

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
КАФЕДА “БУДІВЕЛЬНИХ, ДОРОЖНІХ МАШИН І БУДІВНИЦТВА”



## ГЕОДЕЗІЯ В БУДІВНИЦТВІ

Частина I

Методичні рекомендації для самостійної роботи

здобувачів освіти освітнього рівня " бакалавр"  
спеціальності

192 "Будівництво та цивільна інженерія"  
усіх форм навчання

Кропивницький 2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

КАФЕДА “БУДІВЕЛЬНИХ, ДОРОЖНІХ МАШИН І БУДІВНИЦТВА”

## ГЕОДЕЗІЯ В БУДІВНИЦТВІ

Методичні рекомендації для самостійної роботи

здобувачів освіти освітнього рівня " бакалавр"

192 "Будівництво та цивільна інженерія"  
усіх форм навчання

*“Затверджено”  
на засіданні кафедри “Будівельних,  
дорожніх машин і будівництва”  
Протокол № 1 від 18.08.2020 р.*

Кропивницький 2020

Укладачі: к.т.н. доц. Тихий А.А., асистент Квятковська Н.І.

Рецензент: Генеральний директор ТОВ ПВІ «Агропроект» академік Академії Будівництва України Довченко П.І.

Загальна редакція: проф. Пашинський В.А.

Геодезія в будівництві. Частина I Методичні рекомендації для самостійної роботи здобувачів освіти освітнього рівня " бакалавр" спеціальності 192 "Будівництво та цивільна інженерія" усіх форм навчання / Розроб. А.А. Тихий, Н.І. Квятковська Під загальною редакцією проф. Настоящого В.А. – Кропивницький: ЦНТУ, 2020. - 30 с.

Методичні рекомендації розроблені у відповідності до освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів з галузі знань 19 "Архітектура та будівництво" та робочої програми курсу "Геодезія в будівництві" для спеціальності – 192 "Будівництво та цивільна інженерія" для усіх форм навчання.

Здобувачі освіти денної форми навчання (курс лекцій читається на другому курсі у III семестрі) у відповідності до даних методичних рекомендацій виконують ряд практичних робіт передбачених робочою програмою з даної дисципліни.

Для здобувачів освіти заочної форми навчання передбачено виконання деяких практичних робіт (за рекомендацією викладача), що представляються у вигляді контрольних робіт.

Зміст лекційного матеріалу, методичне забезпечення, засоби тестового контролю, у відповідності до структури викладання курсу «Геодезія в будівництві», наведено на сайті дистанційного навчання ЦНТУ <http://moodlenw.kntu.kr.ua/course/view.php?id=758>

Відповідальний за випуск: завідувач кафедри будівельних,  
дорожніх машин і будівництва  
професор Настоящий В.А.

© Геодезія в будівництві/

© Тихий А.А., Квятковська Н.І.

© РВЛ ЦНТУ, Кропивницький, пр.  
Університетський, 8

## **ВСТУП**

Методичні рекомендації до практичних робіт складені відповідно до програми курсу геодезії в будівництві і мають на меті закріплення теоретичних положень дисципліни, вироблення практичних навичок роботи з геодезичними приладами та обробки результатів геодезичних вимірів. При виконанні практичних робіт необхідно дотримуватися правил техніки безпеки й правил поводження з геодезичними приладами. До практичних робіт допускаються підготовлені студенти; готовність перевіряє викладач за відповідями на контрольні питання. Вихідні дані для виконання практичних робіт наводяться в методичних вказівках або видаються викладачем. Звіт про виконання роботи – заповнений журнал практичної роботи, який подається викладачу в кінці заняття. Не виконані вчасно практичні роботи студент відпрацьовує самостійно у визначений викладачем час.

### **ПРАВИЛА ПОВОДЖЕННЯ З ГЕОДЕЗИЧНИМИ ПРИЛАДАМИ**

– Переносити прилад слід у вертикальному положенні, держачи його за підставку й уникаючи струсів та ударів. Перенесення приладу, закріпленого на штативі, допускається тільки на невеликі відстані при майже вертикальному його положенні.

– Нормальне робоче положення приладу – на штативі. При встановленні приладу на штатив необхідно поставити його так, щоб він став посередині головки штатива, й, держачи рукою, закріпити становим гвинтом. Ні в якому разі не залишати прилад на штативі не закріпленим. На місцевості башмаки ніжок штатива повинні бути вдавнені в землю, а в лабораторії знаходитись у спеціальних заглибленнях на підлозі.

– Перш ніж приступати до роботи геодезичним приладом, треба перевірити, чи підіймальні та навідні гвинти знаходяться в середині їх ходу, при необхідності встановити їх в потрібне положення. Забороняється працювати ними, коли вони стоять у крайньому положенні, й ні в якому разі не крутити їх силою після того, як вони дійшли до упору.

– При роботі з приладами рухомі його частини слід переміщати так, щоб їх рух здійснювався плавно, без поштовхів і щоб для цього не потрібно було докладати зайвих зусиль, тобто все має рухатись від одного дотику до нього.

– Підіймальні гвинти приладу повинні крутитись вільно, тому, щоб запобігти їх передчасному зношуванню, необхідно:

а ) слідкувати, щоб головка штатива була якомога горизонтальнішою, що виключає їх зайве обертання при приведенні приладу в робоче положення;

б) крутити їх тільки при неповністю закріпленому становому гвинті, який остаточно затискається тільки після горизонтування приладу.

– Усі закріплювальні гвинти приладу повинні бути затиснені невеликим зусиллям, а їх послаблення необхідно робити тільки на півобороту.

# 1. МАСШТАБИ ТОПОГРАФІЧНИХ ПЛАНІВ І КАРТ

**Мета** – навчитись розв'язувати задачі на масштаб й знаходити його точність, будувати й використовувати графічні масштаби.

## *Завдання для підготовки до роботи*

Вивчити [1, с. 29-33; 2, с. 20-24]. Знати, що називається масштабом топоплану й карти та що означає знаменник числового масштабу. Вміти розрізняти великий (крупний) масштаб від дрібного та швидко визначати горизонтальне прокладення лінії на місцевості в метрах, що відповідає відрізку на плані величиною 1 см і 1 мм. Розуміти, що таке точність масштабу і з якою точністю записувати довжину лінії на місцевості, визначену за допомогою карти. Навчитись будувати й користуватись простим лінійним та поперечним масштабами.

## *Контрольні питання*

1. Що таке масштаб топоплану чи карти, які бувають масштаби та для чого потрібен масштаб?
2. На що вказує знаменник числового масштабу?
3. Що називають основою графічного масштабу?
4. Яке призначення нахилених ліній сітки поперечного масштабу?
5. Що приймають за граничну графічну точність і що називають точністю масштабу?

**Приладдя та інструменти:** лінійка поперечного масштабу, циркуль-вимірювач, олівець.

## *Порядок виконання роботи*

**Завдання 1.1.** Обчислити довжину лінії  $D_1$  на місцевості, якщо на плані масштабу  $1 : N_1$  вона зображується відрізком  $d_1$ . Знайти точність масштабу й отриманий результат  $D_1$  записати з цією точністю.

### **Приклад.**

**Вихідні дані:**  $1 : N_1 = 1:1000$ ;  $d_1 = 7,50$  см (вибираються згідно зі своїм номером у списку групи з табл. 1.1).

При розв'язуванні цієї задачі складають пропорцію: 1 см на плані масштабу  $1:1000$  відповідає 10 м, а відрізку 7,50 см буде відповідати лінія  $D_1$ , звідки

$$D_1 = \frac{7,50\text{см} \cdot 10\text{м}}{1\text{см}} = 75,0\text{м} .$$

Оскільки точність масштабу  $t$  – це довжина лінії на місцевості, якій на плані відповідає 0,1 мм, то склавши аналогічну пропорцію

$$t = \frac{0,1\text{мм} \cdot 1\text{м}}{1\text{мм}} = 0,1\text{м}$$

і запис отриманого результату потрібно зробити до десятих часток метра, тобто  $D_1 = 75,0$  м.

## Вихідні дані для розв'язування завдань 1.1 – 1.4

Варіант	$N_1$	$d_1$ , см	$N_2$	$D_2$ , м	$a$ , см
1	5000	7,25	1000	72,5	2,0
2	50000	6,15	25000	1537,5	4,0
3	1000	8,89	500	44,45	2,0
4	10000	7,35	5000	367,5	4,0
5	25000	6,67	50000	3335	2,0
6	25000	7,31	20000	1462	2,5
7	500	8,61	100	8,61	2,5
8	100000	9,27	50000	4635	4,0
9	10000	9,75	25000	2437,5	4,0
10	1000	7,47	2000	149,4	2,5
11	2000	6,85	5000	342,5	2,0
12	200	8,86	500	44,30	4,0
13	5000	7,15	10000	715	2,0
14	500	8,63	200	17,26	2,5
15	10000	8,13	2000	162	2,5
16	1000	7,88	500	39,40	4,0
17	200	7,29	100	7,29	2,0
18	5000	6,94	10000	694	2,0
19	25000	6,97	50000	3485	4,0
20	1000	7,78	2000	155,60	2,5
21	5000	8,15	10000	815	2,0
22	500	7,67	200	15,34	2,5
23	500	8,45	250	16,90	2,0
24	2000	9,33	5000	466,5	4,0
25	500	6,84	200	13,68	2,5
26	500	8,49	250	21,20	4,0
27	500	8,21	100	8,21	2,0
28	5000	7,15	10000	715	2,0
29	50000	7,91	100000	7910	2,0
30	200	8,11	500	40,55	2,0

**Завдання 1.2.** Знайти відрізок  $d_2$ , яким зображується на плані масштабу  $1:N_2$  виміряна на місцевості лінія, горизонтальне прокладення якої має величину  $D_2$ , результат записати з граничною графічною точністю, тобто до 0,01 см.

