

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до практичних занять з навчальної дисципліни  
**НПП 1.3 «Топографо-геодезичні дослідження водних екосистем»**

для студентів денної та заочної форми навчання  
спеціальності 101 «Екологія»

**Одеса – 2020**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до практичних занять з навчальної дисципліни  
**НПП 1.3 «Топографо-геодезичні дослідження водних екосистем»**

для студентів денної та заочної форми навчання  
спеціальності 101 «Екологія»

Затверджено  
на засіданні групи  
забезпечення спеціальності  
Протокол № 2  
від «10» червня 2020 р.

**Одеса – 2020**

Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни НПП 1.3  
**«Топографо-геодезичні дослідження водних екосистем»** для студентів  
третього року навчання денної та заочної форми за спеціальністю  
101 «Екологія», рівень вищої освіти бакалавр / к. геогр. н., доц. Гриб О. М.,  
ст. викл. Балан Г. К., ас. Гращенкова Т. В. Одеса: ОДЕКУ, 2020. 124 с.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	5
<b>1 Практична робота № 1.</b> Тема. Вивчення масштабів, побудова лінійного і поперечного масштабів .....	6
1.1 Теоретична частина .....	6
1.2 Практична частина.....	10
1.3 Питання для самоперевірки .....	11
<b>2 Практична робота № 2.</b> Тема. Визначення географічних і прямокутних координат точок по топографічній карті.....	12
2.1 Теоретична частина .....	12
2.2 Практична частина.....	19
2.3 Питання для самоперевірки .....	19
<b>3 Практична робота № 3.</b> Тема. Кути орієнтування. Азимути, румби, дирекціоні кути.....	20
3.1 Теоретична частина .....	20
3.2 Практична частина.....	24
3.3 Запитання для самоперевірки .....	24
<b>4 Практична робота № 4.</b> Тема. Визначення площі на топографічний карті.....	25
4.1 Теоретична частина .....	25
4.2 Практична частина.....	32
4.3 Запитання для самоперевірки .....	32
<b>5 Практична робота № 5.</b> Тема. Вивчення зображення рельєфу на картах, побудова профілю рельєфу з допомогою горизонталей по відміткам точок.....	33
5.1 Теоретична частина .....	33
5.2 Практична частина.....	36
5.3 Запитання для самоперевірки .....	36
<b>6 Практична робота № 6.</b> Тема. Будова теодоліта. Робота з приладом на місцевості .....	37
6.1 Теоретична частина .....	37
6.2 Практична частина.....	44
6.3 Запитання для самоперевірки .....	45
<b>7 Практична робота № 7.</b> Тема. Обробка матеріалів теодолітної зйомки. Побудова плану теодолітної зйомки.....	46
7.1 Теоретична частина .....	46
7.2 Практична частина.....	53
7.3 Запитання для самоперевірки .....	53
<b>8 Практична робота № 8.</b> Тема. Будова нівеліра. Робота з приладом на місцевості .....	54
8.1 Теоретична частина .....	54
8.2 Практична частина.....	60
8.3 Запитання для самоперевірки .....	61

<b>9 Практична робота № 9.</b> Тема. Обробка матеріалів нівелювання.	
Побудова профілю за матеріалами нівелювання .....	62
9.1 Теоретична частина .....	62
9.1.1 <i>Підготовка до технічного нівелювання магістралі</i> .....	62
9.1.2 <i>Пояснення щодо заповнення та обробки журналу технічного нівелювання магістралі</i> .....	68
9.2 Практична частина.....	74
9.3 Запитання для самоперевірки .....	74
<b>10 Практична робота № 10.</b> Тема. Побудова плану території в горизонталях .....	75
10.1 Теоретична частина .....	75
10.1.1 <i>Побудова плану території в горизонталях</i> .....	75
10.1.2 <i>Рішення задач по заданому ухилу за допомогою горизонталей на плані</i> .....	79
10.2 Практична частина.....	81
10.3 Запитання для самоперевірки .....	82
<b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ</b> .....	83
<b>ДОДАТКИ</b> .....	84
Додаток А Варіанти вихідних даних для самостійного виконання практичних робіт № 1, 2, 3, 4, 5 .....	85
Додаток Б Варіанти вихідних даних для самостійного виконання практичної роботи № 6 .....	89
Додаток В Варіанти вихідних даних для самостійного виконання практичної роботи № 7 .....	93
Додаток Г Варіанти вихідних даних для самостійного виконання практичної роботи № 8 .....	98
Додаток Д Варіанти вихідних даних для самостійного виконання практичної роботи № 9 .....	102
Додаток Е Варіанти вихідних даних для самостійного виконання практичної роботи № 10 .....	113

## **ВСТУП**

Методичні вказівки розроблені для виконання практичних робіт по дисципліні «**Топографо-геодезичні дослідження водних екосистем**».

Невід'ємною частиною робіт з охорони навколошнього середовища є прив'язка забруднених об'єктів, топографічна зйомка окремих ділянок місцевості.

Великий об'єм геодезичних робіт виконується при підрахунку величини витрат на очищення або поліпшення стану тієї або іншої території. Для вирішення цих завдань студент повинен мати знання в області топографії і геодезії.

На всіх етапах топографо-геодезичних досліджень виникає необхідність виконати геодезичні роботи або скористатися їх результатами.

Так, проектування природоохоронних заходів виконується з використанням топографічних карт, результати гідрометеорологічних робіт також наносяться на топографічну основу.

В даний час створюються принципово нові прилади, удосконалюються старі, вводяться нові методи геодезичних вимірювань і картометрії, обробки вимірювань із застосуванням геоінформатики.

Прогрес у розвитку топографо-геодезичних робіт і картографічного виробництва пов'язаний безпосередньо з використанням космічної техніки. Зростаючий розвиток народного господарства неможливо здійснити без зйомок з космосу. Можливості вже створеної космічної бортової апаратури такі, що одержувана з орбіти відеоінформація по своїй здатності дозволяє створити більшість карт встановленого масштабного ряду.

Метою методичних вказівок є вивчення студентами основ геодезії, придбання досвіду в користуванні топографічними картами при вирішенні по ним різних завдань, а також при роботі на місцевості.

В процесі виконання практичних робіт, студенти вивчають основні поняття, геодезії системи координат, карти, плани, будову геодезичних приладів.

Перед виконанням практичної роботи студенту слід ознайомитися з викладеним теоретичним матеріалом, відповісти на запитання. Потім виконати практичну частину і оформити практичну роботу.

Оцінювання виконаної практичної роботи проводиться згідно з робочою програмою дисципліни «**Топографо-геодезичні дослідження водних екосистем**».

Максимальна сума балів з практичної частини становить 50 балів.

## 1 Практична робота № 1.

### Тема. Вивчення масштабів, побудова лінійного і поперечного масштабів

#### 1.1 Теоретична частина

**Масштабом** плану або карти називають відношення відрізка  $l$  на плані або карті до горизонтального прокладення  $S$  відповідної лінії місцевості, тобто

$$1/m = l/S, \quad (1.1)$$

де  $m$  – знаменник масштабу (кратність зменшення).

Масштаб плану одинаковий у всіх його точках. Масштаб карти в кожній точці має своє приватне значення, що залежить від широти і довготи даної точки. Тому його строгою числововою характеристикою є **частковий масштаб карти** – відношення нескінченно малого відрізка  $\Delta l$  на карті до довжини відповідного нескінченно малого відрізка  $\Delta S$  на поверхні еліпсоїда. Слід зазначити, що при практичних вимірюваннях на картах використовують їх головний масштаб, який визначається за формулою (1.1), де знаменник  $m$  показує, у скільки разів зменшенні в середньому розміри еліпсоїда, при його зображенні на даній карті.

Масштаб може бути виражений в чисельній, іменованій і графічній (лінійній або поперечній) формах.

**Чисельний масштаб** – виражають дробом, в якому чисельник дорівнює одиниці, а знаменник величині  $m$ :

$$1:m, \quad (1.2)$$

де  $m$  – знаменник масштабу, який показує, у скільки разів зменшенні лінії місцевості при їх зображенні на карті (плані).

Стандартними для карт є чисельні масштаби: 1:1000000, 1:500000, 1:300000, 1:200000, 1:100000, 1:50000, 1:25000, 1:10000.

Основними масштабами топографічних планів є: 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500.

При порівнянні різних чисельних масштабів більш дрібним є той, у якого більше знаменник  $m$ , і, навпаки, чим менше знаменник  $m$ , тим крупніше масштаб плану або карти. Наприклад, масштаб 1:1000 крупніше, ніж масштаб 1:100000, а масштаб 1:5000 дрібніше за масштаб 1:1000.

**Іменований масштаб** – це словесна інтерпретація чисельного масштабу.

Оскільки довжини на місцевості прийнято вимірювати в метрах, а на планах і картах – в сантиметрах, то словесна форма, наприклад, чисельного масштабу 1:25000 виражається так: «в 1 сантиметрі 250 метрів».

Оскільки 1 м дорівнює 100 см, то число метрів місцевості, що міститься в 1 см карти або плану, легко визначають шляхом ділення знаменника чисельного масштабу на 100.

**Лінійний масштаб** – графік у вигляді відрізка прямої, розділеної на рівні частини з підписаними значеннями пропорційних ним довжин ліній місцевості.

Даний масштаб дозволяє без обчислень вимірювати або відкладати відстані на картах і планах.

Для побудови лінійного масштабу вибирають основу масштабу, яка відповідає цілому (круглому) числу метрів на місцевості. Прийнявши за основу масштабу відрізок в 1 см (іноді 2 см), відкладають його на прямій лінії кілька разів і підписують. Ліву частину ділять на п'ять або десять частин (рис. 1.1).

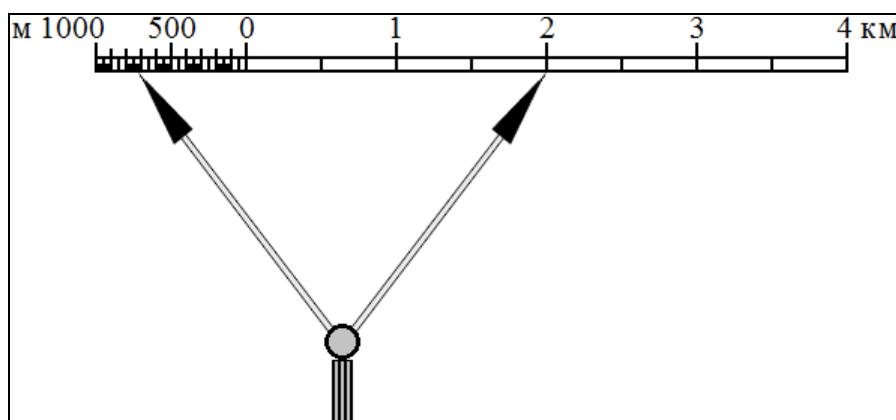


Рис. 1.1 – Лінійний масштаб з встановленим циркулем-вимірюником (чисельний масштаб – 1:50000; іменований – в 1 сантиметрі 500 метрів; відстань в інтервалі між ніжками циркуля-вимірюника – 2 км 720 м)

Уявивши відстань на плані (карти) в розтин циркуля-вимірюника, одну його ніжку встановлюють на штрих, що поділяє основу так, щоб інша ніжка потрапила на ліву основу, по якій на око відлічується відстань в інтервалі поділок (рис. 1.1). Однак, оцінюючи на око частки поділок за лінійним масштабом, неможливо достатньо точно виміряти відстань за планом, тому для цього користуються **поперечним** масштабом (рис. 1.2).

**Поперечний масштаб** (рис. 1.2) будують за наступною послідовністю. 1. Вибирають основу масштабу 2 см і відкладають її кілька разів на горизонтальній прямій. 2. З точок, що поділяють рівні відрізки, опускають перпендикуляри до цієї прямої. 3. Ліву основу ділять на п'ять або десять поділок, в загальному випадку – на  $n$  поділок, а на перпендикулярах відкладають  $m$  поділок. 4. Через одержані точки на перпендикулярах проводять лінії, паралельні основі. 5. На лівій основі проводять ряд похилых ліній (як показано на рис. 1.2), які називаються **трансверсалями**.

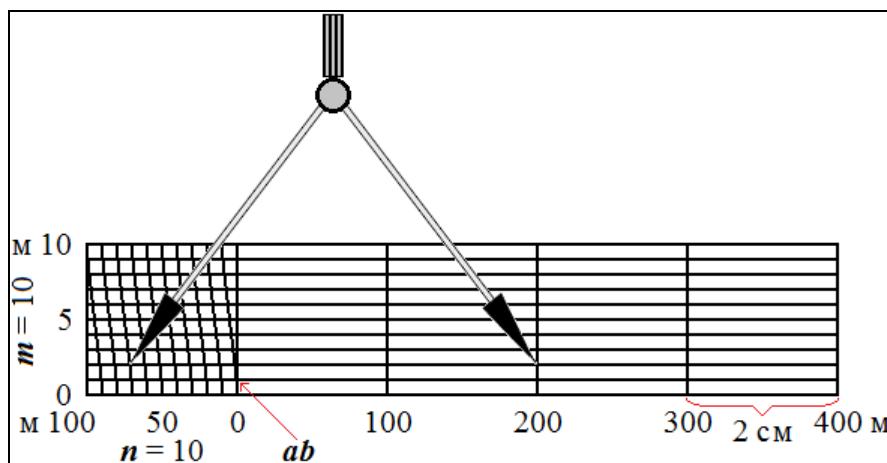


Рис. 1.2 –Поперечний масштаб з встановленим циркулем-вимірником (чисельний масштаб – 1:5000; іменований – в 1 сантиметрі 50 метрів; відстань в інтервалі між ніжками циркуля-вимірника – 272 м)

Відрізок  $ab$  (рис. 1.2) –**найменша поділка поперечного масштабу**. Ця величина залежить від довжини основи та числа поділок  $n$  і  $m$ .

Поперечний масштаб, у якого  $m = n = 10$  ( $mn = 100$ ), називається **сотенним масштабом**. Зазвичай він нарізується (гравірується) на транспортире або на металевій лінійці, яка називається масштабною.

Десяті та соті долі основи –**нормальний поперечний масштаб**.

При всіх достоїнствах поперечний масштаб не може забезпечити певної межі точності, яка залежить від властивостей людського ока. Око людини в змозі суміщати вістря ніжки циркуля з точкою на плані (карті), точку з точкою, штрих з штрихом з точністю близько 0,1 мм, якщо вони знаходяться на відстані 25 см від ока. З цього виходить, що деталі місцевості, що зображені на плані, зумовлені точністю масштабу, яка є довжиною ліній на місцевості, що відповідає 0,1 мм на плані. Наприклад, точність масштабу 1:10000 відповідає 1 м, а масштабу 1:50000 – 5 м. Відповідно до точності масштабу, при зображенні деталей об'єктів місцевості на плані (карті) неминучі узагальнення.

Якщо об'єкт місцевості дуже малий, а зобразити його на плані необхідно, то його зображають ***позамасштабними умовними знаками***, тобто розмір яких не залежить від точності масштабу. Наприклад, нерідко колодязь в горизонтальній проекції є квадратом із стороною 1 м і в масштабі 1:10000 він буде крапкою(0,1 мм), тому щоб колодязь було видно на карті його зображують зеленим кружечком діаметром 1,2-1,4 мм.

## 1.2 Практична частина

Завдання 1. Для заданого чисельного масштабу(табл. 1.1) **самостійно** дайте іменований масштаб та підготуйте лінійний і поперечний масштаби.

Завдання 2. З використанням довжини (в сантиметрах) відрізка АБ (табл. 1.1), виміряного на карті масштабу **1:100000** ([Додаток А](#)), **самостійно** визначте довжину (в метрах) горизонтальної проекції лінії АБ на місцевості.

Завдання 3. **Під час аудиторних занять** виміряйте довжину відрізка(в сантиметрах),заданого викладачем на карті (плані), та визначте довжину (в метрах) горизонтальної проекції цієї лінії на місцевості.

Таблиця 1.1 – Варіанти вихідних даних для самостійного виконання завдань 1 та 2 практичної роботи № 1

Варіант*	Вихідні дані для виконання	
	завдання 1	завдання 2
Чисельний масштаб карти (плану)		Довжина (в сантиметрах) відрізка АБ, виміряного на карті ( <a href="#">Додаток А</a> )
<b>1</b>	1:100000	10,5
<b>2</b>	1:50000	13,5
<b>3</b>	1:25000	12,6
<b>4</b>	1:10000	11,4
<b>5</b>	1:5000	13,3
<b>6</b>	1:2000	12,9
<b>7</b>	1:500	12,5
<b>8</b>	1:500000	10,1
<b>9</b>	1:300000	13,1
<b>10</b>	1:200000	12,1

Примітка до табл. 1.1:

\*номер варіанта відповідає останній цифрі номера залікової книжки: цифрам 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 відповідають варіанти **1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9**, цифри 0 відповідає варіант **10**.

### **1.3 Питання для самоперевірки**

*Для самостійної перевірки засвоєння змісту практичної роботи та успішного закріплення базових знань і вмінь по вивченому матеріалу, спробуйте дати усні відповіді на запитання, які наведені нижче.*

- 1. Що таке масштаб?**
- 2. Які види масштабів використовують?**
- 3. Що таке чисельний масштаб?**
- 4. Що таке іменований масштаб?**
- 5. Що таке графічний масштаб?**
- 6. Який вигляд в іменованому масштабі матиме масштаб 1:25000?**
- 7. Як підготовлюється та використовується лінійний масштаб?**
- 8. Чим відрізняється поперечний масштаб від лінійного?**
- 9. Як підготовлюється та використовується поперечний масштаб?**
- 10. Що мається на увазі під поняттям точність масштабу?**

## 2 Практична робота № 2.

### Тема. Визначення географічних і прямокутних координат точок по топографічній карті

#### 2.1 Теоретична частина

Положення будь-якої точки на поверхні Землі визначається географічними, плоскими прямокутними і полярними координатами.

**Географічні координати.** У системі географічних координат місце розташування точки визначається широтою і довготою (рис. 2.1).

Кут між площину екватора і прямовисною лінією, що проходить через дану точку називається географічною широтою точки  $M$ .

Широта, вимірювана від площини екватора на північ, називається північною, а на південь – південною. Широта змінюється від 0 до  $90^{\circ}$ .

Двогранний кут, укладений між площину нульового (Гринвіцького) меридіана і площину меридіана, що проходить через дану точку  $E$ , називається географічною довготою.

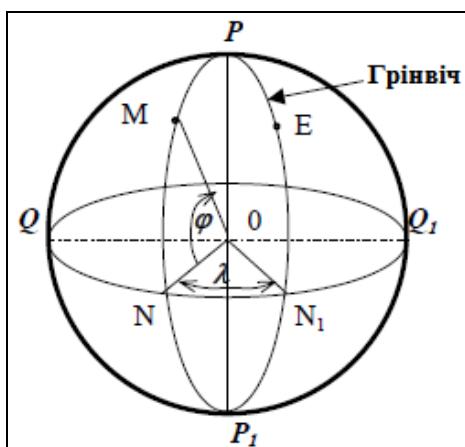


Рис. 2.1 – Географічні координати:  
 $\phi$  – географічна широта;  $\lambda$  – географічна довгота

Довготу вимірюють від початкового меридіана на схід і захід, називаючи, відповідно, східною і західною. Вона змінюється від 0 до  $180^{\circ}$ .

Топографічні карти видаються окремими аркушами обмеженого формату, що поєднуються в загальну карту єдиною системою розграфки. Трапецієподібна розграфка карт здійснюється паралелями і меридіанами.

Аркуші топографічних карт із трапецієподібної розграфкою укладені в три рамки: зовнішню, внутрішню і хвилинну (рис. 2.2).

Зовнішня рамка має декоративне призначення.

Внутрішня рамка утворена відрізками паралелей і меридіанів. У кутах рамки підписуються широти паралелей і довготи меридіанів.

