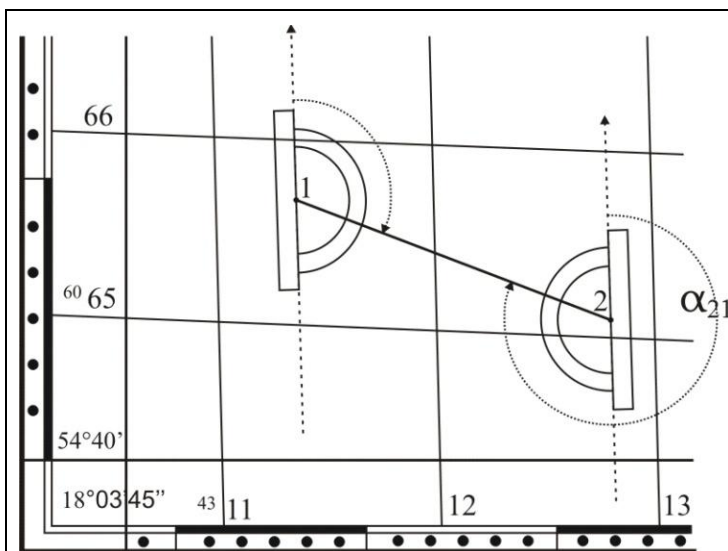


Рис. 10. Вимірювання дирекційного кута на карті транспортером

У точці 1 проводимо лінію паралельну з вертикальною лінією координатної сітки, прикладаємо нуль транспортера в точку 1 і, сумістивши його нульовий діаметр з вертикальною лінією сітки, відраховуємо α_{1-2} .

Зворотний дирекційний кут α_{2-1} визначаємо в точці 2

Румбом називають гострий кут, який відраховують від ближнього *північного* або *південного* напрямку осьового меридіана або лінії, паралельної з ним, до заданого напрямку (рис. 11).

Румби змінюються в межах від 0° до 90° і позначаються літерою „ r ” латинського алфавіту з відповідним індексом – r_{AB} . Для однозначного визначення напрямку румба він супроводжується назвою чверті, у якій знаходиться: *I чверть* – північний схід „*ПнСх*”, *II* – південний схід „*ПдСх*”, *III* – південний захід „*ПдЗх*”, *IV* – північний захід „*ПнЗх*”. Тобто значення румба подають так: указують назву чверті, потім градусну величину румба, наприклад $r_{AB} = \text{ПнСх } 30^\circ 15'$

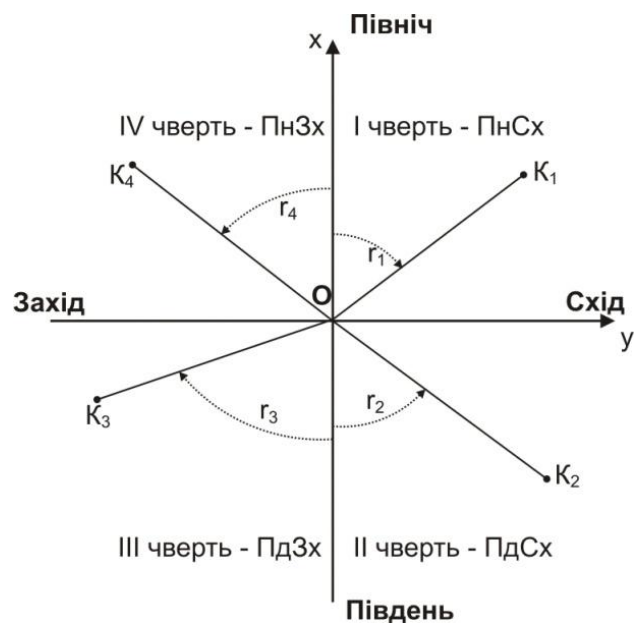


Рис. 11. Румби

Бусоль БГ-1 (рис. 12) призначена для вимірювання румбів і азимутів, горизонтальних кутів на геодезичних полігонах. Також бусоль БГ-1 застосовують під час проведення різноманітних топографічних та інженерно-геодезичних, рекогносцировочних і землевпорядних робіт.

Зв'язок між дирекційними кутами і румбами залежно від чверті такий (рис. 13):

$$I \text{ чверть } r_1 = \alpha_1; \alpha_1 = r_1;$$

$$II \text{ чверть } r_2 = 180^\circ - \alpha_2; \alpha_2 = 180^\circ - r_2;$$

$$III \text{ чверть } r_3 = \alpha_3 - 180^\circ; \alpha_3 = 180^\circ + r_3; \quad (4)$$

$$IV \text{ чверть } r_4 = 360^\circ - \alpha_4; \alpha_4 = 360^\circ - r_4 [2].$$

Істинним (географічним) азимутом називають горизонтальний кут, який відраховують від північного напрямку істинного (географічного) меридіана за ходом годинникової стрілки від 0° до 360° . Істинний азимут позначають літерою „ A ”.

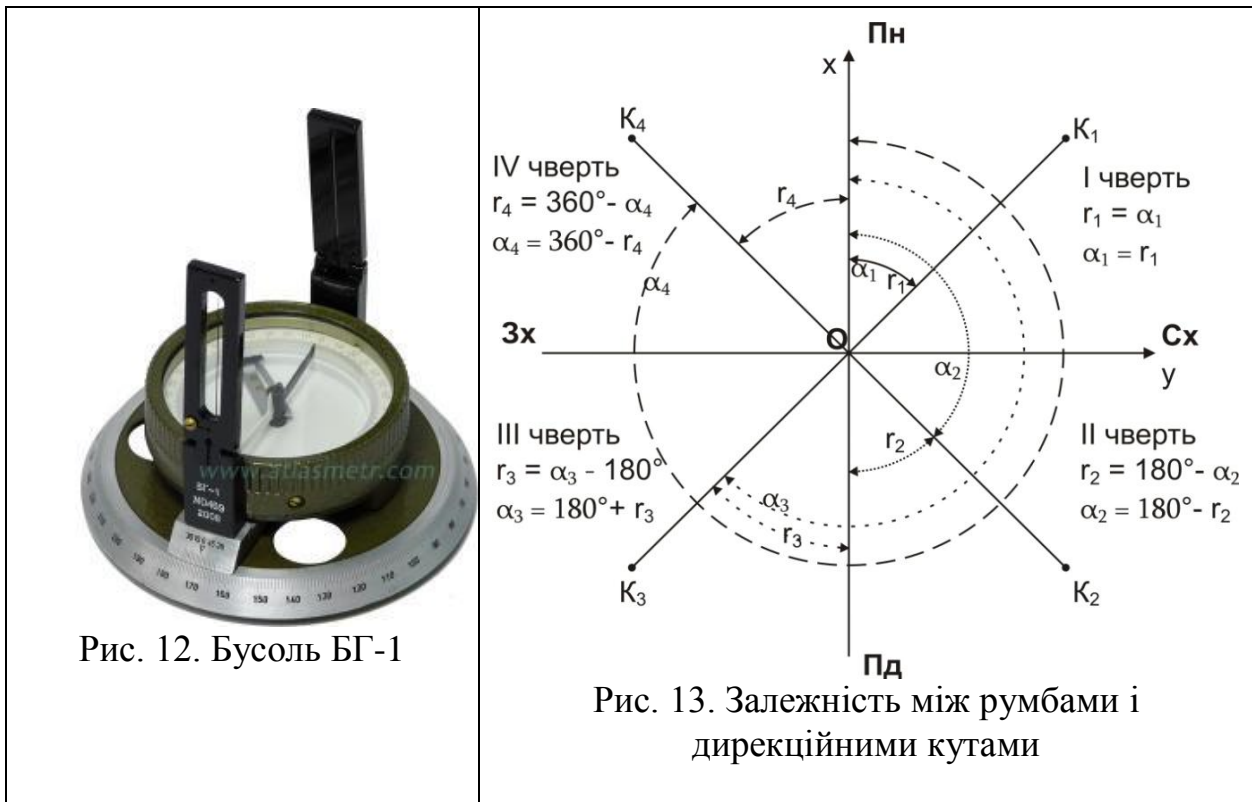


Рис. 12. Бусоль БГ-1

Рис. 13. Залежність між румбами і дирекційними кутами

Магнітний азимут - це горизонтальний кут, що відраховують від північного напрямку магнітного меридіана за годинниковою стрілкою від 0° до 360° . Його позначають літерою „ A_M ”.

А от *істинний азимут* можна виміряти на самій карті. Для його виміру необхідно сумістити транспортир з північним напрямком карти (тримаючи його паралельно відносно вертикальної лінії внутрішньої рамки) та вздовж руху годинникової стрілки вирахувати горизонтальний кут [2] (рис. 14).

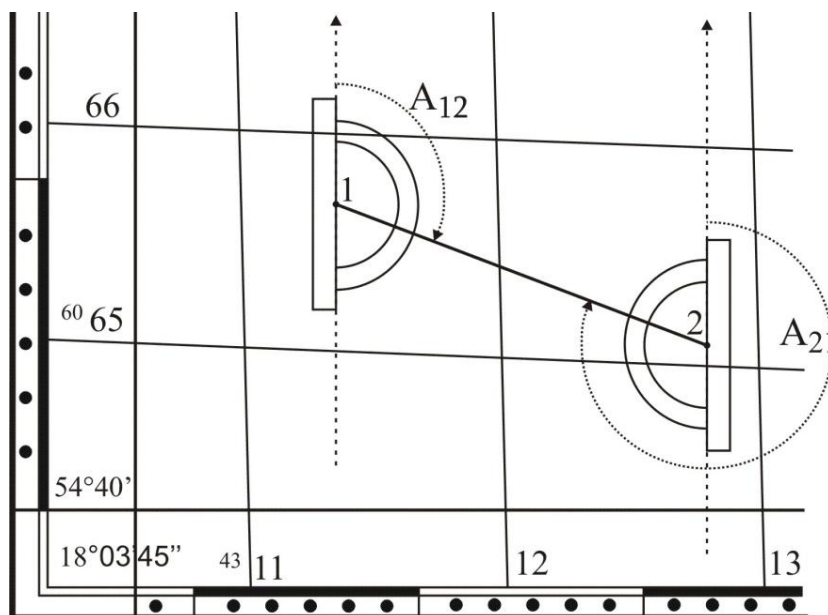
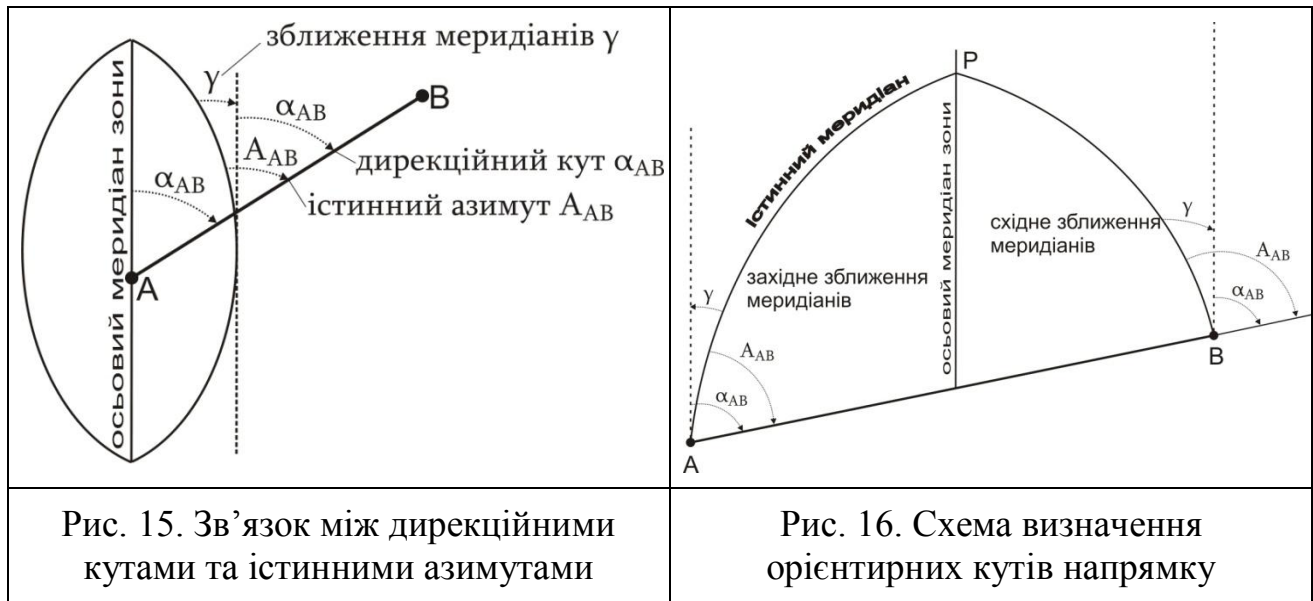


Рис. 14. Вимірювання істинного азимута на карті транспортером

Оскільки меридіани на земній кулі не паралельні між собою, то дирекційні кути та істинні азимути відрізняються на кут γ . **Кут γ** – це **кут зближення меридіанів**, тобто кут між осьовим і істинним меридіанами (позначають грецькою літерою „ γ ” (гамма) [2] (рис. 15). Залежно від розташування стосовно до осьового меридіана кут зближення меридіанів може бути східним або західним (рис. 16).



Зв'язок між дирекційними кутами та істинними азимутами виражається формулою [2]:

$$A = \alpha \pm \gamma, \quad (5)$$

де A – істинний азимут; α – дирекційний кут; γ – кут зближення меридіанів.

Знак „+” використовують, якщо зближення меридіанів східне; знак „-” – якщо західне. Географічні меридіани проходять від північного до південного географічного полюса. Магнітні меридіани проходять від північного до південного магнітного полюса. Оскільки географічні і магнітні полюси Землі знаходяться в різних точках планети, то географічний і магнітний меридіани в кожній точці земної поверхні не збігаються, а перетинаються під деяким кутом δ , який називають **кутом схилення магнітної стрілки** (позначають грецькою літерою „ δ ” (дельта) [2]. Схилення магнітної стрілки δ може бути східне (рис. 17, а) або західне (рис. 17, б), залежно від того, у який бік відхиляється магнітна стрілка компаса порівняно з істинним (географічним) меридіаном.

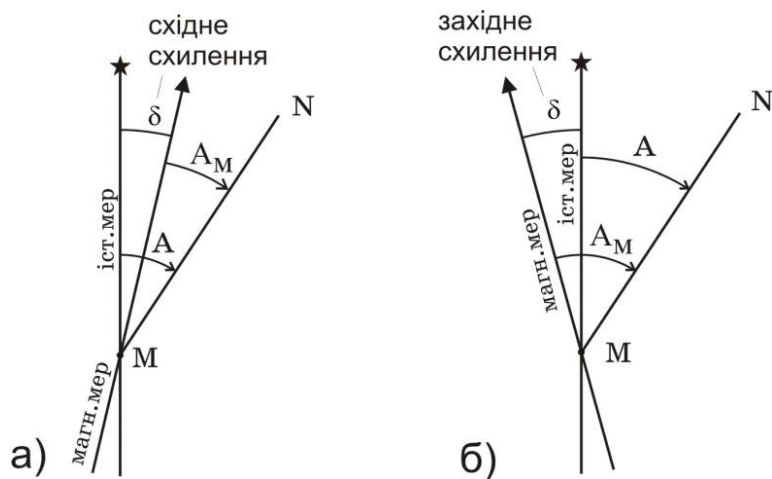


Рис. 17. Схилення магнітної стрілки:

а) східне; б) західне

Зв'язок між магнітними та істинними азимутами виражається формулою:

$$A_M = A - \delta, \quad (6)$$

де A_M – магнітний азимут; A – істинний азимут; δ – схилення магнітної стрілки.

Знак „+” використовують, якщо схилення магнітної стрілки східне; знак „-” – якщо західне. Середні значення зближення меридіанів і схилення магнітної стрілки на зображену на карті територію наводять на топографічні карти у вигляді спеціальних написів внизу кожного листа карти, ліворуч за рамкою карти (рис. 18). Оскільки величина схилення магнітної стрілки може змінюватись протягом доби на величину до $15'$, також зазначають дату, на яку наводять схилення магнітної стрілки та величину річної зміни схилення магнітної стрілки.

Схилення на 1990 р. східне $6^{\circ}12'$. Середнє зближення меридіанів західне $2^{\circ}22'$. При прикладанні бусолі (компаса) до вертикальних ліній координатної сітки середнє відхилення магнітної стрілки східне $8^{\circ}34'$. Річна зміна схилення східна $0^{\circ}02'$. Поправка в дирекційний кут при переході до магнітного азимута - $8^{\circ}34'$.