**Приклад.**

**Вихідні дані:**  $1 : N_2 = 1:500$ ;  $D_2 = 26,10$  м (із табл. 1.1).

Цю задачу розв'язують, склавши таку ж пропорцію, як і в завданні 1.1, звідки

$$d_2 = \frac{26,10 \cdot 1000}{500} = 5,22 \text{ см.}$$

Слід зауважити, що подібні задачі можна розв'язувати, помноживши або поділивши довжину лінії на плані чи місцевості на знаменник масштабу, тобто для завдання 1.1

$$D_1 = d_1 \cdot N_1 = 7,50 \text{ см} \cdot 1000 = 7500 \text{ см} = 75,0 \text{ м,}$$

а для завдання 1.2

$$d_2 = \frac{D_2}{N_2} = \frac{26,12}{500} = 0,0522 \text{ м} = 5,22 \text{ см.}$$

**Завдання 1.3.** Побудувати для числового масштабу  $1:N_1$  простий лінійний масштаб з основою  $a$ , позначити на ньому довжину лінії  $D_1$ .

**Приклад.**

**Вихідні дані:**  $1:N_1 = 1:1000$  (із табл. 1.1).

Із табл. 1.1 вибирають основу масштабу  $a$  (наприклад 2,0 см).

На горизонтальній прямій відкладають 4 – 6 основ, рівних вибраній основі  $a$ , і першу основу зліва ділять на 10 частин. Оскільки в масштабі  $1 : 1000$  1 см на плані відповідає відрізок 10 м на місцевості, то на масштабі це буде величина 20 м, а мала поділка першої основи дорівнює 2 м, тобто  $0,1 a$ .

На розміченій прямій ставлять нуль в кінці першої основи і цифрами, кратними 20 м, оцифровують основи, відкладені справа від нуля, а зліва від нуля малі поділки оцифровують через 2 м, як на рис. 1.1.

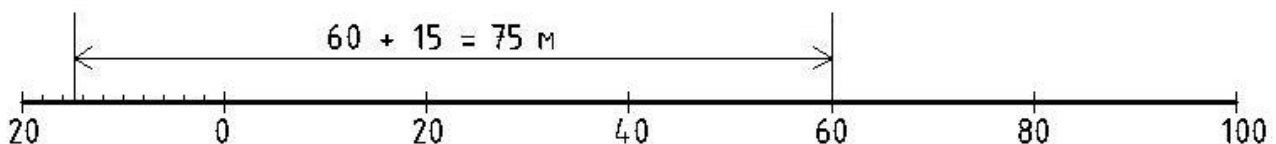


Рис. 1.1. Лінійний масштаб

На лінійному масштабі будь-яка довжина лінії дорівнює сумі цілого числа основ справа від нуля (на рис. 1.1 – 60 м) і частини першої основи, яка відраховується за допомогою малих поділок зліва від нуля (15 м). Точність лінійного масштабу складає приблизно 0,2 його малої поділки, тобто для нашого прикладу – 0,4 м.

**Завдання 1.4.** Для заданого масштабу  $1:N_2$  побудувати поперечний масштаб, у якого основа  $a$ , число поділок по горизонталі зліва від нуля  $n = 10$  і по вертикалі  $m = 10$ . Позначити на ньому довжину лінії  $D_2$ .

**Приклад.**

**Вихідні дані:**  $1:N_2 = 1:500$ ;  $a = 2,0$  см;  $n = m = 10$ ;  $D_2 = 25,25$  м (із табл.1.1).

Поперечний масштаб точніший від простого лінійного, оскільки в ньому для відрахування частки малої поділки зліва від нуля використовується принцип пропорційного поділу відрізка. Для його побудови на горизонтальній прямій відкладаємо 4 – 6 відрізків, рівних заданій основі  $a$ , і в кінці першої основи, як і в лінійному масштабі, ставимо нуль. Із намічених точок проводимо перпендикуляри і на крайніх із них наколюємо 10 рівних довільних за величиною відрізків, кінці яких з'єднуємо горизонтальними лініями. Першу нижню й верхню основи зліва від нуля ділимо на 10 частин і через отримані точки проводимо косі лінії (трансверсалі), з'єднуючи нуль на нижній основі із першою точкою зліва від нуля верхньої основи, потім першу точку нижньої основи з другою точкою верхньої основи і так далі, поки не побудуємо сітку поперечного масштабу, як на рис. 1.2.

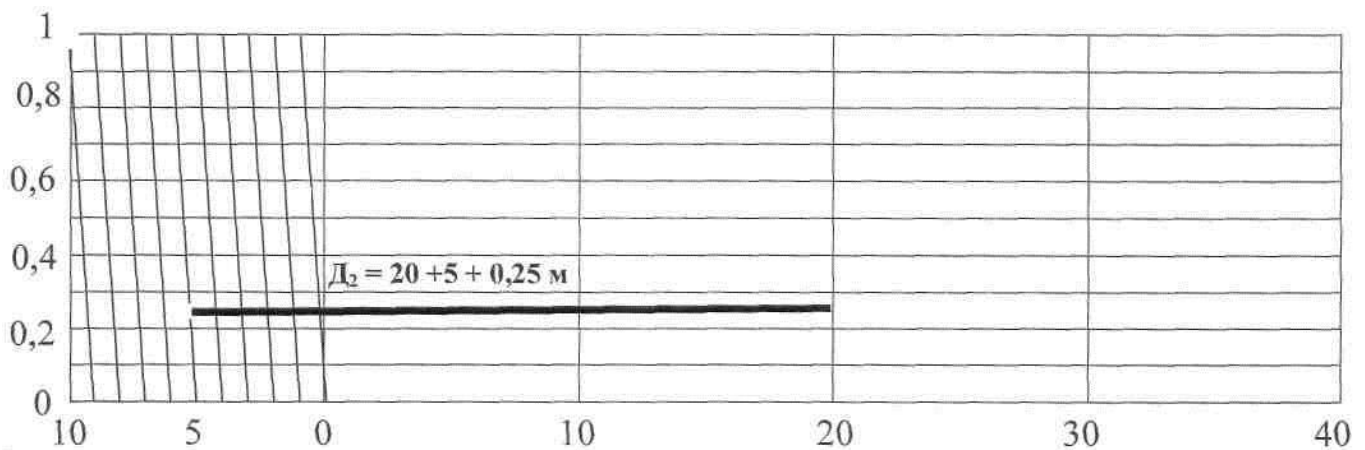


Рис. 1.2. Поперечний масштаб

Оцифровку нижньої горизонтальної лінії поперечного масштабу проводять точно так, як і лінійного масштабу. Щоб оцифрувати поперечний масштаб по вертикалі, обчислюють у метрах величину його найменшої поділки, яку називають точністю поперечного масштабу  $\frac{a}{n \times m}$  і яка при  $n = m = 10$  складає

$\frac{1}{100}$  основи  $a$ . Числами, кратними величині найменшої поділки, її оцифровують поперечний масштаб по вертикалі від нуля (внизу) до величини малої поділки (вверху). Ці числа дорівнюють горизонтальним відрізкам між перпендикуляром до основи та косою лінією, що виходять з нульової точки. Таким чином, коса лінія слугує для того, щоб за її допомогою знімати частини малих поділок, що зліва від нуля, точно, а не на око, як це має місце в лінійному масштабі.

Сітку поперечного масштабу зазвичай наносять канавками на спеціальних металевих пластинках, які називаються масштабними лінійками. Якщо циркулем-вимірювачем одну ніжку (праву) вести по вертикальній лінії масштабної лінійки, а другу (ліву) по косій лінії (трансверсалі), то переміщення

циркуля на одну поділку вверх буде відповідати зміні довжини лінії на величину найменшої поділки масштабу.

Побудований поперечний масштаб для нашого прикладу зображений на рис. 1.2. Відкладена на ньому довжина  $D_2 = 25,25$  м є сумою великого відрізка, що дорівнює цілому числу основ справа від нуля (20 м), меншого відрізка, рівного цілому числу малих поділок зліва від нуля (5 м) і найменшого відрізка між вертикальною та косою лініями (0,25 м), який відраховується по вертикальній оцифровці масштабу.

## **2. ВИЗНАЧЕННЯ НА ТОПОГРАФІЧНІЙ КАРТІ ДОВЖИНИ ЛІНІЇ, ПЛОСКИХ ПРЯМОКУТНИХ КООРДИНАТ ТОЧКИ ТА ОРІЄНТИРНИХ КУТІВ НАПРЯМКІВ**

**Мета** – навчитись визначати на топографічній карті довжини ліній, плоскі прямокутні координати точки та орієнтирні кути напрямків.

### ***Завдання для підготовки до роботи***

Вивчити [1, с. 19-22, 24-26; 2, с.20-24, 25,27-31]. Мати уявлення про систему плоских прямокутних координат, що застосовується при побудові топопланів, розуміти, що означають координати  $x$ ,  $y$  і як їх визначити на топопланах і картах. Знати, як на топокартах показують взаємне положення основних напрямків, що використовуються при орієнтуванні ліній, тобто географічного, магнітного й осьового меридіанів, як враховувати знаки зближення меридіанів  $\gamma$  і схилення магнітної стрілки  $\delta$  та які орієнтирні кути вимірюють на топокарті, а які обчислюють і в якому порядку.

### ***Контрольні питання***

1. З якою точністю можна визначити на топоплані чи карті довжини ліній?
2. Як розміщується на топокарті сітка прямокутних координат і що означають координати  $x$ ,  $y$  якоїсь точки?
3. Що називається планом і картою?
4. Який із орієнтирних кутів вимірюється на топокарті?
5. В якому порядку визначають на топокарті орієнтирні кути?
6. Де на топокарті приводяться значення схилення магнітної стрілки та зближення меридіанів?

**Матеріали й приладдя:** топографічна карта з нанесеною лінією **AB**, масштабна лінійка, транспорир, циркуль-вимірювач, олівець.

### ***Порядок виконання роботи***

**Завдання 2.1.** Виміряти на топокарті горизонтальне прокладення лінії **AB**.

У відповідності з масштабом своєї карти оцифровують поперечний масштаб (карту й масштабну лінійку одержують на кафедрі). Узятий із карти розхилом циркуля-вимірювача відрізок лінії прикладають до лінійки

поперечного масштабу й по його оцифровці відраховують її горизонтальне прокладення (як на рис. 1.2). Якщо масштабної лінійки немає, то лінію на карті вимірюють до 0,1 мм звичайною лінійкою з міліметровими поділками й отриманий результат перемножують на знаменник масштабу карти. Остаточний результат записують в метрах з точністю масштабу карти.