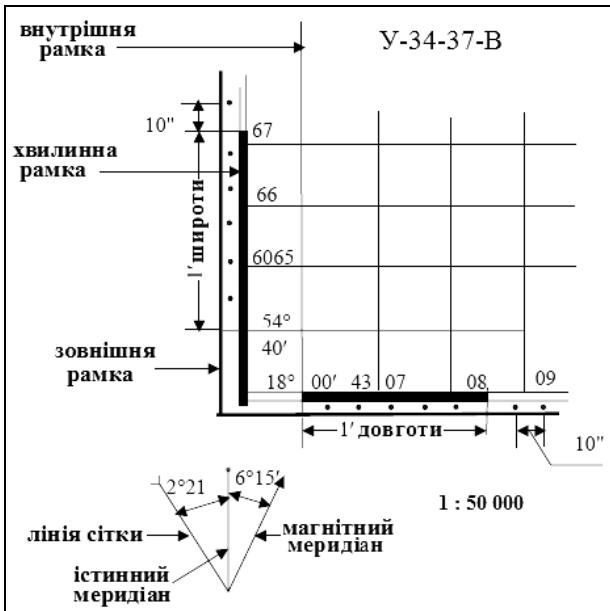


Рис. 2.2 – Фрагмент аркуша топографічної карти масштабу 1:50000

Хвилинна рамка складається з чорних і білих інтервалів, що відповідають одній хвилині широти і довготи. Ця рамка служить для визначення географічних координат точок на карті та для нанесення точок на карту по відомих координатах.

Для визначення на карті географічних координат деякої точки потрібно провести через неї меридіан і паралель та по відповідним рамках трапеції відрахувати число хвилин, які потім додаються або віднімаються від значень географічних координат прийнятого початку їхнього відліку по карті (рис. 2.3).

Якщо позначити початок відліку широти і довготи через  $\Phi_{\text{п}}$  та  $\lambda_{\text{п}}$  відповідно (зняті в кутах хвилинної рамки, найближчих до досліджуваної точки), а через  $\Delta$  – збільшення географічних координат до точки А, то її широта і довгота визначаються по формулі:

$$\Phi_A = \Phi_{\text{п}} \pm \Delta\phi' \pm \Delta\phi''; \quad \lambda_A = \lambda_{\text{п}} \pm \Delta\lambda' \pm \Delta\lambda''. \quad (2.1)$$

Для обчислення  $\Delta\phi'$  достатньо обчислити кількість цілих заштрихованих і не заштрихованих інтервалів від кута рамки до точки А.

Для обчислення  $\Delta\phi''$  та  $\Delta\lambda''$  за допомогою циркуля-вимірника і масштабної лінійки, по карті визначають відрізки  $\Delta a$  та  $\Delta b$  (у міліметрах), а по хвилинній рамці вимірюють відстані  $a$  та  $b$  (у міліметрах), що відповідають 1 хвилині (1') або 60 секундам (60'') по широті та довготі. Збільшення географічних координат у секундах визнається по формулах:

$$\Delta\phi'' = \Delta a \cdot 60/a; \quad \Delta\lambda'' = \Delta b \cdot 60/b. \quad (2.2)$$

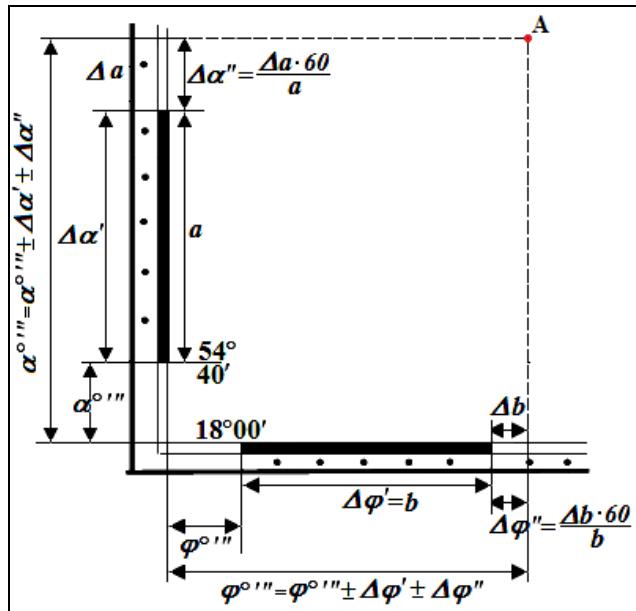


Рис. 2.3 – Визначення довготи й широти в прямокутній системі координат

Наприклад, для визначення широти  $\varphi_A$  точки А (рис. 2.4) проводять через цю точку паралель (тобто лінію, паралельну південній стороні рамки карти). Знаходять відстань від цієї паралелі до південної сторони рамки, оцінюючи секунди по формулі (2.2), які дорівнюють: 44".

З урахуванням того, що широта південної сторони рамки дорівнює  $54^{\circ} 40'$ , шукана широта точки А буде дорівнювати:  $\varphi_A = 54^{\circ} 40' 44''$ .

Довготу точки А знаходять аналогічно, провівши через точку А істинний меридіан (рис. 2.4). Для даного прикладу  $\lambda_A = 18^{\circ} 00' 51''$ .

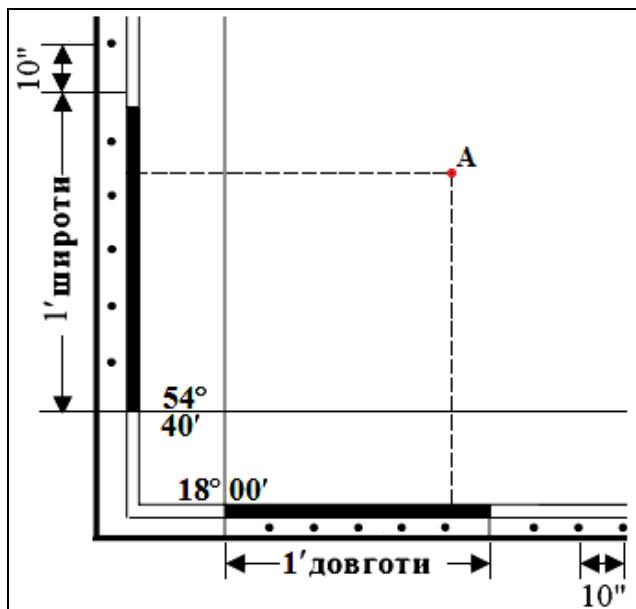


Рис. 2.4 – Визначення географічних координат

**Зональна система прямокутних координат.** Географічні координати, що виражаються в кутових величинах, незручні для практичного використання в інженерних розрахунках, у яких широко оперують довжинами.

Крім того, лінійні значення кутових одиниць на різних широтах земного еліпсоїда різні. Тому для виконання геодезичних і маркшейдерських зйомок та для зображення їхніх результатів на планах і картах більш зручною є система плоских прямокутних координат, що значно спрощує здійснення даних зйомок на територіях гірничих підприємств, обчислення координат опорних пунктів тощо. Плоска система координат забезпечує можливість сполучення планів суміжних ділянок.

При побудові карт зображення земної поверхні, що було отримано на еліпсоїді чи окремій його частині, повинне бути розгорнуто в площину (на листі паперу). Виконати таку операцію без розривів і складок сферичної поверхні, що розгортається, неможливо. Для вирішення цієї задачі використовують додаткові поверхні, на які з еліпсоїда проектується відображення на ньому інформація, а після цього можуть бути легко розгорнуті в площину, наприклад, циліндрична чи конічна поверхня, якщо їх розрізати уздовж утворюючих.

При виконанні цієї операції допоміжне тіло передбачається дотичним до референц-еліпсоїда. На допоміжну фігуру переноситься мережа паралелей і меридіанів, що на листі карти виконує роль картографічної сітки. Спосіб переходу від зображення земної поверхні зі сфери на площину визначає вид картографічної проекції, кожна з яких припускає деяке перекручування географічних об'єктів, розташованих на референц-еліпсоїді та плоскому листі карти.

Вивченням картографічних проекцій займаються в математичній картографії, де вони розглядаються у виді аналітичних залежностей між координатами точок на поверхні референц-еліпсоїда і координатами їхніх проекцій на площину.

Цилінтри, на які переносяться ділянки земного еліпсоїда, розрізаються по утворюючим і розрізані частини розгортаються в площині. При використанні проекції Гауса (рис. 2.5) одержують на листі папера подібне зображення поверхні земного еліпсоїда в межах окремих фігур, які називають **зонами**. Зручностями системи плоских прямокутних координат можна скористатися в межах порівняно невеликих розрізнених ділянок, на яких можна не враховувати кривизну Землі.

**Сутність зональної системи прямокутних координат.** На поверхні Землі проведемо меридіани через  $6^{\circ}$ , почавши з нульового (Гринвіцького) меридіану, що приймемо західною границею першої зони. Потім пронумеруємо зони в напрямку з заходу на схід, одержавши в такий спосіб 60 зон.

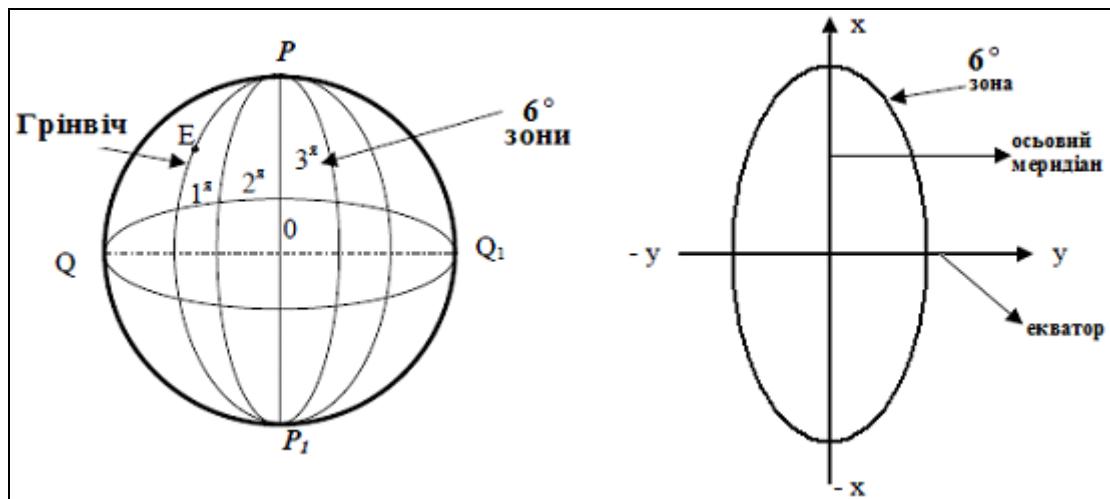


Рис. 2.5 – Зональна система прямокутних координат

Якщо позначити географічні довготи західного і східного меридіанів, обмежуючих зону, відповідно  $\lambda_z$  і  $\lambda_c$ , а довготу середнього, осьового, меридіана  $\lambda_o$ , то, знаючи номер зони **n**, можна визначити значення їх довгот наступними простими формулам:

$$\lambda_z = 6(n - 1), \quad \lambda_o = 6n - 3, \quad \lambda_c = 6n, \quad (2.3)$$

де **n** – номер зони.

Загальні представлення про те, як виходять плоскі зображення сферичних поверхонь зон, можна одержати, уявивши собі, що земний еліпсоїд укладений у циліндр (рис. 2.6), вісь якого лежить у площині екватора, а внутрішня поверхня циліндра дотична до осьового меридіана даної зони. Циліндр можна проектувати на площину без перекручувань.

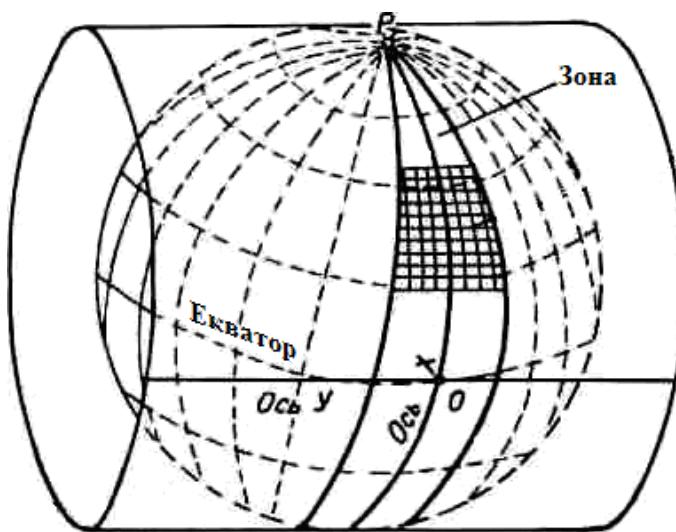


Рис. 2.6 – Проекція зони на внутрішню поверхню циліндра

До півночі від паралелі  $35^{\circ}$  найбільше віддалення від осьового меридіана складає 270 км, при якому відносне перекручування довжин виражається 1:1100, тобто не виходить за межі точності звичайних лінійних вимірювань. Цим і обумовлений розмір зони в  $6^{\circ}$  по довготі.

У кожній зоні зображення осьового меридіана приймається за вісь абсцис **X**, а зображення екватора за вісь ординат **Y**. Початком координат є точка перетинання осьового меридіана з екватором. Правило знаків звичайне.

Для забезпечення однозначності визначення планового положення точок на земній поверхні і зручності в роботі прийняте наступне:

1) початок координат у кожній зоні перенесено на 500 км на захід від осьового меридіана, чим виключені від'ємні значення ординат;

2) перед кожною ординатою ставиться (вводиться в її значення) номер зони.

Удосконалені в такий спосіб ординати називаються *приведеними*.

Наприклад, якщо приведені ординати точок **A** та **B** дорівнюють, відповідно:  $Y_A = 4374,284$  км та  $Y_B = 4884,326$  км, то це означає, що ці обидві точки знаходяться в 4-й зоні, а їхні звичайні ординати дорівнюють:  $Y_A = -125,716$  км та  $Y_B = +384,326$  км.

У кожній зоні вибирається прямокутна система координат, причому її центр збігається з точкою перетинання проекції осьового меридіана з проекцією екватора. Осьовий меридіан приймається за вісь **X**, а зображення екватора, перпендикулярне до осьового меридіана – за вісь **Y** (рис. 2.7). Координати **X** точок, розташованих на північ від екватора, вважаються додатними, а на південь – від'ємними.

Територія України знаходиться в північній півкулі, тому координати **X** мають лише додатне значення. Значення ж звичайних ординат **Y**, можуть бути як додатними, так і від'ємними, що представляє незручності при вирішенні різних геодезичних задач. Для того щоб не мати справи з від'ємними значеннями ординат, як вже відмічалося вище, у кожній зоні початок координат переноситься на 500 км на захід від осьового меридіана зони. Отриману в такий спосіб ординату прийнято називати *приведеною*.

Між внутрішньою і хвилинною рамками аркушів карт вписані ординати і абсциси виходів ліній координатної кілометрової сітки. При цьому для території України першою цифрою (з 4 по 9) або двома першими (з 10 по 32) в значеннях ординат помічений номер зони, а величини самих ординат, що відлічуються від осьового меридіана, збільшені на 500 км (приведені ординати).

Наприклад, підпис виходу сітки 4311 означає, що даний аркуш карти розташований в 4-й зоні, а ордината даної лінії (в системі Гауса) має від'ємне значення:  $311 - 500 = -189$  км.

Для визначення положення точки в прямокутній системі координат використовують кілометрову сітку топографічної карти.

Прямоокутні координати точки визначають по формулах:

$$\mathbf{X} = \mathbf{X}_0 + \Delta x, \quad (2.4)$$

$$\mathbf{Y} = \mathbf{Y}_0 + \Delta y, \quad (2.5)$$

де  $\mathbf{X}_0$  та  $\mathbf{Y}_0$  – координати південно-західного кута квадрата, в якому розташована задана точка;

$\Delta x$  та  $\Delta y$  – приrostи координат (відстані від відповідних сторін квадрата до точки в масштабі карти).

Прийнявши за вісі координат прямоокутної системи кілометрові лінії 6065 та 4311 (рис. 2.7), опускають на них з обумовленої точки **B** перпендикуляри  $\Delta x$  та  $\Delta y$ , довжини яких вимірюють за допомогою лінійки і обчислюють з врахуванням масштабу: в 1 см на карті 500 м на місцевості.

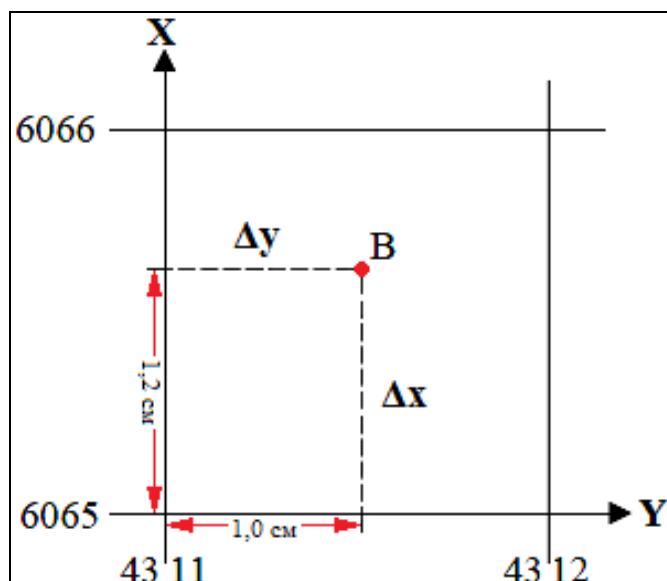


Рис. 2.7 – Схема визначення прямоокутних координат точки (M 1:50000):

$$\Delta x = 1,2 \text{ см} \times 500 = 600 \text{ м}; \quad X_B = 6065000 + 600 = 6065600 \text{ м};$$

$$\Delta y = 1,0 \text{ см} \times 500 = 500 \text{ м}; \quad Y_B = 4311000 + 500 = 4311500 \text{ м}$$

## 2.2 Практична частина

Завдання 1. З використанням фрагменту аркуша карти ([Додаток А](#)) **самостійно** визначте географічні координати точок А і Б.

Завдання 2. З використанням фрагменту аркуша карти ([Додаток А](#)) **самостійно** визначте прямокутні координати точок А і Б.

Завдання 3. Під час аудиторних занять нанесіть на топографічну карту точки, координати яких (географічні та прямокутні) будуть задані викладачем.

## 2.3 Питання для самоперевірки

*Для самостійної перевірки засвоєння змісту практичної роботи та успішного закріплення базових знань і вмінь по вивченому матеріалу, спробуйте дати усні відповіді на запитання, які наведені нижче.*

1. Які види координат ви знаєте?
2. Що входить в систему географічних координат?
3. Що таке географічна широта?
4. Що таке географічна довгота?
5. В які три рамки укладено аркуш топографічної карти?
6. У чому сутність зональної системи прямокутних координат?
7. Як з використанням номера зони визначити географічні довготи західного, східного та осьового (середнього) меридіанів зони?
8. Що називають приведеною ординатою точки?
9. За якими формулами визначають прямокутні координати точки?
10. Чим відрізняється географічна система координат від зональної системи прямокутних координат?

### 3 Практична робота № 3.

#### Тема. Кути орієнтування. Азимути, румби, дирекціоні кути

##### 3.1 Теоретична частина

**Кути орієнтування.** Горизонтальні кути і напрями ліній на картах і планах вимірюють (або будують) геодезичними транспортирами. При вимірюваннях транспортир необхідно прикладати так, щоб обидві мітки нульового діаметра ( $0^{\circ}$  і  $180^{\circ}$ ) знаходилися на одній лінії, а центральна мітка (нуль прямолінійної шкали) співпадав з вершиною кута.

**Орієнтувати лінію на місцевості** – означає визначити її положення щодо іншого напрямку, прийнятого за відправне.

В якості відправних в геодезії використовують такі напрями (рис. 3.1):

- північний напрямок *істинного (географічного) меридіана* ( $N_i$ );
- північний напрям *магнітного меридіана* ( $N_m$ );
- північний напрям *осьового меридіана зони* ( $N_o$ ) або паралельного йому напряму.

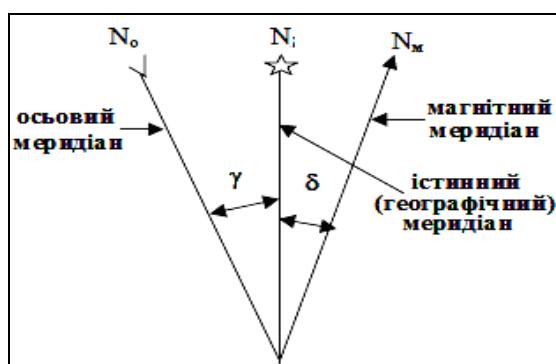


Рис. 3.1 – Вихідні напрямки для орієнтування ліній

Напрям  $N_i$  – це горизонтальна лінія в площині *географічного меридіана*. Він вказує на Північний полюс Землі.