Рис. 18. Напис на карті про величини схилення та зближення

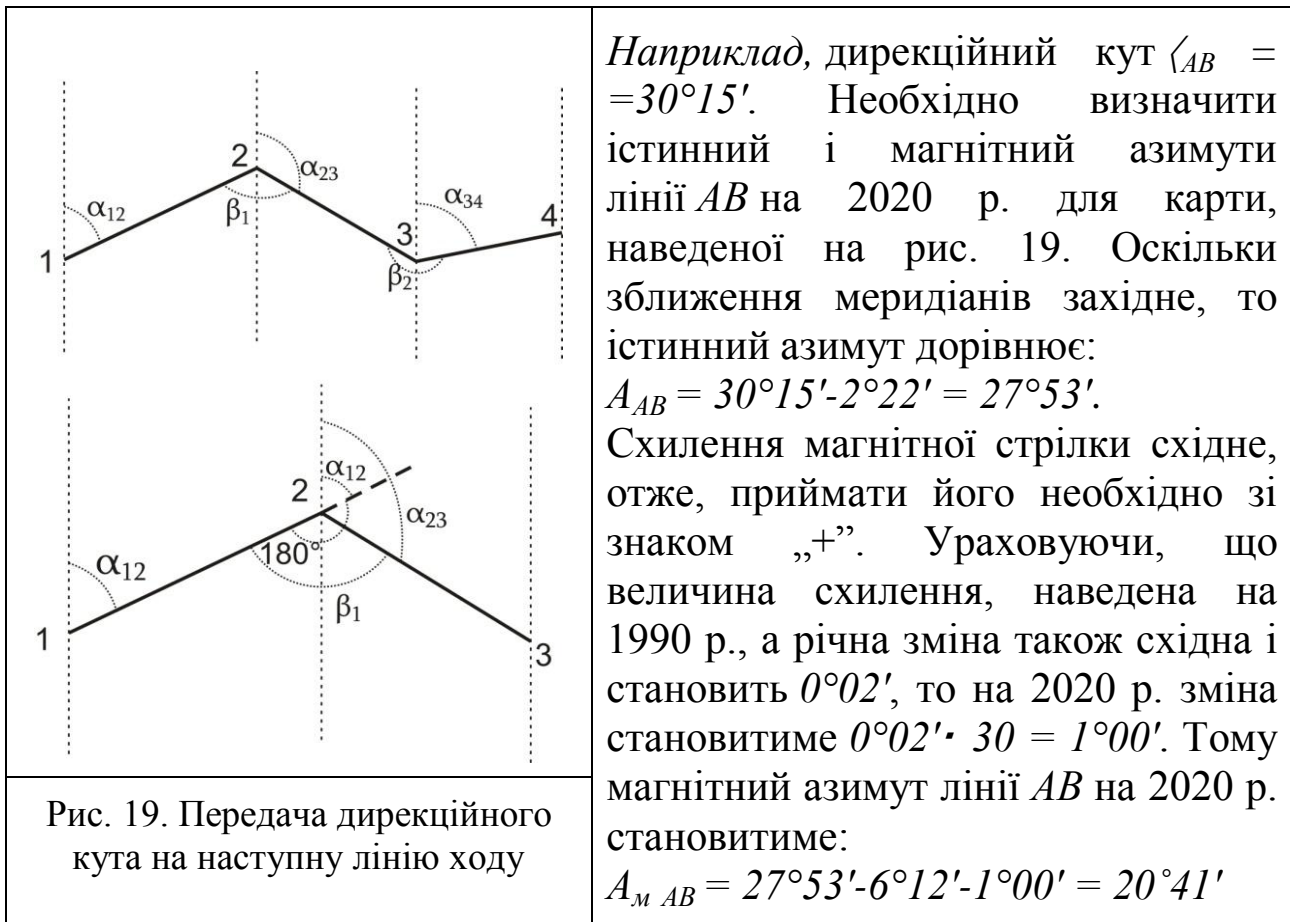


Рис. 19. Передача дирекційного кута на наступну лінію ходу

Завдання. Визначити за топографічною картою дирекційні кути, румби, азимути за заданою викладачем лінією 1–2. Вимірювання проводять у порядку описаному вище. Результати вимірювань та обчислень заносять у табл. 3.

Визначення відміток точок і крутизни схилу лінії місцевості

Висотою точки H місцевості називають відстань за напрямом прямовисної лінії від точки до рівневої поверхні. Наприклад, $HA = Aa$ – висота точки A над рівневою поверхнею PQ , $HB = Bb$ – висота точки B над рівневою поверхнею PQ (рис. 20).

Відміткою точки місцевості називають чисельне значення висоти точки. Наприклад, $HA = 150$ м, $HB = 149$ м.

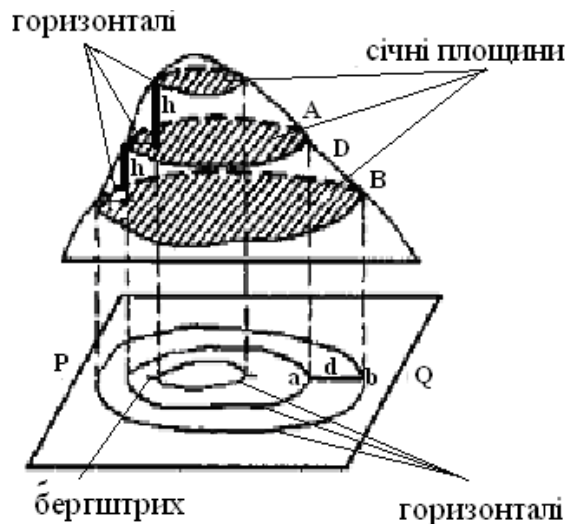


Рис. 20. Метод зображення рельєфу горизонталями

На топографічному плані рельєф зображують написами відміток окремих характерних точок, умовними знаками (промоїна, обрив і т. п.) і горизонталями.

Горизонталі – це замкнуті криві лінії, які сполучають точки місцевості з однаковими відмітками. Горизонталі утворюють за допомогою перетину поверхні місцевості січними горизонтальними площинами, проведеними через задану відстань, яку називають **висотою перетину рельєфу h** .

Закладення – це відстань d на плані між двома сусідніми горизонталями. За відмітками двох суміжних (сусідніх) горизонталей можна визначити відмітку точки, що лежить між ними. Наприклад: відмітка першої точки В на нижній (рис. 21) горизонталі $H_1 = 161$ м, відмітка другої точки А на верхній (див. рис. 21) горизонталі $H_2 = 162$ м (тобто висота перетину рельєфу $h = 1$ м), закладення $d = 16,8$ м, відстань від першої горизонталі до точки С дорівнює $7,6$ м (див. рис. 21).

Тоді (з необхідною точністю до $0,1$ м) обчислюємо відмітку H_C точки С за формулою:

$$H_C = H_i + \frac{c}{d} \cdot h = 161 + \frac{7,6}{16,8} \cdot 1 = 161,4 \text{ м.} \quad (7)$$

Крутизна схилу – це кут утворений напрямом схилу з горизонтальною площиною в певній точці А. Схил i лінії місцевості – це тангенс кута нахилу γ лінії місцевості (тангенс крутизни схилу) до горизонтальної площини (рис. 22). Крутизна схилу визначається за формулою:

$$v^\circ = \arctg \frac{h}{d} \quad (8)$$

Крутизну схилу, яка не перевищує 20° – 25° , можна визначити за формулою:

$$\nu^{\circ} = \frac{\rho^{\circ} \cdot h}{d}, \quad (9)$$

де $\rho^{\circ} = 57^{\circ},3$; h – висота схилу (перевищення між точками), $м$; d – закладення схилу, $м$.

У нашому прикладі, згідно з рис. 21,

$$\nu^{\circ} = \frac{57^{\circ},3 \cdot 1}{16,8} = 3,41 = 3^{\circ}24,6'.$$

Рис. 21. Визначення висот точок	Рис. 22. Визначення крутизни схилу

$$i = \operatorname{tg} \nu = \frac{h}{d}. \quad (10)$$

Чим більший кут нахилу, тим крутіший схил. Для нашого прикладу схил лінії місцевості між горизонталями рівний:

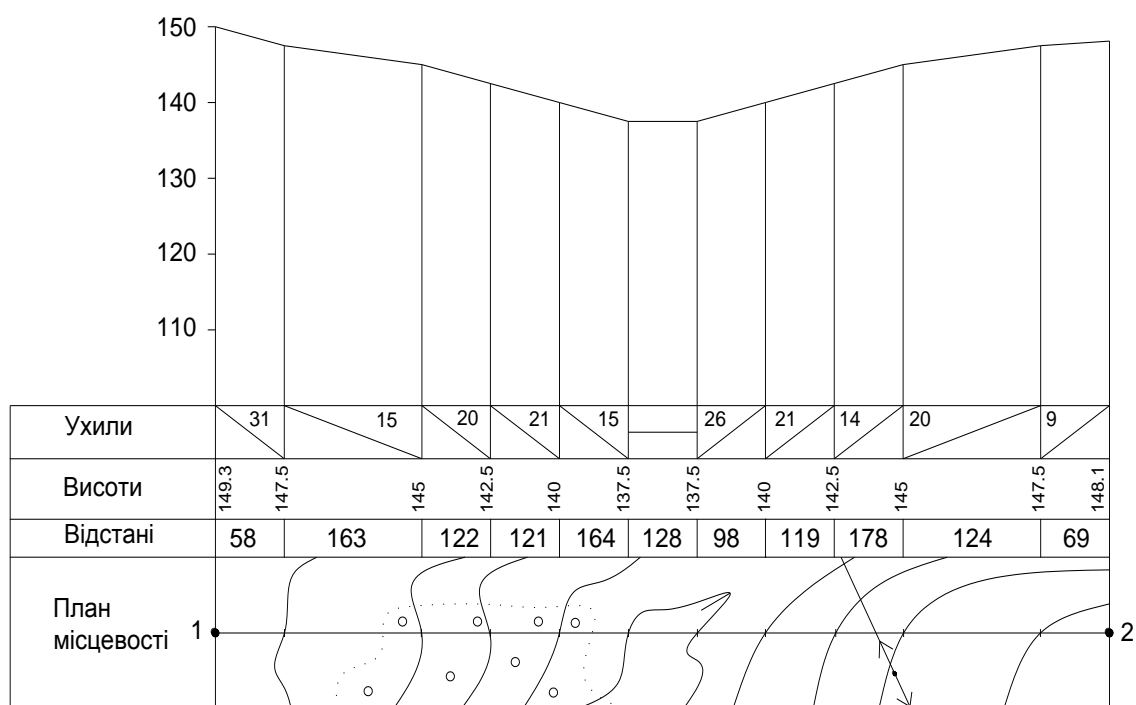
$$i = \frac{1}{16,8} = 0,0595.$$

Побудова поздовжнього профілю земної поверхні за заданим напрямом. *Профіль місцевості* – це проекція сліду умовного перерізу місцевості вертикальною площиною, яка проходить через задані точки, на проекційну площину (рис. 23). Тобто це креслення на папері (частіше на міліметровому), яке зображує в зменшеному вигляді (у масштабі) умовний розріз місцевості вертикальною площиною. За топографічною картою (планом) профіль місцевості будують на міліметровому папері в такій послідовності. На карті олівцем викреслюють *профільну лінію* (це лінія, уздовж якої будують профіль місцевості), тобто з'єднують прямою лінією дві задані точки, а на міліметровому папері – лінію умовного горизонту.

Нижче від лінії умовного горизонту креслять *профільну сітку*, яка складається з чотирьох граф: "Ухили", "Висоти", "Відстані", "План місцевості". За підписами горизонталей визначають висоти цих точок, одержаних на лінії профілю, і виписують їх у графу "Висоти"

проти відповідних точок перпендикулярно до лінії розграфлення профілю. У графі "Відстані" записують відстані між усіма точками, попередньо визначені за допомогою циркуля і поперечного масштабу.

За допомогою графіка закладань визначають уклони всіх відрізків між горизонталями. Установлюють (підбирають) висоту лінії умовного горизонту з таким розрахунком, щоб точка профілю з мінімальною висотою розміщувалася вище від лінії умовного горизонту на 3–4 см. Із точок, позначених на лінії умовного горизонту, будують перпендикуляри, на яких позначають висоти всіх точок у вертикальному масштабі профілю, який повинен бути більшим від горизонтального (масштабу топографічної карти) у слаборозчленованій місцевості в десять і більше разів, а в гірській – у п'ять разів.



Масштаби: горизонтальний 1 : 10000
вертикальний 1 : 1000

Рис. 23. Приклад оформлення поздовжнього профілю

Кінці перпендикулярів послідовно з'єднують прямими лініями і одержують лінію поздовжнього профілю місцевості за заданим напрямом на карті у графі "План місцевості". Уздовж траси профілю креслять план місцевості за допомогою спеціального столу в умовних знаках топографічної карти. Нижче від профільної сітки підписують значення вертикального і горизонтального масштабів профілю, а вище від профілю – його назву „Поздовжній профіль земної поверхні за напрямом 1–2.”

Здавальні матеріали: бланк з вирішеними завданнями за індивідуальним варіантом (див. табл. 3), топографічна карта, профіль (див. рис. 23). Під час захисту виконаної роботи проводять співбесіду, у ході якої кожен здобувач повинен відповісти на питання з методики розв'язання задач за топографічними картами.



Контрольні запитання

1. Що називають горизонталями?
2. Для чого призначений курвіметр?
3. Що називають висотою перетину рельєфу?
4. Що називають відміткою точки місцевості?
5. Що називають закладенням між двома сусідніми горизонталями?
6. Як визначити крутизну схилу?
7. Орієнтування ліній. Поняття про дирекційний кут.
8. Румби напрямків, зв'язок румбів з дирекційними кутами.
9. Істинний і магнітний азимути напрямків, зв'язок між ними.
10. Що називають профілем місцевості?

Практична робота 3

ВИЗНАЧЕННЯ НОМЕНКЛАТУРИ ТОПОГРАФІЧНИХ КАРТ МАСШТАБІВ 1 : 1 000 000, 1 : 500 000, 1 : 200 000, 1 : 100 000, 1 : 50 000, 1 : 25 000, 1 : 10 000

Мета роботи: навчитися визначати номенклатуру топографічних карт під час виконання геодезичних робіт.

Матеріали та обладнання: бланк із завданням, олівець, лінійка, гумка.

МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Топографічні плани і карти – це багатоаркушні картографічні твори. Кожний аркуш топографічної карти має рамку у вигляді трапеції, верхня і нижня сторони якої є паралелями, а бічні – меридіанами. Такий розподіл карти на окремі аркуші називають *розграфленням* [3].

Завдяки географічній сітці, на якій основано розподіл карти на аркуші, можна досить точно визначити місцезнаходження на земній кулі будь-якої ділянки місцевості, що відображена на певному аркуші

карти. Крім того, збіг сторін рамки з меридіанами і паралелями визначає розміщення аркушів карти щодо сторін горизонту: верхня сторона рамки є північною, нижня – південною, ліва – західною і права – східною.

Щоб швидко знаходити потрібні аркуші карт того чи іншого масштабу і району, кожному аркушу за встановленим правилом присвоєно своє цифрове і буквене позначення – *номенклатуру* [3].

Номенклатуру кожного аркуша вказують над північною стороною його рамки. Поряд із номенклатурою аркуша вказують назву найбільшого з розташованих на ньому населеного пункту, а за відсутності – назву найважливішого географічного об'єкта. На кожному аркуші також зазначають номенклатуру суміжних аркушів, які безпосередньо прилягають до нього.

Номенклатура сучасних топографічних карт являє собою злагожену систему, єдину для карт будь-якого масштабу.

Розрізняють трапецієподібне і прямокутне розграфлення. При трапецієподібному за основу приймають розграфлення аркушів міжнародної карти масштабу 1 : 1 000 000. Для того щоб одержати один аркуш топографічної карти масштабу 1 : 1 000 000, усю поверхню земної кулі умовно розділяють меридіанами на колони через 6° за довготою від меридіана 180° та паралелями на пояси через 4° за широтою на північ і південь від лінії екватора (рис. 24).

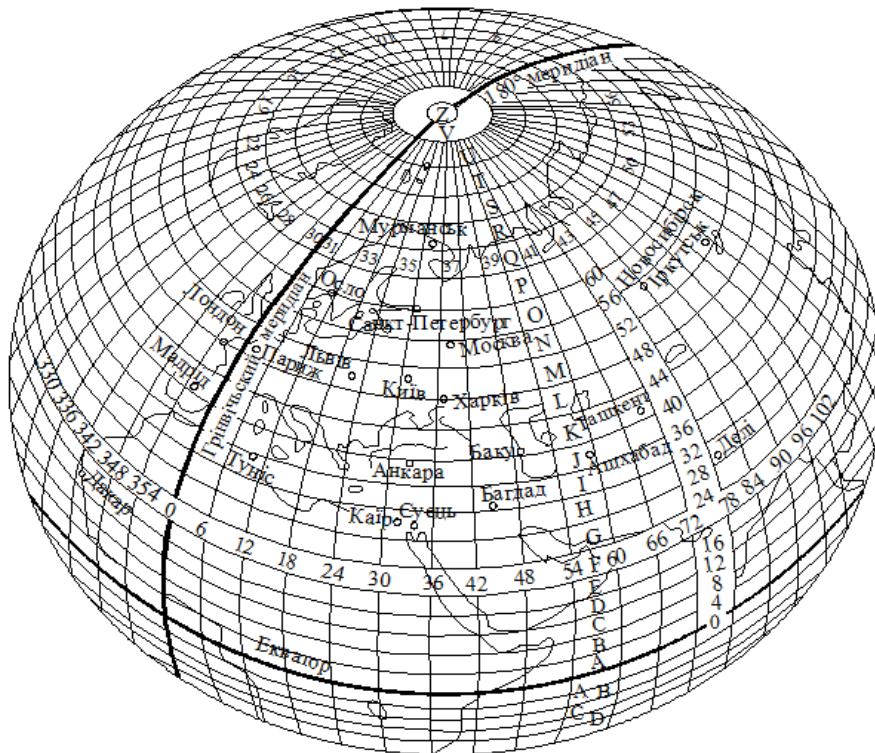


Рис. 24. Умовне розграфлення земної кулі на колони та пояси М 1 : 1 000 000

Усього отримують 60 колон для всієї земної кулі та по 22 пояси для Північної та Південної півкуль. Пояси позначають великими буквами латинського алфавіту. Унаслідок такого розподілу утворюються трапеції розміром 6° за довготою і 4° за широтою. Номер колони і номер шестиградусної зони відрізняються на 30 одиниць. Відлік колон іде від меридіана з довготою 180° проти ходу годинникової стрілки, тобто із заходу на схід.