**Завдання 2.2.** Визначити на топокарті плоскі прямокутні координати вказаної точки, номер зони, в якій знаходиться дана точка, та її відстань від осьового меридіана зони.

На топокарті нанесена координатна сітка, лінії якої підписані в кілометрах на її рамці. Щоб не мати справи з від'ємними значеннями ординат, початок координат, тобто точка перетину осьового меридіана зони з екватором, зміщена на 500 км на захід.

Для однозначного визначення положення точки на поверхні землі перед ординатою в оцифровці вертикальних ліній кілометрової сітки вказують номер зони.

Щоб визначити на карті координати  $x$  і  $y$  якої-небудь точки, необхідно до координат  $x_c$  і  $y_c$ , знятих з рамки для найближчих до цієї точки ліній кілометрової сітки, алгебраїчно додати виміряні за допомогою циркуля-вимірювача і масштабної лінійки прирости координат  $\Delta x$  і  $\Delta y$ , тобто відстані точки від цих ліній сітки

$$\begin{aligned} x &= x_c + \Delta x, \\ y &= y_c + \Delta y. \end{aligned} \quad (2.1)$$

Для точки **A** на рис. 2.1 значення

$$x_A = 6611000 \text{ м} + 295 \text{ м} = 6611295 \text{ м};$$

$$y_A = 97650000 \text{ м} - 301 \text{ м} = 9764699 \text{ м}.$$

Згідно з цими координатами точка **A** знаходиться в дев'ятій зоні на схід від осьового меридіана на відстані

$$y'_A = 764699 \text{ м} - 500000 = 264699 \text{ м}.$$

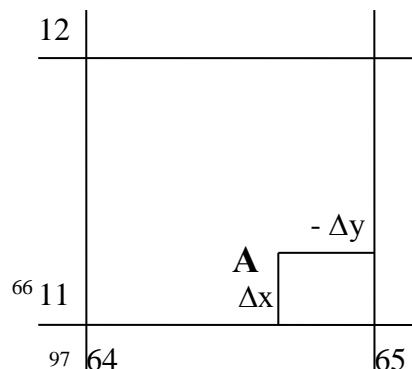


Рис. 2.1. Визначення координат  $x$  і  $y$  точки

**Завдання 2.3.** Виміряти дирекційний кут  $\alpha_{AB}$  лінії **AB**, обчислити її географічний азимут  $(A_G)_{AB}$ , магнітний азимут  $(A_M)_{AB}$ , осьовий румб  $r_{AB}$  і зворотний дирекційний кут  $\alpha_{BA}$ .

На карті через точку **A** паралельно вертикальним лініям координатної сітки олівцем проводять допоміжну лінію, тобто лінію, паралельну осьовому меридіану зони. Транспортиром вимірюють із максимальною точністю дирекційний кут  $\alpha_{AB}$  від північного напрямку проведеної лінії до лінії **AB**.

Географічний азимут  $(A_G)_{AB}$  і магнітний азимут  $(A_M)_{AB}$  обчислюють послідовно за формулами:

$$\begin{aligned} (A_G)_{AB} &= \alpha_{AB} + \gamma, \\ (A_M)_{AB} &= (A_G)_{AB} - \delta. \end{aligned} \quad (2.2)$$

Значення зближення меридіанів  $\gamma$  і схилення магнітної стрілки  $\delta$ , що входять у формули (2.2), виписують з карти, де вони даються на схемі взаємного розміщення меридіанів в легенді під західною частиною рамки. При цьому значенням  $\gamma$  і  $\delta$ , які записані на схід від географічного меридіана, позначеного зіркою, приписують знак „плюс”, а західним – знак „мінус”.

Для обчислення осьового румба  $r_{AB}$  використовують вимірний дирекційний кут  $\alpha_{AB}$  і формули залежності між дирекційними кутами і румбами (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

**Залежність між дирекційними кутами та румбами**

Дирекційний кут $\alpha$	Румб $r$	
	чверть	величина
$0^\circ - 90^\circ$	<b>ПнС</b>	$\alpha$
$90^\circ - 180^\circ$	<b>ПдС</b>	$180^\circ - \alpha$
$180^\circ - 270^\circ$	<b>ПдЗ</b>	$\alpha - 180^\circ$
$270^\circ - 360^\circ$	<b>ПнЗ</b>	$360^\circ - \alpha$

Зворотний дирекційний кут  $\alpha_{BA}$  визначають зі співвідношення

$$\alpha_{BA} = \alpha_{AB} \pm 180^\circ. \quad (2.3)$$

**Приклад.**

Вимірний дирекційний кут  $\alpha_{AB} = 310^\circ 45'$ ,  
зняті з карти  $\gamma = -1^\circ 55'$ ,  $\delta = +2^\circ 15'$ ;

Тоді згідно з формулами (2.2) і табл. 2.1

$$(\mathbf{A}_Г)_{\mathbf{AB}} = 310^{\circ}45' + (-1^{\circ}55') = 308^{\circ}50';$$

$$(\mathbf{A}_М)_{\mathbf{AB}} = 308^{\circ}50' - (+2^{\circ}15') = 306^{\circ}35';$$

$$\mathbf{r}_{\mathbf{AB}} = \mathbf{ПнЗ} (360^{\circ} - \alpha_{\mathbf{AB}}) = \mathbf{ПнЗ} 49^{\circ}15';$$

$$\alpha_{\mathbf{BA}} = \alpha_{\mathbf{AB}} \pm 180^{\circ} = 310^{\circ}45' - 180^{\circ} = 130^{\circ}45'.$$

### 3. ЗОБРАЖЕННЯ РЕЛЬЄФУ ГОРИЗОНТАЛЯМИ

**Мета** – навчитися рисувати рельєф горизонталями; визначати форми рельєфу за їх зображеннями на топографічному плані або карті.

#### *Завдання для підготовки до роботи*

Вивчити [1, с. 34-37; 2, с. 31-32]. Мати чітке уявлення про рельєф і способи його зображення на топографічних планах і картах.

#### *Контрольні питання*

1. Що називається рівневою поверхнею, висотою (позначкою) точки?
2. Яка різниця між абсолютною і відносною висотами точок?
3. Що називається рельєфом місцевості?
4. Які способи зображення рельєфу?
5. У чому суть зображення рельєфу горизонталями?
6. Що називається горизонталлю і які властивості горизонталей?
7. Що називається висотою перерізу рельєфу, закладенням?
8. Як підписують, які горизонталі потовщують?
9. Що таке бергштрих, де і як його наносять?
10. Які основні форми рельєфу виділяють та як вони зображуються горизонталями?

**Матеріали й приладдя:** журнал практичних робіт, калька (5x10 см), лінійка, циркуль, олівець.

#### *Порядок виконання роботи*

**Завдання 3.1.** На плані масштабу 1:500 ділянки місцевості у вигляді квадрата 50x50 м зобразити рельєф горизонталями з висотою перерізу рельєфу 1 м, якщо відомі висоти (позначки) п'яти точок ділянки, а саме: вершин квадрата і перетину діагоналей; визначити зображену форму рельєфу.

У журналі практичних робіт підписують номери точок і під номерами точок – їх позначки (значення позначок вибирають із табл. 3.1 за номером студента в групі).

Таблиця 3.1

## Вихідні дані для завдання 3.1

Варіант	Позначки точок, м				
	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>4</sub>	H <sub>5</sub>
1	150,1	149,7	148,6	149,2	153,2
2	130,5	133,2	129,9	134,7	125,8
3	141,7	142,5	141,3	148,8	145,5
4	121,3	125,4	120,7	123,8	118,1
5	112,4	118,8	112,3	120,6	112,6
6	142,2	139,4	137,1	141,8	145,5
7	115,8	118,2	114,5	117,7	112,3
8	150,7	149,3	143,4	140,1	147,2
9	143,7	150,7	152,6	149,4	146,3
10	135,6	130,3	137,1	130,2	130,7
11	137,4	134,2	132,1	135,8	142,2
12	125,3	123,7	124,9	121,4	119,8
13	120,4	127,1	119,2	124,3	121,9
14	115,3	109,2	116,4	120,4	113,7
15	146,1	153,7	146,3	154,7	146,8
16	125,2	122,1	121,7	120,6	127,7
17	110,5	113,8	111,7	114,2	107,3
18	115,7	118,3	114,2	122,8	120,4
19	156,4	152,8	145,7	153,9	150,2
20	183,5	190,4	183,1	188,2	183,7
21	117,4	120,5	118,2	120,7	124,8
22	148,2	145,4	147,7	144,1	141,5
23	176,7	173,2	181,2	172,1	179,3
24	124,3	125,6	123,7	118,5	120,2
25	117,8	110,3	116,5	110,1	110,6
26	114,7	112,3	115,6	113,1	120,5
27	132,5	135,4	131,3	136,7	128,1
28	123,6	130,7	122,1	121,2	126,8
29	145,3	153,2	151,3	154,9	147,7
30	152,8	146,3	154,8	146,1	146,7

Для інтерполювання, тобто знаходження слідів горизонталей, готують палетку, для чого на кальці проводять паралельні лінії через однакові інтервали (рекомендується взяти інтервал 5 мм). Зверху вниз або навпаки на кожній лінії підписують позначки, кратні висоті перерізу рельєфу (через 1 м), так, щоб охопити весь діапазон заданих позначок. Сліди горизонталей знаходять на всіх лініях, що з'єднують суміжні точки.