Напрям  $N_m$  – це горизонтальна лінія в площині *магнітного меридіана*, тобто прямовисній площині, що проходить через вісь вільно підвішеної магнітної стрілки.

Через нерівномірний розподіл магнітних мас всередині Землі напрям магнітного меридіана не співпадає з напрямком на магнітний полюс. Крім того, магнітна вісь Землі відхилене від осі обертання Землі приблизно на  $12^{\circ}$ . Під впливом цих факторів між напрямами географічного і магнітного меридіанів в будь-якій точці на поверхні Землі утворюється кут  $\delta$  (рис. 3.1). Кут  $\delta$  називають *схиленням магнітної стрілки* і відраховують від істинного меридіану до магнітного. Східному схиленню приписують знак плюс, західному – знак мінус.

Напрям  $\mathbf{N}_o$  – це напрям, як правило, паралельний осьовому меридіану або вісі абсцис координатної сітки зони. Якщо точка розташована на осьовому меридіані, то напрями  $\mathbf{N}_i$  та  $\mathbf{N}_o$  збігаються. Якщо точка не на осьовому меридіані, то між осьовим та істинними меридіаном утворюється кут  $\gamma$  (рис. 3.1). Кут  $\gamma$  називають **зближенням меридіанів**. Він відраховується від істинного меридіану до осьового меридіану. Східному зближенню приписують знак плюс, західному – знак мінус. Зближення меридіанів можна визначити зі схеми під південною рамкою топографічної карти.

Зорієнтувати на місцевості яку-небудь лінію  $MN$  (рис. 3.2) – означає визначити кут, під яким дана лінія спрямована відносно до іншої лінії, прийнятої за початок відліку. У геодезії за кути орієнтування приймають **азимут** або **дирекційний кут**.

**Азимут** – горизонтальний кут, відлічуваний від північного напрямку меридіана до даної лінії  $MN$  за ходом годинникової стрілки (рис. 3.2).

Якщо азимут відраховується від географічного меридіана, то його називають **істинним азимутом**  $A_i$ , а якщо від північного напрямку вільно підвішеної магнітної стрілки, то його називають **магнітним азимутом**  $A_m$ .

Різницю  $\delta = A_i - A_m$  називають **схиленням магнітної стрілки**. Схилення  $\delta$  може бути західним (має знак «-») чи східним (має знак «+»).

Величина азимута однієї і тієї ж лінії залежить від положення точки відліку.

**Дирекційний кут** – горизонтальний кут  $\alpha_{MN}$ , який відраховується від північного напряму осьового меридіана зони або лінії, йому паралельної, за ходом годинникової стрілки до лінії, що орієнтується.

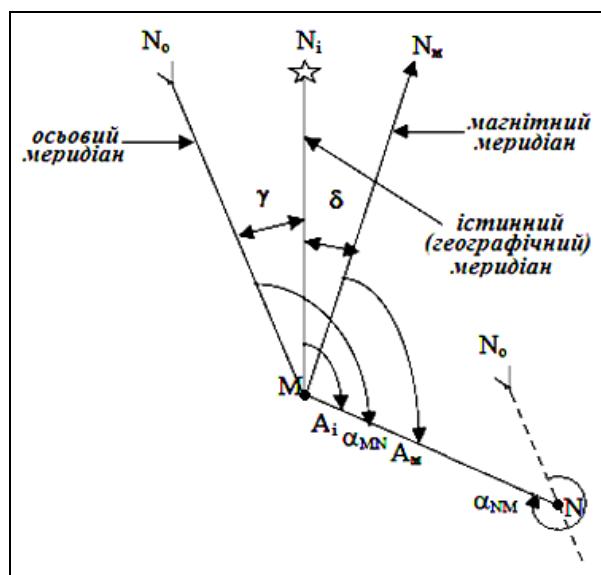


Рис. 3.2 – Залежність між істинним і магнітним азимутами та дирекційними кутами

Дирекційний кут  $\alpha$  змінюється від 0 до  $360^\circ$ . На топографічних картах і планах паралельні осьовому меридіану лінії нанесені у вигляді координатної кілометрової сітки.

Іноді на практиці користуються румбами.

**Румб** – гострий кут між найближчим (північним або південним) вихідним напрямом і даною лінією (рис. 3.3). Позначення румба починають з вказівки чверті: **ПнСх** (північно-східна – I), **ПдСх** (південно-східна – II), **ПдЗх** (південно-західна – III), **ПнЗх** (північно-західна – IV). Далі записують числове значення кута від 0 до  $90^\circ$ .

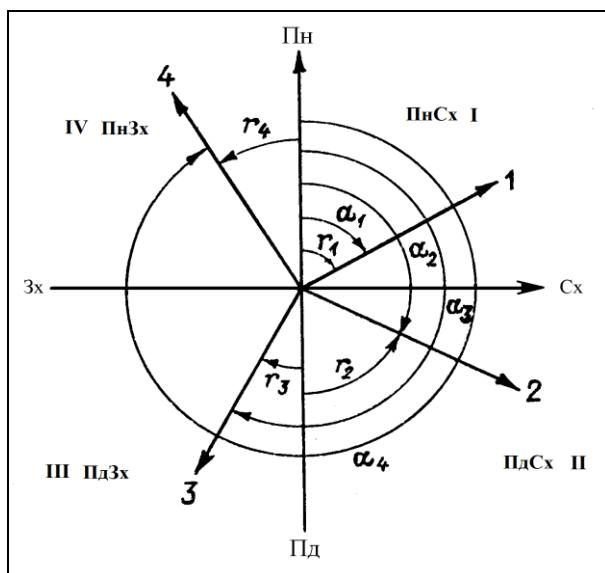


Рис. 3.3 – Зв'язок дирекційних кутів з румбами

На рис. 3.2 показані істинний  $A_i$  та магнітний  $A_m$  азимути, дирекційний кут  $\alpha$  лінії  $MN$ , зближення меридіанів  $\gamma$  і схилення магнітної стрілки  $\delta$ . З рис. 3.2 видно

$$A_i = A_m + \delta \text{ та } A_i = \alpha + \gamma. \quad (3.1)$$

У лінії  $MN$  (рис. 3.2) напрям від точки  $M$  до точки  $N$  називають прямим, а від  $N$  до  $M$  – зворотним. Відповідно говорять про дирекційні кути прямого і зворотного напрямку.

Часто дирекційний кут  $\alpha_{MN}$  в точці  $M$  називають прямим, а дирекційний кут  $\alpha_{NM}$  в точці  $N$  – зворотнім. Залежність між цими кутами має вигляд:

$$\alpha_{NM} = \alpha_{MN} + 180^\circ. \quad (3.2)$$

При камеральній обробці польових матеріалів буває зручніше замість дирекційних кутів використовувати румби.

Розрізняють **істинні**, **магнітні** та **дирекційні румби**. **Румби істинні** відрічують від істинного меридіана; **магнітні** – від магнітного; **дирекційні** – від напряму вісі абсцис або лінії, паралельної до неї. Перед числовим значенням румба вказують його напрям відносно сторін світу. Зв'язок між азимутами (**A**), дирекційними кутами (**α**) і румбами (**r**) показано на рис. 3.3 та в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Зв'язок румбів з іншими кутами

Номер чверті	Азимут ( <b>A</b> ), дирекційний кут ( <b>α</b> )	Румби <b>r</b>
I	0–90°	ПнCx: $r = A$
II	90–180°	ПдCx: $r = 180^\circ - A$
III	180–270°	ПдЗx: $r = A - 180^\circ$
IV	270–360°	ПнЗx: $r = 360^\circ - A$

Зв'язок румбів з іншими кутами широко застосовують в геодезії при розв'язанні на площині прямої оберненої геодезичних задач. Наприклад, потрібно визначити дирекційний кут лінії **KL** (рис. 3.4). Для цього лінію **KL** продовжують до перетину з найближчою вертикальною лінією координатної кілометрової сітки (4312). Приклавши до точки перетину нуль транспортира і поєднавши його нульовий діаметр з цією вертикальною лінією, відраховують за годинниковою стрілкою кут **α** від північного напряму. На рис. 3.4 цей кут дорівнює  $\alpha = 328^\circ 30'$ . Зі схеми розташування осьового (лінія сітки), істинного і магнітного меридіанів, наведеною під південною стороною рамки карти, видно, що істинний азимут **A**; лінії **KL** менше дирекційного кута **α** тієї ж лінії на величину зближення меридіанів  $\gamma = 2^\circ 21'$ . Отже,  $A = \alpha - \gamma = 328^\circ 30' - 2^\circ 21' = 326^\circ 09'$ .

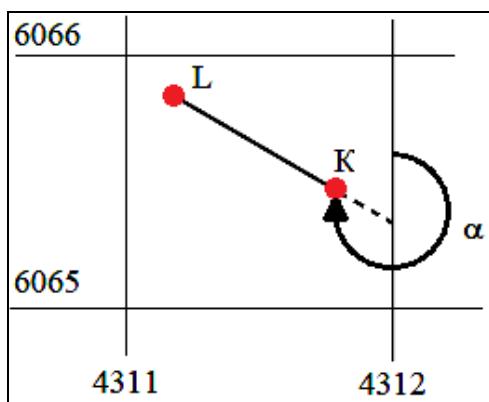


Рис. 3.4 – Визначення дирекційного кута лінії

В свою чергу, магнітний азимут **A<sub>m</sub>** лінії **KL** менше істинного азимута **A** тієї ж лінії на величину схилення магнітної стрілки  $\delta = 6^\circ 15'$ , тобто:  $A_m = A - \delta = 326^\circ 09' - 6^\circ 15' = 319^\circ 54'$ .

### 3.2 Практична частина

Завдання 1. З використанням фрагменту аркуша карти ([Додаток А](#)) **самостійно** визначте *дирекційний кут*  $\alpha_{AB}$ .

Завдання 2. По визначеному *дирекційному куту*  $\alpha_{AB}$ , **самостійно** визначте: *істинний азимут*  $A_i-AB$ , *магнітний азимут*  $A_m-AB$  та *румб*  $r$  напряму  $AB$  (схилення магнітної стрілки:  $\delta = 6^{\circ}19'$  східне; зближення меридіанів:  $\gamma = 2^{\circ}01'$  західне).

Завдання 3. **Під час аудиторних занять** визначте *дирекційний кут*  $\alpha_{AB}$ , *істинний азимут*  $A_i-AB$ , *магнітний азимут*  $A_m-AB$  та *румб*  $r$  напряму  $AB$  заданого викладачем на карті.

### 3.3 Запитання для самоперевірки

Для самостійної перевірки засвоєння змісту практичної роботи та успішного закріплення базових знань і вмінь по вивченому матеріалу, спробуйте дати усні відповіді на запитання, які наведені нижче.

1. Що таке орієнтування лінії на місцевості?
2. Як визначаються кути орієнтування на топографічних картах?
3. Як виміряти на карті дирекційний кут?
4. Який кут називають азимутом?
5. Чому азимут буває істинним і магнітним?
6. Як перейти від дирекційного кута до магнітного азимута?
7. Який кут називають схиленням магнітної стрілки ?
8. Який кут називають зближенням меридіанів?
9. Чим відрізняються румби?
10. Як визначити румб з використанням значення дирекційного кута?

## 4 Практична робота № 4.

### Тема. Визначення площі на топографічний карті

#### 4.1 Теоретична частина

**Визначення площі топографічної поверхні.** Обчислення площ за результатами вимірюв на місцевості дає більш високу точність. Залежно від розміру та форми ділянок і бажаної точності, площі можна визначати трьома способами: 1) аналітичним; 2) графічним; 3) механічним, які можна застосовувати в «чистому» вигляді або у комбінації між собою графічного та аналітичного способів (графоаналітичний).

**Аналітичний спосіб.** Обчислення площ за координатами вершин полігона застосовується, коли полігон має складну форму багатокутника, границі якого прямолінійні та відомі координати його вершин (рис. 4.1). Для виведення відповідних формул візьмемо простий замкнений полігон у вигляді п'ятикутника, координати вершин **12345** якого відомі (табл. 4.1).

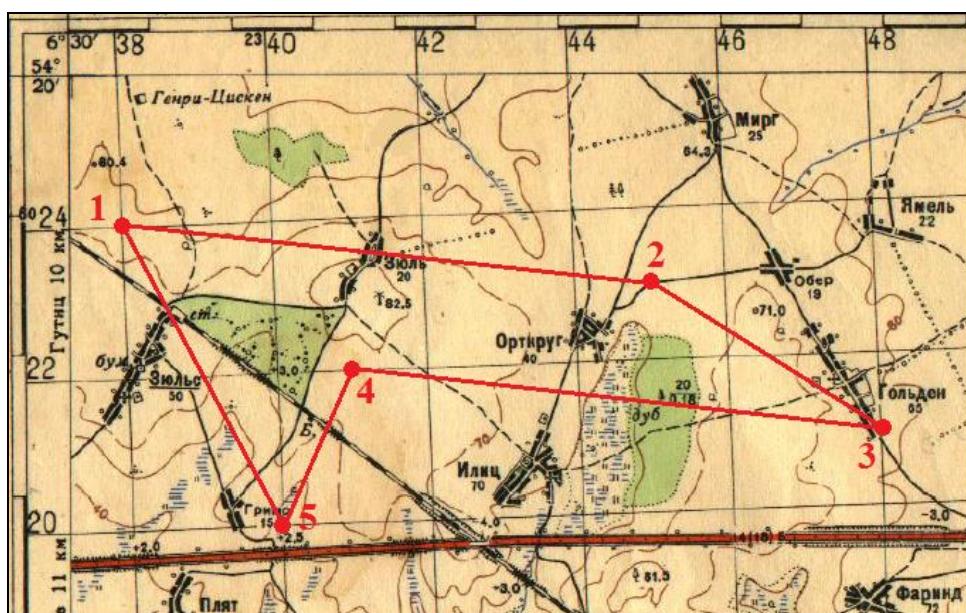


Рис. 4.1 – Фрагмент аркуша карти. Масштаб M 1:100000

В загальному випадку це рівняння виразиться такою формулою:

$$2S = \sum X_i(Y_{i+1} - Y_{i-1}) \quad (4.1)$$

і читається так: подвійна площа багатокутника дорівнює сумі послідовних добутків абсцис (іксів) на різницю ординат (ігреків) наступної та попередньої по відношенню до абсциси.

Якщо праву частину рівняння згрупувати по  $Y$  (ігреках), то формула набере вигляду:

$$2S = \sum Y_i(X_{i-1} - X_{i+1}) \quad (4.2)$$

і читається так: подвійна площа багатокутника дорівнює сумі послідовних добутків ординат (ігреків) на різницю абсцис (іксів) попередньої і наступної по відношенню до ординати.

Таблиця 4.1 – Відомість для обчислення площин замкненого полігону

Вершина, $i$	Координати		Різниці		Добутки	
	$X_i$ , км	$Y_i$ , км	$X_{i-1} - X_{i+1}$	$Y_{i+1} - Y_{i-1}$	$X_i(Y_{i+1} - Y_{i-1})$	$Y_i(X_{i-1} - X_{i+1})$
<b>1</b>	6024	2338	-3	5	30120	-7014
<b>2</b>	6023	2345	3	10	60230	7035
<b>3</b>	6021	2348	1	-4	-24084	2348
<b>4</b>	6022	2341	1	-8	-48176	2341
<b>5</b>	6020	2340	-2	-3	-18060	-4680
Сума:		0	0	30	30	
Площа, $S$ , км $^2$ :				15	15	

Примітка до табл. 4.1: вершини полігону **12345** пронумеровані за ходом годинникової стрілки, відповідно до рис. 4.1.

Звичайно результати обчислення площин за обома формулами мають бути однаковими. Цей спосіб є найбільш точним, бо помилка у визначенні площин залежить тільки від помилок вимірювань.

Наближено вважається, що відносна помилка визначення площин дорівнює подвійній відносній помилці вимірювання ліній, наприклад, для середніх умов вимірювання ліній мірною стрічкою відносна помилка дорівнює 1:2000, тоді відносна помилка визначення площин буде 1:1000.

Основний недолік способу – складність обчислень. Тому в сучасних умовах для визначення площ полігонів, особливо з великою кількістю вершин, застосовують комп’ютери, в пам’ять яких занесені формули. Вводячи у комп’ютер координати точок (вершин полігона) дуже швидко дістають площину полігона, із занесенням результатів у спеціальну відомість.

**Графічний спосіб.** Цим способом площин обчислюють за результатами вимірювань ділянок на місцевості, якщо межі їх прямолінійні та фігура ділянки має просту геометричну форму (трикутника, прямокутника, трапеції тощо). Підставляючи величини основ, висот та інших вимірювань у формули, відомі з геометрії та тригонометрії, знаходять їх площину.

Точність визначення площ графічним способом залежить від точності вимірювання ліній на плані.

Відомо, що відрізки прямої вимірюються на плані з точністю 0,1 мм незалежно від довжини ліній. Тому відносна помилка при вимірюванні коротких ліній буде більшою, ніж при вимірювання довгих ліній, отже, фігури, на які поділяється полігон, повинні бути по можливості більшими і не дуже витягнутими, щоб основа і висота фігури були приблизно однаковими, а план – у крупнішому масштабі. При цьому бажано в розрахунках у першу чергу використовувати лінії, довжина яких вимірюється безпосередньо на місцевості. Для того, щоб уникнути грубих помилок і підвищити точність визначення площі, лінії вимірюють двічі з допустимою похибкою 1/200.

Графічний спосіб застосовують також для визначення площі витягнутих контурів (доріг, каналів, невеликих річок).

Загальне правило для графічного способу таке: чим крупнішим є масштаб плану (карти), тим точніше визначається площа. До графічного способу відносять також визначення площ палетками.

**Палетка** – це сітка квадратів із стороною 0,2, 0,4, 0,5 або 1 см, накреслена на прозорому матеріалі (технічній фотоплівці, органічному склі, восківці), або сітка паралельних ліній, накреслених на тому ж матеріалі через однакові відстані одна від одної (0,2, 0,4, 0,5 або 1 см).

Палетки використовують при визначенні площі ділянок, які мають криволінійні контури: невеликі розміри на плані: до 2 см<sup>2</sup> для квадратної палетки і близько 10 см<sup>2</sup> для палетки з паралельними лініями.

Квадратну палетку накладають на контур ділянки і підраховують кількість повних квадратів, що вміщуються в контурі. Із неповних квадратів, розміщених на периферії контуру на око складають цілі квадрати і визначають загальну кількість квадратів.

Потім обчислюють площу одного квадрата у квадратних метрах (або гектарах) за масштабом плану. Добуток площі одного квадрата на кількість їх у даному контурі дасть площу всієї ділянки.

Визначення площ квадратною палеткою проводиться з відносною похибкою від 1/50 до 1/100 вимірюваної величини.

Палетка з паралельними сторонами – це сітка паралельних ліній, відстань між якими ( $h$ ) однакова. Для визначення площі палетку накладають на контур ділянки. Фігуру кожної ділянки, обмеженої двома сусідніми паралельними лініями, умовно приймають за трапецію, площу якої можна визначити через середню лінію ( $l$ ) і висоту ( $h$ ).

Площа першої трапеції буде  $S_1 = l_1 \cdot h$ , другої  $S_2 = l_2 \cdot h$ , третьої  $S_3 = l_3 \cdot h$  і т.д.,  $n$ -ї трапеції  $S_n = l_n \cdot h$ .

Загальна площа контуру дорівнюватиме сумі площ трапецій, тобто:

$$S = S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_n. \quad (4.3)$$

Підставивши значення площі кожної трапеції, одержимо:

$$S = l_1 \cdot h + l_2 \cdot h + l_3 \cdot h + \dots + l_n \cdot h. \quad (4.4)$$

Винесемо  $h$  за дужки та дістанемо:

$$S = h \cdot (l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_n). \quad (4.5)$$

Отже, для обчислення площі ділянки за допомогою палетки з паралельними лініями, треба знайти сумарну довжину середніх ліній у сантиметрах. За масштабом перевести її у метри і помножити на відстань між двома сусідніми паралельними лініями ( $h$ ), також переведену у метри.

Довжини середніх ліній вимірюють циркулем-вимірювачем. Для прискорення і полегшення визначення площі під палеткою розміщують шкалу – графіки лінійних масштабів площ. Ними користуються як звичайним лінійним масштабом. На шкалі потрібного масштабу циркулем-вимірювачем відкладають сумарну довжину середніх ліній і на масштабі читають площину даної ділянки відразу у гектарах.