Правило подальшого розграфлення топографічних карт полягає в постійному поділі аркуша карти дрібнішого масштабу меридіанами і паралелями на ціле число трапецій аркушів карти більшого масштабу (табл. 4). Приклад розграфлення масштабного ряду топографічних карт показано на рис. 25.

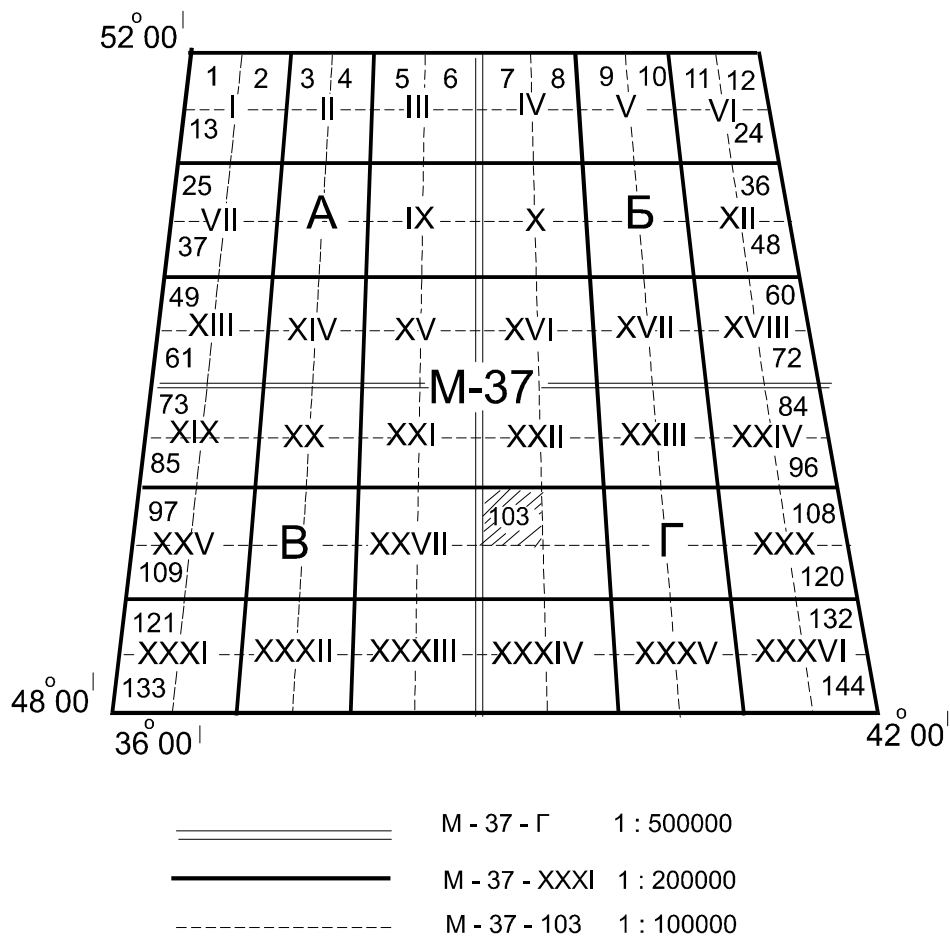


Рис. 25. Схема розграфлення аркушів карт масштабів 1 : 500 000, 1 : 200 000, 1 : 100 000 на аркуші карти масштабу 1 : 1 000 000

Аркуш карти масштабу 1 : 1 000 000, наприклад М-37 розмірами за довготою 6° і широтою 4° ділять на:

а) чотири аркуші карти масштабу 1 : 500 000, що позначають великими буквами кирилиці – А, Б, В, Г. Розміри кожного аркуша – 3° за довготою і 2° за широтою.

Таблиця 4

**Розміри і номенклатури аркушів топографічних карт
різних масштабів**

Масштаб карти	Кількість аркушів	Розміри аркуша		Приклад номенклатури	Щільність кілометрів сітки на карті	Розміри аркуша, км		Площа аркуша, км ²
		за широтою	за довготою			за широтою	за довготою	
1:1 000 000	1	4°	6°	M-36		430	445	191 287
1:500 000	4	2°	3°	M-36-Г		220	222	48 828
1:200 000	36	40'	1°	M-36-XXXI	2 см (4км)	74	74	5 496
1:100 000	144	20'	30'	M-36-136	2 см (2км)	37	37	1 379
1:50 000	4	10'	15'	M-36-136-B	2 см (1км)	18,5	18,5	345
1:25 000	4	5'	7',5	M-36-136-Г-a	4 см (1км)	9,7	9,7	86
1:10 000	4	2',5	3',75	M-36-136-Г-Г-4	5 см (500м)	4,7	4,7	21

Номенклатура окремого аркуша включає номенклатуру аркуша карти масштабу 1 : 1 000 000 і одну з чотирьох букв – А, Б, В або Г. Наприклад: М-37-А;

б) 36 аркушів карти масштабу 1 : 200 000, які позначають римськими цифрами I, II, ..., XXXVI. Розміри аркуша за довготою – 1° і широтою – 40'. Номенклатура аркуша карти масштабу 1 : 200 000 – М-37-І;

в) 144 аркуші карти масштабу 1 : 100 000, що позначають арабськими цифрами від 1 до 144. Розміри аркуша за довготою – 30' і широтою – 20'. Номенклатура аркуша – М-37-103.

Для розграфлення аркушів карт більших масштабів за основу беруть аркуш карти масштабу 1 : 100 000 [3], наприклад, М-37-103, розмірами за довготою – 30' і широтою – 20'; ділять на чотири аркуші карти масштабу 1 : 50 000, які позначають великими буквами кирилиці А, Б, В, Г. Розміри аркуша карти масштабу 1 : 50 000 дорівнюють 15' за довготою і 10' за широтою.

Номенклатуру аркуша одержують, додаючи до номенклатури карти масштабу 1 : 100 000 відповідної букви, наприклад, М-37-103-Г.

Аркуш карти масштабу 1 : 50 000 ділять на чотири аркуші карти масштабу 1 : 25 000, які позначають малими літерами а, б, в, г. Номенклатура аркуша карти масштабу 1 : 25 000 містить номенклатуру карти масштабу 1 : 50 000 із додаванням малої букви, наприклад, М-37-103-Г-а. Розміри аркуша за довготою – 7'30", за широтою – 5'.

Кожний аркуш карти масштабу 1 : 25 000 ділять на чотири аркуші карти масштабу 1 : 10 000 і позначають арабськими цифрами 1, 2, 3, 4, наприклад, М-37-103-Г-а-2. Розміри аркуша за довготою – 3'45", за широтою – 2'30".

Завдання виконують за індивідуальними формулами:

$$B = 48^\circ + N + 11'11'' \cdot n;$$

$$L = 23^\circ + N + 22'22'' \cdot n, \quad (11)$$

де N – номер групи; n – номер варіанта за списком.

Приклад оформлення роботи показано на рис. 26 – 27.

Широта В - $48^{\circ} + N^{\circ} + 11' 11'' * n = 53^{\circ} 39' 35''$

Довгота L - $23^{\circ} + N^{\circ} + 22' 22'' * n = 33^{\circ} 19' 10''$

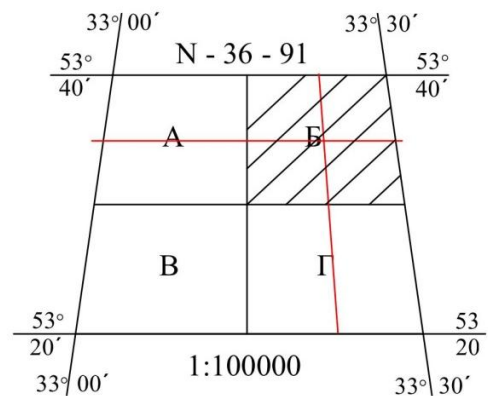
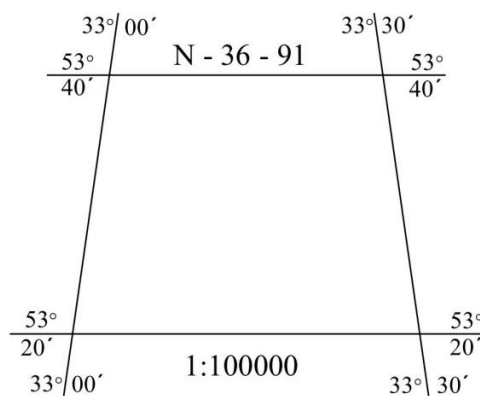
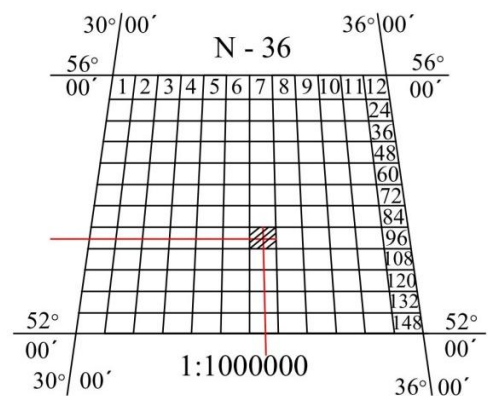
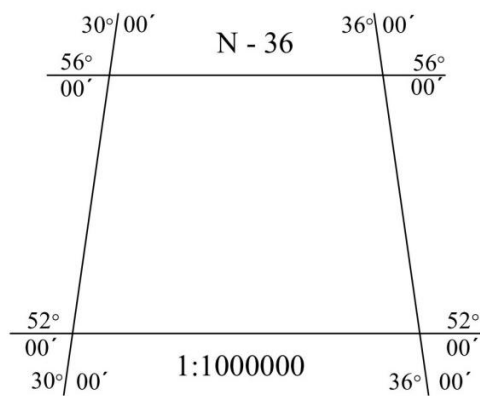
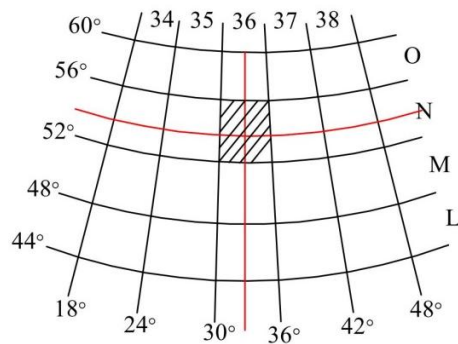


Рис. 26. Приклад оформлення визначення номенклатури топографічних карт масштабів 1 : 1 000 000 – 1 : 100 000

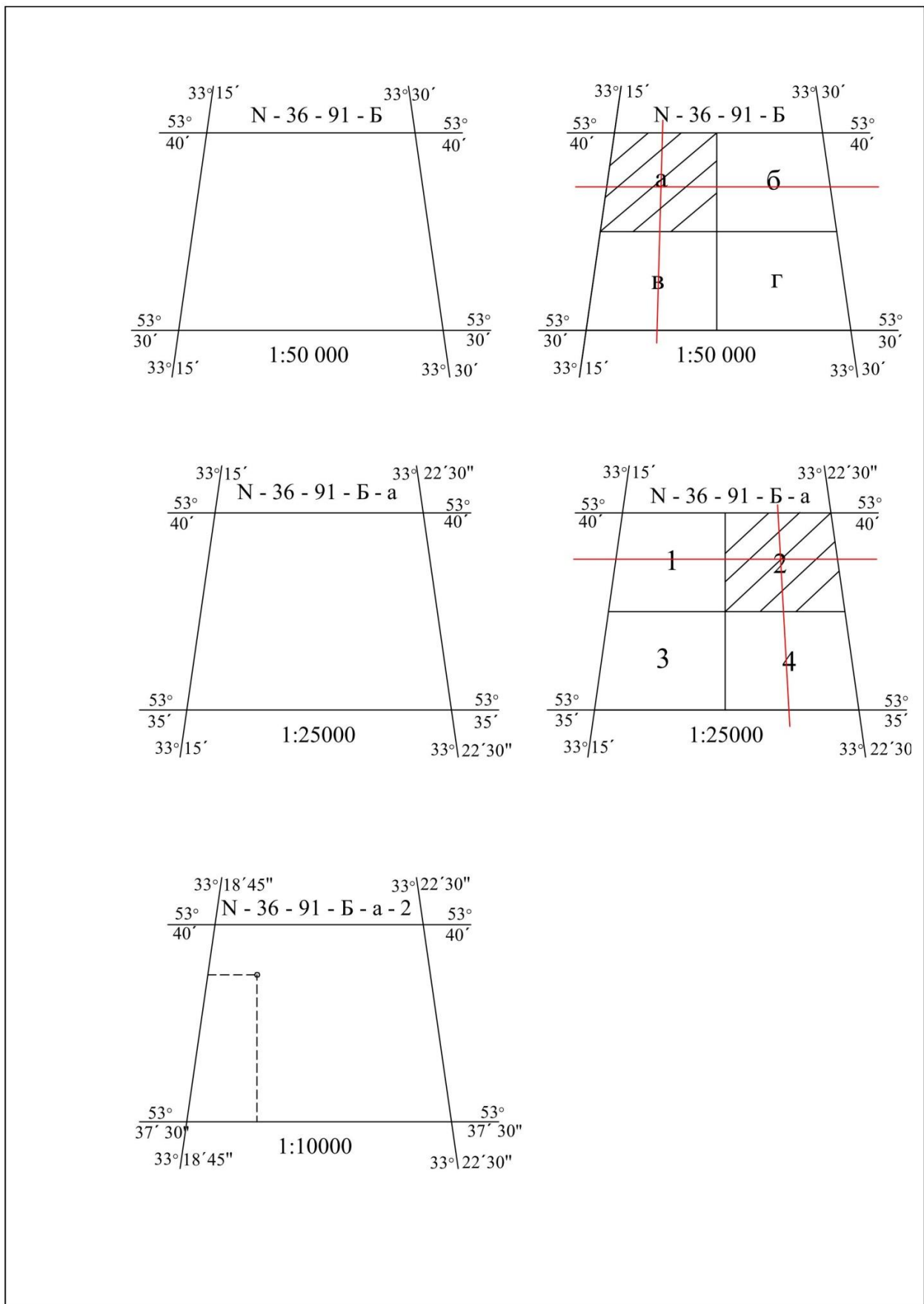


Рис. 27. Приклад оформлення визначення номенклатури топографічних карт масштабів 1 : 50 000 – 1 : 10 000

Здавальні матеріали: бланк з вирішеними завданнями за індивідуальним варіантом (див. рис. 26–27). Під час здавання виконаних робіт проводять співбесіду, у ході якої кожен здобувач повинен відповісти на питання з методики визначення номенклатури топографічних карт різних масштабів.



Контрольні запитання

1. Що називають розграфленням карти?
2. Яка протяжність аркуша карти за широтою та довготою в масштабах 1:1000000 – 1:10000?
3. Особливості розграфлення карт у масштабі 1:500000, 1:200000.

Практична робота 4

ТЕОДОЛІТ, ЙОГО БУДОВА, ПЕРЕВІРКИ ТЕОДОЛІТА ТА РОБОТА З НИМ

Мета роботи: вивчити будову теодоліта і його основних осей, оволодіти способами вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів.

Матеріали та обладнання: теодоліт, штатив, екер, навчальні плакати.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ І МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Під час складання карт, планів і профілів на місцевості доводиться вимірювати горизонтальні і вертикальні кути, відстані і перевищення між точками. Горизонтальні і вертикальні кути можна побудувати і виміряти за допомогою теодоліта [2, 3].

Теодолітом називають прилад, призначений для вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів, відстаней за віддалемірними нитками, а також азимутів (румбів) за допомогою накладної бусолі.

Теодоліти бувають: високоточні – Т1; точні – Т2 і Т5; технічної точності – Т15 і Т30. Т означає теодоліт, а цифра – точність вимірювання кутів, виражену в секундах. Ми вивчатимемо теодоліт технічної точності Т30, 2Т30П [2, 3] (рис. 28). Тут 2 – модифікація

теодоліта, П означає, що зорова труба теодоліта дає пряме зображення.

На рисунку 28 (а, б) позначено основні частини технічного теодоліта 2ТЗ0П. Для отримання відліків потрібно за допомогою дзеркальця підсвічування (19), що знаходиться на одній з колонок, запустити світло в оптичну систему теодоліта. У комплекті з теодолітом є: штатив, орієнтир-бусоль (20), окулярні насадки.

Штатив потрібен для установки теодоліта над вершиною кута, який виміряють. Зорова труба теодоліта може переводитися через зеніт окуляром та об'єктивом. Її фокусування на ціль здійснюють обертанням кремальєри (12). Обертаючи діоптрійне кільце на окулярі зорової труби, досягають чіткої видимості сітки ниток (рис. 29).