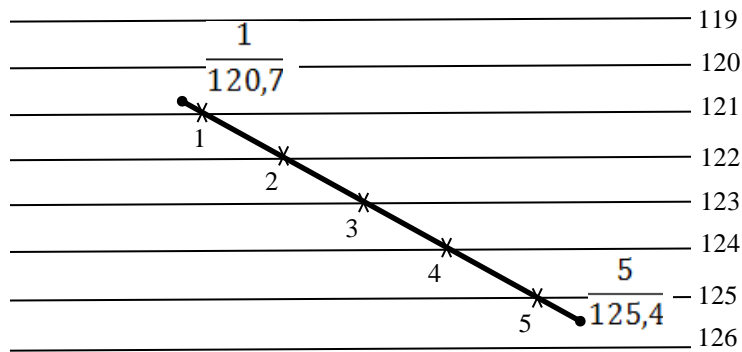


Рис. 3.1. Палетка та визначення слідів горизонталей по лінії 1 – 5

Порядок роботи розглянемо на прикладі знаходження слідів горизонталей на лінії 1 – 5 (рис. 3.1). Палетку накладають на план, щоб точка 1 зайняла положення між паралельними лініями палетки відповідно до її позначки, тобто 120,7 м. Зафіксувавши голкою циркуля цю точку, повертають палетку навколо голки так, щоб точка 5 зайняла положення, яке відповідає позначці 125,4 м. Притримуючи рукою палетку в цьому положенні, голкою циркуля переколюють точки перетину ліній палетки з лінією 1 – 5. Знявши палетку, біля намічених точок підписують олівцем відповідні їм позначки, які дорівнюють позначкам тих ліній палетки, що перетнули лінію 1 – 5. Знайшовши таким чином сліди горизонталей на усіх лініях плану, точки слідів з однаковими позначками з'єднують плавними лініями й отримують горизонталі. Горизонталі, позначки яких кратні 5 м, потовщують, в одному або у двох місцях ці лінії розривають і підписують позначки горизонталей так, щоб верх цифр указував на підвищення рельєфу. На горизонталях, у точках максимальної кривизни, рисують бергштрихи в бік пониження схилу місцевості. Приклад виконаного завдання дається на рис. 3.2.

Проаналізувавши розташування і конфігурацію горизонталей, визначають зображену форму рельєфу (гора, улоговина, хребет, лощина, сідловина). У нашому прикладі форма рельєфу – гора.

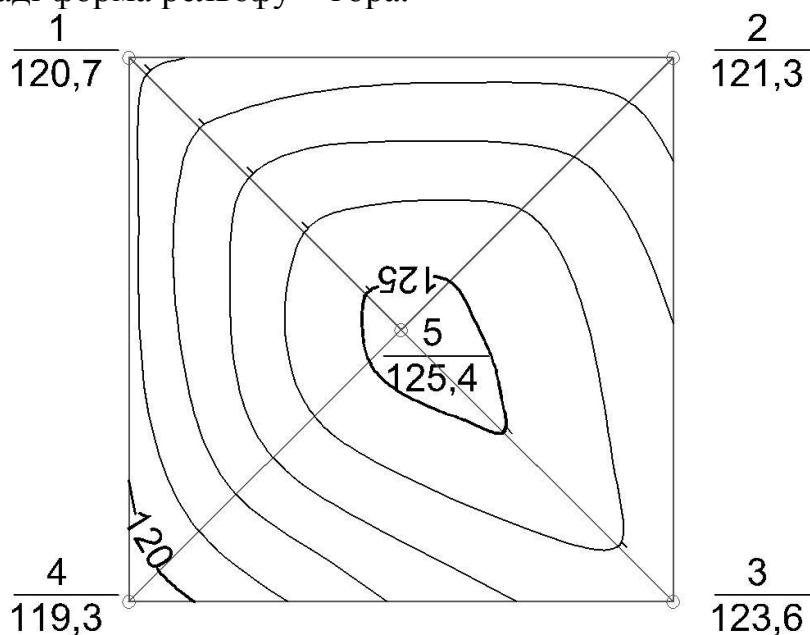


Рис. 3.2. План ділянки місцевості, форма рельєфу – гора

#### 4. ВИЗНАЧЕННЯ НА ТОПОГРАФІЧНОМУ ПЛАНІ ПОЗНАЧКИ ТОЧКИ, УХИЛУ І КУТА НАХИЛУ ЛІНІЇ, ПОБУДОВА ПРОФІЛЮ

**Мета** – навчитися визначати на топографічному плані позначку точки, ухил і кут нахилу лінії та будувати профіль уздовж лінії, проведеної на топографічному плані.

##### *Завдання для підготовки до роботи*

Вивчити [1, с. 37; 2, с. 32-35; с. 38-40]. Мати уявлення про топографічний план, уміти читати рельєф на плані.

##### *Контрольні питання*

1. Що називається топографічним планом?
2. Що називається рельєфом?
3. Що називається висотою перерізу рельєфу, закладенням?
4. Що таке горизонталь?
5. Що характеризує ухил лінії, в яких одиницях він вимірюється?
6. Що називається перевищенням, горизонтальним прокладенням лінії?
7. Що таке кут нахилу лінії?
8. Що називається профілем?

**Матеріали та приладдя:** топографічний план масштабу 1:1000, на якому показана лінія АВ, лінійка, циркуль, олівець.

##### *Порядок виконання роботи*

**Завдання 4.1.** Визначити висоту (позначку)  $H_B$  точки В, що розташована між горизонталями на топографічному плані.

Задача розв'язується методом лінійного інтерполювання (рис. 4.1).

Визначають позначку  $H_{нг}$  нижньої (з меншою висотою) і позначку  $H_{вг}$  верхньої (з більшою висотою) горизонталей, між якими знаходиться точка В. Для цього відшуковують потовщену горизонталь, для котрої, як правило, позначка підписана, і, враховуючи висоту перерізу рельєфу та його характер, знаходять позначки потрібних горизонталей. Якщо підписаної горизонталі немає, для визначення  $H_{нг}$  і  $H_{вг}$  використовують підписані на даній ділянці карти позначки окремих характерних точок місцевості (рис. 4.1). Треба також пам'ятати, що позначка половинної (штрихової) горизонталі відрізняється від позначки сусідньої на 0,5 висоти перерізу рельєфу.

Через точку В проводять закладення  $d$  (рис. 4.2) і вимірюють його довжину, а також довжину  $d_1$  відрізка закладення від горизонталі з позначкою  $H_{нг}$  до точки В ( $d$  і  $d_1$  вимірюють у міліметрах із точністю до 0,1 мм).

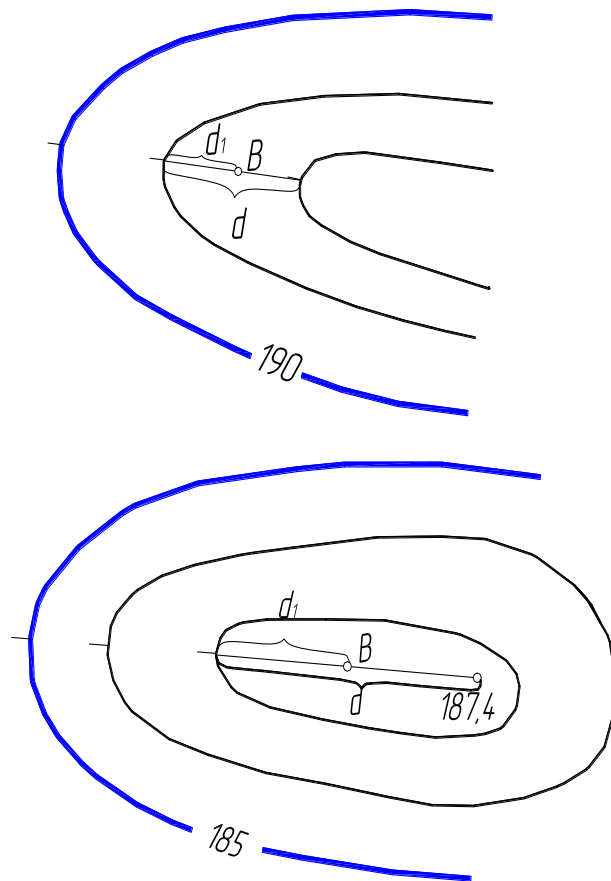


Рисунок 4.1. До визначення позначки точки

За формулою

$$\Delta H_B = \frac{d_1}{d} (H_{НГ} - H_{ВГ}) \quad (4.1)$$

визначають перевищення точки **В** над горизонталлю з позначкою  $H_{НГ}$ . Знаходять позначку точки **В** за формулою

$$H_B = H_{НГ} + \Delta H_B. \quad (4.2)$$

**Приклад** (рис. 4.1).

$$H_{НГ} = 191,0 \text{ м};$$

$$H_{ВГ} = 192,0 \text{ м};$$

$$d = 21,0 \text{ мм};$$

$$d_1 = 9,2 \text{ мм}.$$

$$\Delta H_B = \frac{9,2}{21,0} (192,0 - 191,0) \text{ м} = +0,4 \text{ м};$$

$$H_B = 191,0 \text{ м} + 0,4 \text{ м} = 191,4 \text{ м}.$$

**Завдання 4.2.** Обчислити ухил  $i_{AB}$  і кут нахилу  $v_{AB}$  лінії **AB**.

Ухил  $i_{AB}$  обчислюють за формулою

$$i_{AB} = \text{td } v_{AB} = \frac{H_B - H_A}{D_{AB}}, \quad (4.3)$$

де  $H_B$  – позначка точки **B** (визначена в завданні 4.1);

$H_A$  – позначка точки **A** (указана на плані);

$D_{AB}$  – горизонтальне прокладення лінії **AB** (визначити, як у завданні 2.1).

Ухил виражають у тисячних, процентах (%) і проміле (‰).

**Приклад.**

$H_A = 191,8$  м;

$H_B = 191,4$  м;

$D_{AB} = 101,0$  м.

$$i_{AB} = \frac{191,4 - 191,8}{101,0} = -0,04 = -0,4\% = -4\text{‰}.$$

Кут нахилу обчислюють за формулою

$$v_{AB} = \text{arctg } \frac{H_B - H_A}{D_{AB}} \quad (4.4)$$

і виражають у градусах і мінутах.

**Приклад.**

$$v_{AB} = \text{arctg } \frac{191,4 - 191,8}{101,0} = \text{arctg } (-0,004) = -0,23^\circ = -0^\circ 14'.$$

**Завдання 4.3.** Побудувати профіль по лінії **AB**.

Профіль будують у журналі практичних робіт. Горизонтальний масштаб приймають такий же, як і масштаб плану, тобто 1 : 1000, вертикальний – 1 : 100. Вихідними даними для побудови профілю є позначки горизонталей, які перетинає лінія **AB**, і відрізки  $d_i$  між точками перетину горизонталей лінією **AB** (рис. 4.2).