**Механічний спосіб визначення площ.** При цьому способі застосовують спеціальний прилад – **планіметр**.

**Планіметр** – це механічний або електронний прилад, який дає можливість шляхом обводу контуру фігури будь-якої форми визначити її площину. Існують лінійні та полярні планіметри (рис. 4.2). Більш поширеними є полярні планіметри з однією або двома каретками.

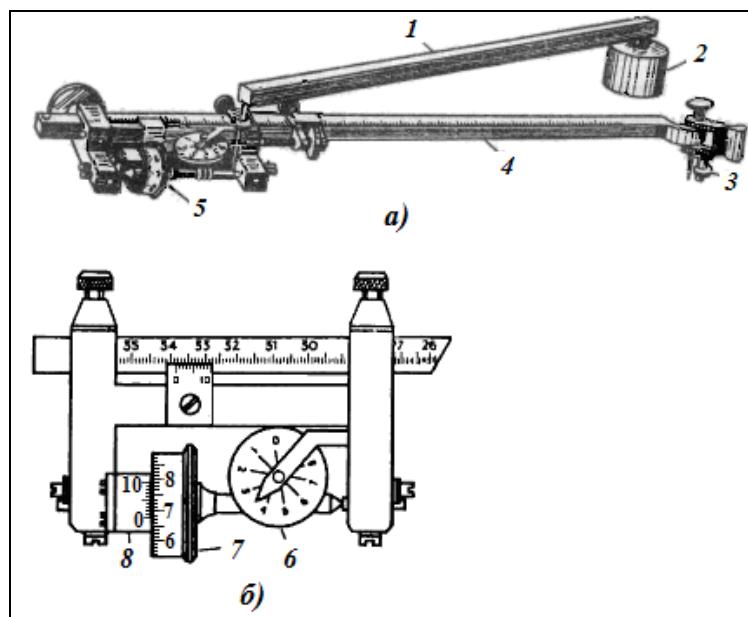


Рис. 4.2 – Полярний планіметр:  
**a)** – зовнішній вигляд; **б)** – відліковий пристрій (відлік 3682)

Однокаретковий полярний планіметр складається з полюсного і обвідного важелів та каретки (рис. 4.2). На каретці змонтовано відліковий механізм: лічильний ролик з барабаном, який має шкалу на 100 поділок і циферблат з 10 поділками. Лічильний ролик, перемішуючись по плану (карті) показує кількість поділок, пройдених ним під час обводу контуру фігури. Кількість повних обертів ролика відраховують по циферблату, а його частин – за допомогою верньєра.

Полюсний важіль (1) є металевим бруском квадратного перерізу на одному кінці якого прикріплено тягарець-полюс (2), в центрі нижньої частини якого уставлено голку. За допомогою голки полюс закріплюють на плані (карті). Другий кінець полюсного важеля має шарнір (стрижень із кулеподібною головкою), який скріплений з бруском під прямим кутом.

Шарнір під час роботи планіметра вільно вставляється у конусний отвір каретки. Полюсний важіль звичайно пофарбований у чорний колір.

Обвідний важіль зроблений з білого металу, має вигляд такого ж бруска, як і полюсний важіль. На одному кінці обвідного важеля змонтовано обвідний пристрій у вигляді тупого шпilia або обвідного скельця в металевій праві з точкою у центрі (3).

Шпиль або точку обвідного скельця переміщують по плану (карті) за допомогою серги. По обвідному важелю (4) пересувається каретка з відліковим механізмом (5). Залежно від її положення на важелі визначають його довжину, користуючись шкалою верньєра важеля. У двокареткових планіметрів марки ПП-2К (планіметр полярний двокаретковий) на обвідному важелі змонтовано дві каретки однакової будови.

Для користування планіметром треба вміти читати відліки і визначати ціну поділки планіметра – встановлювати, скільком квадратним метрам відповідає одна поділка планіметра при даному масштабі плану.

Відлік на лічильному механізмі складається із 4 цифр. Першу цифру читають на циферблаті проти нерухомого покажчика (індексу), причому беруть меншу з двох цифр (6). Другу цифру читають на барабані лічильного ролика – це номер молодшого підписаного штриха, найближчого до нуля верньєра (7). Третю цифру також читають на барабані ролика – це кількість не підписаних поділок від другої цифри до нуля верньєра лічильного механізму (8). Четверту цифру читають на верньєрі відлікового механізму – це номер поділки верньєра, рахуючи від нуля, яка точно співпадає з будь-якою поділкою на барабані ролика (8).

Для визначення площин якої-небудь фігури полюс полярного важеля закріплюють за допомогою голки на плані поблизу вимірюваної ділянки. Обвідний пристрій (шпиль або центр обвідного скельця) встановлюють на будь-яку позначену олівцем точку контуру і на відліковому механізмі беруть перший відлік  $m_1$  (до обводу). Потім обвідним пристроєм обводять ділянку по контуру (бажано за годинниковою стрілкою) до повернення у початкову точку і беруть другий відлік  $m_2$  (після обводу). Різниця відліків ( $m_2 - m_1$ ) дасть площу обведеної фігури у поділках планіметра.

Площа фігури ( $S$ ) визначається за формулою:

$$S = C \cdot (m_2 - m_1), \quad (4.6)$$

де  $C$  – ціна поділки планіметра.

Теоретично ціна поділки планіметра ( $C$ ) визначається за формулою:

$$C = R \cdot t, \quad (4.7)$$

де  $R$  – довжина обвідного важеля (відстань від обвідної точки скельця до осі обертання важелів);  $t$  – розмір однієї поділки планіметра.

Зазвичай  $R \approx 160$  мм, а  $t \approx 0,06$  мм. Тобто,  $C = 160 \cdot 0,06 \approx 10 \text{ мм}^2 = 0,1 \text{ см}^2$ .

Оскільки величина  $t$  дуже мала і одержати її точне значення важко, то ціну поділки планіметра визначають способом, викладеним нижче.

Визначення ціни поділки планіметра проводиться перед початком роботи. На папері такої ж якості, як і папір плану, будують квадрат із стороною 10 см, обчислюють його площу на місцевості у квадратних метрах за масштабом плану. Далі встановлюють планіметр у робоче положення, шпиль (або центр скельця) ставлять на одну з вершин квадрата, беруть відлік  $m_1$  (початковий), обводять контур квадрата і дійшовши до початкової точки, беруть другий відлік  $m_2$  (кінцевий). Площу квадрата ділять на різницю відліків ( $m_2 - m_1$ ) і знаходять ціну поділки планіметра у квадратних метрах. Для більш точного визначення ціни поділки планіметра обводять квадрат 2-3 рази і знаходять середню різницю початкових і кінцевих відліків.

Ціна поділки планіметра залежить від масштабу плану і довжини обвідного важеля: *чим більший знаменник чисельного масштабу і чим більша буде довжина обвідного важеля, тим більшою буде і ціна поділки*.

Довжина обвідного важеля читається на самому важелі проти позначки верньєра відлікового механізму. Цю довжину можна змінити, пересунувши відліковий механізм ближче або далі від обвідного пристрою.

Перед початком роботи планіметр, як і кожний інший геодезичний прилад, треба перевірити. До планіметра пред'являються такі вимоги:

1. Відстань між барабаном лічильного ролика і дугою верньєра повинна бути мінімальною, не більше товщини листа паперу для записів.
2. Вісь лічильного ролика повинна бути паралельною до вісі обвідного важеля (якщо цієї вимоги не додержати, середні з обводів при «полюсі право» і «полюсі ліво» відрізнятиметься більше ніж на 3 поділки).
3. Різниця відліків двох сусідніх обводів повинна відрізнятись не більше як на 2 поділки верньєра.
4. Лічильний ролик має легко обертатись і не мати люфту підшипників.
5. Ремонт приладу проводять у майстерні.

6. При користуванні приладом геодезист має керуватись цими практичними рекомендаціями, виконання яких сприяє успішному вимірюванню площі ділянок.

7. Перед початком роботи планіметр перевіряють і з відповідною точністю визначають ціну його поділки.

8. Папір з планом/картою ретельно розправлюють і прикріплюють до креслярської дошки, яку кладуть на горизонтальну поверхню стола.

9. Положення полюса вибирають поза контуром з таким розрахунком, щоб при обводі фігури кут між важелями планіметра був не менше  $30^\circ$  і не більше  $150^\circ$ , а лічильний ролик відлікового механізму не сходив з плану на дошку. Для цього треба виконати попередній швидкий обвід контуру ділянки.

10. Обвід починають в тому місці контуру, де ролик ковзає або обертається повільно, коли важелі утворюють між собою кут близький до  $90^\circ$  і напрямок початкового та кінцевого руху шпиля (центра скельця) приблизно співпадає з напрямом обвідного важеля.

11. Обвідний пристрій ведуть по контуру плавним і рівномірним рухом за годинниковою стрілкою, уникаючи різких поштовхів і зупинок.

12. Прямолінійні контури обводять від руки, не застосовуючи лінійки, щоб уникнути односторонньої помилки.

13. Для контролю результату кожний контур обводять не менше двох разів і розходження у різницях відліків не повинні перевищувати 3-4 поділки верньєра (в інших випадках обводи повторюють і бажано при іншому положенні полюса).

14. Розтягнуті контури, а також контури великих фігур попередньо розбивають на частини і обчислюють площу кожної частини.

15. Для вимірювання малих площ ціну поділки зменшують у два-три рази шляхом відповідного зменшення довжини обвідного важеля.

При додержанні цих рекомендацій площи вимірюють планіметром з точністю  $1/200 \div 1/400$  вимірюваної величини.

В сучасних умовах, коли широке розповсюдження знаходить електронні прилади, для вимірювання площ застосовують електронні планіметри (рис. 4.3). Ці електронні прилади, крім обвідного пристрою, мають електронно-лічильний пристрій і обчислювальну клавішну машину для друку. На табло електронно-лічильного пристрою фіксується вимірювана площа. Величина площи контуру, секції або частини можуть бути надруковані на паперовій стрічці обчислювальної машини для друку. Електронний планіметр підвищує точність визначення площ, тобто підвищує якість і продуктивність роботи по визначеню площ.



Рис. 4.3 – Приклади сучасних електронних планіметрів

## 4.2 Практична частина

**Завдання 1.** З використанням фрагменту аркуша карти ([Додаток А](#)) **самостійно** визначте площину контуру графічним способом.

**Завдання 2.** З використанням фрагменту аркуша карти ([Додаток А](#)) **самостійно** визначте площину контуру аналітичним способом.

**Завдання 3.** **Під час аудиторних занять** визначте механічним і графічним способами задану викладачем на карті площину контуру.

## 4.3 Запитання для самоперевірки

Для самостійної перевірки засвоєння змісту практичної роботи та успішного закріплення базових знань і вмінь по вивченому матеріалу, спробуйте дати усні відповіді на запитання, які наведені нижче.

1. Якими трьома способами можна визначити площину по карті?
2. Коли використовують аналітичний спосіб обчислення площин?
3. Коли використовують графічний спосіб обчислення площин?
4. Що таке палетка та з якою метою вона використовується?
5. При якому способі застосовують планіметр?
6. Що таке планіметр та з якою метою його використовують?
7. З яких двох основних частин складається планіметр?
8. Який з способів визначення площини по карті є найбільш точним?
9. Як визначити ціну поділки планіметра?
10. Чим відрізняються сучасні електронні планіметри?

## 5 Практична робота № 5.

**Тема. Вивчення зображення рельєфу на картах, побудова профілю рельєфу з допомогою горизонталей по відміткам точок**

### 5.1 Теоретична частина

**Рельєфом місцевості** називається сукупність нерівностей її поверхні. Розрізняють нерівності природного походження: гори, височини, пагорби, низовини, сідловини і т. д. І нерівності утворені в результаті діяльності людини: насипи, виїмки, кар'єри, ями й ін.

**Горизонталі**, або *ізогіпси* (лінії рівних висот) являють собою замкнуті криві лінії, що з'єднують на карті точки місцевості з однаковими висотами над рівнем моря. Тобто вони являють собою горизонтальні проекції ліній перетину рельєфу рівневими поверхнями.

Суть зображення рельєфу показана на рис. 5.1 на прикладі пагорба, що уявно розсікається площинами перетину, при постійній відстані між ними – *висоті* перетину  $h$  (або просто перетину), що залежить від масштабу карти, характеру рельєфу і т. д.

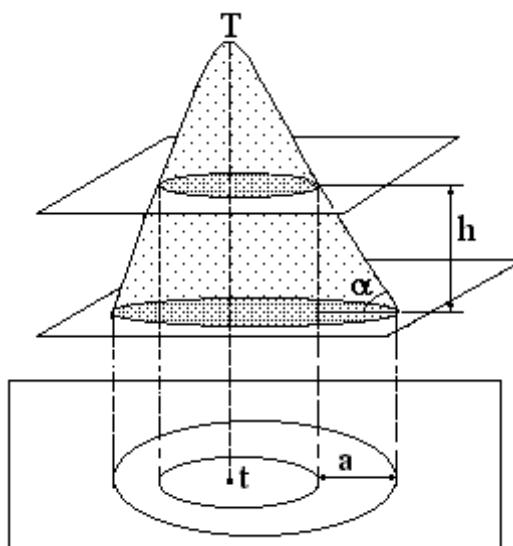


Рис. 5.1 – Побудова горизонталей на плані (карті)

Всі точки однієї горизонталі мають однакову висоту над основною рівневою поверхнею. Абсолютні висоти деяких горизонталей підписані на карті; крім того, там зазначені висоти (відмітки) ряду точок – вершин, сідловин, урізів води в річках і озерах і т. д.

Горизонталі мають слідуючи **властивості**:

- горизонталі з'єднують точки з одинаковими висотами – ця властивість випливає із самого визначення горизонталей;

б) горизонталі на карті можуть як завгодно зближатися і навіть зливатися в особливо крутых місцях-обривах (у цих випадках застосовується спеціальний умовний знак), але ні при яких умовах вони не можуть перетинатися і розгалужуватися, тому що площини перетину знаходяться на різних висотах;

в) чим густіше горизонталі, тим крутіше схил; ця властивість випливає з перших двох.

Зображення рельєфу місцевості за допомогою горизонталей дає можливість визначати:

- а) плановий обрис елементарних форм рельєфу;
- б) абсолютні висоти точок і їх відносні перевищення;
- в) ступінь розчленованості земної поверхні;
- г) глибину врізання річкових долин, балок, ярів;
- д) крутість схилів і ухили місцевості;
- е) природні і штучні форми рельєфу.

На карті горизонталі супроводжуються *бергштрихами* – короткими рисками, що відходять від горизонталі по лінії падіння (лінія найбільшої крутості перпендикулярна горизонталям). Підписи висот горизонталей ставлять так, щоб основа цифри була направлена в сторону зниження схилу.

Горизонтальна проекція схилу називається *закладенням (a)*. На карті або плані це буде відстань між суміжними горизонталями.

Крутість схилу визначається кутом нахилу ( $\alpha$ ) або уклоном ( $i$ ).

Відношення висоти перетину до закладення дасть  $\operatorname{tg} \alpha$ , що може бути виражений у тисячних частках і в цьому випадку називається уклоном:

$$\operatorname{tg} \alpha = h/a = i. \quad (5.1)$$

*По карті з горизонталями можна розв'язати ряд задач:*

- а) читання рельєфу;
- б) визначення висоти перетину рельєфу;
- в) визначення висоти горизонталі по висоті точки;
- г) визначення висоти точки по горизонталі;
- д) побудова профілю по карті;
- е) визначення уклонів і кутів нахилу ліній;
- ж) визначення лінії під заданим уклоном або кутом нахилу.

Уміння швидко орієнтуватися по карті і правильно читати рельєф – необхідна умова роботи з топокартою фахівців природничих наук.

*Висота перетину рельєфу*, як правило, підписується на карті під лінійним масштабом.

*Абсолютні висоти точок по карті* визначають за допомогою горизонталей і оцінок висот характерних точок, підписаних на карті.

Якщо точка знаходитьться на горизонталі, то визначення її абсолютної висоти зводиться до визначення висоти цієї горизонталі за допомогою інших, висоти яких підписані.

У тому випадку, якщо точка розташована між горизонталями, її висота визначається шляхом інтерполяції.

При побудові горизонталей по відміткам точок, вибирають висоту перетину і з допомогою інтерполяції між точками з абсолютними висотами визначають положення кожної горизонталі.

### **Побудова профілю по заданій лінії на карті.**

Зображення розрізу місцевості вертикальною площину називається **профілем**.

*Побудова профілю проводиться в такій послідовності:*

На карті накреслюють напрямок профілю і визначають максимальну і мінімальну відмітки точок на цій лінії, а по них – амплітуду висот усього профілю (рис. 5.2).

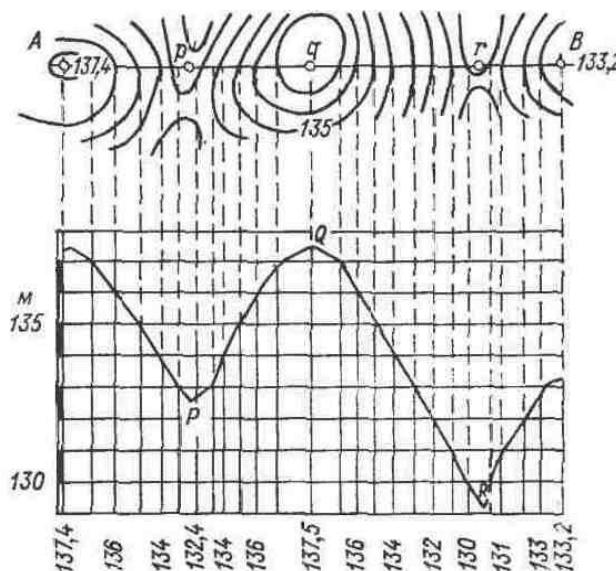


Рис. 5.2 – Побудова профілю по топографічній карті

Знати заздалегідь розмах висот і довжину профілю потрібно для розрахунку довжини осей профілю і правильного вибору початку відліку висот.

Потім підбирають масштаб для відкладення висот, тобто вертикальний масштаб, з таким розрахунком, щоб характерні перегини рельєфу добре виразилися на профілі і в той же час правдоподібно була передана будова рельєфу.

Далі, будують взаємно перпендикулярні прямі – горизонтальну і вертикальну осі профілю. Відповідно до обраного масштабу на вертикальній осі відзначають висоти всіх горизонталей, пересічних лінією профілю, і через ці відмітки проводять горизонтальні прямі.

Потім, беручи з карти, циркулем або на смужці паперу, закладення по лінії профілю, відкладають їх на горизонтальній осі.

З кожного кінця відрізка встановлюють перпендикуляри до перетинання з горизонтальною лінією, що має відмітку даної горизонтали.

Безпосередньо з карти закладення беруть тільки у випадку рівності горизонтального масштабу профілю і карти. При різних масштабах обмірювані на карті закладення необхідно зменшувати або збільшувати відповідно до співвідношення масштабів карти і горизонтального масштабу профілю. У цьому випадку рекомендується застосовувати пропорційний циркуль або пропорційний трикутник для відкладення горизонтальних відстаней.

Отримані точки з'єднують плавною кривою лінією. На профілі показують об'єкти, розташовані по лінії розрізу.

## 5.2 Практична частина

**Завдання 1.** З використанням фрагменту аркуша карти ([Додаток А](#)) **самостійно** визначте крутість схилу від точки **A** до точки **B**.

**Завдання 2.** З використанням фрагменту аркуша карти ([Додаток А](#)) **самостійно** визначте ухил лінії від точки **A** до точки **B**

**Завдання 3.** **Під час аудиторних занять** по напрямку на листі топографічної карти від точки **A** до точки **B** (або запропонованого викладачем) побудуйте профіль ділянки місцевості.

## 5.3 Запитання для самоперевірки

*Для самостійної перевірки засвоєння змісту практичної роботи та успішного закріплення базових знань і вмінь по вивченому матеріалу, спробуйте дати усні відповіді на запитання, які наведені нижче.*

1. Що називають рельєфом місцевості?
2. Що називають горизонталями?
3. Які три основні властивості горизонталей?
4. Що таке бергштрихи?
5. За якою формулою розраховується ухил лінії?
6. Що таке закладення горизонталей?
7. Від чого залежить висота перерізу рельєфу (**h**)?
8. За допомогою чого визначають абсолютні висоти точок?
9. Що таке профіль місцевості?
10. Що спочатку треба зробити, щоб побудувати профіль місцевості?