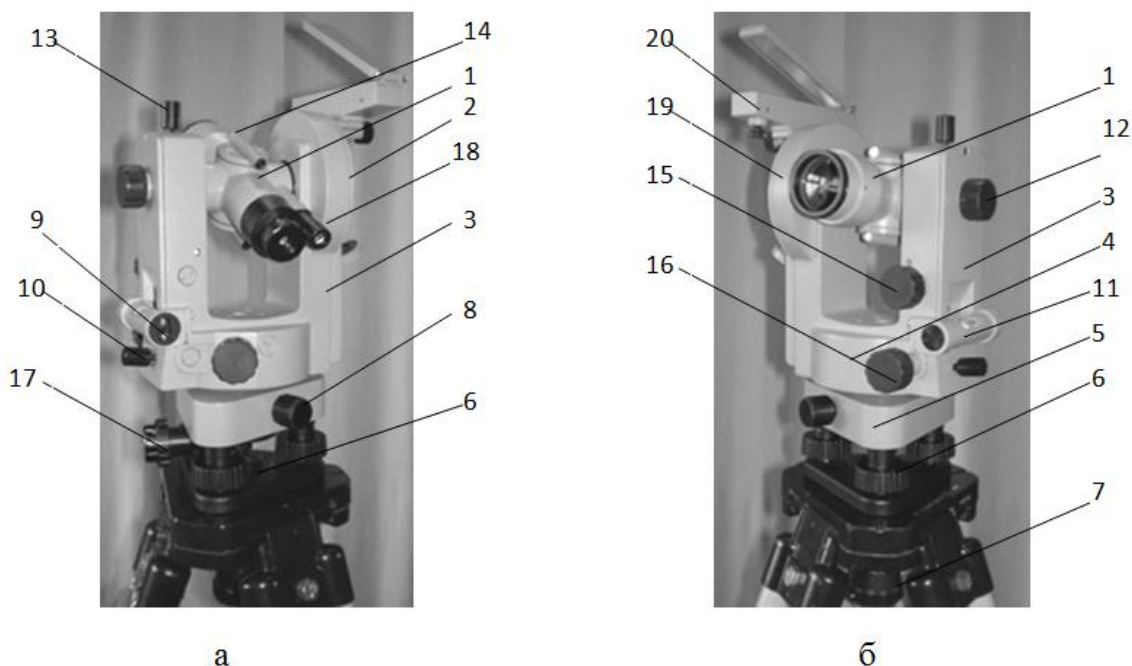


Рис. 28. Технічний теодоліт 2ТЗ0П:

1 – зорова труба; 2 – вертикальний круг; 3 – колонки труби; 4 – горизонтальний круг; 5 – підставка теодоліта (трегер); 6 – підйомні гвинти; 7 – становий гвинт; 8 – закріпний гвинт лімба горизонтального круга; 9 – виправні гвинти циліндричного рівня; 10 – закріпний гвинт аліади горизонтального круга; 11 – циліндричний рівень; 12 – гвинт кремальєри; 13 – закріпний гвинт труби; 14 – візир зорової труби; 15 – мікрометричний (навідний) гвинт зорової труби; 16 – мікрометричний (навідний) гвинт аліади горизонтального круга; 17 – мікрометричний (навідний) гвинт лімба горизонтального круга; 18 – окуляр відлікового мікроскопа; 19 – дзеркальце; 20 – орієнтир-бусоль

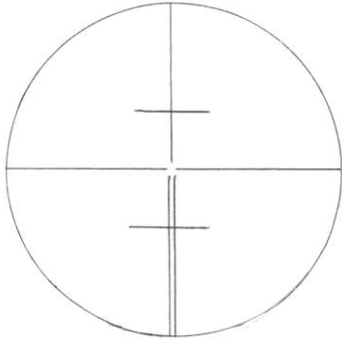


Рис. 29. Сітка ниток зорової труби

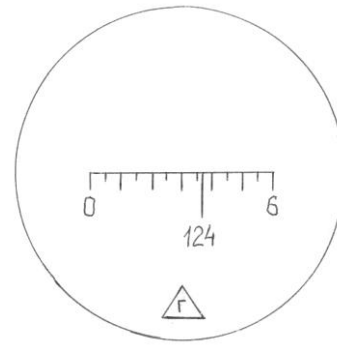


Рис. 30. Відлік по шкалі горизонтального круга

Два горизонтальні короткі штрихи сітки ниток вище і нижче за перетин горизонтальної і вертикальної ниток є нитяним віддалеміром. Корпус зорової труби – єдине ціле з горизонтальною віссю, установленою в лагерах колонок (3). Коліматорний візир (14) призначений для грубого наведення труби на ціль. Під час користування візиром око повинно бути на відстані 25 – 30 см від нього. Точне наведення зорової труби на предмет у горизонтальній площині здійснюють навідним гвинтом (16) після закріплення алідади гвинтом (10), а у вертикальній площині – навідним гвинтом (15) після закріплення труби гвинтом (13).

Щоб теодоліт плавно повертався разом з горизонтальним кругом (лімбом), необхідно обертати навідний гвинт лімба на підставці. При цьому закріпний гвинт лімба (8) має бути затиснений.

Горизонтальний і вертикальний круги розділені через 1° . Горизонтальний круг (лімб) має кругову оцифровку від 0° до 359° за напрямом годинникової стрілки, а вертикальний – секторну, від 0° до 75° і від 0° до -75° .

Зображення штрихів і цифр обох кругів передаються в полі зору відлікового мікроскопа, окуляр (18) якого встановлюють по оку до появи чіткого зображення шкал обертанням діоптрійного кільця мікроскопа. Відлік по кругах проводять за відповідними шкалами мікроскопа (В – вертикальна, Г – горизонтальна) [4]. Приклад відліку по шкалі горизонтального круга (лімба) наведено на рис. 30.

Порядок взяття відліку на станції

Перед початком роботи теодоліт необхідно привести в горизонтальне (робоче) положення. Установка теодоліта в робоче положення (нівелювання), коли вісь обертання теодоліта стає

прямовисною, проводять, обертаючи підйомні гвинти (6) підставки (5) з використанням циліндричного рівня на алідаді (11).

Відлік виконують у такий спосіб. Кількість градусів відповідає напису штриха лімба, який проектують на шкалу, а кількість хвилин визначають як дугу від нульового розподілу шкали до градусного штриха лімба. При цьому потрібно пам'ятати, що ціна розподілу шкали рівна $5'$. На рис. 30 відлік рівний $124^{\circ}37'$.

Перевірки і юстирування теодоліта. Перед проведенням теодолітного знімання роблять огляд, дослідження і перевірку приладів, які використовуватимуть під час виконання польових робіт. Під час приймання із заводу або перед роботою теодоліт піддають випробуванням, які включають перевірки виконання ряду умов. Для виконання перевірок та під час вимірювання кутів і визначення довжин ліній теодоліт установлюють на штатив, прикріпивши його до головки штатива становим гвинтом.

1. Перевірка рівнів на алідаді горизонтального круга. Вісь циліндричного рівня $U-U_1$ на алідаді має бути паралельною з площиною лімба або перпендикулярною до вертикальної (основної) осі $I-I_1$ теодоліта (рис. 31).

Для перевірки цієї умови необхідно алідаду повернути так (див. рис. 31), щоб вісь рівня $U-U_1$ розмістилась паралельно до лінії, що проходить через підйомні гвинти. Можливі положення осі циліндрового рівня показано на рис. 31: $U'-U_1'$, $U''-U_1''$. Обертаючи ці гвинти в протилежних напрямках, бульбашку рівня переміщують на середину. Потім алідаду повертають на 90° і третім підйомним гвинтом бульбашку рівня виводять на середину. Після чого алідаду повертають на 180° і оцінюють зміщення бульбашки від середини [4].

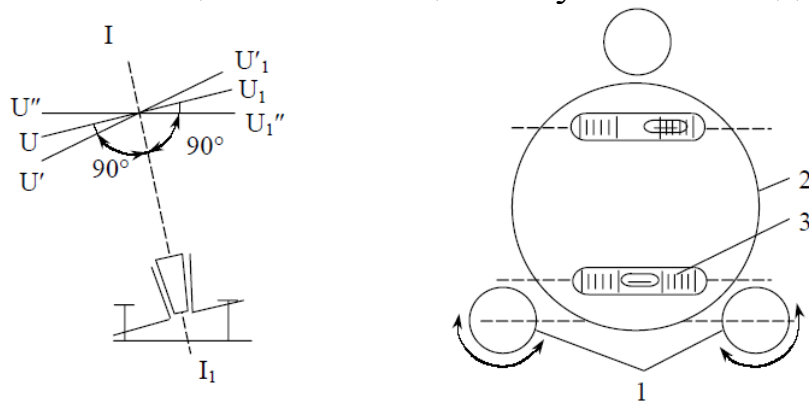


Рис. 31. Перевірка рівня при алідаді горизонтального круга:
1 – підйомні гвинти; 2 – алідада; 3 – циліндричний рівень

Якщо бульбашка рівня змістилася від середини більше ніж на одну поділку через нерівність підставок рівня, то при повороті лімба або аліади вісь приладу $I-I_1$ і площина лімба збережуть своє похиле положення. Щоб виправити помилку виправними (юстирувальними) гвинтами рівня, бульбашку виводять на половину відхилення від середини. Вісь рівня $U-U_1$ розміститься паралельно до площин лімба (див. рис. 31). Проте лімб не буде в горизонтальному положенні. На другу половину відхилення бульбашку встановлюють двома підйомними гвинтами, обертаючи їх у різні сторони. Лімб при цьому набуде горизонтального положення [1, 4].

Для контролю перевірку повторюють, доки бульбашка рівня, повернутого на 180° , сходитиме з середини не більше як на одну поділку.

2. Перевірка взаємного положення візирної осі труби та осі обертання труби (визначення колімаційної помилки). Візирна вісь труби ZZ_1 повинна бути перпендикулярною до горизонтальної осі обертання труби NN_1 (рис. 32), тобто колімаційна похибка має дорівнювати нулю або не перевищувати подвійну точність приладу:

$$C = \frac{(a_l + a_n) \pm 180^\circ}{2} \leq 2t, \quad (12)$$

де a_l, a_n – відліки по лімбі горизонтального круга при крузі “ліво” (КЛ) і крузі “право” (КП); t – точність теодоліта.

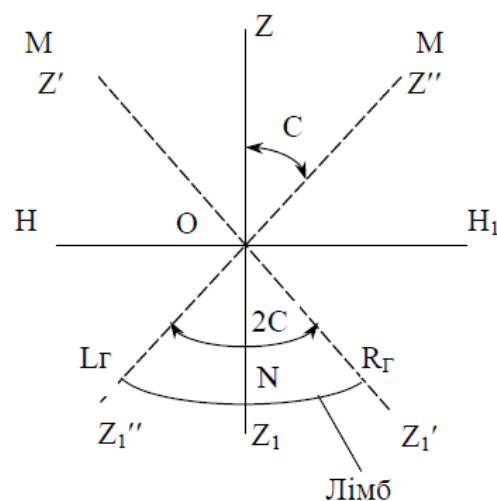


Рис. 32. Схема визначення колімаційної похибки

Неперпендикулярність візирної осі зорової труби до горизонтальної осі обертання визначають у такій послідовності: теодоліт приводять у робоче положення, закріплюють алідаду, вибирають віддалену й добре помітну точку M , що знаходиться на рівні осі обертання [1, 4] (див. рис. 32). Візують на неї трубу при крузі “ліво”. Закріпивши закріпні гвинти й діючи навідними гвинтами алідади й труби, суміщають центр сітки з точкою, яку спостерігають. Беруть відлік за горизонтальним кругом. Відкріпивши алідаду і перевівши трубу через зеніт, візують на ту саму точку M при крузі “право”. Знову роблять відлік за лімбом горизонтального круга.

Після цього обчислюють колімаційну похибку (C). Якщо вона не перевищує подвійну точність теодоліта – умову виконано. У протилежному випадку проводять юстирування. Щоб усунути похибку, з обох відліків обчислюють середнє значення. Навідними гвинтами алідади встановлюють на лімбі відлік, який дорівнює середньому арифметичному з двох отриманих відліків. Центр сітки ниток зорової труби зійде зі спостережуваної точки M . Послабивши юстирувальні гвинти, сітку ниток переміщують до суміщення її центру з зображенням точки M . Після цього сітку ниток закріплюють. Для контролю перевірку повторюють, доки колімаційна похибка не перевищуватиме подвійну точність теодоліта. Після закінчення перевірки захисний ковпачок юстирувальних гвинтів сітки ниток ставлять на місце [1,4].

3. Перевірка взаємного положення осі обертання труби та осі обертання приладу. Горизонтальна вісь обертання зорової труби має бути перпендикулярною до вертикальної осі обертання теодоліта (рис. 33). Теодоліт установлюють за 25–40 м від стіни будівлі й приводять його у горизонтальне положення. Обирають і намічають на стіні точку A (див. рис. 33).

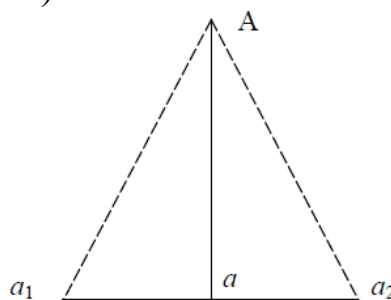


Рис. 33. Визначення нахилу горизонтальної осі обертання зорової труби

Кут нахилу на точку A повинен дорівнювати $25\text{--}35^\circ$. Зорову трубу візують на точку A й закріплюють алідаду. Опускають трубу до горизонтального положення, і проектують на стіну центр сітки ниток. Позначають на стіні точку a_1 . Переводять трубу через zenit, і при іншому положенні вертикального круга знову візують трубу на точку A . Закріпивши алідаду, опускають трубу до горизонтального положення і позначають на стіні точку a_2 . Якщо точки a_1 і a_2 не сумістяться – умову не виконано. Відстань між a_1 і a_2 для технічних теодолітів не повинна перевищувати $1:5000$ висоти точки A над горизонтом приладу (відрізок aA) [1].

Необхідні в теодоліті виправлення виконують у майстернях.

4. Перевірка положення сітки ниток зорової труби. Одна з ниток сітки має бути горизонтальною, а інша вертикальною. Приводять теодоліт у робочий стан. Горизонтальність нитки сітки перевіряють у такій послідовності. Наводять центр сітки ниток на точку, віддалену від теодоліта на $5\text{--}10$ м, що перебуває на висоті приладу. Навідним гвинтом лімба переміщують сітку ниток уздовж точки (рис. 34) і стежать за положенням горизонтальної сітки ниток відносно точки. Якщо зображення центру сітки ниток зміщується відносно точки більше ніж на величину потрійної товщини штриха – умову не виконано [1].

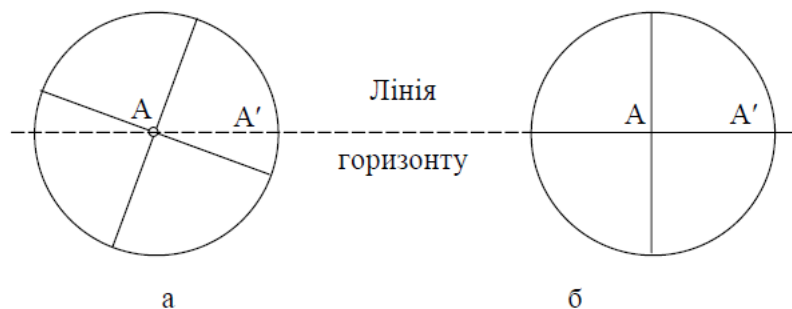


Рис. 34. Перевірка правильності встановлення сітки ниток наведенням на точку:
а – умову не виконано; б – виконано

Вертикальну сітку ниток можна перевірити за допомогою виска, підвішеного на відстані $20\text{--}30$ м (рис. 35). Якщо після візування на висок вертикальна сітка ниток суміститься зі шнурком виска – умову виконано. В іншому разі треба зробити юстирування.

Для юстирування відгвинчують ковпачок, що закриває виправні (юстирувальні) гвинти сітки на окулярній частині зорової труби.

Відкручують виправні гвинти й рукою повертають корпус ниток сітки так, щоб виконувалися умови горизонтальності й вертикальності сітки ниток. Після закінчення перевірки повторюють перевірку перпендикулярності осі візування до горизонтальної осі зорової труби [1].

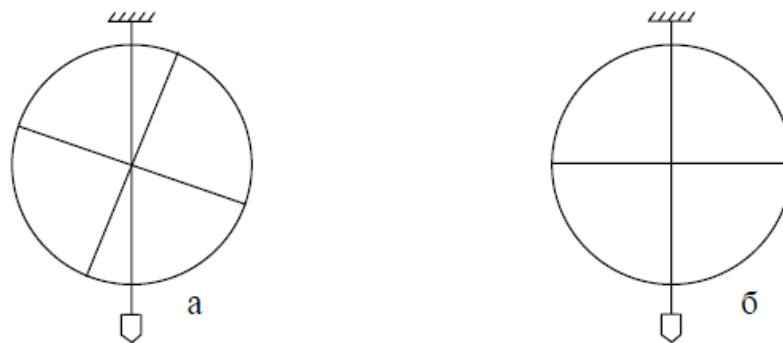


Рис. 35. Перевірка сітки ниток за допомогою виска:
а – умову не виконано; б – виконано

Вимірювання горизонтальних кутів способом прийомів.

Суть цього способу полягає у двократному вимірюванні одного і того самого кута при двох положеннях вертикального круга («круг ліво» і «круг право») та обчисленні середнього значення кута, який вимірюють. Схему вимірювання горизонтального кута показано на рис. 36.