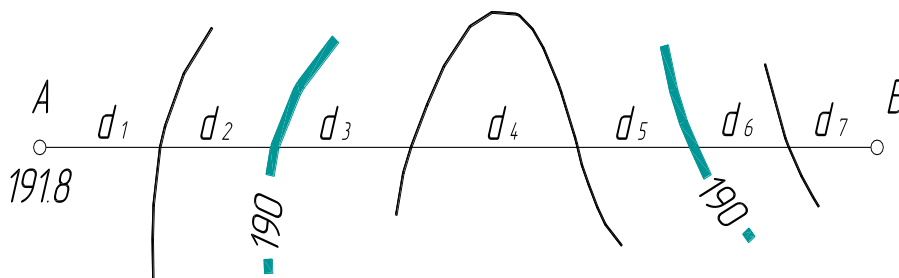


Рис. 4.2. До побудови профілю

### **Порядок побудови профілю**

1. У графу „Відстані” записують довжини відрізків  $d_1$  (у метрах), вимірявши їх за допомогою циркуля і масштабної лінійки, а у графу „Позначки,, – значення відповідних позначок горизонталей і позначок точок **A** і **B**.

2. Приписують верхній горизонтальній лінії сітки профілю умовну позначку, приблизно на 3 – 5 м меншу від мінімальної позначки горизонталей і від цієї лінії вверх з урахуванням вертикального масштабу відкладають позначки точок **A**, **B** і горизонталей.

3. Точки з’єднують ламаною лінією (рис. 4.3).

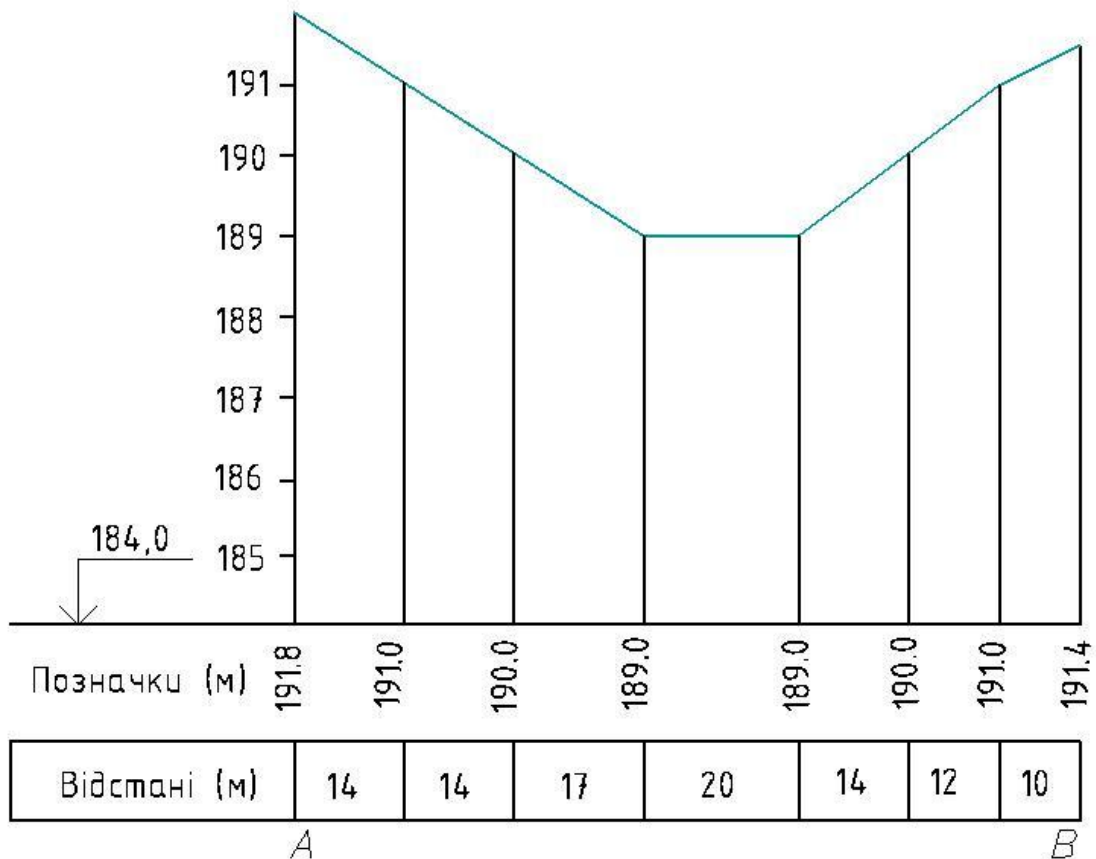


Рис. 4.3. Профіль по лінії АВ

## **5. ПОМИЛКИ ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИМІРІВ**

**Мета** – перевірити властивості випадкових помилок на числовому ряді істинних помилок багаторазових вимірів; навчитись оцінювати точність як одного виміру, так і середнього арифметичного значення із ряду результатів багаторазових вимірів.

### **Завдання для підготовки до роботи**

Вивчити [1, с. 46-54; 2, с. 7, 8]. Знати елементи процесу вимірювання, що таке помилка виміру, які бувають помилки залежно від походження та характеру впливу на результат. Мати уявлення про властивості грубих, систематичних і випадкових помилок та як виключити чи послабити їх вплив на результати

вимірів. Уміти визначати з результатів багаторазових вимірів найбільш імовірне значення та обчислювати за формулами Гауса і Бесселя середню квадратичну помилку одного виміру і середню квадратичну помилку середнього арифметичного значення.

### **Контрольні питання**

1. Перерахуйте елементи процесу вимірювання.
2. Що називають помилкою виміру й які бувають помилки за походженням і характером впливу на результат?
3. Перерахуйте властивості випадкових помилок та як виключити грубі і систематичні помилки.
4. Що приймають за найбільш надійний результат і на якій підставі?
5. Назвіть критерії оцінки точності результатів вимірів?
6. В яких випадках застосовують формули Гауса чи Бесселя?

**Приладдя:** калькулятор.

### **Порядок виконання роботи**

**Завдання 5.1.** Перевірити властивості випадкових помилок на числовому ряді істинних помилок багаторазових вимірів. Числовий ряд істинних помилок  $\Delta$  якоїсь величини беруть із табл. 5.1, пропустивши в ньому п'ять значень помилок, починаючи з номера, який збігається з номером студента в списку групи.

Таблиця 5.1

#### **Вихідні дані для завдання 5.1**

Номер виміру	$\Delta$	$\Delta^2$	Номер виміру	$\Delta$	$\Delta^2$
1	+ 0,76	0,578	16	+1,28	1,638
2	-1,48	2,190	17	+2,03	4,121
3	-1,21	1,464	18	+0,51	0,260
4	+0,52	0,270	19	-0,10	0,010
5	-0,57	0,325	20	-0,78	0,608
6	-0,55	0,302	21	-0,76	0,578
7	+1,09	1,188	22	-0,12	0,014
8	-0,99	0,980	23	+0,51	0,260
9	-0,24	0,058	24	+0,33	0,109
10	+0,25	0,062	25	-1,03	1,061
11	+0,50	0,250	26	+1,16	1,346
12	+1,08	1,166	27	-1,32	1,742
13	+1,45	2,102	28	-0,04	0,002
14	-2,42	5,856	29	+0,59	0,348
15	+0,73	0,533	30	+0,77	0,593
			$\Sigma$	+1,95	30,014

Як приклад, виконаємо поставлене завдання, використовуючи весь ряд помилок, наведених у табл. 5.1.

Для зручності результати аналізу послідовно оформляємо в табл. 5.2.

Таблиця 5.2

**Результати перевірок властивостей випадкових помилок**

$$m = 1,00 \quad \Delta_{гр.} = 3,00$$

1-ша властивість		2-га властивість		3-тя властивість			4-та властивість
$\Delta_{max}$	$\Delta_{гр.}$	Кількість помилок					$\frac{[\Delta]}{n}$
		$n (+)$	$n (-)$	$n_1$ $ \Delta  \leq m$	$n_2$ $m <  \Delta  \leq 2m$	$n_3$ $2m <  \Delta  < 3m$	
2,42	3,00	16	14	19	9	2	0,06

Для тестування нашого ряду помилок за першою властивістю випадкових помилок, а саме, що випадкові помилки не можуть перевищувати за модулем якогось граничного значення, необхідно обчислити для нього середню квадратичну помилку одного виміру за формулою Гауса.

$$m = \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}}, \quad (5.1)$$

де  $\Delta$  – істинна помилка;

$n$  – число вимірів;

$[\ ]$  – знак суми.

Знайдене за формулою 5.1 значення помилки  $m$  складає 1,00.

Гранична помилка

$$\Delta_{гр.} = 3m \quad (5.2)$$

для нашого ряду помилок буде дорівнювати 3,00.

Оскільки в табл. 5.1 максимальна помилка  $\Delta_{max} = 2,42$ , що під номером 14, менша ніж гранична, то за першою властивістю випадкових помилок помилки  $\Delta$  випадкові й серед них немає грубих помилок, які б перевищували знайдену граничну  $\Delta_{гр.} = 3,00$ .

Згідно з другою властивістю випадкових помилок додатні  $n (+)$  та від'ємні  $n (-)$  випадкові помилки зустрічаються однаково часто. У нашому випадку 16 додатніх і 14 від'ємних, що теж засвідчує випадковий характер помилок  $\Delta$ .

Третя властивість випадкових помилок гласить, що малі за модулем помилки зустрічаються частіше, ніж великі. Для перевірки цієї властивості розділимо умовно весь ряд помилок  $\Delta$  на три групи: малі ( $n_1$ ), які менші від  $m$ , середні ( $n_2$ ), що попадають в інтервал від  $m$  до  $2m$ , і великі ( $n_3$ ), які більші ніж  $2m$ . Кількість помилок  $\Delta$  у цих трьох групах складає відповідно 19, 9 і 2, що підтверджує третю властивість випадкових помилок.

Середнє арифметичне із усіх помилок ряду 0,06 теж близьке до нуля, як цього вимагає четверта властивість випадкових помилок.

Таким чином, ряд розглянутих помилок  $\Delta$  із табл. 5.1 задовольняє усім властивостям випадкових помилок, на підставі чого можна стверджувати, що він дійсно є рядом випадкових помилок.

**Завдання 5.2.** За результатами шестикратних вимірів лінії знайти її найбільш надійне значення, обчислити середні квадратичні помилки одного виміру й найбільш надійного значення, а також відносну помилку остаточного результату; (вихідні дані вибирають з табл. 5.3, починаючи з номера виміру, який збігається з номером студента в списку групи).