## **6 Практична робота № 6.**

### **Тема. Будова теодоліта. Робота з приладом на місцевості**

#### **6.1 Теоретична частина**

Виконання роботи реалізується шляхом почергового вивчення наступних питань: 1) будова та вигляд теодоліта 2T30 (2T30П); 2) приведення теодоліта в робочий стан та його встановлення у вершині вимірюваного кута (центрування); 3) вимірювання горизонтальних кутів.

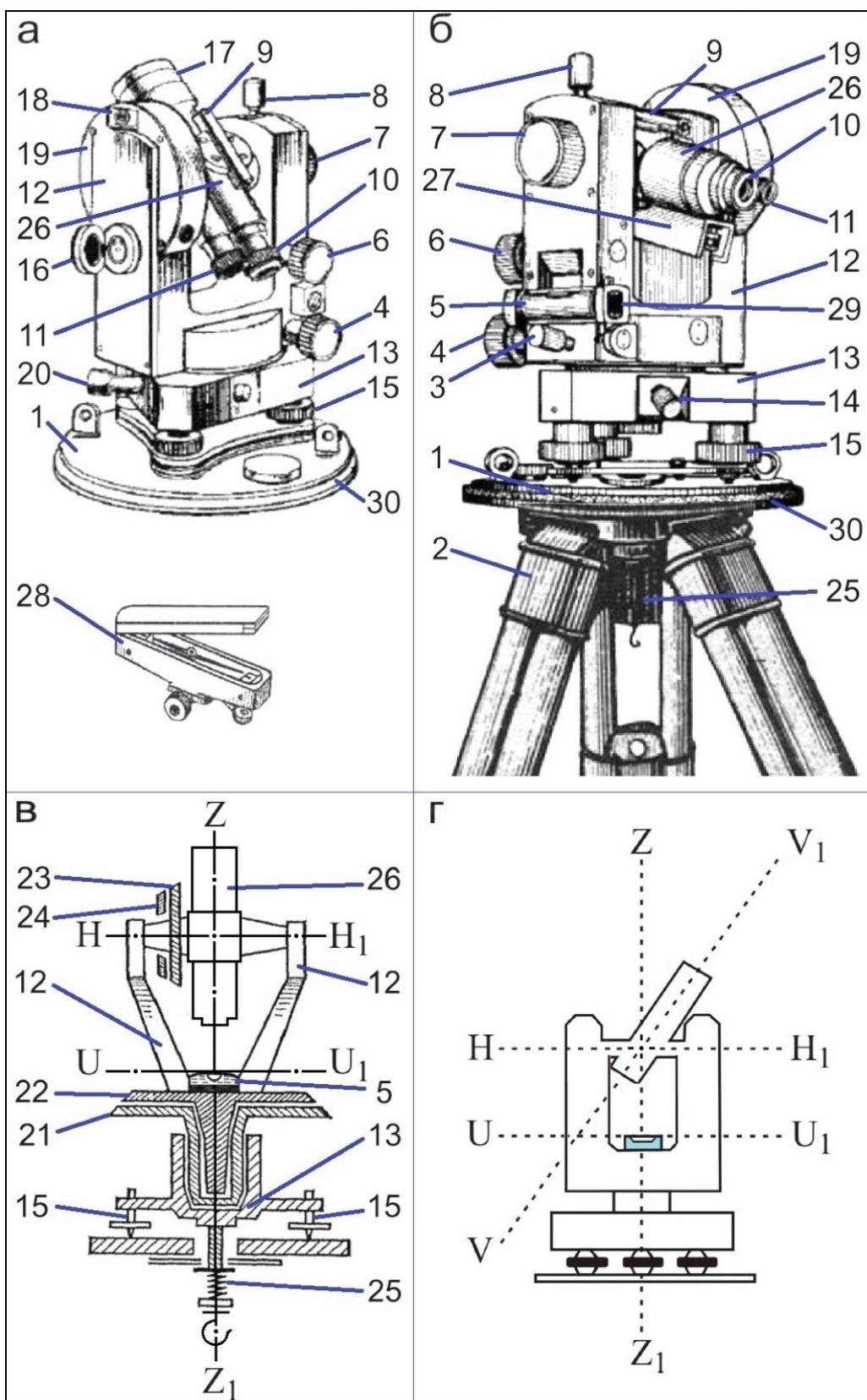
Теодоліти за точністю вимірювання кутів поділяють на: високоточні (гранична середня квадратична похибка вимірювання кута до  $1,5''$ ), точні ( $1,5\text{--}10''$ ) і технічні (більше  $10''$ ). Відповідно до цього критерію визначаються і типи теодолітів: T1, T2, T5, T15, T30. Літерою «T» позначають оптичний теодоліт, а цифрами (1, 2, 5, 15, 30) – середні квадратичні похибки вимірювання горизонтального кута одним прийомом.

Основу всіх теодолітів складає горизонтальний проградуйований круг (*лімб*), центр якого поєднується з вершиною вимірюваного горизонтального кута. Над лімбом розташовано суміщений з ним по центру другий круг (*алідада*), що обертається навколо вертикальної осі, і на якому розташовано зорову трубу і пристрій для контролю встановлення приладу в горизонтальне положення. Analogічно суміщені вертикальні круги, які служать для вимірювання кутів нахилу, однак, в цьому випадку лімб жорстко скріплений з трубою, і при наведенні її на предмет забезпечує відлік кута нахилу щодо нерухомої нульової осі алідади.

Звіряючи прилад з рисунком, наведеним нижче (рис. 6.1), знайдіть горизонтальний і вертикальний круги, їх алідади, зорову трубу, всі закріпні і навідні гвинти, рівні, відлікові пристосування та інші частини. З'ясуйте суть літер і числових індексів в шифрі (назві, марці) приладу. Особливу увагу треба звернути на те, що всі частини приладу не можна обертати один щодо одного з великими зусиллями – це призведе до поломки деталей теодоліта. Якщо потрібно навести зорову трубу на об'єкт, то:

- 1) ослабити закріпні гвинти алідади і труби;
- 2) наблизено (рукою), спостерігаючи через оптичний візор, навести трубу на об'єкт;
- 3) коли він опиниться у полі зору труби, затиснути закріпні гвинти;
- 4) діючи навідними гвинтами алідади і труби, візууючи в неї, точно сумістити центр сітки ниток з об'єктом візуування.

З'ясуйте, як закріплюється горизонтальний круг і як його можна повернути на малі (від декількох мінуд до  $1\text{--}2^\circ$ ) і великі кути. Розберіться, як здійснити обертання алідади разом з горизонтальним кругом (лімбом) і незалежно від нього. Вивчіть пристрій вертикального круга і усвідомте, що його наглухо скріплено із зоровою трубою, та він обертається тільки разом з трубою у вертикальній площині.



- 1 – підставка (основа) теодоліта (дно футляра);  
 2 – штатив;  
 3 – закріпний гвинт алідади горизонтального круга (ГК);  
 4 – навідний гвинт алідади ГК;  
 5 – циліндричний рівень при алідаді ГК;  
 6 – навідний (мікрометричний) гвинт зорової труби;  
 7 – фокусуючий гвинт (кремальєра);  
 8 – закріпний гвинт зорової труби;  
 9 – візор;  
 10 – окуляр;  
 11 – відліковий мікроскоп;  
 12 – колонки;  
 13 – трегер;  
 14 – закріпний гвинт лімба ГК;  
 15 – підймальні гвинти;  
 16 – дзеркало;  
 17 – об'єктив;  
 18 – паз для кріплення орієнтир-бусолі;  
 19 – вертикальний круг;  
 20 – навідний гвинт лімба ГК;  
 21 – лімб ГК;  
 22 – алідада ГК;  
 23 – лімб вертикального круга (ВК);  
 24 – алідада ВК;  
 25 – становий гвинт (входить до складу штатива);  
 26 – зорова труба;  
 27 – циліндричний рівень при зоровій трубі (іноді він відсутній або замінений на візор);  
 28 – орієнтир-бусоль (знаходитьться у футлярі);  
 29 – юстирувальні (виправні) гвинти циліндричного рівня при алідаді ГК;  
 30 – притискна пластина (для притискання футляра до підставки приладу);  
 $ZZ_1$  – вертикальна (основна) вісь обертання теодоліта;  
 $HH_1$  – горизонтальна вісь обертання зорової труби;  
 $VV_1$  – візорна вісь;  
 $UU_1$  – вісь циліндричного рівня при алідаді ГК (при встановлені осі  $UU_1$  у горизонтальне положення основна (вертикальна) вісь обертання зорової труби теодоліта  $ZZ_1$  встановлюється у вертикальне положення)

Щоб поділки були добре видні та зчитувалися, необхідно встановити по своєму оку окуляр відлікового мікроскопа, обертаючи його діоптрійне кільце. Рівномірне і яскраве освітлення шкал забезпечується повертаннями дзеркала підсвічування на колонці під вертикальним колом. Відлік за шкалами (горизонтальною або вертикальною) формується з відліку по градусній рисці і мінутного значення (відрізка на шкалі від нуля алідади до градусної риски). На протилежних кінцях шкали вертикального круга є два нулі – додатний і від'ємний, що відповідають початкам відліків мінут для додатних і від'ємних кутів (рис. 6.2). Тому, якщо труба направлена вище за горизонт, кут додатний, а якщо нижче за горизонт – від'ємний. У градусних поділках знак від'ємного кута вказаний у вигляді знаку мінусу «–», а у додатного кута може бути опущений, тобто знак «+» не ставиться.

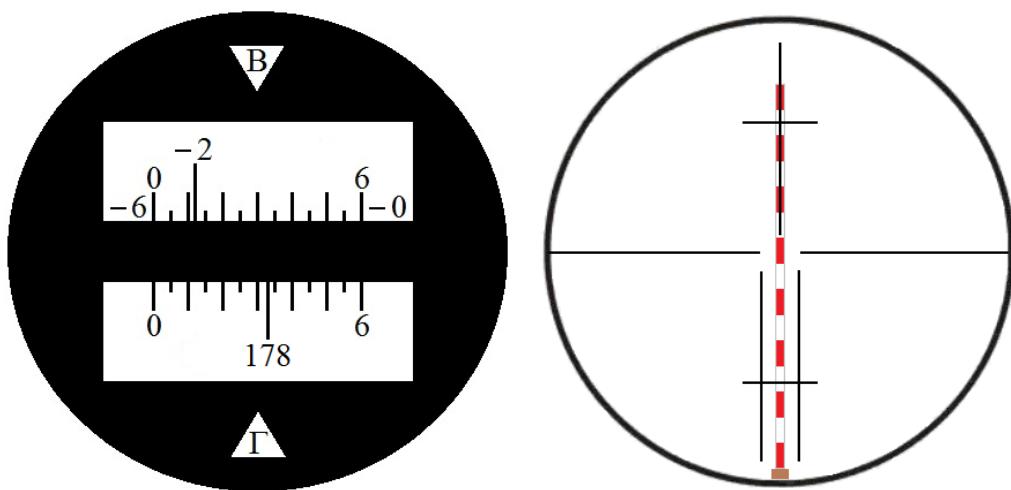


Рис. 6.2 – Приклади поля зору зорової труби (з права) та відлікового мікроскопу (з ліва) теодоліту 2Т30П (відлік за горизонтальною шкалою (Г) складає  $178^{\circ}33'$ ; відлік по вертикальній шкалі (В) дорівнює  $-2^{\circ}12'$ )

Якщо необхідно встановити у відліковому мікроскопі теодоліта заданий відлік на горизонтальному крузі, то потрібно виконати наступне:

- 1) ослабити закріпний гвинт алідади горизонтального круга;
- 2) навести її так, щоб відліковий штрих мікроскопа розташувався поблизу заданого відліку;
- 3) закріпити алідаду;
- 4) діючи її навідним (мікрометричним) гвинтом точної наводки, встановити заданий відлік.

Аналогічним чином встановлюють заданий відлік на вертикальному крузі, переміщуючи зорову трубу навколо її осі обертання за допомогою навідного і закріпного гвинтів труби. Перш ніж працювати цими гвинтами, необхідно переконатися, чи знаходитьться на середині бульбашка циліндричного рівня при алідаді горизонтального круга, та при необхідності змінити її положення підйомними гвинтами.

*Роботу з теодолітом починають* з огляду і перевірки штатива – надійного з'єднання його частин та наявності становового гвинта і виску. Довжину розсувних ніжок штатива рекомендується встановлювати на висоту свого підборіддя, закріплюючи їх в такому положенні. Утримуючи руками дві ніжки штатива, відкиньте від себе третю і встановіть всі їх на землю так, щоб кінці ніжок знаходилися в кутках рівностороннього трикутника на однаковій відстані від точки встановлення інструмента. Повторіть цю процедуру кілька разів, контролюючи положення кінців ніжок щодо точки (станції), горизонтальність головки штатива і суміщеність центра його отвору з даною точкою. З'ясувавши, як закріплюється теодоліт у футлярі, запам'ятайте взаємне розташування частин приладу і закріплених пристрій. Зверніть увагу на те, що покласти теодоліт у футляр можна тільки при закріплених пристроях теодоліта і поєднанні червоних міток на приладі і футлярі.

У ряді випадків для суміщення кутових вимірювань по декількох станціях потрібно виконати *орієнтування інструмента по магнітному меридіану* (магнітній стрілці). Для цього:

- 1) витягніть з футляра теодоліта накладну орієнтир-бусоль (рис. 6.1);
- 2) закріпіть її на вертикальному крузі теодоліта;
- 3) встановіть, при положенні вертикального круга зліва від труби (КЛ), відлік на горизонтальному крузі, який буде дорівнювати  $0^{\circ}00'$ ;
- 4) при такому поєднанні аліади з лімбом потрібно при закріплений аліаді і відкріплена лімбі обертати інструмент навколо вертикальної осі до тих пір, поки північний кінець магнітної стрілки бусолі не опиниться поблизу її нульової поділки, тобто розвернути трубу на північ і зорієнтувати інструмент по магнітному меридіану;
- 5) закріпивши лімб та використовуючи його навідний гвинт, здійснити поєднання північного кінця стрілки бусолі з її нульовою поділкою.

*Робота по вимірюванню горизонтальних і вертикальних кутів на станції виконується в наступній послідовності:*

- 1) приводять теодоліт у робочий стан, у тому числі здійснюють встановлення теодоліта у вершині вимірюваного кута (центрування) за допомогою штативу та виску (рис. 6.3) або оптичного центризу;
- 2) проводять вимірювання кутів (заносять відліки у журнал, виконують обчислення і контроль вимірювань на станції).

Вимірювання теодолітом горизонтального кута (рис. 6.4) способом «прийомів» виконують двома півприйомами – при ВК зліва (КЛ) та зправа (КП). Приклад запису вимірів та обчислення окремого горизонтального кута теодолітом 2Т30П способом «прийомів» наведено в табл. 4.1, де у дужках вказаний порядковий номер запису за етапами вимірювань і обчислень на одній станції. Нижче описано ці етапи відповідно до порядкових номерів, які наведено в табл. 6.1.

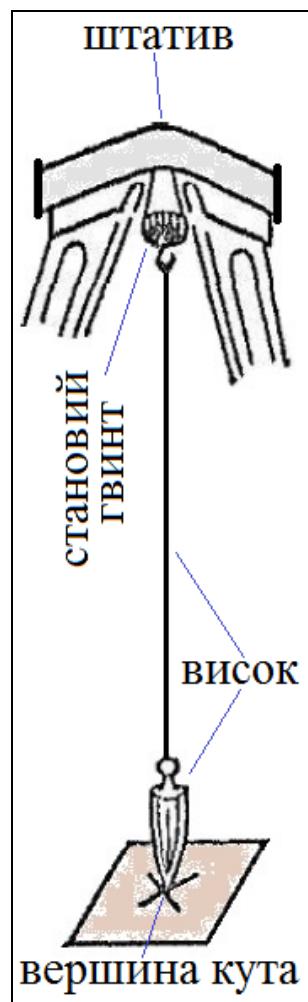


Рис. 6.3 – Схема центрування або встановлення теодоліта у вершині вимірюваного кута (позначено хрестом) за допомогою штативу та високу

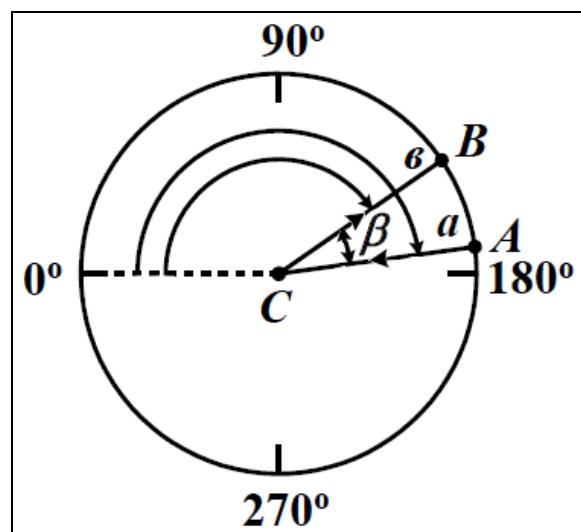


Рис. 6.4 – Схема вимірювання правого за ходом горизонтального кута  $ACB$  способом «прийомів» (теодоліт 2Т30П – лімб відцифровано за ходом годинникової стрілки)

Таблиця 6.1 – Журнал вимірювань та обчислень правих за ходом горизонтальних кутів способом «прийомів»

Теодоліт: 2T30P. Заводський номер: 17584. Спостерігав: Семенов О.П.

Станція	Пів- прийом	Точка візуування		Відлік з лімба	Значення кута у пів- прийомі	Похибка вимірювання кута, $\Delta\beta_{\text{вим}} \leq \Delta\beta_{\text{ср}}$	Середнє значення кута, $\beta_{\text{вим}}$
<b>C</b> <b>(1)</b>	КП (2)	Задня	<b>A</b> (3)	$178^{\circ}15'$ (4)	$37^{\circ}57'$ (7)	$1' < 2'$ (14)	$37^{\circ}57'30''$ (15)
		Передня	<b>B</b> (5)	$140^{\circ}18'$ (6)			
	КЛ (8)	Задня	<b>A</b> (9)	$0^{\circ}08'$ (10)	$37^{\circ}58'$ (13)		
		Передня	<b>B</b> (11)	$322^{\circ}10'$ (12)			

У першому напівприйомі виконують наступні дії:

- 1) встановлюють теодоліт на станції у вершині кута (**C**);
- 2) закріплюють лімб при КП;
- 3) відкріпляють алідаду та візують відліковий пристрій теодоліта на задню точку (**A**) – перша точка, на яку візують теодоліт у півприйомі;
- 4) закріпивши алідаду, знімають з горизонтального круга (з лімба) відлік  $a_{\text{КП}} = 178^{\circ}15'$ ;
- 5) відкріплюють алідаду і візують теодоліт на передню точку (**B**) – друга точка, на яку візують теодоліт у цьому ж півприйомі;
- 6) закріпивши алідаду, знімають з лімба відлік  $\vartheta_{\text{КП}} = 140^{\circ}18'$ ;
- 7) величина правого за ходом кута у першому півприйомі буде дорівнювати:  $\beta_{\text{КП}} = a_{\text{КП}} - \vartheta_{\text{КП}} = 178^{\circ}15' - 140^{\circ}18' = 37^{\circ}57'$  (якщо треба розрахувати величину лівого за ходом кута, то необхідно від  $360^{\circ}$  відняти величину правого за ходом кута або визначати його величину за формулою  $\beta_{\text{КП}} = \vartheta_{\text{КП}} - a_{\text{КП}}$ ).