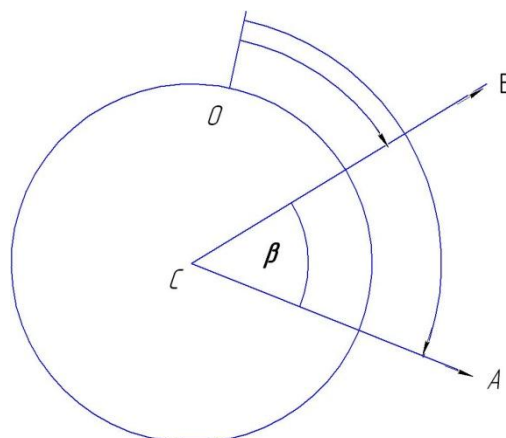


Рис. 36. Вимірювання горизонтальних кутів способом прийомів

Під час оцифрування лімба за ходом годинникової стрілки маємо:

$$\beta = A - B, \quad (13)$$

де A – відлік на праву (задню) точку; B – відлік на ліву (передню) точку.

Якщо відлік на задню точку виявився меншим, ніж на передню, то до нього заздалегідь потрібно додати 360° . Теодоліт наводять послідовно на праву і ліву точки, знімають відліки по горизонтальному кругу і записують їх у журнал вимірювання кутів. Вираховують і записують вимірний кут. Наводячи на ціль, спочатку виконують грубе наведення по візиру. Потім, затиснувши закріпні гвинти алідади і зорової труби і відфокусувавши трубу на ціль, роблять точне наведення на ціль навідними гвинтами алідади і зорової труби. *Під час роботи в полі* наведення роблять на низ віхи, суміщаючи з нею перетин сітки ниток. *При роботі в приміщенні* як візирну ціль використовують заздалегідь підвішені на стіни віхи (або нівелірні рейки) [4].

Перед другим напівприйомом рекомендують «збити» положення лімба на $1-2^\circ$. Це можна зробити навідним гвинтом лімба. Після цього трубу переводять через зеніт і всі операції щодо вимірювання кута повторюють. Якщо різниця значень кута в напівприйомах не перевищує подвійної точності відлікового пристрою, то обчислюють середнє значення кута. У разі невиконання цієї умови роблять повторне вимірювання кута. Оскільки точність взяття відліку у теодоліта 2Т30 рівна $0,5'$ ($30''$), допустима розбіжність кута в напівприйомах не повинна перевищувати 1 хвилини [4].

Порядок роботи з вимірювання горизонтальних кутів і контроль вимірювань. *Під час роботи в польових умовах* вибирають на місцевості 3–4 точки на відстані 100–150 м і закріплюють їх кілками. Вимірюють горизонтальні кути на кожній точці (вершині) і результати записують у журнал. Потім підсумовують усі вимірні кути і перевіряють виконання умови [4]:

$$\sum \beta_{\text{вим.}} - \sum \beta_{\text{теор.}} \leq 1' \sqrt{n}, \quad (14)$$

де $\sum \beta_{\text{вим.}}$ – сума всіх вимірних кутів, $\sum \beta_{\text{теор.}}$ – теоретична сума кутів;

$$\sum \beta_{\text{теор.}} = 180^\circ (n - 2), \quad (15)$$

де n – число вимірних кутів.

Аналогічно проводять роботу в приміщенні, позначаючи точки на підлозі крейдою. В обмежених умовах невеликого приміщення можна встановити теодоліт у центрі його і виміряти декілька суміжних кутів, які в сумі становлять 360° , використовуючи як візирну ціль наперед вивішені на стіни віхи. Щоб вимірювання суміжних кутів були незалежними, бажано кожний з кутів виміряти при різних положеннях лімба.

Вимірювання вертикальних кутів. *Вертикальним* називають кут між напрямом на предмет і горизонтальним напрямом візирної осі труби теодоліта. Вертикальні кути може бути укладено в межах від 90° до -90° . Вертикальні кути вимірюють для визначення перевищень між точками тригонометричною нівеляцією і для визначення горизонтальних прокладань похилих ліній місцевості. Горизонтальний напрям візирної осі визначають за допомогою місця нуля (МО) вертикального круга [1, 4].

Вимірювання вертикальних кутів – кутів нахилу виконують за допомогою вертикального круга теодоліта. Для визначення кутів теодолітом Т30 використовують одну із наведених формул:

$$v = \frac{KL - KP - 180^\circ}{2}, \quad (16)$$

$$v = KL - MO, \quad (17)$$

$$v = MO - KL - 180^\circ, \quad (18)$$

де v – кут нахилу; МО – місце нуля вертикального круга; КЛ і КП – відліки за вертикальним кругом при кругу “ліво” і “право”.

Місце нуля – це відлік по лімбу вертикального круга при горизонтальному положенні візирної осі й осі циліндрового рівня.

Для визначення місця нуля встановлюють за рівнем вісь обертання теодоліта в прямовисне положення. При крузі “ліво” візують трубу на віддалену точку, яку чітко видно, і беруть відлік по вертикальному кругу. Переводять трубу через зеніт, візують трубу на ту саму точку й беруть відлік за вертикальним кругом.

У теодоліта Т30 місце нуля обчислюють за формулою:

$$MO = \frac{KL + KP \pm 180^\circ}{2} \leq 2t. \quad (19)$$

Для контролю визначають місце нуля візуванням на іншу точку.

У теодоліта 2Т30 та інших, у яких шкала вертикального круга має два ряди цифр (в одному зі знаком "-", а в другому "+"), місце нуля

$$MO = \frac{KL + KP}{2} \leq 2t. \quad (20)$$

Для спрощення обчислення вертикальних кутів передбачена умова: візирна вісь зорової труби та вісь рівня горизонтальні, відліки по вертикальному кругу повинні дорівнювати нулю. Цієї умови досягають, якщо місце нуля (МО) дорівнює нулю.

Виконувати юстирування потрібно в тому разі, коли місце нуля буде більшим за подвійну точність теодоліта. Наприклад, розглянемо схему юстирування для теодоліта Т30. Для цього необхідно знайти кут нахилу за відліками, отриманих під час візування труби на точку при двох положеннях вертикального круга:

$$v = \frac{KL - KP \pm 180^\circ}{2}. \quad (21)$$

Залишивши зорову трубу наведеною на точку, установлюють навідним гвинтом по вертикальному кругу відлік v . Піднімальними гвинтами необхідно вивести на середину бульбашку рівня поблизу горизонтального круга. При цьому центр сітки ниток може зміститися з точки, яку спостерігають. Далі потрібно відгвинтити ковпачок, що блокує юстирувальні гвинти сітки ниток на окулярній частині зорової труби. Вертикальними юстирувальними гвинтами при послаблених горизонтальних гвинтах суміщають центр сітки ниток з точкою, яку спостерігають. Перевірку повторюють до тих пір, поки не буде виконано умову. В цьому й полягає контроль.

Необхідно зазначити, що відліки за вертикальним кругом у теодоліта 2Т30П беруть по шкалі, підписаній буквою В, рівній 1° вертикального круга і поділеній на 12 частин. Отже, ціна поділки шкали рівна $5'$. Ділячи її на око на 10 частин, ми можемо брати відлік з точністю $0,5'$ ($30''$). Зліва направо шкала зростає від $0'$ до $60'$ (підписано цифрою 6), справа наліво шкала зменшується від $-0'$ до $-60'$ (підписано -6).

Відлік по шкалі беруть у такий спосіб: кількість градусів прочитують з підписаного градусного штриха вертикального круга, який проектується на шкалу; кількість хвилин визначають по шкалі від її нуля до градусного штриха вертикального круга. Причому, якщо градусний штрих додатний, то кількість хвилин вираховують зліва направо від 0 шкали до цього штриха і додають до градусів [4]. Відлік буде додатнім. Наприклад, на (рис. 37, а) відлік рівний $+2^{\circ}19'$. Якщо градусний штрих вертикального круга від'ємний, то кількість хвилин вираховують справа наліво від -0 до градусного штриха і додають до градусів; відлік буде від'ємним. Наприклад, на рис. 37, б відлік дорівнює $-0^{\circ}52'$.

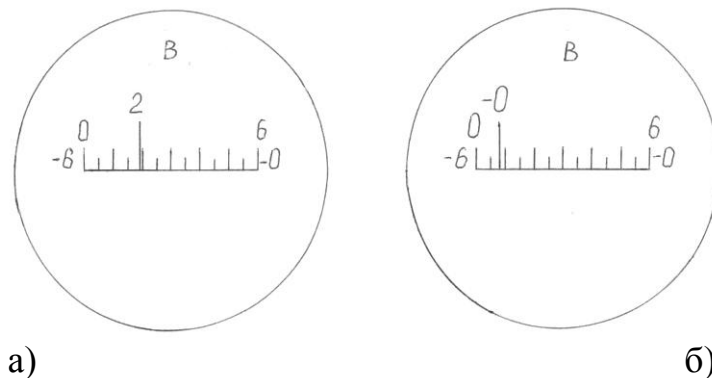


Рис. 37. Відлік за вертикальним кругом

Під час вимірювання вертикальних кутів теодолітом 2Т30П ретельно приводять вісь теодоліта в прямовисне положення, потім зорову трубу наводять на точку при «круг право» (КП). Перед узяттям відліку за необхідності потрібно поправити рівень (пухирець вивести на середину) підйомними гвинтами [1]. Потім записують відлік КП за вертикальним кругом. Далі зорову трубу переводять через зеніт і наводять на ту саму точку при «круг ліво» (КЛ). Підправивши за необхідності рівень підйомними гвинтами, беруть і записують відлік по вертикальному кругу КЛ. За формулами (16, 17, 18 або 21) визначають вертикальний кут ν і місце нуля МО (19, 20).

Місце нуля слід визначити повторно при наведенні на іншу точку і з двох значень обчислити його середнє арифметичне, якщо середнє значення МО більше $1'$, його слід виправити [1].

У геодезії також для визначення прямих кутів використовують екери різноманітної конструкції.

Будова екера. Екер – прилад для побудови на місцевості прямих кутів. Екери бувають дзеркальні і призматичні. Дзеркальний

екер складається з тригранної коробки, одна з бічних граней якої відкрита [1] (рис. 38). До двох інших граней з внутрішньої сторони прикріплено дзеркала. Над дзеркалами вирізано віконця. Внизу екера є гачок для виска.

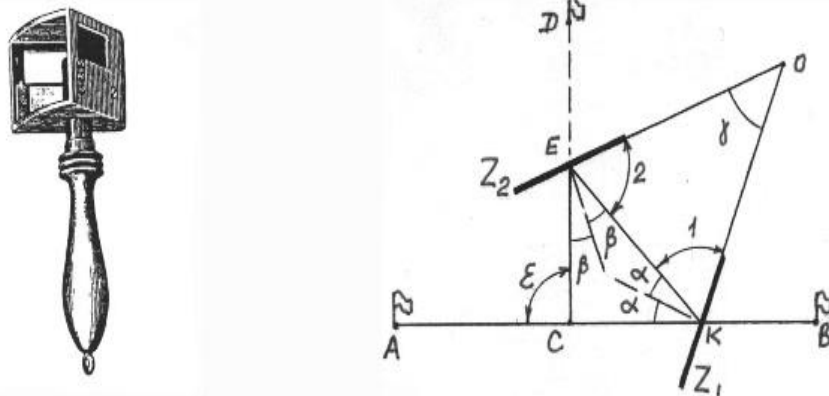


Рис. 38. Дзеркальний екер

Якщо екер установлено на лінії АВ (див. рис. 38), то промінь від віхи А потрапляє в дзеркало Z_1 , відображається від нього, падає на дзеркало Z_2 , відображається від нього і потрапляє в око спостерігача, складаючи зі своїм первинним напрямом кут Σ .

Щоб промінь складав зі своїм попереднім напрямом кут $\beta = 90^\circ$ потрібно, щоб кут між дзеркалами був рівний 45° . Око бачить зображення віхи А в дзеркалі Z_2 в напрямі СЕ, перпендикулярному до напрямку АВ, а у віконце над дзеркалом видно віху D, яку помічник переставляє за командою спостерігача. Як тільки віха D буде на лінії СЕ, її закріплюють. Якщо віхи закріплено, то за допомогою екера можна знайти на лінії АВ точку С, щоб лінія DC була перпендикулярною до АВ; іншими словами, можна знайти основу перпендикуляра, опущеного з точки D на лінію АВ. Узявши в руки екер, переміщуються по лінії АВ, поки зображення віхи А в дзеркалі Z_2 не співпадає з напрямом CD. Потім за допомогою виска намічають на землі точку С [1].

Визначення відстаней нитковим віддалеміром. Нитковий віддалемір належить до віддалемірів з постійним паралактичним кутом і змінним базисом. Конструктивно його оформлено у вигляді зорової труби, на сітці якої, крім центральних, горизонтальної і вертикальної ниток, нанесено дві горизонтальні віддалемірні нитки. Паралактичний кут β утворюють промені візування, які проходять через віддалемірні штрихи у точках a і b . Величина кута залежить від відстані P між віддалемірними штрихами; вершина кута знаходиться

на оптичній осі в незмінній точці, положення якої різне для різних систем зорових труб. У трубах із зовнішнім фокусуванням незмінна точка знаходиться в проміжку між сіткою ниток і об'єктивом. Відповідним вибором компонентів об'єктива і конструкції зорової труби можливо незмінну точку сумістити з перетином осі обертання приладу і оптичною віссю об'єктива.

Для вимірювання відстані D між точками 1 і 2 встановлюють віддалемір так, щоб вісь обертання приладу (теодоліта) C була прямовисна і проходила через початкову точку лінії (точка 1). На кінцевій точці лінії (у точці 2) встановлюють віддалемірну рейку. Якщо лінія візування горизонтальна, рейка повинна бути перпендикулярна до неї. Із креслення 39 видно, що відстань, яку вимірюють, дорівнює:

$$D = E + f + \delta, \quad (22)$$

де E – відстань від переднього фокуса об'єктива до рейки; f – передня фокусна відстань об'єктива; δ – відстань від об'єктива до вертикальної осі обертання зорової труби.

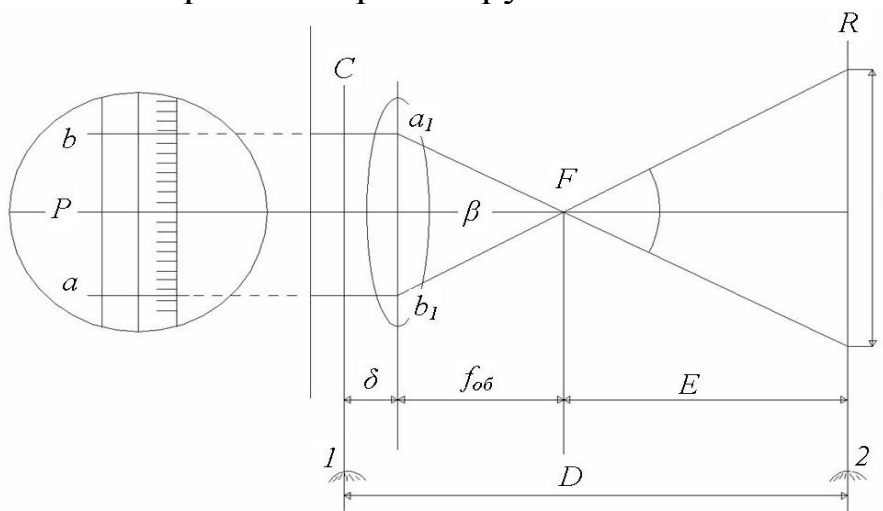


Рис. 39. Схема вимірювання відстаней нитковим віддалеміром

Нитковий віддалемір дає змогу швидко вимірювати відстані, але точність визначення довжин ліній є значно нижчою порівняно з результатами, які одержують під час вимірювання ліній мірними стрічками, рулетками та іншими приладами для безпосереднього вимірювання.

Здавальні матеріали: бланк з виконаною роботою за індивідуальним варіантом (рис. 40). Під час здавання роботи проводять співбесіду, у ході якої кожен здобувач повинен відповісти

на питання з методики вимірювання горизонтальних, вертикальних кутів, відстаней, будову теодоліта.

Журнал геодезичної зйомки.

№ ст. стояння	№ ст. введених по ГК	Відліки Внутрішні кути β	Середнє значення кутів	Відліки по ВК	Місце нуля МО	Кут нахилу ν	Відстань D	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
КЛ								
КП								

$$MO = \frac{KL + KP}{2};$$

$$MO =$$

$$MO =$$

$$MO_{ср.} =$$

$$\nu = KL - MO;$$

$$\nu =$$

$$\nu =$$

$$MO = \frac{KL + KP \pm 180}{2}$$

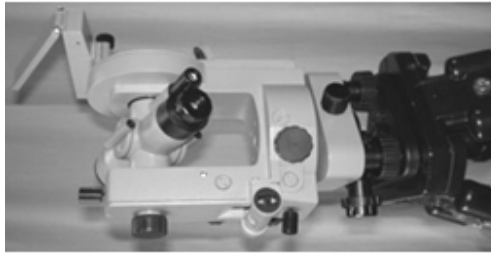
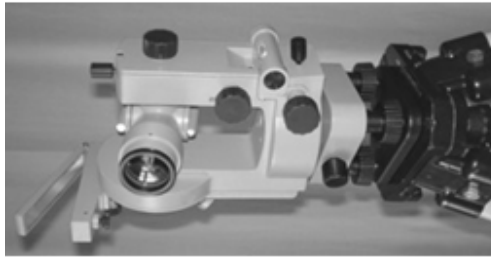


Рис. 40. Вивчення будови теодоліта Т30 (2Т30П). Вимірювання кутів та відстаней



Контрольні запитання

1. Призначення теодоліта.
2. Будова теодоліта.
3. Перевірки і юстирування теодоліта.
4. Порядок вимірювання горизонтальних кутів.
5. Порядок вимірювання вертикальних кутів.
6. Призначення штатива теодоліта.
7. Вимірювання прямих кутів і відстаней.