Таблиця 5.3

**Вихідні дані для завдань 5.2 і 5.3**  
(значення **d** вказані для завдання 5.2, а **Σ** для завдання 5.3)

Номер виміру	Результати вимірів		Номер виміру	Результати вимірів	
	d, м	Σ		d, м	Σ
1	150,09	179 <sup>0</sup> 58,4'	19	149,95	179 <sup>0</sup> 58,9'
2	149,95	179 59,0	20	149,99	179 59,1
3	150,01	180 01,3	21	150,10	179 58,6
4	149,96	179 59,7	22	149,96	180 01,3
5	149,99	180 00,1	23	150,10	180 00,1
6	150,10	180 01,2	24	150,12	179 59,6
7	150,01	179 58,5	25	149,97	180 01,0
8	149,96	180 00,0	26	150,01	179 58,4
9	149,99	180 01,0	27	149,95	180 00,7
10	149,95	180 01,4	28	150,08	180 00,1
11	150,11	179 59,9	29	150,10	180 01,3
12	150,01	179 58,6	30	149,97	180 00,5
13	150,06	179 59,1	31	149,98	179 58,5
14	149,96	180 00,3	32	149,95	179 59,3
15	149,98	179 59,9	33	150,01	180 00,4
16	150,11	180 01,0	34	150,11	179 59,9
17	149,99	180 01,4	35	150,09	180 01,2
18	150,02	179 58,5	36	149,99	179 58,7

Обчислення виконують у відомості, аналогічній до тієї, що наведена в табл. 5.4.

Таблиця 5.4

**Приклад розв'язування завдання 5.2**

Номер		v	v <sup>2</sup>	Результати
-------	--	---	----------------	------------

виміру	<b>d</b> , м			обчислень
1	160,06	-0,02	0,0004	<b>m</b> = 0,06 м
2	160,16	+0,08	0,0064	
3	160,10	+0,02	0,0004	<b>M</b> = 0,02 м
4	160,03	-0,05	0,0025	
5	160,12	+0,04	0,0016	$\frac{1}{N} = \frac{1}{6400}$
6	160,01	-0,07	0,0049	

$$x = 160,08 \quad [v] = 0 \quad [v^2] = 0,0162$$

У табл. 5.4 записують із табл. 5.3. свої шість значень **d** довжини лінії та під ними обчислюють середнє арифметичне із них **x**, яке й буде найбільш надійним результатом вимірів. Обчислюють вірогідні помилки **v**, як відхилення кожного результату від середнього арифметичного значення, тобто

$$v_i = d_i - x \quad (5.3)$$

та їх алгебраїчну суму  $[v]$ , яку записують під ними. Далі обчислюють квадрати відхилень **v** і їх суму  $[v^2]$ . Контролем обчислення **x** і **v** є рівність  $[v] = 0$  з точністю до кількох сотих, якщо при обчисленні середнього значення **x** мало місце заокруглення сантиметрів.

Середню квадратичну помилку одного виміру обчислюють за формулою Бесселя:

$$m = \sqrt{\frac{[v^2]}{n-1}}, \quad (5.4)$$

а середню квадратичну помилку найбільш надійного значення **x** – за формулою

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}}. \quad (5.5)$$

Відносну помилку  $\frac{1}{N}$  визначення довжини лінії **d** виражають у вигляді аліквотного дробу, тобто

$$\frac{1}{N} = \frac{M}{x} = \frac{1}{\dot{I}}. \quad (5.6)$$

Знайдені помилки записують у графі 5 табл. 5.4.

**Завдання 5.3.** Оцінити точність визначення суми кутів трикутника за результатами шести вимірів (вихідні дані вибирають з табл. 5.3, починаючи з номера виміру, який збігається з номером студента в списку групи).

Оскільки в данному завданні відомо істинне значення суми кутів трикутника ( $180^\circ$ ), не потрібно знаходити середній результат і його помилку. Достатньо обчислити середню квадратичну помилку одного виміру, яка визначається за формулою Гауса 5.1.

Приклад оцінки точності таких вимірів наведений в табл. 5.5.

Таблиця 5.5

**Приклад розв'язування завдання 5.3.**

Номер виміру	$\Sigma$	$\Delta$	$\Delta^2$	Результат обчислень
1	179°59,5'	-0,5	0,25	<b>m = 0,87'</b>
2	180 01,0	+1,0	1,00	
3	180 00,5	+0,5	0,25	
4	179 59,1	-0,9	0,81	
5	179 58,5	-1,5	2,25	
6	180 00,1	+0,1	0,01	

$X = 180\ 00,0$

$[\Delta^2] = 4,57$

**6. БУДОВА ТЕОДОЛІТА**

**Мета** – вивчити назви й призначення основних частин теодолітів Т30 і 2Т30 та їх роботу; навчитись брати відліки на горизонтальному й вертикальному вимірюючих кругах; засвоїти правила приведення теодоліта в робоче положення й наведення здорової труби на візирну ціль.

***Завдання для підготовки до роботи***

Вивчити [1, с. 60-67, 71, 73, 74; 2, с. 48-55, 57, 58, 60-64] та правила поводження з геодезичними приладами. Мати уявлення про принцип вимірювання горизонтального кута та його реалізацію в теодоліті; вивчити будову теодолітів Т30 і 2Т30, а саме: назви й взаємодію окремих частин, відлікові пристрої типу штрихового й шкалового мікроскопів; знати, як встановити теодоліт в робоче положення, як навести зорову трубу на візирну ціль і як зняти відліки з мікроскопа.

***Контрольні питання***

1. Назвіть основні вузли теодоліта.
2. Що таке лімб вимірювального круга теодоліта?
3. Який рівень використовується в теодоліті й для чого?
4. Які закріпні й навідні гвинти є в теодоліта?
5. Що таке ціна поділки штрихового й шкалового мікроскопів?
6. Який гвинт потрібно закріпити, а який відкріпити, щоб при обертанні верхньої частини теодоліта відліки на вертикальному крузі не змінювались?

**Прилади:** комплект теодолітів Т30 і 2Т30.

***Порядок виконання роботи***

**Завдання 6.1.** Маючи перед собою теодоліт і його рисунок в лабораторному журналі з пронумерованими деталями, засвоїти роботу деталей

та записати назву й призначення тих з них, номери яких відповідають номерам табл. 6.1 для свого варіанта.

Таблиця 6.1

**Вихідні дані для завдання 6.1**

Варіант	Номери деталей	Варіант	Номери деталей	Варіант	Номери деталей
1	21, 4, 7, 9	11	13, 15, 18, 1	21	4, 6, 10, 15
2	5, 3, 14, 19	12	10, 12, 4, 8	22	1, 8, 16, 18
3	2, 8, 12, 13	13	11, 1, 7, 6	23	3, 7, 17, 19
4	3, 9, 15, 18	14	2, 4, 5, 10	24	2, 5, 4, 9
5	20, 2, 9, 5	15	18, 13, 6, 8	25	9, 18, 4, 5
6	11, 8, 17, 19	16	2, 7, 11, 14	26	6, 2, 17, 13
7	3, 10, 2, 5	17	9, 2, 7, 15	27	5, 9, 10, 17
8	18, 4, 9, 5	18	16, 4, 13, 1	28	11, 4, 1, 13
9	1, 7, 12, 17	19	10, 1, 15, 7	29	2, 4, 7, 15
10	5, 6, 7, 14	20	16, 7, 2, 3	30	6, 9, 11, 14

Теодоліт – геодезичний прилад, основне призначення якого є вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів. На рис. 6.1 наведений тип теодоліта Т30. Основні його вузли: підставка, горизонтальний круг, алідадна рухома частина із зоровою трубою та вертикальним кругом.

Для зберігання й транспортування теодоліт накривається захисним футляром, який з'єднується з основою **8**, посередині якої є отвір з різьбою кріплення приладу на штативі становим гвинтом **9**. Підставка **17** має три піднімальні гвинти **18** для приведення приладу в горизонтальне положення, яке фіксується рівнем **12**.

Горизонтальний круг складається з лімба й алідади. Лімб призначений для вимірювання горизонтальних кутів і має шкалу, оцифровану від 0° до 360°. Над лімбом рухається алідадна частина із зоровою трубою **14**, що фіксує в потрібному напрямку колімаційну площину, утворену візирною віссю при нахилах труби. Зорова труба призначена для візування на віддалені предмети та вимірювання відстаней. Вона складається з об'єктива, окуляра, фокусувального пристрою й сітки ниток. Фокусування зорової труби здійснюється шляхом переміщення фокусувальної лінзи за допомогою гвинта кремальєри **1**. На зоровій трубі встановлений оптичний візир **4** для грубого наведення труби на предмет.

Крім зорової труби на колонках **6** алідадної частини приладу кріпиться вертикальний круг **5**, аналогічний горизонтальному, для вимірювання вертикальних кутів. При вимірюванні вертикальний круг може розміщуватись ліворуч або праворуч від зорової труби, якщо дивитись зі сторони окуляра. Перше положення називають „круг ліво” (КЛ), а друге – „круг право” (КП).

Рухомі частини теодоліта фіксуються в потрібному положенні закріплювальними гвинтами, а для плавного їх переміщення й точного наведення (візування) служать мікрометричні (навідні) гвинти. Так, точне

наведення у горизонтальній площині виконують навідним гвинтом **16** при закріплених гвинтах лімба **7** і алідади **11**. Точне наведення зорової труби у вертикальній площині виконують навідним гвинтом **15** при закріпленому положенні гвинта **13**.