Для контролю і зменшення впливу інструментальних помилок той же самий кут ще раз вимірюють у другому напівприйомі за алгоритмом:

- 8) не змінюючи місця положення теодоліта на станції, змістивши лімб на  $5-10^{\circ}$ , закріплюють його при КЛ;
- 9) відкріпивши алідаду, знову візують теодоліт на задню точку (**A**);
- 10) закріпивши алідаду, знімають з лімба відлік  $a_{\text{КЛ}} = 0^{\circ}08'$ ;
- 11) відкріплюють алідаду і візують теодоліт при тому ж КЛ на передню точку (**B**);

**12)** закріпивши аліаду, знімають з лімба відлік  $\alpha_{KL} = 322^\circ 10'$ ;

**13)** правий за ходом кута у другому півприйомі буде дорівнювати:

$\beta_{KL} = \alpha_{KL} - \alpha_{CL} = (0^\circ 08' + 360^\circ) - 322^\circ 10' = 360^\circ 08' - 322^\circ 10' = 37^\circ 58'$  (якщо при розрахунку кута доводиться віднімати з меншого відліку більший, то до зменшуваного відліку додають  $360^\circ$ );

**14)** для контролю якості визначення кута визначають розбіжність результатів вимірювання цього кута в двох півприйомах (при КП та КЛ)  $\Delta\beta_{vim} = |\beta_{KP} - \beta_{KL}| = |37^\circ 57' - 37^\circ 58'| = |-1'| = 1'$ , яка не має перевищувати подвійну точність відлікового пристрою ( $\Delta\beta_{zp} = 2 \cdot t$ ), тобто  $\Delta\beta_{vim} \leq \Delta\beta_{zp}$  (для теодолітів серії Т30 точність відлікового пристрою  $t = 1'$ , таким чином гранична похибка для повного прийому складає  $\Delta\beta_{zp} = 2 \cdot 1' = 2'$ ), отже, у наведеному прикладі (табл. 4.1), розбіжність результатів вимірювання кута  $\Delta\beta_{vim} = 1'$  є в межах граничної похибки  $\Delta\beta_{zp} = 2'$  (якщо розбіжність більше граничної похибки, то вимірювання виконують заново);

**15)** якщо похибка вимірювання менше або дорівнює граничній, то за результатами вимірювань в півприйомах, з точністю до десятих часток мінут (або цілих секунд), розраховують середнє значення горизонтального кута:  $\beta_{vim} = (\beta_{KP} + \beta_{KL})/2 = (37^\circ 57' + 37^\circ 58')/2 = 37^\circ 57,5' = 37^\circ 57'30''$ .

## 6.2 Практична частина

**Завдання 1.** З використанням даних відлікового мікроскопу теодоліту 2Т30П ([Додаток Б, табл. Б.1](#)) **самостійно** визначте (зніміть) відліки з лімбів горизонтального ( $\beta$ ) та вертикального ( $\lambda$ ) кругів.

**Завдання 2.** З використанням даних вимірювань (зняття) відліків з лімба теодоліта 2Т30П ([Додаток Б, табл. Б.2](#)) **самостійно** розрахуйте у журналі правий за ходом горизонтальний кут, визначений способом «*прийомів*» (згідно з прикладом у табл. 4.1).

**Завдання 3.** **Під час аудиторних занять** покажіть і назвіть пристрой та частини теодоліту 2Т30 (згідно з рис. 6.1), опишіть їх призначення, послідовність дій і засоби контролю при приведенні теодоліта у робочий стан на станції, технологію зняття відліків з лімба, реєстрації результатів вимірювання та обчислення у журналі (згідно з прикладом у табл. 6.1) горизонтальних кутів, визначених способом «*прийомів*».

### **6.3 Запитання для самоперевірки**

*Для самостійної перевірки засвоєння змісту практичної роботи та успішного закріплення базових знань і вмінь по вивченому матеріалу, спробуйте дати усні відповіді на запитання, які наведені нижче.*

- 1.** Яке головне призначення теодоліту?
- 2.** З якою метою виконується теодолітна зйомка?
- 3.** Яка частина теодоліту повинна бути нерухомою під час вимірювання горизонтального кута?
- 4.** Які основні пристрої та частини теодоліту 2Т30?
- 5.** З якою метою використовується орієнтир-бусоль на теодоліті?
- 6.** Яким чином теодоліт встановлюють у вершині вимірюваного кута (центрують)?
- 7.** На які три групи поділяють оптичні теодоліти, які випускаються промисловістю, за точністю вимірювання кута?
- 8.** За якими формулами розраховують величини правих та лівих за ходом горизонтальних кутів?
- 9.** Як розшифровується шифр (назва, марка) теодоліту 2Т30П?
- 10.** З якою похибкою вимірюють кути в теодолітних полігонах і ходах за допомогою оптичних теодолітів Т30 (2Т30, 2Т30П)?

## 7 Практична робота № 7.

### Тема. Обробка матеріалів теодолітної зйомки. Побудова плану теодолітної зйомки

#### 7.1 Теоретична частина

**Обробка даних теодолітного ходу** належить до камеральних геодезичних робіт. Основна мета таких робіт полягає в отриманні планових координат точок теодолітного ходу.

В даній роботі пояснення щодо камеральної обробки польових матеріалів виконується на прикладі замкнутого теодолітного ходу.

Перед початком обробки даних викреслюють його схему за величинами середніх значень вимірюваних горизонтальних кутів (табл. 7.1) та довжин сторін ходу (табл. 7.2). На схемі проставляють номери станцій, значення кутів і довжин сторін (рис. 7.1).

Таблиця 7.1 – Дані вимірювання горизонтальних кутів

Станції, $i$	Позначення кутів, вимірюваних на станціях	Середні значення кутів, $\beta_{i \text{ вим}}$		
		°	'	''
1	512	142	11,0	142,18
2	123	85	17,5	85,29
3	234	125	49,0	125,82
4	345	94	10,5	94,18
5	451	92	34,0	92,57

Таблиця 7.2 – Дані вимірювання довжини сторін в природному стані в метрах (м) і у масштабі схеми (М 1:2000) в сантиметрах (см)

Позначення сторін, $j$	1-2	2-3	3-4	4-5	5-1
Довжина сторін $D_j, \text{м}$	145,54	108,13	170,95	149,20	121,07
Довжина сторін $l_j, \text{см}$	5,82	5,41	8,55	7,46	6,05

Після креслення схеми виконується подальша обробка матеріалів замкнутого теодолітного ходу. При обробці всі обчислення ведуться у відомості (згідно з прикладом у табл. 7.3), етапи яких описані нижче.

1. У відомості, складеній за формою табл. 7.3, яка показана нижче, в стовпчику **1** вказують номери станцій  $i$  в порядку їх зростання (від 1 до 5), у стовпчику **7** – позначення напрямку сторін  $j$  (1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-1), а у стовпчику **13** – довжину сторін  $D_i$  (в метрах).

2. У стовпчики **2** та **3** записують вимірювані значення горизонтальних кутів  $\beta_{i \text{ вим}}$ , а в першій строчці стовпчиків **8** та **9** вказують вихідне значення дирекційного кута  $\alpha_j$  сторони **1-2** (або її азимут  $A_j$ ), яке дорівнює  $355^{\circ}40,0'$ .

Таблиця 7.3 – Відомість обробки замкнутого теодолітного ходу

Номера станцій, <i>i</i>	Вимірюні кути						Напрями сторін, <i>j</i>	Дирекційні кути сторін, $\alpha_j$ (азимути, $A_j$ )	Румби сторін, $r_j$	$D_j$ , м	Приrostи координат, м						Координати станцій, м			
	$\beta_{i \text{ вим}}$		$v_{\beta j}$	$\beta_{i \text{ випр}}$		Обчисленні			Виправленні											
	°	'	'	°	'	Чверть	°	'	$\Delta X_{j \text{ обч}}$	$v_{\Delta X j}$	$\Delta Y_{j \text{ обч}}$	$v_{\Delta Y j}$	$\Delta X_{j \text{ випр}}$	$\Delta Y_{j \text{ випр}}$	$X_i$	$Y_i$				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	142	11,0	-0,4	142	10,6	1-2	355	40,0	ПнЗх	420,0	145,54	145,12	0,05	-11,00	0,00	145,17	-11,00	-267,75	46,50	
2	85	17,5	-0,4	85	17,1	2-3	90	22,9	ПдСх	8937,1	108,13	-0,72	0,04	108,13	0,00	-0,68	108,13	-122,58	35,50	
3	125	49,0	-0,4	125	48,6	3-4	144	34,3	ПдСх	3525,7	170,95	-139,30	0,06	99,10	0,00	-139,24	99,10	-123,26	143,63	
4	94	10,5	-0,4	94	10,1	4-5	230	24,2	ПдЗх	5024,2	149,20	-95,10	0,05	-114,97	0,00	-95,05	-114,97	-262,50	242,73	
5	92	34,0	-0,4	92	33,6	5-1	317	50,6	ПнЗх	429,4	121,07	89,75	0,04	-81,26	0,00	89,79	-81,26	-357,54	127,76	
	$\Sigma \beta_{i \text{ вим}}$	$\Sigma v_{\beta j}$	$\Sigma \beta_{i \text{ випр}}$				$\alpha_{1-2}$					$P$	$f_x$	$\Sigma v_{\Delta X j}$	$f_y$	$\Sigma v_{\Delta Y j}$	$\Sigma \Delta X_{j \text{ випр}}$	$\Sigma \Delta Y_{j \text{ випр}}$	$X_1$	$Y_1$
	540	2,0	-2,0	540	0,0		355	40				694,89	-0,24	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	-267,75	46,50
	$\Sigma \beta_{i \text{ вим}}$	$f_\beta$	$f_{\beta \text{ вр}}$										$f_{P \text{ обс}}$		$f_{P \text{ відн}}$		$f_{P \text{ вр}}$			
	540	0,0	2,0	2,2									0,2398		0,0003		0,0005			

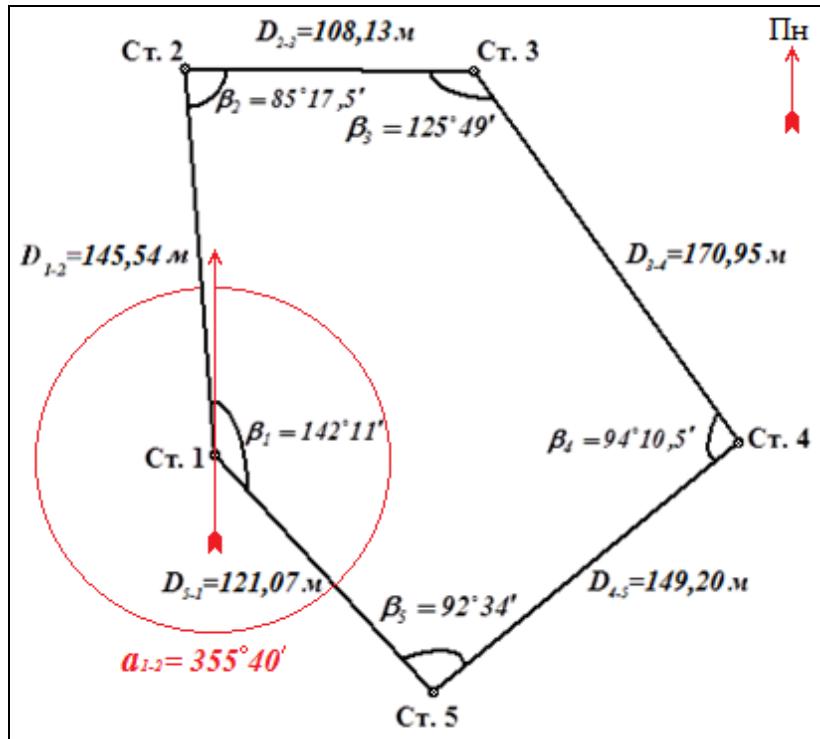


Рис. 7.1 – Схема замкнутого теодолітного ходу (М 1:2000)

**3.** Знаходять та записують внизу відомості (таблиці) нев'язку вимірюваних кутів  $f_\beta$ , яка дорівнює різниці між вимірюваною сумою кутів  $\Sigma\beta_i \text{ вим}$  та теоретичною  $\Sigma\beta_i \text{ теор}$ , які також записують внизу відомості (таблиці):

$$f_\beta = \Sigma\beta_i \text{ вим} - \Sigma\beta_i \text{ теор} = 540^{\circ}2,0' - 540^{\circ}0,0' = 2,0', \quad (7.1)$$

де  $\Sigma\beta_i \text{ вим} = 142^{\circ}11,0' + 85^{\circ}17,5' + 125^{\circ}49,0' + 94^{\circ}10,5' + 92^{\circ}34,0' = 540^{\circ}2,0'$ ;

$$\Sigma\beta_i \text{ теор} = 180^{\circ} \cdot (n - 2) = 180^{\circ} \cdot (5 - 2) = 180^{\circ} \cdot 3 = 540^{\circ}0,0', \quad (7.2)$$

де  $n$  – число сторін теодолітного ходу (замкнутого полігону).

**4.** Обчислюють та записують внизу відомості (таблиці) граничну кутову нев'язку теодолітного ходу  $f_{\beta \text{ гр}}$ :

$$f_{\beta \text{ гр}} = 1' \cdot m^{0,5} = 1' \cdot 5^{0,5} = 2,2', \quad (7.3)$$

де  $m$  – число вимірюваних кутів.

**5.** Якщо нев'язка вимірюваних кутів  $f_\beta$  не перевищує граничної кутової нев'язки теодолітного ходу  $f_{\beta \text{ гр}}$  (у прикладі:  $2,0' \leq 2,2'$ ), то її рівномірно розподіляють (додають) із зворотним знаком в усі кути, використовуючи кутові поправки  $v_{\beta j}$  (стовпчик 4), які визначаються за формулою:

$$v_{\beta j} = -f_\beta / m = -2,0' / 5 = -0,4'. \quad (7.4)$$

**6.** Обчислюють виправлені горизонтальні кути (стовпчики **5** та **6**):

$$\beta_{i \text{ випр}} = \beta_{i \text{ вим}} + v_{\beta j}. \quad (7.5)$$

Далі здійснюють контроль правильності розподілу нев'язок  $v_{\beta j}$  у кути ходу ( $\Sigma v_{\beta j} = -f_{\beta} = -2,0'$ ) та обчислення суми виправлених кутів  $\beta_{i \text{ випр}}$  ( $\sum \beta_{i \text{ випр}} = \sum \beta_{i \text{ теор}} = 540^{\circ} 0,0'$ ), а результати записують внизу стовпчиків **4-6**.

**7.** Після вказаного контролю розраховують дирекційні кути  $\alpha_j$  всіх сторін ходу (стовпчики **8** та **9**) за формулою:

$$\alpha_{j+1} = \alpha_j + 180^{\circ} - \beta_{i+1}, \quad (7.6)$$

де  $\beta_{i+1}$  – виправлене значення кута між  $j$ -ю та  $(j+1)$ -ю сторонами.

Контролем вірності обчислення дирекційних кутів сторін замкнутого ходу є повторне отримання дирекційного кута сторони **1-2**:  $\alpha_{1-2} = 355^{\circ} 40,0'$ , який записують в останній строчці стовпчиків **8** та **9**.

**8.** Обчислюють румби сторін  $r_j$  за відомими співвідношеннями між дирекційними кутами та румбами (якщо  $\alpha_j = 0-90^{\circ}$ , то чверть ПнСх,  $r_j = \alpha_j$ ; якщо  $\alpha_j = 90-180^{\circ}$ , то чверть ПдСх,  $r_j = 180^{\circ} - \alpha_j$ ; якщо  $\alpha_j = 180-270^{\circ}$ , то чверть ПдЗх,  $r_j = \alpha_j - 180^{\circ}$ ; якщо  $\alpha_j = 270-360^{\circ}$ , то чверть ПнЗх,  $r_j = 360^{\circ} - \alpha_j$ ) для кожної з чотирьох чвертей та записують отримані значення у стовпчики **10**, **11** та **12**.

**9.** Обчислюють приrostи координат всіх станцій (пряма геодезична задача) теодолітного ходу (стовпчики **14** та **16**):

$$\Delta X_{j \text{ обч}} = D_j \cdot \cos \alpha_j \quad (7.7)$$

i

$$\Delta Y_{j \text{ обч}} = D_j \cdot \sin \alpha_j, \quad (7.8)$$

де  $D_j$  – виміряні довжини сторін теодолітного ходу, м;  $\alpha_j$  – значення дирекційних кутів в градусах (мінути переводять в частки градуса).

**10.** Визначають лінійні нев'язки  $f_x$  (для осі  $X$ ) та  $f_y$  (для осі  $Y$ ) шляхом обчислення сум приростів у напрямку ходу по кожній осі прямокутної системи координат (відповідно,  $\Sigma \Delta X_{j \text{ обч}}$  та  $\Sigma \Delta Y_{j \text{ обч}}$ ) і порівнюють отримані обчисленні суми приростів координат з теоретичними, які для замкнутого теодолітного ходу дорівнюють нулю ( $\Sigma \Delta X_{j \text{ теор}} = \Sigma \Delta Y_{j \text{ теор}} = 0,00$  м), тому внизу стовпчиків **14** та **16** будуть записані лінійні нев'язки, розраховані за формулами:

$$f_x = \Sigma \Delta X_{j \text{ обч}} = 145,12 + (-0,72) + (-139,30) + (-95,10) + 89,75 = -0,24, \quad (7.9)$$

$$f_y = \Sigma \Delta Y_{j \text{ обч}} = (-11,00) + 108,13 + 99,10 + (-114,97) + (-81,26) = 0,00. \quad (7.10)$$

**11.** Знаходять та записують внизу відомості (таблиці) абсолютну лінійну нев'язку теодолітного ходу  $f_{P\text{abc}}$  за формулою:

$$f_{P\text{abc}} = (f_x^2 + f_y^2)^{0.5} = (-0.24^2 + 0.00^2)^{0.5} = 0.2398. \quad (7.11)$$

**12.** Обчислюють і записують внизу відомості (таблиці) відносну нев'язку теодолітного ходу  $f_{P\text{відн}}$ , яка не повинна перевищувати граничне значення  $f_{P\text{zp}}$  (тобто,  $f_{P\text{відн}} \leq f_{P\text{zp}}$ , де  $f_{P\text{zp}} = 1/2000 = 0,0005$ ):

$$f_{P\text{відн}} = f_{P\text{abc}} / P = 0,2398 / 694,89 = 0,0003, \quad (7.12)$$

де  $P$  – периметр теодолітного ходу, м.

**13.** Якщо відносна нев'язка теодолітного ходу  $f_{P\text{відн}}$  не перевищує граничного значення  $f_{P\text{zp}}$  (у прикладі:  $0,0003 < 0,0005$ ), то лінійні нев'язки  $f_x$  та  $f_y$  розподіляється, відповідно, по осіах  $X$  та  $Y$  в усі приrostи ходу, шляхом введення поправок  $v_{\Delta X_j}$  та  $v_{\Delta Y_j}$  (стовпчики 15 та 17), величини яких пропорційні довжинам сторін  $D_j$ , а знак – зворотній до знаку відповідних нев'язок  $f_x$  та  $f_y$ , і далі для кожної станції теодолітного ходу визначаються виправлені приrostи координат  $\Delta X_{j\text{випр}}$  та  $\Delta Y_{j\text{випр}}$  (стовпчики 18 та 19):

$$v_{\Delta X_j} = -D_j \cdot f_x / P \quad (7.13)$$

i

$$v_{\Delta Y_j} = -D_j \cdot f_y / P, \quad (7.14)$$

$$\Delta X_{j\text{випр}} = \Delta X_{j\text{обч}} + v_{\Delta X_j} \quad (7.15)$$

та

$$\Delta Y_{j\text{випр}} = \Delta Y_{j\text{обч}} + v_{\Delta Y_j}. \quad (7.16)$$

Для контролю вірності визначення виправлених приростів координат обчислюють і записують (в останній строчці стовпчиків 18 та 19) їх суми, які для замкнутого теодолітного ходу дорівнюють теоретичній величині, тобто нулю:  $\Sigma \Delta X_{j\text{випр}} = \Sigma \Delta X_{j\text{теор}} = \Sigma \Delta Y_{j\text{випр}} = \Sigma \Delta Y_{j\text{теор}} = 0,00$  м.

**14.** З використанням визначених виправлених приростів координат  $\Delta X_{j\text{випр}}$  та  $\Delta Y_{j\text{випр}}$  (стовпчики 18 та 19) і вихідних координат 1-ї станції (вершини) теодолітного ходу ( $X_1 = -267,75$  м,  $Y_1 = 46,50$  м), які записують у першій строчці стовпчиків 20 та 21, розраховують координати всіх інших станцій (вершин) ходу  $X_i$  та  $Y_i$  (стовпчики 20 та 21):

$$X_i = X_{i-1} + \Delta X_{j\text{випр}} \quad (7.17)$$

та

$$Y_i = Y_{i-1} + \Delta Y_{j\text{випр}}, \quad (7.18)$$

де  $\Delta X_{j\text{випр}}$  та  $\Delta Y_{j\text{випр}}$  – приrostи координат, відповідно, по осіах  $X$  та  $Y$ , між ( $i-1$ )-ю та  $i$ -ю станціями (вершинами полігону) теодолітного ходу.