Практична робота 5

ОБЧИСЛЕННЯ КООРДИНАТ ТОЧОК ЗАМКНУТОГО ТЕОДОЛІТНОГО ХОДУ

Мета: навчитися урівнювати горизонтальні кути, обчислювати горизонтальні закладення довжин ліній, прирости координат.

Прилади та обладнання: журнал вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів, відомість обчислення координат точок теодолітного ходу, відомість обчислення довжин ліній, калькулятор.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ І МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Теодолітним ходом називають хід, у якому кути вимірюють з точністю $0,5-1'$, а довжини сторін – металевою стрічкою з відносною похибкою $1:2000$. Теодолітний хід, який опирається на одну тверду лінію, називають **замкненим** (рис. 41), а хід, який опирається на дві тверді лінії, – **розімкненим**. **Тверда лінія** – це лінія, у якої відомі координати початкової і кінцевої точок або координати однієї з точок і дирекційний кут лінії. Тверді лінії на схемі позначають *подвійними лініями* [2].

У роботі розглянуто стандартний замкнутий теодолітний хід. Схему теодолітного ходу наведено на рис. 41. Вихідними даними під час прокладання ходу є дирекційний кут вихідного напрямку α_{A-B} і координати точки В (x_B ; y_B). У процесі польових робіт виміряно внутрішні (тут – праві по ходу) горизонтальні кути β_i і довжини сторін S_i . Прив'язку теодолітного ходу до вихідного напрямку

виконували за допомогою вимірювання горизонтального примикаючого кута β_2 і контрольного примикаючого кута β_{22} .

Обчислення координат точок замкнутого теодолітного ходу виконуємо в такій послідовності:

1. Обчислюємо суму вимірних кутів у теодолітному ході $\sum\beta_{\text{пр}}$. ($\sum\beta_{\text{пр}}$ визначають як суму даних, що знаходиться в стовпчику 2 табл. 5). Для нашого теодолітного ходу маємо:

$$\sum\beta_{\text{пр.}} = 204^{\circ}05' + 81^{\circ}24' + 93^{\circ}28' + 151^{\circ}24' + 89^{\circ}40' + 99^{\circ}57' = 719^{\circ}58'.$$

2. Обчислюємо теоретичну суму кутів замкнутого теодолітного ходу за формулою (23):

$$\sum\beta_{\text{теор.}} = 180^{\circ}(n-2) = 720^{\circ}00', \quad (23)$$

де n – кількість горизонтальних кутів у замкнутому теодолітному ході, $n = 6$.

3. Обчислюємо практичну кутову нев'язку за формулою (24):

$$f_{\beta_{\text{пр.}}} = \sum\beta_{\text{пр.}} - \sum\beta_{\text{теор.}} = 719^{\circ}58' - 720^{\circ}00' = -0^{\circ}02'. \quad (24)$$

Допустиму кутову нев'язку обчислюємо за формулою (25):

$$f_{\beta_{\text{доп.}}} = \pm 1' \sqrt{n} = \pm 1' \sqrt{6} = \pm 0^{\circ}02,45'. \quad (25)$$

Практична кутова нев'язка не перевищує допустиму $f_{\beta_{\text{пр.}}} < f_{\beta_{\text{доп.}}}$, отже, можна починати ув'язку кутів.

Поправка у вимірних кутів повинна дорівнювати нев'язці, узятій з протилежним знаком. Отже, у значення вимірних кутів потрібно внести поправку $+0^{\circ}02'$. Для спрощення розрахунків уносимо поправки $0^{\circ}01'$ у два вимірні кути, що утворені найкоротшими сторонами теодолітного ходу, оскільки похибка взяття відліку під час вимірювання таких кутів більша. У нашому випадку кутову нев'язку порівну розділимо між кутами при вершинах теодолітного ходу 2 та В, про що зробимо відповідні записи на рис. 43, стовпчик 3. Після внесення поправок обчислюємо значення виправлених кутів і записуємо отримані результати в «Журнал обчислення координат точок замкнутого теодолітного ходу» (рис. 43, стовпчик 4).

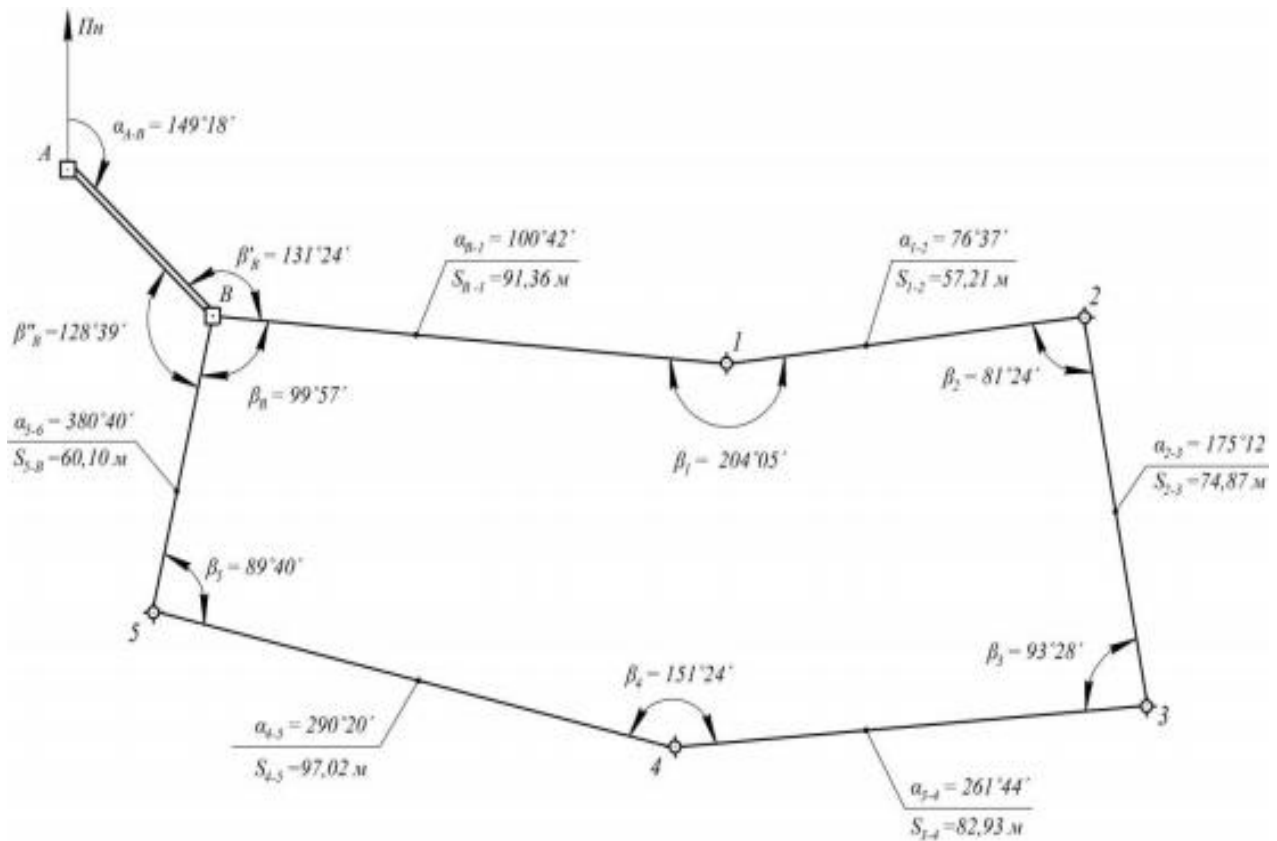


Рис. 41. Схема замкнутого теодолітного ходу із числовими значеннями виміряних та обчислених параметрів

4. Обчислюємо значення дирекційних кутів сторін теодолітного ходу:

– для виміряних лівих кутів обчислення виконують за формулою:

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} + \beta_{\text{л}} - 180^\circ; \quad (26)$$

– для виміряних правих кутів обчислення виконують за формулою:

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} - \beta_{\text{п}} + 180^\circ. \quad (27)$$

Дирекційні кути сторін теодолітного ходу визначаємо в такій послідовності: спочатку за дирекційним кутом вихідної сторони α_{A-B} та примикаючим кутом β'_B необхідно знайти дирекційний кут першої сторони теодолітного ходу. Згідно з рис. 42, маємо:

$$\alpha_{B-1} = 149^\circ 18' + 131^\circ 24' - 180^\circ = 100^\circ 42'.$$

Дирекційні кути всіх інших сторін теодолітного ходу обчислюємо за формулою (27). Обчислення виконуємо послідовно в такий спосіб:

$$\begin{aligned}\alpha_{1-2} &= 100^{\circ}42' - 204^{\circ}05' + 180^{\circ} = 76^{\circ}37'; \\ \alpha_{2-3} &= 76^{\circ}37' - 81^{\circ}25' + 180^{\circ} = 175^{\circ}12'; \\ \alpha_{3-4} &= 175^{\circ}12' - 93^{\circ}28' + 180^{\circ} = 261^{\circ}44'; \\ \alpha_{4-5} &= 261^{\circ}44' - 151^{\circ}24' + 180^{\circ} = 290^{\circ}20'; \\ \alpha_{5-B} &= 290^{\circ}20' - 89^{\circ}40' + 180^{\circ} = 380^{\circ}40'.\end{aligned}$$

Останній кут більший ніж 360° , тому від отриманого значення кута слід відняти 360° :

$$\alpha_{5-B} = 380^{\circ}40' - 360^{\circ}00' = 20^{\circ}40'.$$

Для контролю правильності обчислення дирекційних кутів знаходимо значення вихідного дирекційного кута, яке повинно дорівнювати заданому:

$$\alpha_{B-1} = \alpha_{5-B} - \beta_B + 180^{\circ} = 20^{\circ}40' - 99^{\circ}58' + 180^{\circ} = 100^{\circ}42'.$$

Умова виконується, отже, значення дирекційних кутів визначено правильно. Отримані значення дирекційних кутів заносимо до Журналу (стовпчик 5 рис. 43).

5. Дирекційні кути сторін переводимо в румби за формулами (28):

$$\begin{aligned}r_{ПнСх} &= \alpha; \\ r_{ПдСх} &= 180^{\circ} - \alpha; \\ r_{ПдЗх} &= \alpha - 180^{\circ}; \\ r_{ПнЗх} &= 360^{\circ} - \alpha.\end{aligned}\tag{28}$$

Запис значень румбів виконуємо в стовпчик 6 (табл. 5).

6. Прирости координат Δx та Δy обчислюють згідно з прямою геодезичною задачею (рис. 42) за формулами:

$$\begin{aligned}\Delta x &= d_i \cdot \cos \alpha; \\ \Delta y &= d_i \cdot \sin \alpha,\end{aligned}\tag{29}$$

де d_i – горизонтальне прокладання відповідної сторони; α_i – дирекційний кут тієї ж самої сторони.

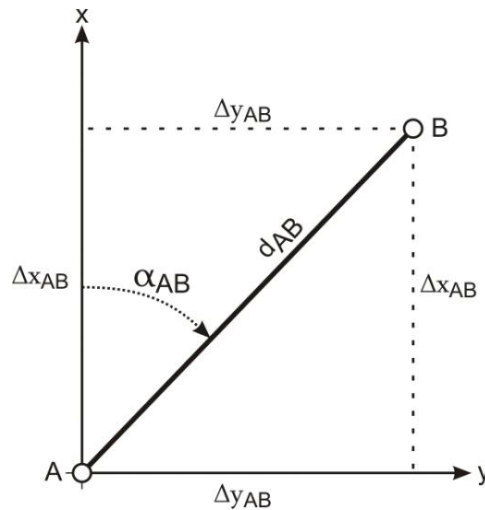


Рис. 42. Прямая геодезична задача

Тобто *приріст координат за віссю абсцис рівний добутку горизонтального прокладання лінії на косинус її дирекційного кута. Приріст координат за віссю ординат рівний добутку горизонтального прокладання лінії на синус її дирекційного кута* [2].

Прирости координат визначають з точністю до 0,01 м. Вони можуть набувати і додатних, і від’ємних значень, тому біля приросту обов’язково записують його знак. Зрівнювання обчислених приростів координат і вирахування координат точок виконують у такій послідовності:

- 1) підраховують суму обчислених приростів координат;
- 2) обчислюють *теоретичну суму приростів* координат за формулами (30) [2]:

$$\begin{aligned}\Sigma \Delta x_{теор} &= x_k - x_n; \\ \Sigma \Delta y_{теор} &= y_k - y_n,\end{aligned}\tag{30}$$

де x_n, y_n – координати початкової точки ходу;
 x_k, y_k – координати кінцевої точки ходу.

Очевидно, що в разі замкненого ходу початкова і кінцева точки збігаються, тому *дорівнюють нулю*.

- 3) обчислюють *лінійну нев’язку* за формулами (31):

$$\begin{aligned}f_x &= \Sigma \Delta x_{np.} - \Sigma \Delta x_{теор}; \\ f_y &= \Sigma \Delta y_{np.} - \Sigma \Delta y_{теор}.\end{aligned}\tag{31}$$

4) на основі f_x та f_y обчислюють абсолютну лінійну нев'язку за формулою (32):

$$f_{абс.} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}; \quad (32)$$

5) відносну нев'язку вираховують за формулою (33):

$$f_{відн.} = \frac{f_{абс.}}{P} = \frac{1}{P/f_{абс.}}, \quad (33)$$

де P – довжина теодолітного ходу (периметр багатокутника).

Відносну нев'язку записують як натуральний дріб, з чисельником, рівним одиниці. Критерієм точності прокладеного теодолітного ходу є відносна лінійна нев'язка, значення якої для теодолітного ходу не повинно перевищувати $1:2000$ [2];

б) якщо відносна нев'язка не перевищує встановленої допустимої величини, то нев'язки f_x та f_y розподіляють з протилежними знаками між обчисленими приростами координат пропорційно до довжин відповідних їм сторін уведенням *поправок*. Поправки в обчислені прирости координат вираховують з точністю до $0,01$ м та записують червоним кольором над відповідними їм приростами [2].

Контролює цей етап умова: сума поправок повинна дорівнювати лінійній нев'язці з оберненим знаком.

Якщо контроль не виконується через похибки округлення, необхідно змінити на $0,01$ м одну чи декілька поправок, починаючи з найдовшої сторони;

7) виправлені прирости координат $\Delta x_{випр}$, $\Delta y_{випр}$ знаходять за формулами (34):

$$\begin{aligned} \Delta x_{випр} &= \Delta x_i + v_{\Delta x_i}; \\ \Delta y_{випр} &= \Delta y_i + v_{\Delta y_i}, \end{aligned} \quad (34)$$

де $v_{\Delta x_i}, v_{\Delta y_i}$ – поправки в прирости абсцис та ординат.

Контроль: сума виправлених приростів координат у теодолітному ході повинна дорівнювати теоретичній сумі.

8) за урівняними приростами координат визначають *координати точок* теодолітного ходу за правилом: *координата наступної точки*

дорівнює координаті попередньої точки плюс виправлений приріст між ними, тобто (35) [2]:

$$\begin{aligned}x_{i+1} &= x_i + \Delta x_{i_{\text{випр}}} \\y_{i+1} &= y_i + \Delta y_{i_{\text{випр}}}.\end{aligned}\quad (35)$$

У результаті наведених вище дій послідовно обчислюють координати всіх точок ходу. *Контролем* правильності обчислень є отримання однакових вирахуваних і заданих значень координат кінцевої точки ходу.

Завдання 1. Виконати урівнювання теодолітного ходу та обчислити координати його вершин за завданням, наведеним у табл. 5.

Таблиця 5

Розрахунок індивідуального завдання

№ Точки	Кути виміряні, $\beta_{\text{пр.}}$	Дирекційний кут, α_{1-2}	Довжини сторін (горизонтальні прокладення), d_i (м)	Координати, (м)
1	66°28'	$\alpha_{1-2} = 80^\circ + N^\circ + 20' + n'$, N – номер групи, n – номер варіанта	58,43	X = +100,00 + n; Y = + 100,00 + n.
2	95°24'		70,25	
3	144°31'		61,17	
4	41°29'		83,41	
5	192°10'		44,82	

Розв'язок: завдання виконують у відомості обчислення координат (координатна відомість, рис. 43) теодолітного ходу з результатами вимірювань горизонтальних кутів та горизонтальних прокладань у послідовності, описаній у питаннях 1–8.