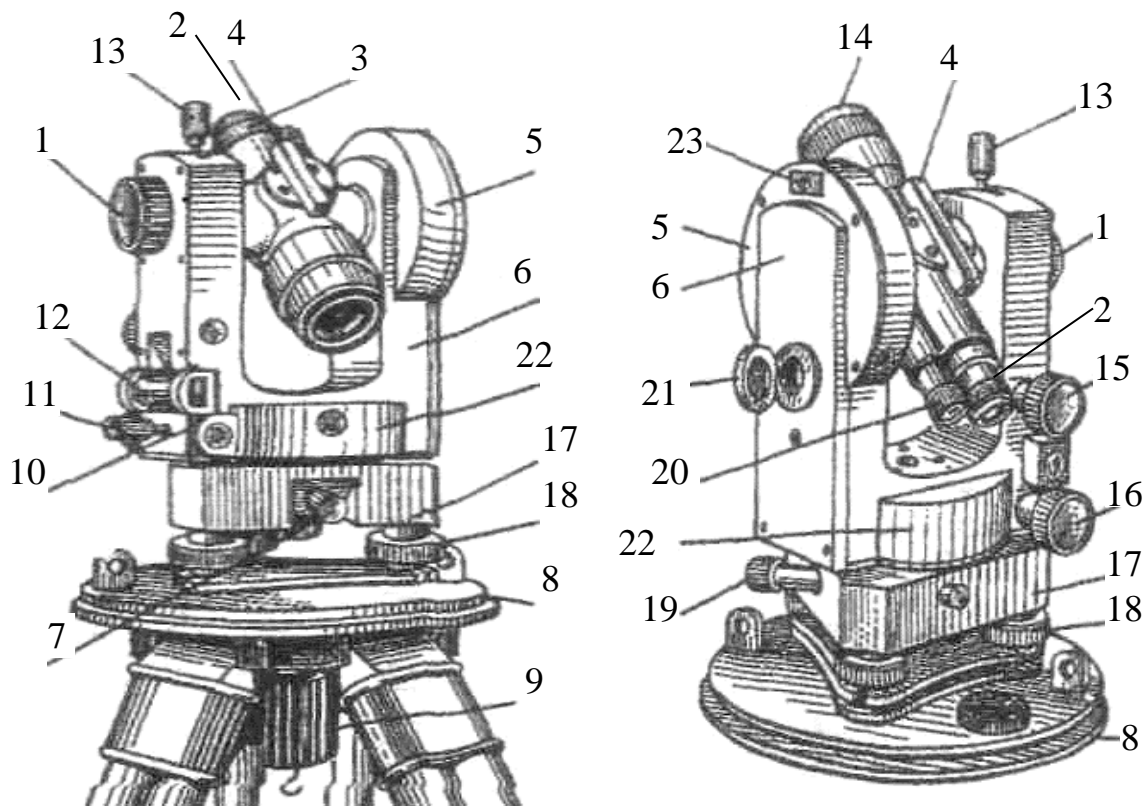


Рис. 6.1. Теодоліт Т30:

**1** – фокусуєчий пристрій (кремальєра); **2** – окулярне кільце; **3** – ковпачок, який накриває виправні гвинти сітки ниток; **4** – оптичний візор; **5** – вертикальний круг; **6** – колонка; **7** – закріпний гвинт лімба; **8** – основа футляра; **9** – становий гвинт; **10** – виправні гвинти рівня; **11** – закріпний гвинт алідади; **12** – рівень; **13** – закріпний гвинт зорової труби; **14** – зорова труба; **15** – навідний гвинт зорової труби; **16** – навідний гвинт алідади; **17** – підставка; **18** – піднімальні гвинти; **19** – навідний гвинт лімба; **20** – окуляр відлікового мікроскопа; **21** – дзеркало; **22** – горизонтальний круг; **23** – місце для встановлення орієнтир-бусолі.

**Завдання 6.2.** Установити теодоліт у робоче положення, тобто виконати його центрування над точкою, горизонтування й фокусування зорової труби.

Грубе центрування приладу, тобто встановлення центра лімба його горизонтального круга над точкою, здійснюється за допомогою виска, підвісивши його до теодоліта так, щоб його тягарець приблизно знаходився над точкою, а головка штатива займала положення, близьке до горизонтального. Для точного центрування відкріплюють становий гвинт **9** і пересовують теодоліт на головці штатива, поки кінець вістря тягарця не стане над точкою з точністю 0,5 см. Після цього становий гвинт закріплюють.

Горизонтування приладу, тобто приведення лімба в горизонтальне положення, виконується так. Повертають верхню частину теодоліта поки рівень

**12** не займе паралельне положення будь-яким двом піднімальним гвинтам **18** і крутять ці гвинти в різні сторони, щоб вивести бульбашку рівня на середину його ампули (в нуль-пункт). Після цього повертають теодоліт на  $90^{\circ}$ , тобто так, щоб рівень розмістився в напрямку третього піднімального гвинта (бульбашка рівня при цьому зійде з середини) і, крутячи тільки цей гвинт, знов приводять бульбашку рівня в нуль-пункт. Ці дії потрібно повторити кілька разів і, якщо рівень правильно закріплений, його бульбашка залишатиметься на середині ампули при будь-яких поворотах приладу.

Фокусування зорової труби зводиться до отримання чіткого зображення сітки ниток поворотом в потрібному напрямку окулярного кільця **2**.

**Завдання 6.3.** Навести здорову трубу на візирну ціль, зарисувати поле зору відлікового мікроскопа й записати відліки на вимірювальних кругах теодоліта.

Наведення зорової труби на візирну ціль (візирування) складається із двох етапів – приблизного наведення і точного наведення.

Для приблизного наведення закріплюють лімб горизонтального круга **7**, відкріплюють верхню (алідадну) частину теодоліта (гвинт **11**) і його зорову трубу (гвинт **13**) та, дивлячись в оптичний візир і повертаючи трубу по горизонталі й вертикалі, суміщують перехрестя візира з ціллю й закручують обидва закріпні гвинти **11** і **13**.

Точне візирування (рис. 6.2) здійснюється за допомогою навідних гвинтів, для чого гвинтом **15** труби зміщують середню нитку сітки на зображення візирної цілі, а після, повертаючи гвинт **16** алідади, на візирну ціль наводять вертикальну нитку сітки. Якщо при точному наведенні не вистачає діапазону навідного гвинта, то тоді гвинт повертають назад приблизно на половину його діапазону руху, відкріплюють закріпний гвинт і наведення труби повторюють.

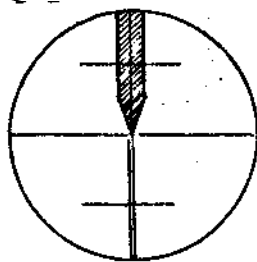


Рис. 6.2. Точне візирування

Після точного наведення теодоліта на візирну ціль (у лабораторії – це вершина металевого конуса, закріпленого над рейкою) зарисовують поле зору відлікового мікроскопа **20**, яке необхідно чітко відфокусувати фокусуєчим кільцем.

У теодоліта Т30 відліковим пристроєм є штриховий мікроскоп – оптична система, що передає в поле зору зображення частин шкал лімбів горизонтального й вертикального кругів і штриха, який слугує показчиком відліку. Зображення горизонтального круга позначається буквою **Г**, а вертикального – буквою **В**. Поділки на обох кругах нанесені через  $10'$  з підписом кожного градуса (рис. 6.3, а).

Відлік на лімбі – це кут між нулем лімба і показчиком відліку. Він складається із двох частин: першої, що містить градуси й десятки мінут (цілі поділки лімба), і другої – частки найменшої поділки лімба, що в теодоліта Т30 оцінюється на око з точністю 1'.

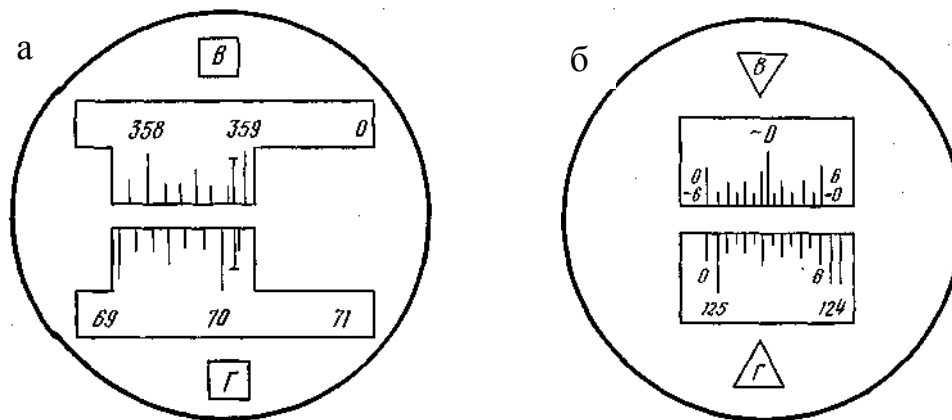


Рис. 6.3. Поле зору відлікового мікроскопа:  
 а) – теодоліт Т30 (відліки: Г –  $70^{\circ}07'$ ; В –  $358^{\circ}53'$ );  
 б) – теодоліт 2Т30 (відліки: Г –  $125^{\circ}06'$ ; В –  $0^{\circ}28'$ ).

У теодоліта 2Т30 відліковим пристроєм є шкаловий мікроскоп – оптична система, що передає в поле зору зображення частин шкал лімбів обох вимірювальних кругів і спеціальну шкалу для вимірювання частин поділок лімба. Ця шкала за величиною відповідає одній поділці лімба горизонтального й вертикального кругів, рівній  $1^{\circ}$ , вона розділена на 12 частин і підписана від 0 до 6 (60'). Отже, ціна найменшої її поділки складає  $5'$  (рис. 6.3, б). Показчиком відліку тут слугує нульовий штрих цієї шкали. Відлік на вимірювальних кругах в теодоліті 2Т30 теж складається із двох частин: градусів, якими підписаний той штрих лімба, який попадає на шкалу, та мінут, які знімаються зі шкали мікроскопа від нуля до цього штриха лімба.

Шкала мікроскопа вертикального круга теодоліта 2Т30 має подвійне оцифрування: зверху зі знаком плюс і знизу – зі знаком мінус (рис. 6.3, б). Якщо на шкалу попадає штрих лімба зі знаком мінус, то й значення мінут теж будуть з мінусом (від від'ємного нуля до цифри – 6).

## 7. БУДОВА НІВЕЛІРА

**Мета** – засвоїти призначення нівеліра НЗ, вивчити його будову та принцип роботи основних частин; навчитися приводити нівелір у робоче положення й знімати відліки з рейки.

### *Завдання для підготовки до роботи*

Вивчити [1, с. 122-124; 2, с. 100-104; 3, с. 121-122] та повторити правила поводження з геодезичними приладами. Мати чітке уявлення про принцип геометричного нівелювання, будову та призначення основних вузлів нівеліра **НЗ**.