Контролем правильності розрахунку координат станцій (вершин полігону) замкнутого теодолітного ходу є повторне отримання координат станції (вершини) 1:  $X_1 = -267,75$  м,  $Y_1 = 46,50$  м, які записують в останній строчці, відповідно, стовпчиків 20 та 21.

Після обчислення координат станцій (вершин полігону) замкнутого теодолітного ходу можна розрахувати площину отриманого багатокутника (полігона). Найчастіше ця задача виконується аналітичним способом.

**Обчислення площі полігона замкнутого теодолітного ходу** виконується за формою табл. 7.4.

Таблиця 7.4 – Обчислення площі полігона  $S$  (у  $\text{м}^2$  та га) замкнутого теодолітного ходу

Станція, $i$	Координати, м		Різниці		Добутки	
	$X_i$	$Y_i$	$X_{i-1} - X_{i+1}$	$Y_{i+1} - Y_{i-1}$	$X_i \cdot (Y_{i+1} - Y_{i-1})$	$Y_i \cdot (X_{i-1} - X_{i+1})$
1	2	3	4	5	6	7
1	-267,75	46,50	-234,96	-92,26	24702,6150	-10925,6400
2	-122,58	35,50	-144,49	97,13	-11906,1954	-5129,3950
3	-123,26	143,63	139,92	207,23	-25543,1698	20096,7096
4	-262,50	242,73	234,28	-15,87	4165,8750	56866,7844
5	-357,54	127,76	5,25	-196,23	70160,0742	670,7400
Сума:		0,00	0,00	61579,1990	61579,1990	
Площа ( $S$ , $\text{м}^2$ ):				30789,5995	30789,5995	
Площа ( $S$ , га):				3,08	3,08	

### Примітка:

вершини пронумеровані за ходом годинникової стрілки (відповідно до схеми на рис. 7.1).

Перед початком розрахунків площі з табл. 5.3 у стовпчик 1 табл. 5.4 переписують номери станцій  $i$ , а у стовпчики 2 і 3 – їх прямокутні координати ( $X_i$  та  $Y_i$ ). Подальші обчислення виконують у стовпчиках 4-7 за етапами та формулами, які наведені нижче.

1. Якщо станції полігона (вершини багатокутника) пронумеровані за ходом годинникової стрілки (як на рис. 7.1), то обчислення його площі виконується за етапами та формулами, які наведені нижче.

1.1. Розраховують різниці  $X_{i-1} - X_{i+1}$  та  $Y_{i+1} - Y_{i-1}$ , значення яких записують, відповідно, у стовпчики 4 та 5, наприклад:

$$X_5 - X_2 = -357,54 - (-122,58) = -234,96 \text{ – для станції 1;}$$

$$X_1 - X_3 = -267,75 - (-123,26) = -144,49 \text{ – для станції 2 і т. д.}$$

Для контролю правильності розрахунку різниць обчислюють і записують в строчці «Сума:» стовпчиків 4 та 5 їх суми, які мають дорівнювати нулю:  $\Sigma(X_{i-1} - X_{i+1}) = \Sigma(Y_{i+1} - Y_{i-1}) = 0$ .

**1.2.** Розраховують добутки  $X_i \cdot (Y_{i+1} - Y_{i-1})$  та  $Y_i \cdot (X_{i-1} - X_{i+1})$ , значення яких записують, відповідно, у стовпчики 6 та 7, наприклад:

$$X_1 \cdot (Y_2 - Y_5) = -267,75 \cdot (-92,26) = 24702,6150 \text{ – для станції 1;}$$

$$X_2 \cdot (Y_3 - Y_1) = -122,58 \cdot (97,13) = -11906,1954 \text{ – для станції 2 і т. д.}$$

Для контролю правильності розрахунку добутків обчислюють і записують в строчці «Сума:» стовпчиків 6 та 7 їх суми, які мають дорівнювати друг другу:  $\Sigma X_i \cdot (Y_{i+1} - Y_{i-1}) = \Sigma Y_i \cdot (X_{i-1} - X_{i+1})$ .

**1.3.** Обчислюють величини площі полігона замкнутого теодолітного ходу, які записують в строчку «Площа ( $S$ , м<sup>2</sup>):» стовпчиків 6 та 7:

$$S = \Sigma X_i \cdot (Y_{i+1} - Y_{i-1}) / 2 = 61579,1990 / 2 = 30789,5995 \text{ м}^2 \quad (7.19)$$

та

$$S = \Sigma Y_i \cdot (X_{i-1} - X_{i+1}) / 2 = 61579,1990 / 2 = 30789,5995 \text{ м}^2. \quad (7.20)$$

Для визначення площі полігона в гектарах (1 га = 10000 м<sup>2</sup>) ділять величину площі, обчислену в м<sup>2</sup>, на 10000 і записують отримане значення в строчку «Площа ( $S$ , га):» стовпчиків 6 та 7:  $30789,5995 \text{ м}^2 / 10000 \approx 3,08 \text{ га}$ .

**2.** Якщо станції полігона (вершини багатокутника) пронумеровані проти ходу годинникової стрілки, то розрахунок його площі виконується за іншими формулами:

$$S = \Sigma X_i \cdot (Y_{i-1} - Y_{i+1}) / 2 \quad (7.21)$$

та/або

$$S = \Sigma Y_i \cdot (X_{i+1} - X_{i-1}) / 2. \quad (7.22)$$

## 7.2 Практична частина

**Завдання 1.** З використанням даних вимірювань горизонтальних кутів та довжин сторін замкнутого теодолітного ходу (**Додаток В, табл. В.1**) **самостійно** здійсніть підготовчі обчислення (за формою табл. 7.1 та 7.2) і зробіть схему даного ходу (за формою рис. 7.1) на аркуші паперу формату А4 (210 мм на 297 мм) у масштабі 1:2000 (в 1 сантиметрі 20 метрів).

**Завдання 2.** З використанням вихідних даних (**Додаток В, табл. В.1**) **самостійно** обробіть відомість (за формою табл. 7.3) та обчисліть площу полігона замкнутого теодолітного ходу (за формою табл. 7.4).

**Завдання 3.** **Під час аудиторних занять (або самостійно)** ознайомтесь з комп’ютерним програмним забезпеченням для автоматичної обробки відомості та обчислення площі полігона замкнутого теодолітного ходу, а також в усній формі опишіть послідовність креслення схеми й етапів подальшої обробки матеріалів даного ходу.

## 7.3 Запитання для самоперевірки

*Для самостійної перевірки засвоєння змісту практичної роботи та успішного закріплення базових знань і вмінь по вивченому матеріалу, спробуйте дати усні відповіді на запитання, які наведені нижче.*

1. З якою метою виконуються розрахункові роботи при теодолітній зйомці?
2. Що повинно бути на схемі теодолітного ходу?
3. У чому полягає ув’язка кутів теодолітного ходу?
4. Що визначається після розрахунку практичної і теоретичної суми кутів замкненого полігону?
5. Як контролюється правильність обчислення дирекційних кутів для замкнутого полігону?
6. Що визначають для зручності подальших обчислень за дирекційними кутами?
7. Що потрібно для розрахунків приростів координат?
8. Від чого залежать знаки приростів координат?
9. Як контролюють правильність ув’язки приростів координат для замкнutoї фігури?
10. Яким чином контролюють правильність розрахунку координат для замкнутої фігури?

## 8 Практична робота № 8.

### Тема. Будова нівеліра. Робота з приладом на місцевості

#### 8.1 Теоретична частина

Виконання практичної роботи реалізується шляхом почергового вивчення наступних питань: **1) будова нівеліра Н-3; 2) приведення нівеліра у робочий стан; 3) зняття відліків з рейки РН-3; 4) визначення перевищень між точками при геометричному нівелюванні способом «з середини» та відстаней між ними за допомогою віддалемірних ниток сітки нівеліру.**

За точністю нівеліри поділяють на: високоточні (наприклад, Н-05), точні (Н-3, 2Н-3Л, Н-3КЛ) та технічні (Н-10КЛ). Літерою «Н» позначають сам нівелір, а числами в шифрі (назві, марці, індексі) приладу (з права від літери «Н»), наприклад, 05, 3, 10 – середні квадратичні похибки в міліметрах на 1 кілометр подвійного нівелірного ходу. Нівеліри виготовляють з циліндричним рівнем при зоровій трубі та з компенсатором кутів нахилу цієї труби (тоді в індексі інструмента додається літера «К»), а також з лімбами для вимірювання горизонтальних кутів (тоді додається літера «Л»).

Нівелір Н-3 (рис. 8.1) належить до точних нівелірів з циліндричним рівнем при трубі, який використовують при нівелюванні III-ого і IV-ого класів, а також при технічному нівелюванні. Даний нівелір складається з двох основних частин: нерухомої (нижньої) та рухомої (верхньої), яка може обертатися відносно нерухомої частини на  $360^\circ$  та нахилятися у вертикальній площині на  $\pm 20'$ . До складу нівеліра Н-3 (рис. 8.1) входять: **1** – закріплений гвинт; **2** – коробка циліндричного рівня; **3** – підставка; **4** – підіймальні гвинти; **5** – пружиниста пластина з втулкою (із різьбою під становий гвинт для закріплення на штативі); **6** – гвинт для з'єднання верхньої та нижньої частин нівеліра; **7** – окуляр; **8** – корпус зорової труби; **9** – механічний візор (приціл); **10** – об'єктив; **11** – головка (маховик) трібки (фокусувальний гвинт чи кремальєра); **12** – навідний (мікрометричний) гвинт точного наведення на рейку; **13** – установочний сферичний (круглий) рівень; **14** – виправні (юстирувальні) гвинти установочного рівня; **15** – еlevаційний гвинт; **16** – юстирувальні (виправні) гвинти циліндричного рівня; **17** – бульбашка циліндричного рівня, яка приведена в контакт (на середину ампули); **18** – рейка нівелірна в окулярі труби; **19** – верхня віддалемірна нитка сітки ниток (відлік по ній: 1422 мм); **20** – середня (основна) нитка сітки ниток (відлік по ній: 1478 мм); **21** – нижня віддалемірна нитка сітки ниток (відлік по ній: 1534 мм); **VV<sub>1</sub>** – візорна (основна) вісь труби (уявна пряма, яка проходить через центр сітки ниток і оптичний центр об'єктива); **ZZ<sub>1</sub>** – вертикальна вісь обертання нівеліра (уявна пряма, яка проходить через центр обертання труби та підставки); **UU<sub>1</sub>** – вісь циліндричного рівня (уявна пряма, яка проходить по дотичній до поверхні ампули рівня в точці нуль-пункту); **KK<sub>1</sub>** – вісь круглого рівня (умовна пряма, яка з'єднує центр сферичної поверхні і точку нуль-пункту).

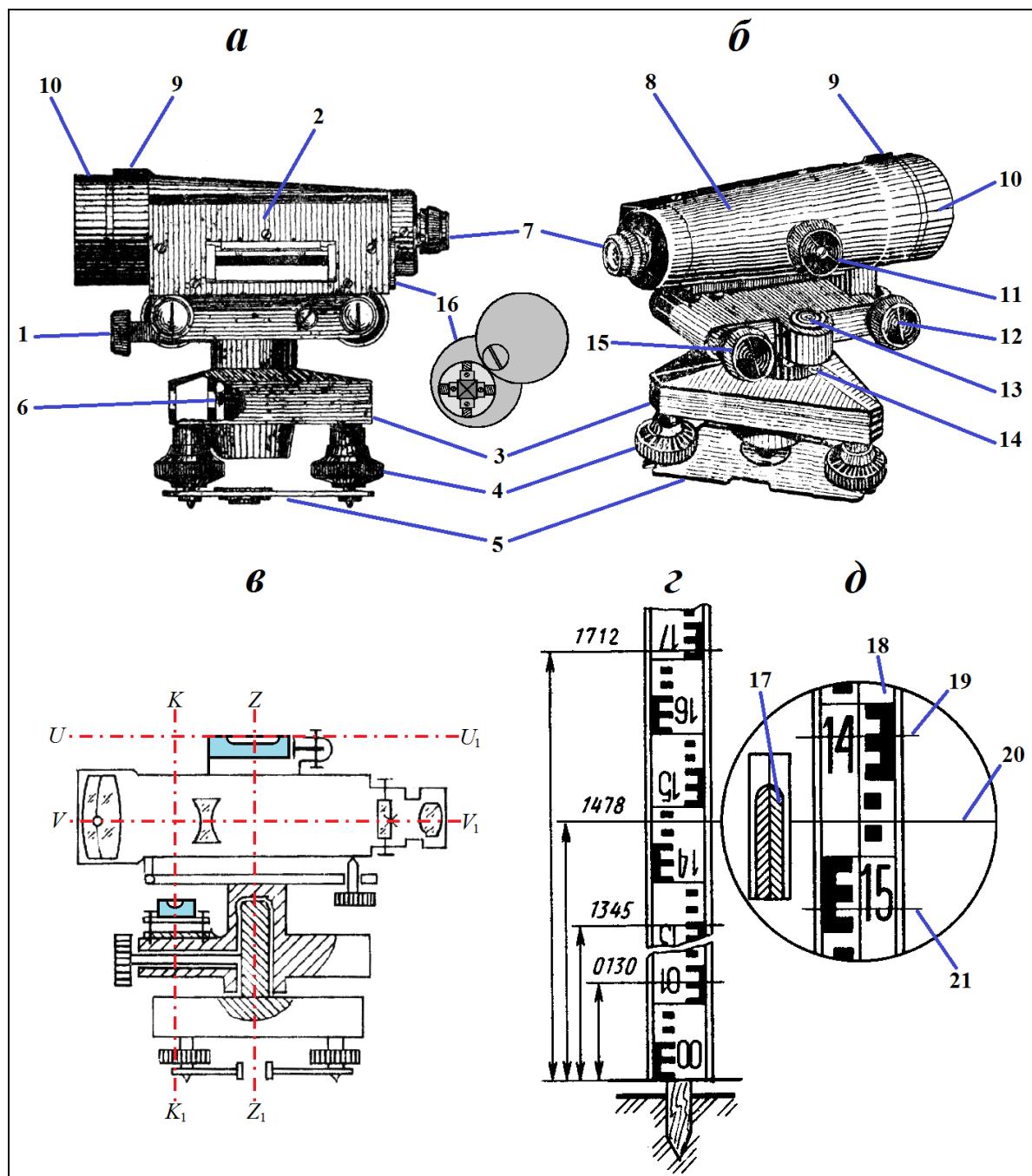


Рис. 8.1 – Загальний вигляд (*a*, *b*), основні осі (*c*), відліки по рейці нівелірній (*г*) та поле зору в окуляря зорової труби (*д*) нівеліра Н-3 (пояснення до числових позначень 1-21 представлена вище за текстом):

- a* – вигляд нівеліра з сторони трібки фокусуючої лінзи;
- b* – вигляд нівеліра з сторони циліндричного рівня при зоровій трубі;
- c* – осі нівеліра Н-3;
- г* – рейка нівелірна РН-3 і відліки по ній (0130, 1345, 1478, 1712 мм);
- д* – поле зору окуляра зорової труби (зображення рейки нівелірної РН-3, верхньої, середньої та нижньої ниток сітки ниток і бульбашки циліндричного рівня, приведеної в контакт – на середину ампули)

Перед зняттям відліку з рейки нівелір необхідно привести в робочий стан у послідовності, наведеної нижче.

1. Установлюють штатив так, щоб його головка була горизонтальна і перебувала на рівні грудей. При необхідності треба підтягнути гайковим ключем болти, що з'єднують ніжки штатива з його головкою.

2. Нівелір пригвинчують (не тugo) становим гвинтом до головки штатива так, щоб у її пази ввійшли наконечники піднімальних гвинтів.

3. Обертаючи піднімальні гвинти, роблять так, щоб всі вони були на середині свого ходу і мали приблизно однакову довжину.

4. Регулюючи положення ніжок штатива, суміщають бульбашку із нуль-пунктом ампули круглого рівня.

5. При роботі на ґрунтовій місцевості вдавлюють кінці ніжок у ґрунт і виправляють піднімальними гвинтами положення бульбашки рівня.

6. Остаточно затягують становий гвинт і знову поправляють круглий рівень піднімальними гвинтами. Якщо нівеліром з лімбом передбачається вимірювання горизонтальних кутів, то його також центрують над точкою.

7. Налаштовують (по своєму оку) сітку ниток, фокусують трубу по виставленій рейці, виконавши наведення труби нівеліра за допомогою затискного та мікрометричного гвинтів (наведення труб інших нівелірів виконується безпосередньо рукою).

8. Обертаючи елеваційний гвинт, встановлюють у горизонтальне положення візорну вісь  $UU_1$  зорової труби нівеліра. Виконуючи це, спочатку спостерігають збоку (через вікно коробки) за бульбашкою циліндричного контактного рівня, а як тільки він вийде приблизно на середину ампули – дивлячись у трубу.

9. Після з'єднання зображень половинок бульбашки знімають відлік. Трубу нівеліра з компенсатором не потрібно встановлювати у вертикальній площині, тому що її візорна вісь  $UU_1$  автоматично займає горизонтальне положення, якщо привести основну вісь нівеліра  $VV_1$  в прямовисне положення, установлюючи в нуль-пункт бульбашку круглого рівня.

Робота по визначеню відліків з використанням нівеліра пов'язана із зчитуванням відліків з нівелірної рейки. Прочитати відлік з рейки – це значить визначити довжину її відрізка (у мм), ув'язаного між початковим відліком («п'ятою») і точкою, на яку проектується середня горизонтальна нитка сіток. В зв'язку з тим, що початковий відлік відомий (0 мм – з чорної сторони рейки, 4800 мм, 4700 мм або інші відомі числа – з її червоної сторони), то головне, що потрібно при знятті відліку, це визначення положення проекції середньої нитки сіток на рейці, як на числовій осі. Рахунок ведуть зверху вниз – якщо труба дає зворотне зображення, або знизу нагору – при прямому зображені. Відлік записують чотиризначним числом, наприклад: 1478 мм (рис. 8.1 *д*), де дві перші цифри (14) – номер дециметрової поділки, на яку проектується середня нитка, а дві останні (78) – величина відрізка (в мм) між початком даного дециметра.

При геометричному нівелюванні способом «з середини» (рис. 8.2) нівелір встановлюють посередині між точками **A** та **B** (можна і не в створі лінії **AB**, але обов'язково на однакових відстанях від точок **A** та **B**), на яких встановлюють прямовисно нівелірні рейки. Якщо відома позначка точки **A**, то її вважають «задньою», а точку **B** – «передньою». Вимірювання полягає у визначенні за допомогою нівеліру на нівелірних рейках висот **a** (задній відлік) та **b** (передній відлік) візорного променю над точками **A** та **B**.