Журнал обчислення координат точок замкнутого теодолітного ходу

Точка	Вимірний кут	Поправка	Виправлений кут	Дирекційний кут	Румб	Довжина сторони, м	Прирости обчислені, м				Прирости виправлені, м		Координати, м	
							Δx	поп-равка	Δy	поп-равка	Δx	Δy	X	Y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
B														
1	204°05'	0	204°05'	100°42'	ПдСх: 79°18'	91,36	-16,96	+0,06	+89,77	+0,03	-16,90	+89,80	+500,00	+500,00
2	81°24'	+0°01'	81°25'	76°37'	ЛнСх: 76°37'	57,21	+13,24	+0,04	+55,66	+0,01	+13,28	+55,67	+483,10	+589,80
3	93°28'	0	93°28'	175°12'	ПдСх: 04°48'	74,87	-74,61	+0,05	+6,26	+0,02	-74,56	+6,28	+496,38	+645,47
4	151°24'	0	151°24'	261°44'	ПдЗх: 81°44'	82,93	-11,92	+0,05	-82,07	+0,03	-11,87	-82,04	+421,82	+651,75
5	89°40'	0	89°40'	290°20'	ЛнЗх: 69°4'	97,02	+33,71	+0,07	-90,97	+0,03	+33,78	-90,94	+409,95	+569,71
B	99°57'	+0°01'	99°58'	20°40'	ЛнЗх: 20°40'	60,10	+56,23	+0,04	+21,21	+0,02	+56,27	+21,23	+443,73	+478,77
				100°42'									+500,00	+500,00

$$\sum S = 463,49 \text{ м}$$

$$\sum \Delta x_{np} = -0,31 \text{ м} \quad \sum \Delta y_{np} = -0,14 \text{ м}$$

$$\sum \Delta x_{теор} = 0 \quad \sum \Delta y_{теор} = 0$$

$$f_x = -0,31 \text{ м} \quad f_y = -0,14 \text{ м}$$

$$f_{абс} = \sqrt{(-0,31)^2 + (-0,14)^2} = 0,34 \text{ м}$$

$$f_{відн} = \frac{1}{1363} < f_{доп} = \frac{1}{1000}$$

$$\sum \beta_{np} = 719°58'$$

$$\sum \beta_{теор} = 720°00'$$

$$f_\beta = -0°02'$$

$$f_{\beta доп} = \pm 0°02,45'$$

Рис. 43. Координатна відомість замкнутого теодолітного ходу



Контрольні запитання

1. Замкнені та розімкнені теодолітні ходи.
2. Зрівнювання горизонтальних кутів теодолітного ходу.
3. Розрахунок дирекційних кутів сторін у теодолітному ході.
4. Обчислення приростів координат теодолітного ходу згідно з прямою геодезичною задачею.
5. Зрівнювання обчислених приростів координат і вирахування координат точок ходу.

Практична робота 6

НІВЕЛІР, ЙОГО БУДОВА І ПЕРЕВІРКИ НІВЕЛІРІВ. ВИМІРЮВАННЯ ПЕРЕВИЩЕНЬ

Мета: вивчити будову нівелірів і нівелірних рейок; навчитися брати відліки з нівелірних рейок.

Прилади та обладнання: нівелір, штатив, комплект нівелірних рейок, нитяний висок.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ І МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Нівелір (від фр. *niveau* — рівень, нівелір) – це оптико-механічний прилад, призначений для побудови в просторі горизонтального променя. За допомогою нівелірів виконують геометричне нівелювання для визначення перевищення між двома точками [2].

За точністю нівеліри поділяють на високоточні (призначені для нівелювання I та II класів – Н-05), точні (застосовують для нівелювання III та IV класів – Н-3, Н-3К, Н-3КЛ) і технічної точності (застосовують під час виконання технічного нівелювання – Н-10, Н-10К). За способом установки візирного променя в горизонтальне положення їх поділяють на нівеліри з циліндричним рівнем при зоровій трубі (Н-3, Н-10) і на нівеліри з компенсатором (Н-3К, Н-10К) [2].

У назві нівеліра літера „Н” означає нівелір, „К” – наявність компенсатора кутів нахилу, „Л” – наявність лімба горизонтального

круга. *Цифра* в шифрі нівеліра означає середню квадратичну похибку (в міліметрах) на 1 км подвійного нівелірного ходу.

Нівелір Н-3 (Н-3К) призначений для нівелювання III і IV класів, але його застосовують і при технічному нівелюванні. Загальний вигляд нівелірів Н-3 та Н-3К [2] показано на рис. 44–45.

Будова нівеліра Н-3. Основними частинами нівеліра Н-3 (рис. 44) є такі:

1) *піднімальні гвинти* – для приведення бульбашки круглого рівня в нуль-пункт;

2) *круглий рівень* – для встановлення осі обертання нівеліра в прямовисне положення;

3) *підставка нівеліра*;

4) *зорова труба*;

5) *візир* – для швидкого, приблизного наведення на рейку;

6) *окуляр*;

7) *об'єктив*;

8) *фокусуєчий гвинт (кремальєра)* – для отримання чіткого зображення рейки в полі зору зорової труби;

9) *закріпний гвинт* – для закріплення зорової труби в нерухомому положенні;

10) *навідний (мікрометричний) гвинт* – для точного наведення зорової труби на рейку в горизонтальній площині (працює при загвинченому затискному гвинті);

11) *циліндричний рівень* – для встановлення лінії візування в горизонтальне положення;

12) *елеваційний гвинт* – для приведення кінців бульбашки циліндричного рівня в контакт (нуль-пункт).

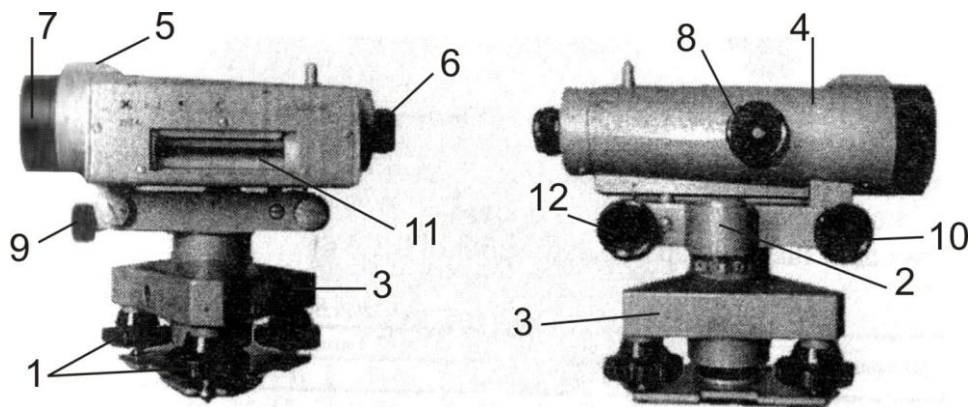


Рис. 44. Будова нівеліра Н-3

Над циліндричним рівнем розташований призмий пристрій, який передає зображення положення бульбашки в поле зору труби. Таким чином, спостерігачу у полі зору труби видно кінці бульбашки рівня і рейку, з якої знімають відлік. Якщо бульбашка рівня знаходиться в нуль-пункті, то зображення її в полі зору труби утворює у верхній частині один загальний овал [2].

Будова нівеліра Н-3К. Основними частинами нівеліра Н-3К (рис. 45) є такі:

1 – піднімальні гвинти; 2 – круглий рівень; 3 – дзеркало – для підсвічування круглого рівня; 4 – підставка нівеліра; 5 – зорова труба; 6 – окуляр; 7 – об’єктив; 8 – фокусуєчий гвинт (кремальєра); 9 – навідний (мікрометричний) гвинт.

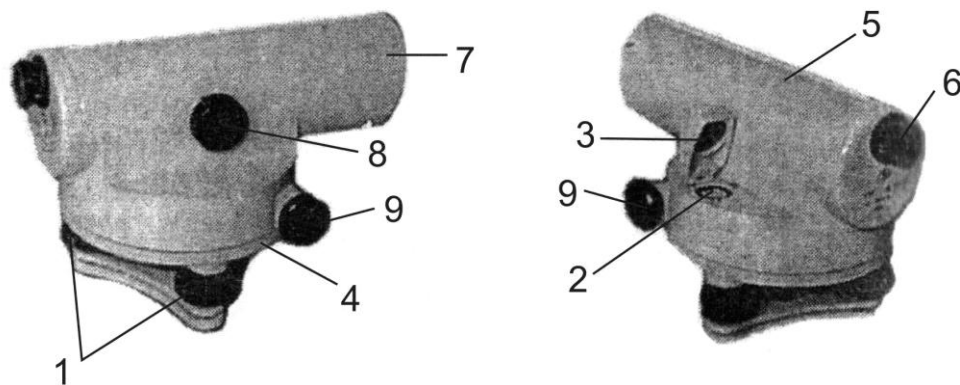


Рис. 45. Будова нівеліра Н-3К

У нівелірі Н-3К відсутні циліндричний рівень і елеваційний гвинт, тому що візирну вісь встановлює автоматично в горизонтальне положення призмий компенсатор (при кутах нахилу до 15°). **Компенсатор** – це пристрій, який автоматично встановлює промінь візування в горизонтальне положення при невеликих нахилах зорової труби.

Нівелірні рейки. Нівелірна рейка слугує робочою мірою вимірювання перевищень. *За точністю* їх поділяють на високоточні (РН-05), точні (РН-3) і технічні (РН-10). Літери означають – „P” – рейка, „H” – нівелірна, *цифри* – указують середню квадратичну похибку (в міліметрах) на 1 км подвійного нівелірного ходу. Для нівелювання I, II і III класів використовують суцільні рейки з круглим рівнем. У складних рейках після цифр додають літеру „С” (РН-10С) [2].

Рейка РН-10 (рис. 46) – двостороння, шашкова, ціна поділки – 10 мм. Являє собою дерев’яний брусок шириною 8–10 см, товщиною 2–3 см, виготовлений із сухої деревини. З боків рейки закріплено дві ручки (2). Кінці рейки для міцності оковують металевими пластинами (1). На одному боці нанесено чорні і білі поділки (*чорний бік*), на іншому – червоні і білі (*червоний бік*). Поділ виконано у вигляді дециметрів, розділених на 10 частин. Кожний дециметр підписано двозначним числом (3). Початок кожного дециметра фіксують тонким горизонтальним штрихом (4), від якого будують п’ятисантиметрову фігуру у вигляді літери „E” (5).

На чорному боці поділки починаються від нуля, який суміщений з нижнім кінцем рейки. На червоному боці поділки зміщені і починаються, наприклад, з 4683, 4783, 4883

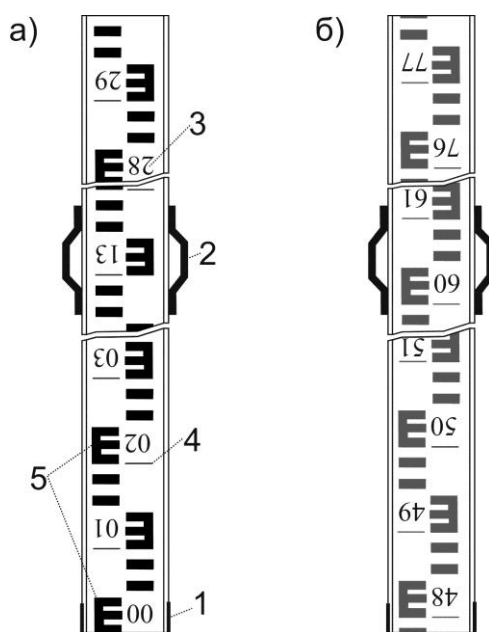


Рис. 46. Рейка РН-10 для нівеліра з оберненим зображенням:
а) чорний бік; б) червоний бік

Число, з якого починаються відліки на червоному боці рейки називають **п’яткою рейки**. П’ятку рейки обчислюють як різницю відліків, знятих з червоного і чорного боків рейки. Залежно від того, яке зображення буде зорова труба нівеліра, дециметрові підписи можуть бути *прямими* або *оберненими* (перевернутими). Як правило, виготовляють рейки три- і чотириметрові. Рейка РН-3 має аналогічну конструкцію і додатково обладнана круглим рівнем [2].

У полі зору труби (рис. 47) видно: вертикальний штрих (1) сітки ниток; середній (2), верхній (3) і нижній (4) – горизонтальні штрихи сітки ниток; а також кінці бульбашки циліндричного рівня (5) і рейку з поділками (6).

Для того, щоб провести знімання відліку з рейки потрібно:

1. Облаштувати нівелір на штатив та піднімальними гвинтами вивести бульбашку круглого рівня в центральну частину (в нуль-пункт);

2. Навести наближено зорову трубу на відповідну рейку, користуючись візиром та зафіксувати напрям наведення, при цьому затягнувши закріплюючий гвинт;

3. Сфокусувати чітке зображення рейки у полі зору труби за допомогою фокусуєчого гвинта;

4. Отримати чітке зображення сітки ниток у полі зору труби, використовуючи при цьому діоптрійне кільце окуляра;

5. За допомогою навідного гвинта досягти точного наведення зорової труби на рейку (при цьому сумістивши вертикальний штрих сітки ниток з центром рейки);

6. Використовуючи елеваційний гвинт привести бульбашку циліндричного рівня на середину, при цьому зображення кінців бульбашки циліндричного рівня в полі зору труби повинні утворити параболу – (5) (рис. 47).

Відлік з рейки знімається в міліметрах і складається з чотирьох значущих цифр. Він являє собою відстань від нуля шкали рейки до променя певного штриха сітки. Перші дві цифри – номер дециметра, третя – число повних сантиметрових поділок від початку дециметра до певного штриха, четверта – десяті долі наступної сантиметрової поділки (знімаються на око). У нашому випадку маємо на рис. 48 – за верхнім штрихом – 0473, за середнім – 0560, за нижнім – 0644 мм

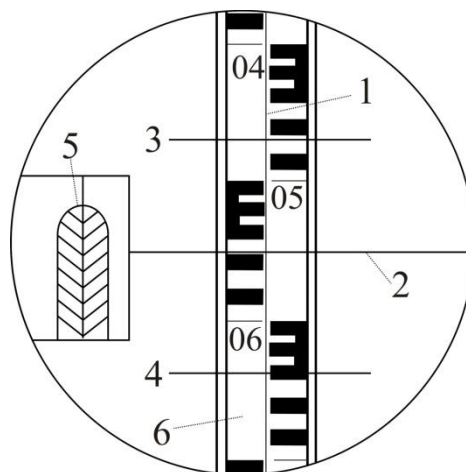


Рис. 47. Поле зору труби нівеліра Н-3

За допомогою віддалемірних штрихів сітки ниток можна визначати віддалі від нівеліра до рейки. Віддалемірні відстані вираховують як різницю між відліками за нижнім та верхнім

штрихами (в нівелірів з прямим зображенням навпаки – верхній мінус нижній), помножених на коефіцієнт віддалеміра ($K=100$). У нашому випадку див. рис. 47:

$$D=(644-473) \cdot 100=17100 \text{ мм} = 17,1 \text{ м.}$$

Геометричне нівелювання для визначення перевищень між точками можна виконувати двома способами: *нівелюванням із середини* (при рівності плеч) та *нівелюванням уперед* (при нерівності плеч). *Перевищення* між точками визначають як різницю між відліками на задню та передню рейки [2].

Під **перевірками** розуміють контроль правильності взаємного положення осей і частин приладу. У разі виявлення невідповідності її усувають за допомогою *юстування* (виправлення). Схему основних осей нівеліра показано на рис. 48.



Перевірки нівеліра Н-3

Перевірка круглого (сферичного) рівня. Вісь круглого рівня KK_1 повинна бути паралельною до осі обертання нівеліра ZZ_1 .

За допомогою трьох піднімальних гвинтів бульбашку круглого рівня приводять у нуль-пункт і повертають нівелір на 180° . Якщо бульбашка залишилась на середині, то умова виконана, а якщо бульбашка виходить за межу круга рівня, то виконують виправлення.

Виправлення. На половину дуги відхилення бульбашку повертають до нуль-пункту виправними гвинтами рівня. Після виправлення перевірку повторюють знову [2, 3].

Перевірка сітки ниток. *Горизонтальна нитка сітки ниток зорової труби повинна бути перпендикулярною до осі обертання нівеліра ZZ_1 .*

Приводять нівелір у робоче положення і на відстані 20–30 м підвішують нитковий висок. Наводять зорову трубу на нитку виска. Якщо вертикальна нитка сітки співпадає з ниткою виска, то умову виконано. Якщо вертикальна нитка сітки не співпадає з ниткою виска, то виконують виправлення.

Виправлення. Відкручують ковпачок в окулярній частині зорової труби і відпускають три гвинти, за допомогою яких кріпиться окуляр до труби. Після цього повертають сітку ниток так, щоб вертикальна нитка співпала з лінією виска. Далі закріплюють гвинти. Після виправлення перевірку повторюють знову [2, 3].

Перевірка головної умови нівеліра. *Вісь циліндричного рівня UU_1 повинна бути паралельною з візирною віссю зорової труби VV_1 .*

Перевірку виконують подвійним нівелюванням: із середини та вперед. На місцевості закріплюють дві точки A та B на відстані одна від одної приблизно 70–80 м (рис. 49, а). Нівелір устанавлюють строго посередині між точкам A і B та знімають відліки з чорних боків рейок, устанавлених на цих точках, $-a_1^{чор}$ і $b_1^{чор}$ за середнім штрихом сітки ниток. Після цього рейки на точках повертають навколо своєї осі та знімають відліки за червоними боками рейок $-a_1^{чер}$ і $b_1^{чер}$. За знятими відліками обчислюють *перевищення* за чорним та червоним боками: від відліку за задньою рейкою віднімають відлік за передньою рейкою, тобто:

$$\begin{aligned}h_1^{чор} &= a_1^{чор} - b_1^{чор}; \\h_1^{чер} &= a_1^{чер} - b_1^{чер}.\end{aligned}\tag{35}$$

За остаточне значення перевищення h_1 беруть середнє з обчислених перевищень за чорним та червоним боками.