### *Контрольні питання*

1. Що називається нівелюванням?
2. Що називається перевищенням між точками?
3. У чому суть геометричного нівелювання?
4. Назвіть основні вузли і деталі нівеліра **НЗ**.
5. Які дії треба виконати, щоб привести нівелір у робоче положення?
6. Що означає поняття „відлік з рейки”?

**Прилади:** нівелір **НЗ** у комплекті, нівелірні рейки.

### *Порядок виконання роботи*

**Завдання 7.1.** Використовуючи нівелір **НЗ** і рис. 7.1, засвоїти назви, призначення й роботу деталей та вузлів нівеліра. У журналі практичних робіт згідно з табл. 7.1 і рисунком нівеліра в журналі назвати й указати призначення пронумерованих деталей нівеліра.

Нівелір **НЗ** (рис. 7.1) складається з нижньої та верхньої частин. Нижня частина – це підставка **7** з трьома підймальними гвинтами **1**, які використовуються для попереднього приведення нівеліра в горизонтальне положення. На підймальних гвинтах закріплена пружиниста пластина **12** з отвором-різьбою для станового гвинта, за допомогою якого нівелір прикручують до штатива. Верхня частина нівеліра складається із зорової труби **5**, з боку якої в коробці розміщений циліндричний рівень **11**. Зорова труба дає можливість одержати зображення рейки завдяки окуляру **10** та об’єктиву **9**, а чіткість цього зображення одержують за допомогою фокусуєчого гвинта (кремальєри) **4**. Чітке зображення сітки ниток нівеліра отримують поворотом окулярного кільця **13**, розміщеного безпосередньо на окулярі. Для зручності наведення зорової труби на рейку використовується механічний візир **14**. На верхній частині нівеліра розміщені також круглий рівень **3**, закріплювальний **8** і навідний **6** гвинти зорової труби та елеваційний гвинт **2**. Круглий рівень використовується як індикатор горизонтальності нівеліра при приведенні його попередньо в робоче положення підймальними гвинтами. Під круглим рівнем знаходяться виправні гвинти **15**, які використовуються при його юстируванні. Закріплювальний гвинт **8** фіксує положення зорової труби, а навідний гвинт **6** використовують для невеликого повороту труби при її наведенні на рейку. Елеваційним гвинтом **2**

суміщують кінці зображень бульбашки циліндричного (контактного) рівня, який служить індикатором горизонтальності візирної осі нівеліра. Юстирувальні гвинти цього рівня знаходяться в його коробці під кришкою біля окуляра.

Таблиця 7.1

Вихідні дані для завдання 7.1

Варіант	Номери деталей	Варіант	Номери деталей	Варіант	Номери деталей
1	1, 5, 11, 9	11	11, 15, 7, 4	21	6, 15, 2, 14
2	2, 6, 12, 10	12	12, 1, 8, 5	22	7, 1, 3, 15
3	3, 7, 13, 11	13	13, 2, 9, 6	23	8, 2, 4, 1
4	4, 8, 14, 12	14	14, 3, 10, 7	24	9, 3, 5, 2
5	5, 9, 15, 13	15	15, 4, 11, 8	25	10, 4, 6, 3
6	6, 10, 2, 14	16	1, 10, 12, 9	26	11, 5, 7, 4
7	7, 11, 3, 15	17	2, 11, 13, 10	27	12, 6, 8, 5
8	8, 12, 4, 1	18	3, 12, 14, 11	28	13, 7, 9, 6
9	9, 13, 5, 2	19	4, 13, 15, 12	29	14, 8, 10, 7
10	10, 14, 6, 3	20	5, 14, 1, 13	30	15, 9, 11, 8

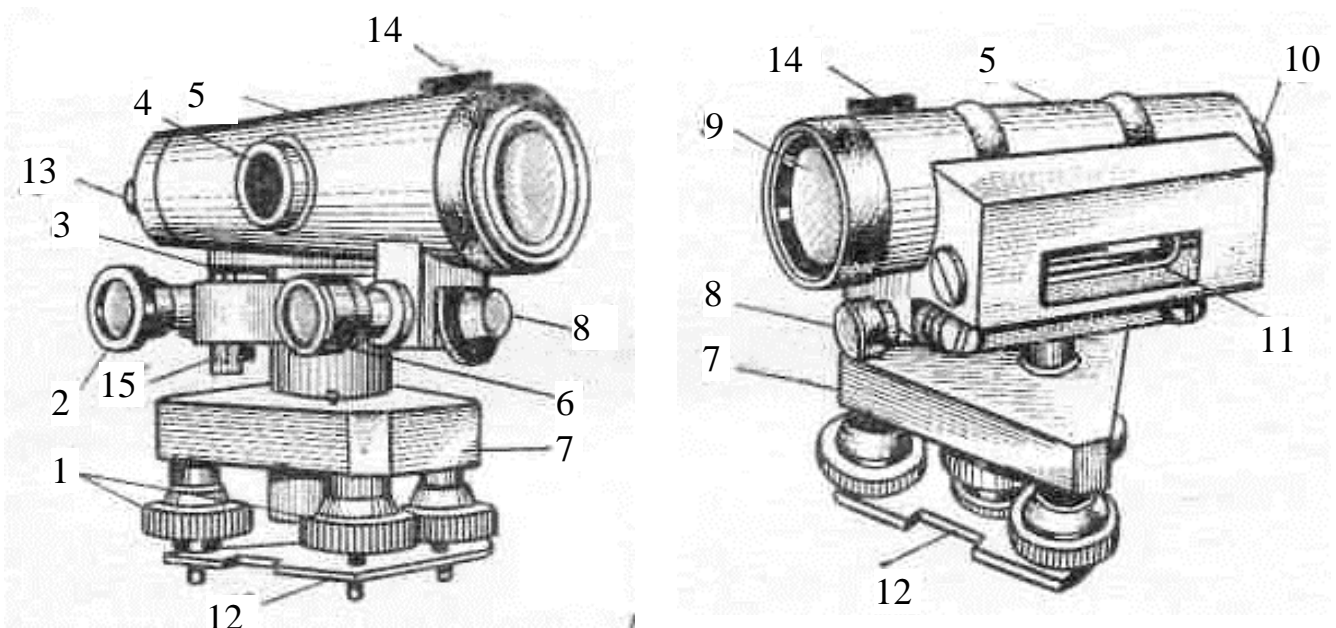


Рисунок 7.1 – Будова нівеліра НЗ:

**7** – підставка; **1** – підймальні гвинти; **12** – пружиниста пластина; **5** – зорова труба; **6** – навідний гвинт зорової труби; **9** – об’єктив; **10** – окуляр; **13** – окулярне кільце; **4** – кремальєра; **14** – механічний візир; **8** – закріплювальний гвинт зорової труби; **3** – круглий рівень; **11** – циліндричний рівень; **2** – елеваційний гвинт; **15** – виправні гвинти круглого рівня

**Завдання 7.2.** Привести нівелір у робоче положення, провести візурування на рейку, зняти відлік із рейки і зарисувати його.

Установлюючи нівелір на штатив, закріплюють його становим гвинтом. Підймальними гвинтами виводять бульбашку круглого рівня на середину, тобто грубо приводять нівелір у горизонтальне положення. При цьому рекомендується круглий рівень установити між двома підймальними гвинтами і, повертаючи їх у різні боки, вивести бульбашку рівня на середину в напрямку цих гвинтів, а повертаючи третій гвинт, – у перпендикулярному напрямку. Поворотом окулярного кільця добиваються чіткого зображення сітки ниток. Повертаючи верхню частину нівеліра при відкритому закріплювальному гвинті й використовуючи механічний візир, наводять зорову трубу на рейку. Трубу закріплюють, фокусують і навідним гвинтом візирують на середину рейки. Перед зняттям відліку бульбашку циліндричного рівня виводять на середину ампули і, дивлячись в окуляр, елеваційним гвинтом суміщують кінці зображення бульбашки, тобто точно приводять візирну вісь нівеліра в горизонтальне положення. Відлік знімають зі шкали рейки навпроти середньої нитки сітки (у міліметрах). Дециметри підписані на рейці, сантиметри – це чорні та білі поділки рейки, а міліметри відлічують на око. Відлік записують чотиризначним числом без коми та зарисовують у журналі практичних робіт, як на рис. 7.2.



**Відлік 1190**

**Рисунок 7.2.** Поле зору нівеліра НЗ

## ЛІТЕРАТУРА

1. Геодезія : навч. посіб. / Б. І. Новак, Л. П. Рафальська, О. П. Жук ; за заг. ред. І. П. Ковальчука. – К.:Компринт, 2013. – 301 с.
2. Курс инженерной геодезии: Учебник для вузов/ Под ред. В.Е. Новака. – М.: Недра, 1989. – 430 с.
3. Ратушняк Г.С. Инженерна геодезія. Практикум. – К.: Вища шк., 1992. – 262 с.
4. Лабораторный практикум по инженерной геодезии: Учеб. пособие для вузов/ В.Ф. Лукьянов, В.Е. Новак и др./ М.: Недра, 1990. – 334 с.
5. Національна стандартизація. Правила побудови, викладання, оформлення та вимоги до змісту нормативних документів (ISO/IEC Directives – Part 2:2001, NEQ): ДСТУ 1.5:2003. – Чинний від 2003-07-01 // Національна стандартизація. – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – С. 83-144.
6. Геодезичне забезпечення будівництва. Частина 1. : навчальний ГЗ5 посібник / [Ратушняк Г. С., Панкевич О. Д., Бікс Ю. С., Вовк Т. Ю.] – Вінниця: ВНТУ, 2014. – 98 с.

## ЗМІСТ

	Стор.
Загальні зауваження	3
Правила поводження з геодезичними приладами	3
1. Масштаби топографічних планів і карт	4
2. Визначення на топографічній карті довжини лінії, плоских прямокутних координат точки та орієнтирних кутів напрямків	8
3. Зображення рельєфу горизонталями	11
4. Визначення на топографічному плані позначки точки, ухилу і кута нахилу лінії, побудова профілю	14
5. Помилки геодезичних вимірів	17
6. Будова теодоліта	22
7. Будова нівеліра	27
Література	31
Зміст	32