Після цього нівелір переносять і встанавлюють ближче до задньої рейки так, щоб відстань до неї була приблизно 5–10 м (рис. 49, б).

Знімають відліки на задній і передній рейках за чорним – $a_2^{чор}$ та $b_2^{чор}$ і червоним – $a_1^{чер}$ та $b_1^{чер}$ боками. Після чого обчислюють *перевищення* за чорним і червоним боками:

$$\begin{aligned} h_1^{чор} &= a_1^{чор} - b_1^{чор}; \\ h_1^{чер} &= a_2^{чер} - b_2^{чер}. \end{aligned} \quad (36)$$

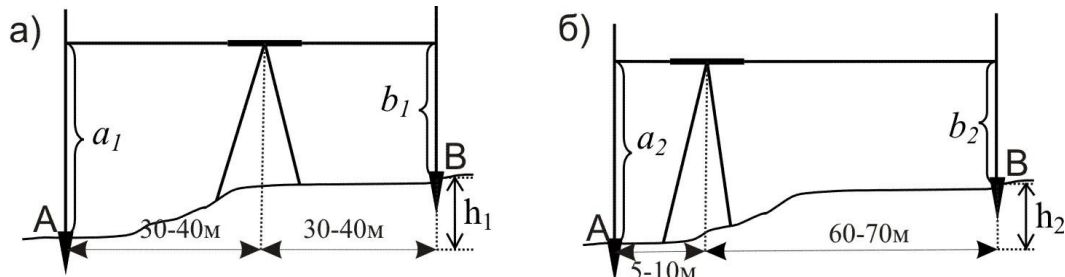


Рис. 49. Перевірка головної умови нівеліра:

а) нівелювання при рівності плеч; б) нівелювання при нерівності плеч

За остаточне значення перевищення h_2 беруть середнє з обчислених перевищень за чорним та червоним боками.

Перевищення h_1 , визначене за нівелюванням із середини, буде правильним, оскільки в такому випадку компенсується похибка за непаралельність осі циліндричного рівня до візирної осі. Тому обчислюють похибку за формулою:

$$x = h_2 - h_1. \quad (37)$$

Якщо $|x| \leq 4$ мм, то умова перевірки виконано, якщо $|x| > 4$ мм, то роблять виправлення.

Виправлення. Безпомилковий відлік $b_0^{чор}$ обчислюють за ф. (38):

$$b_0^{чор} = a_2^{чор} - h_1. \quad (38)$$

За допомогою елеваційного гвинта середню нитку сітки встановлюють на обчислений відлік $b_0^{чор}$. У цьому разі бульбашка циліндричного рівня зійде з нуля-пункту. Повертають виправні гвинти циліндричного рівня так, щоб бульбашка знову стала в нуля-пункт. Після виправлення перевірку повторюють [2-4].

Перевірки нівеліра Н-3К

Перевірки круглого рівня і сітки ниток нівеліра Н-3К виконують і виправляють так само, як нівеліра Н-3.

Перевірку головної умови для нівеліра з компенсатором формулюють так: *візирна вісь нівеліра, встановленого в робоче положення, повинна бути горизонтальною.* Здійснюють перевірку головної умови як і для нівеліра Н-3. Виправлення негоризонтальності виконують верхнім та нижнім виправними гвинтами сітки ниток, переміщуючи її середній штрих на правильний відлік b_0 .

Перевірка міри компенсації кутів нахилу осі нівеліра. *Компенсація кутів нахилу повинна бути повною.*

Виконання перевірки. Установлюють нівелір посередині створу між рейками, що розміщені на відстані 80–100 м. Визначають перевищення між ними п'ятьма прийомами при положеннях бульбашки круглого рівня як показано на рис. 50 [2-4].

1 прийом – бульбашка круглого рівня знаходиться в нуль-пункті;

2 прийом – бульбашка відхиляється до об'єктива (при наведенні на задню рейку);

3 прийом – бульбашка відхиляється до окуляра (при наведенні на задню рейку);

4 прийом – бульбашка відхиляється праворуч (при наведенні на задню рейку);

5 прийом – бульбашка відхиляється ліворуч (при наведенні на задню рейку).

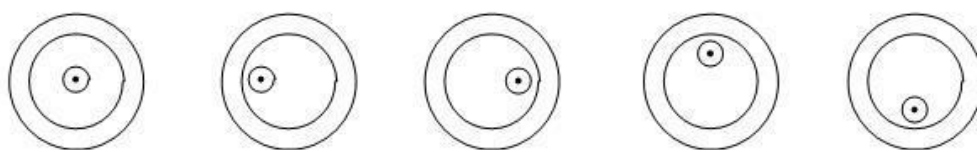


Рис. 50. Положення бульбашки круглого рівня при визначенні похибки компенсації

Перевищення h_1 визначене в *першому прийомі* (бульбашка у нуль-пункті), вважають правильним. З перевищень, визначених у 2, 3, 4, 5 *прийомах* (при положеннях бульбашки рівня не в середині), знаходять середнє:

$$h_{\text{сер.}} = (h_2 + h_3 + h_4 + h_5) / 4. \quad (39)$$

Після чого знаходять різницю:

$$\Delta h = h_{\text{сер.}} - h_1. \quad (40)$$

Якщо $\Delta h \leq 5$ мм, то умову перевірки виконано.

Виправлення. У разі невиконання цієї умови виправлення виконують в оптичній майстерні [2].

Завдання 1. Вивчити будову нівеліра. Привести його в робоче положення. Взяти відліки з рейок, визначити перевищення між ними.

Розв'язок: Вивчити будову нівеліра. Привести нівелір у робоче положення та зняти відліки з рейок. Замалювати в журналі технічного нівелювання поле зору зорової труби, зняті відліки занести до журналу, обчислити перевищення між рейками (дод. В).

Завдання 2. Виконати перевірки нівеліра.

Розв'язок: Зробити перевірки приладу. Виконання перевірки головної умови нівеліра оформити, за прикладом, як показано в табл. 6–7.

Перевірка головної умови нівеліра Н-3

Таблиця 6

Визначення перевищення нівелюванням із середини

	Відліки		Перевищення h , мм	Середнє перевищення $h_{1\text{сер}}$, мм
	задня рейка	передня рейка		
Чорний бік	1391 (1)	0865 (2)	+526 (5)	+525 (7)
Червоний бік	6173 (3)	5649 (4)	+524 (6)	

Таблиця 7

Визначення перевищення нівелюванням уперед

	Відліки		Перевищення h , мм	Середнє перевищення $h_{2\text{сер}}$, мм
	задня рейка	передня рейка		
Чорний бік	1824 (8)	1302 (9)	+522 (12)	+523 (14)
Червоний бік	6603 (10)	6079 (11)	+524 (13)	

Позначеннями (1)–(14) показано послідовність запису відліків та обчислень. Похибка за непаралельність осі циліндричного рівня до візирної осі становить: $x = h_{2\text{сер}} - h_{1\text{сер}} = 523 - 525 = -2$ мм < 4 мм. Отже, перевірку головної умови нівеліра виконано.



Контрольні запитання

1. Як класифікують нівеліри?
2. Складові частини нівелірів.
3. З чого складаються нівелірні рейки?
4. Які особливості взяття відліків з нівелірних рейок?
5. Перевірки нівелірів. Основні осі нівеліра.

Список літератури

1. Ратушняк Г.С. Топографія з основами картографії. Навчальний посібник. – Вінниця: ВДТУ, 2002. – 179 с.
2. Топографія. Лабораторний практикум / Уклад.: І.В. Калинич, М.Р. Ничвид, І.І. Калинич. Ужгород: Видавництво УжНУ «Говерла», 2020. 176 с.
3. Тельнов В.Г. Геодезія. Навчальний посібник. – Дніпро: НТУ, 2019. – 317 с.
4. Геодезія та землевпорядкування. Методичні вказівки до проведення лабораторних робіт з геодезії та землевпорядкування згідно вимог кредитно-модульної системи навчання для студентів напряму підготовки 090101 – Агрономія. Частина I // М.І. Мостіпан, В.А. Дейкун – Кіровоград: КНТУ, 2011. – 64 с.
5. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98), затв. наказом Гол. упр. геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України № 56 від 9 квітня 1998 р.
6. Кравченко В.П. Меліорація з основами геодезії/ В.П. Кравченко, П.І. Герасименко, Г.О. Порицький. – Київ: Вища школа, 1983. – 264 с.
7. Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу "Инженерная геодезия". – Днепропетровск: Днепропетров. гос. агр. ун-т, 1995. – 40 с.

8. Неумывакин Ю.К. Практикум по геодезии: учеб. пособие / Ю.К. Неумывакин, А.С. Смирнов. – Москва: Картгеоцентр – Геодезиздат, 2005. – 315 с.
9. Остапчук С.М. Камеральні геодезичні роботи / С.М. Остапчук, С.В. Романчук. – Рівне, 194. – 126 с.
10. Польшина С.М. Польові дослідження та картування ґрунтів: навч. посіб. / С.М. Польшина. – Чернівці: Рута, 2004. – 88 с.
11. Практичний посібник з питань земельної реформи: зб. док. / Держкомзем України; ААН України. – Київ, 1996.
12. Романчук С.В. Геодезія: навч. посіб. / С.В. Романчук, В.П. Кирилюк, М.В. Шемякін. – Київ: Центр учб. літ., 2008. – 296 с.
13. Топографія. Геодезія. Аерокосмічні методи дослідження Землі. Картографія: словник-довідник / уклад. М.В. Потокій. – Вид. друге, доповнене. – Тернопіль, 2002. – 122 с.
14. Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. – Київ: Міністерство екології та природних ресурсів України, 2001.

ДОДАТКИ

Додаток А

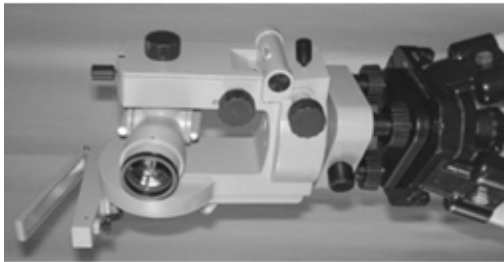
Координатна відомість

№№ вершин	Внутрішні кути			Сторони		Дирекційні кути		Румб	Довжина горизонтальної проєкт. Сторони (м)	Вираховані прирости		Виправлені прирости		Координата			№№ вершин	
	вимірані	попра вки	виправлені	о	'	о	'			ΔX	ΔY	ΔX	ΔY	\pm	X	\pm		Y

Обчислив:

Перевірив:

Додаток Б



Журнал геодезичної зйомки.

№ ст. стояння	№ ст. наведення	Відліки по ГК	Внутрішні кути β	Середнє значення кутів	Відліки по ВК	Місце нуля МО	Кути нахилу ν	Відстані D
1	2	3	4	5	6	7	8	9
КЛ								
КП								

$$MO = \frac{KL + KP}{2};$$

$$MO =$$

$$MO =$$

$$MO_{\text{ср.}} =$$

$$\nu = KL - MO;$$

$$\nu =$$

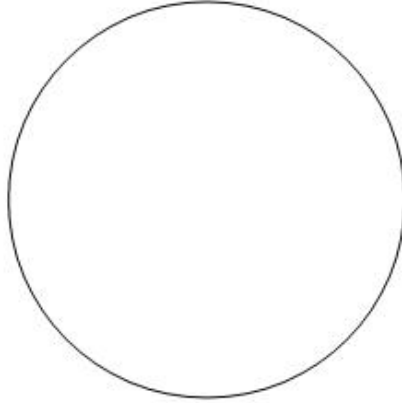
$$\nu =$$

$$MO = \frac{KL + KP \pm 180}{2}$$

Додаток В

Журнал технічного нівелювання

№ станції	№ пікетів	Відліки по рейці		Перевіщення			Середні перевіщення, h	
		задні	передні	+	-	+	-	
1	2	3	4	5	6	7	8	



Series of horizontal lines for notes or calculations:

Відлік по рейці _____

Масштаби

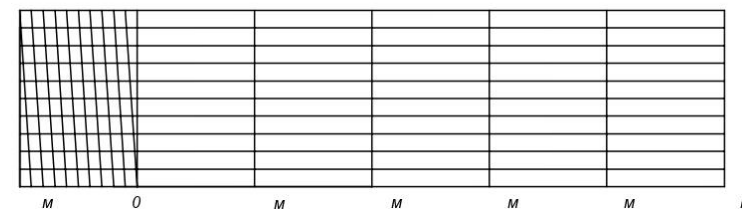
ЛІНІЙНИЙ МАСШТАБ

1: _____, в 1 см _____ м

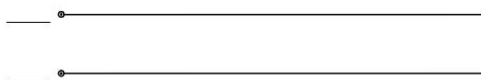


ПОПЕРЕЧНИЙ МАСШТАБ

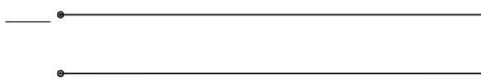
1: _____, в 1 см _____ м



1: _____, в 1 см _____ м



1: _____, в 1 см _____ м



Індивідуальне завдання

№ номер варіанта	1:1 000	1:2 000	1:5 000	1:10 000	Додати Приклад для варіанту 35 зупа 1
	ЛМ 12.34	ЛМ 56.78	ЛМ 71.60 45.05	ЛМ 339.50 117.25	
1 група	ЛМ 12.34	ЛМ 56.78	ЛМ 71.60 45.05	ЛМ 339.50 117.25	5.55 x N
	ЛМ 51.19	ЛМ 95.63	ЛМ 265.85 239.30	ЛМ 533.75 311.50	5.55 x 35 = 194.25

МАСШТАБИ

ВАРІАНТ _____

ВИКОНАВ

ПЕРЕВІРИВ

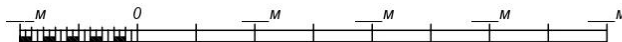
КАФЕДРА ГЕОДЕЗІЇ,
КАРТОГРАФІЇ та ГЕОІНФОРМАТИКИ

_____, ____ К. ____ ГР.

Масштаби

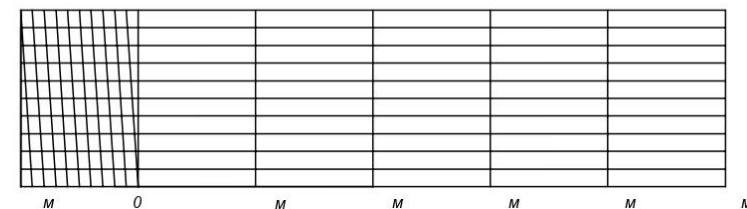
ЛІНІЙНИЙ МАСШТАБ

1: _____, в 1 см _____ м



ПОПЕРЕЧНИЙ МАСШТАБ

1: _____, в 1 см _____ м



1: _____, в 1 см _____ м

_____ • _____

_____ • _____

1: _____, в 1 см _____ м

_____ • _____

_____ • _____

Індивідуальне завдання

№ номер варіанта	1:50 000	1:50 000	Додати	5.55 x 35 = 194.25	ЛМ 245.95	ЛМ 458.15	ЛМ 1381.0	ЛМ 2770.0	ЛМ 1659.0
	1:25 000	1:25 000							
2 група	1:10 000	1:10 000	ЛМ 263.90	ЛМ 51.70	ЛМ 5.55 x 35 = 194.25	ЛМ 263.90	ЛМ 275.0	ЛМ 408.0	ЛМ 1381.0
Приклад для варіанту 35 завдання 2	1:5000	1:5000	ЛМ 51.70	ЛМ 5.55 x 35 = 194.25	ЛМ 245.95	ЛМ 458.15	ЛМ 1381.0	ЛМ 2770.0	ЛМ 1659.0

МАСШТАБИ

ВАРІАНТ _____

ВИКОНАВ _____

КАФЕДРА _____

ПЕРЕВІРИВ _____

ГЕОЛЕЗІЇ та КАРТОГРАФІЇ

_____, ____ К. ____ ГР.

Рішення задач за топографічною картою

№ пп	Вимірювані величини	Позначення	Номери точок	
			А	В
1	2	3	4	5
1	Географічні координати - широта - довгота	φ λ		
2	Прямокутні координати - абсциса - ордината	X Y		
3	Відстань між точками	$d, \text{ м}$		
4	Дирекційний кут - прямий - зворотний	α_{1-2} α_{2-1}		
5	Зближення меридіанів дійсне	γ		
6	Азимут дійсний	A_d		
7	Схилення магнітної стрілки	δ		
8	Азимут магнітний	$A_m = A_d - \delta$		
9	Румб	r		
10	Висота точок	$H_1; H_2, \text{ м}$		
11	Перевищення	$h = H_2 - H_1, \text{ м}$		
12	Ухил місцевості	$i = \frac{h}{d}$		
13	Крутизна схилу	$v^\circ = \frac{\rho^\circ \cdot h}{d}$		

Навчальне видання

Винограденко Сергій Олександрович
Макєєва Людмила Миколаївна
Степаненко Тетяна Олександрівна

ПРАКТИКУМ
З ГЕОДЕЗІЇ

Редактор
Коректор
Комп'ютерний набір і верстка – С.О. Винограденко

Підпис. до друку __. __. 2022. Формат 60×84/16. Гарнітура Таймс.

Друк офсетний. Обсяг: 4,2 ум. друк. арк.; 4,4 обл.-вид. арк.

Тираж 100. Замовлення №

Виробник –

Виготовлювач –