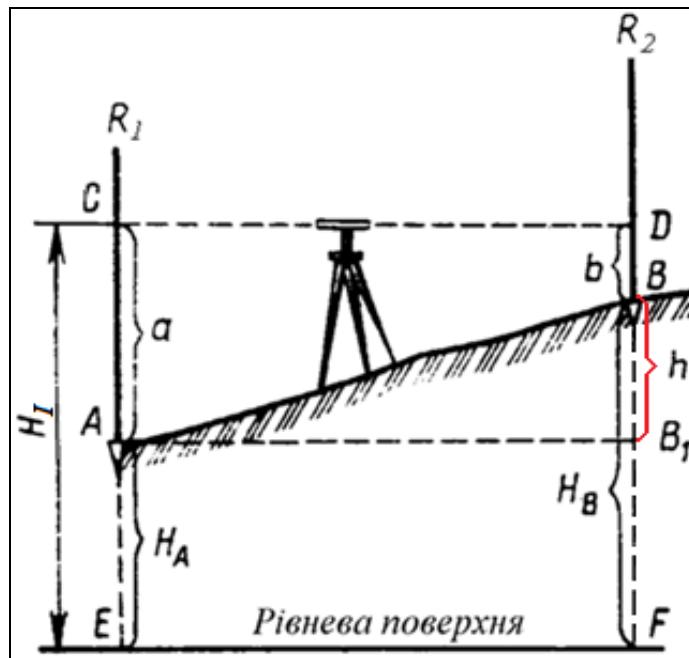


Рис. 8.2 – Схема геометричного нівелювання способом «з середини»:

**A** та **B** – позначення точок на земній поверхні (умовно приймається, що точка **A** є «задньою», а точка **B** – «передньою»);

**E** та **F** – вертикальні проекції, відповідно, точок **A** та **B** на прийняту рівневу поверхню;

**B<sub>1</sub>** – місце перетинання горизонтальної проекції точки **A** з лінією вертикальної проекції точки **B**;

**R<sub>1</sub>** та **R<sub>2</sub>** – позначення рейок нівелірних, які встановлені, відповідно, у точках **A** та **B**;

**C** та **D** – горизонтальні проекції візорного променю (уявної прямої, яка проходить через центр сітки ниток і оптичний центр об'єктива), відповідно, на рейки **R<sub>1</sub>** та **R<sub>2</sub>**;

**a** та **b** – відліки, які зняті нівелірних рейок, встановлених, відповідно, в точках **A** та **B**;

**H<sub>A</sub>** та **H<sub>B</sub>** – позначки (висота відносно прийнятої рівневої поверхні), відповідно, точок **A** та **B**;

**H<sub>I</sub>** – позначка (висота візорного променю відносно прийнятої рівневої поверхні) інструмента (нівеліра) або горизонт приладу (**ГП**);

**h** – перевищення між двома точками **A** та **B**

Перевищення  $h$  між точками  $A$  та  $B$  визначається за формулою:

$$h = a - b, \quad (8.1)$$

де  $a$  та  $b$  – відліки, які зняті нівелірних рейок, встановлених, відповідно, в точках  $A$  та  $B$ .

Якщо перевищення за формулою (8.1) буде додатним (при  $a > b$ ), то це означає, що передня точка  $B$  знаходиться вище задньої точки  $A$ , таким чином, лінія  $AB$  піднімається. Від'ємне перевищення (при  $a < b$ ) означає, що точка  $B$  розташована нижче точки  $A$ , тобто лінія  $AB$  знижується.

Якщо позначка  $H_A$  точки  $A$  відома, то позначка  $H_B$  точки  $B$  буде дорівнювати:

$$H_B = H_A + h. \quad (8.2)$$

Таким чином, позначка  $H_B$  наступної (передньої) точки  $B$  дорівнює сумі позначки  $H_A$  попередньої (задньої) точки  $A$  та перевищення  $h$  між ними зі своїм знаком.

Крім того, позначку  $H_B$  точки  $B$  можна визначити наступним чином:

$$H_B = H_I - b, \quad (8.3)$$

де  $H_I$  – позначка інструмента (нівеліра) або горизонт приладу (*ГП*), що дорівнює:

$$H_I = H_A + a. \quad (8.4)$$

При нівелюванні IV класу за допомогою нівеліра Н-3 та комплекту пари рейок РН-3-3000С (№ 1 та № 2) результати вимірювань записують у «Журнал нівелювання IV класу» (згідно з табл. 6.1), а порядок дій (**номер дії в дужках**) на кожній станції (після встановлення нівеліра у робочій стан з використанням круглого рівня) описаний нижче за чотирма етапами.

**Етап 1** – наводять зорову трубу на чорну сторону задньої рейки № 1, елеваційним гвинтом суміщають контакти бульбашки циліндричного рівня (приводять бульбашку рівня в контакт) і беруть відліки по верхній (1) та середній (2) ниткам сітки ниток.

**Етап 2** – наводять трубу на чорну сторону передньої рейки № 2, елеваційним гвинтом суміщають контакти бульбашки циліндричного рівня і беруть відліки по верхній (3) та середній (4) ниткам.

**Етап 3** – повертають передню рейку № 2 червоною стороною (з початковим відліком 4700 мм) і беруть відлік тільки по середній (5) нитці;

**Етап 4** – повертають задню рейку № 1 червоною стороною (з початковим відліком 4800 мм), наводять на неї трубу, елеваційним гвинтом суміщають контакти бульбашки циліндричного рівня і беруть відлік тільки по середній (6) нитці.

Таблиця 8.1 – Журнал нівелювання IV класу (фрагмент журналу нівелювання нуля спостережень водомірної палі на гідрологічному посту)

*Хід: від палі водомірної ПВ1 до контрольного репера поста РП2.*

*Нівелір: Н-3. Заводський номер: 8571. Спостерігав: Семенов О.П.*

*Дата: 11.03.2020 р. Початок: 10 год. 15 хв. Кінець: 10 год. 30 хв.*

*Погода: ясно, безвітряно.*

*Зображення: спокійне.*

*Початки відліків червоних сторін рейок: № 1 – 4800 мм, № 2 – 4700 мм.*

№ станції № рейок	Віддалемірні відстані до задньої та передньої рейок, мм поділок рейки	Відлік по рейці, мм		Переви- щення, мм	Середнє переви- щення, мм
		задня	передня		
<b>1</b>  палі водомір. ПВ1 1-2	345 (7) 355 (8)	2147 (1)	0873 (3)	+1264 (9)	+1265 (14)
		2492 (2)	1228 (4)	+1366 (10)	
		7293 (6)	5927 (5)	-102 (13)	
		4801 (11)	4699 (12)		

Безпосередньо на кожній станції контролюють дотримання двох допусків: 1) нерівність відстаней від нівеліра до кожної з рейок не повинна бути більша 5 м; 2) перевищення, визначені по чорним та червоним сторонам рейок, не повинні відрізнятися більш ніж на  $\pm 5$  мм (з урахуванням різниці початкових відліків («п'яток») червоних сторін пари рейок комплекту). При недотриманні хоча б одного з цих двох допусків нівелювання на станції повторюють (!), змінивши висоту положення нівеліра на 3-5 см. Таким чином, не йдучи зі станції, відразу ж після запису в журнал нівелювання відліків, знятих з рейок (табл. 6.1), виконують обов'язкові обчислення, опис яких представлений нижче.

1. За різницею відліків по середнім та верхнім ниткам визначають віддалемірні відстані (в мм поділок рейки) до задньої та передньої рейок: 2492 (2) – 2147 (1) = 345 мм (7) та 1228 (4) – 0873 (3) = 355 мм (8). Виконується переведення віддалемірних відстаней з мм поділок рейки в м:  $345 \text{ мм (7)} \times 0,2 = 69 \text{ м}$  та  $355 \text{ мм (8)} \times 0,2 = 71 \text{ м}$  (де 0,2 – перевідний коефіцієнт). Нерівність відстаней до рейок не перевищує 5 м:  $71 - 69 = 2 \text{ м}$ . Відстань між ПВ1 та РП2 складає:  $69 + 71 = 140 \text{ м} (0,14 \text{ км})$ .

2. За різницею відліків, знятих з рейок по середнім ниткам сітки, визначають перевищення між точками:  $2492 (2) - 1228 (4) = +1264 \text{ мм (9)}$  – по чорним сторонам рейок,  $7293 (6) - 5927 (5) = +1366 \text{ мм (10)}$  – по червоним сторонам рейок. Різниця між перевищеннями, визначеними по чорним та червоним сторонам рейок (з урахуванням різниці «п'яток» червоних сторін пари рейок комплекту:  $4700 \text{ мм} - 4800 \text{ мм} = -100 \text{ мм}$ ), не перевищує допустиме значення  $\pm 5 \text{ мм}: 1264 - 1366 - (-100) = -2 \text{ мм}$ .

**3.** За різницею відліків, знятих з рейок по середнім ниткам сітки по червоній та чорній сторонам, визначають початкові відліки («п'ятки») кожної з цих двох рейки:  $7293$  (6) –  $2492$  (2) =  $4801$  (11) – для рейки № 1,  $5927$  (5) –  $1228$  (4) =  $4699$  (12) – для рейки № 2. Відмінність у різницях між значеннями «п'яток» пар рейок (визначених за результатами нівелювання):  $4699$  (12) –  $4801$  (11) =  $-102$  мм (13), та з використанням номінальних «п'яток»:  $4700$  –  $4800$  =  $-100$  мм) не перевищує допустиме значення  $\pm 5$  мм:  $-102 - (-100) = -2$  мм.

**4.** З урахуванням різниці між номінальними величинами «п'яток» рейок ( $-100$  мм) визначається середнє перевищення між двома точками:  $(1264$  мм (9) +  $1366$  мм (10) –  $100$  мм) / 2 =  $+1265$  мм (14).

## 8.2 Практична частина

Завдання 1. З використанням даних в полі зору окуляра зорової труби нівеліра Н-3 (**Додаток Г, табл. Г.1**) **самостійно** визначте (зніміть) відліки з рейки нівелірної РН-3-3000С (по верхній, середній та нижній нитках сітки ниток). Величини знятих відліків запишіть поряд з відповідними нитками на зображені нівелірної рейки в полі зору окуляра зорової труби нівеліра.

Завдання 2. З використанням знятих з нівелірних рейок відліків (**Додаток Г, табл. Г.2**) **самостійно** розрахуйте перевищення між точками і визначте відстані до задньої та передньої рейок і між точками нівелювання. Крім підготовки обов'язкової текстової частини з поясненнями до всіх виконаних розрахунків, вихідні дані та результати обчислень необхідно записати у «Журнал нівелювання IV класу» (за формою табл. 8.1).

Завдання 3. **Під час аудиторних занять** покажіть і назвіть пристрой та частини нівеліру Н-3 (відповідно до рис. 8.1), опишіть їх призначення, послідовність дій при приведенні нівеліра у робочий стан, етапи зняття відліків з нівелірних рейок і послідовність визначення перевищень та відстаней за допомогою нівеліра (за формою табл. 8.1), поясніть схему та формули для визначення перевищень між точками і позначок точок при геометричному нівелюванні способом «з середини» (згідно з рис. 8.2).

### **8.3 Запитання для самоперевірки**

*Для самостійної перевірки засвоєння змісту практичної роботи та успішного закріплення базових знань і вмінь по вивченому матеріалу, спробуйте дати усні відповіді на запитання, які наведені нижче.*

- 1.** Що таке нівелір та для чого його застосовують?
- 2.** На які три групи в залежності від точності поділяють нівеліри?
- 3.** Як розшифровуються шифри (назви, марки, індекси) наступних нівелірів: Н-05, Н-3, 2Н-3Л, Н-3КЛ, Н-10КЛ?
- 4.** У якій послідовності нівелір приводять у робочий стан перед зняттям відліку з нівелірної рейки?
- 5.** Що означає «прочитати відлік з рейки» та чому відрізняються відліки по чорній і червоній сторонам однієї нівелірної рейки?
- 6.** При якому положенні бульбашки циліндричного рівня при зоровій трубі нівеліра виконується зчитування (зняття) відліку з нівелірної рейки?
- 7.** Як виконується геометричне нівелювання способом «з середини»?
- 8.** За якими формулами обчислюють перевищення між точками та позначки точок при геометричному нівелювання способом «з середини»?
- 9.** Які поетапні дії виконують на кожній станції (після встановлення нівеліра у робочій стан з використанням круглого рівня) при нівелюванні IV класу за допомогою нівеліра Н-3 та комплекту пари рейок РН-3-3000С (№ 1 та № 2)?
- 10.** Дотримання яких двох допусків контролюють безпосередньо на кожній станції нівелювання (не йдучи зі станції, відразу ж після запису в журнал нівелювання відліків, знятих з рейок)?

## **9 Практична робота № 9.**

### **Тема. Обробка матеріалів нівелювання. Побудова профілю за матеріалами нівелювання**

#### **9.1 Теоретична частина**

##### ***9.1.1 Підготовка до технічного нівелювання магістралі***

Якщо технічне нівелювання виконують за лініями (трасами, ходами), які прокладені вздовж річок, каналів або інших водних об'єктів, то його називають повздовжнім, а саму лінію нівелювання – магістраллю. Таке нівелювання виконують для визначення рельєфу вздовж вузької смуги місцевості. Одночасно з прокладенням магістралі технічного нівелювання перпендикулярно до її осі розбивають та нівелюють поперечники.

Вибір напряму та закрілення лінії магістралі. Напрям магістралі обирають за топографічною картою масштабу 1:100000 і крупніше або за допомогою космічних знімків і аерофотознімків. Обраний за картою напрямок магістралі перевіряють шляхом рекогносцирування місцевості (огляду в натурі), де ситуація і рельєф місцевості можуть змінитися з часу видання карти (наприклад, через нове будівництво або з інших причин). Після узгодження і затвердження положення магістралі її виносять із карти на місцевість і закріплюють відповідними знаками початок і кінець магістралі (траси) та, якщо потрібно, точки повороту і створні точки.

Розмічування пікетів на магістралі. До розмічування всіх пікетів приступають після закрілення траси знаками і, в необхідних випадках, створними точками. Пікет – це дерев'яний кілок, яким відмічають точку магістралі. Пікетажний хід зазвичай розмічують за допомогою сталевої землемірної стрічки (наприклад, ЛЗ-20) або мірної рулетки. Горизонтальне прокладення відстані між сусідніми пікетами за межами забудованої території зазвичай дорівнює 100 м, а в містах і на території промислових підприємств – 40 або 50 м. Загалом цю відстань обирають залежно від того, наскільки детально необхідно вивчити рельєф вздовж траси та зобразити його на поздовжньому профілі магістралі. Необхідні кути повороту траси вимірюють теодолітом (наприклад, 2Т30П).

До задачі пікетажника належить: 1) забивання кілоків у пікетах і в проміжних точках; 2) розмічування поперечників до траси з позначенням кілками характерних точок; 3) зйомка смуги необхідної ширини ліворуч і праворуч від траси; 4) ведення пікетажного журналу та деякі інші роботи.

Нумерацію пікетних точок починають із початкової (нульової) точки магістралі (Пк0) і продовжують її до кінця траси. Кожна пікетна точка позначається двома кілочками: «точкою» і «сторожком» (рис. 9.1). У точці, майже в рівень із землею, забивають кілок довжиною 10-12 см, на який при нівелюванні встановлюють рейку. Поруч з точкою забивають сторожок – кілок висотою 20-25 см. Він забивається на 1/3 своєї висоти і потрібен для зручного пошуку точки. На сторожку олівцем підписують номер пікету.

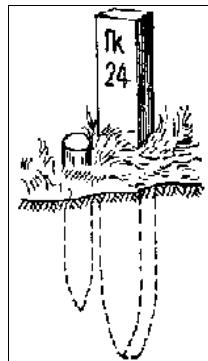


Рис. 9.1 – Позначення пікету двома кілками («точкою» і «сторожком»)

Проміжні («плюсові») точки, які потрібно нівелювати для додаткової характеристики рельєфу, позначають тільки сторожками. На кожному з них підписують номер попереднього пікету, наприклад, Пк2, та плюс («+») відстань (у метрах) від нього до даної точки (наприклад, +41).

На поперечниках точки також позначають тільки сторожками і підписують на них номер поперечника і відстань від траси, з вказівкою, в який бік від траси розташована дана точка. Наприклад, підпис Поп.1-Л6 означає – точка розташована на поперечнику 1, в 6 м зліва від магістралі.

Якщо траса проходить по поверхні, вкритої бетоном, асфальтом або камінням, то для полегшення відшукування точок при нівелюванні, пікети й інші точки позначають фарбою або крейдою з додатковими примітками на найближчому паркані, будівлях і т. п.

Необхідна кількість поперечників залежить від складності форм рельєфу праворуч і ліворуч від магістралі, тому поперечники розміочують і нівелюють в межах прийнятої ширини смуги зйомки місцевості вздовж траси. Ширина смуги зйомки і довжина поперечників до траси зазвичай є не менше 40-50 м (по 20-25 м у кожен бік від осі магістралі). Поперечники розташовують перпендикулярно до траси і можуть розмічатися екером, теодолітом, нівеліром з лімбом та з використанням стрічки або рулетки для вимірювання відстані між нівелюваними точками поперечника.

Зйомку ситуації місцевості в межах смуги вздовж траси зазвичай здійснюють способом перпендикулярів і лінійних засічок. Результати зйомки заносять у пікетажний журнал або книжку (рис. 9.2).

Для виконання геодезичних робіт в державній системі координат і висот, магістраль на початку і в кінці траси (ходу) прив'язують до пунктів Державної геодезичної мережі.

Нівелювання магістралі виконують після розмічування хоча б частини пікетажу. При технічному нівелюванні за пікетажем розрізняють два види точок – зв'язкові та проміжні. Зв'язковими є задні і передні точки на кожній станції, а решта – проміжні. До зв'язкових точок також завжди належать репери та «іксові» точки, які обирають при нівелюванні крутых схилів, коли зв'язковими не можуть бути пікети і «плюсові» точки.

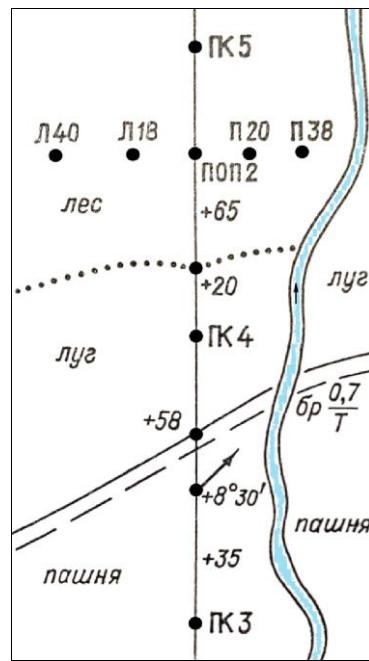


Рис. 9.2 – Приклад фрагменту (сторінки) пікетажного журналу (книжки)

Нівелювання магістралі та обчислення позначок (висот) точок. Після виносу магістралі в натуру, розмічування пікетів, плюсовых (проміжних) точок, поперечних профілів та інших точок здійснюють нівелювання траси, в процесі якого визначають висоти зазначених точок, а також реперів, які можуть бути закладені уздовж траси (через кожні 3-5 км).

Нівелювання здійснюють способом «з середини» з контролем на станції (визначення перевищень по чорних і червоних сторонах двобічних рейок або отримання перевищень при двох горизонтах приладу у випадку застосування однобічних рейок). Із метою контролю і підвищення точності визначення перевищень, як правило, магістраль нівелюють у прямому і зворотному напрямках або двома нівелірами в одному напрямку. Нижче, показаний приклад фрагменту схеми нівелювання магістралі (рис. 9.3).

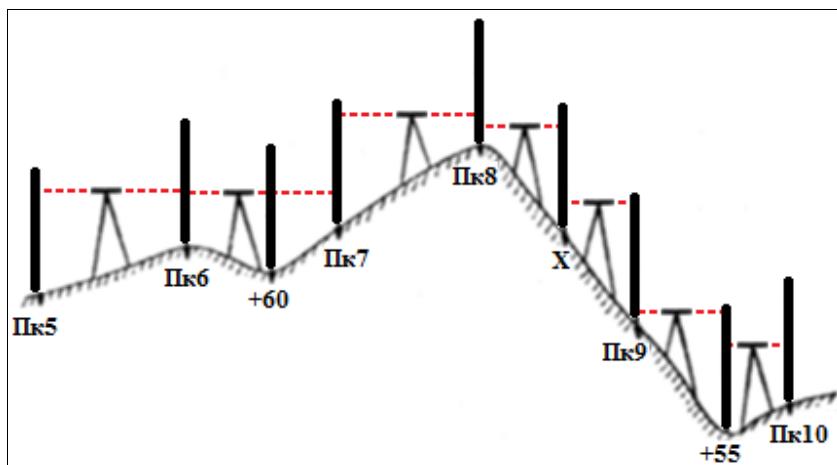


Рис. 9.3 – Фрагмент схеми нівелювання магістралі

При нівелюванні пікети є зв'язковими точками, а «плюсові» точки – проміжними. На зв'язкові точки беруть відліки по рейці з двох суміжних станцій по чорних і червоних сторонах рейок, у результаті цього на кожній станції отримують два значення перевищень, з яких потім обчислюють середні значення.

На проміжні точки беруть відліки з однієї станції тільки по чорній стороні рейки. Однак, якщо неможливе нівелювання з однієї станції (великий нахил схилу або перегин схилу), «плюсові» точки також можуть бути зв'язковими (наприклад, проміжна точка +55 на рис. 9.3) і замість однієї роблять дві або декілька станцій між сусідніми пікетами.

При нівелюванні на крутому і однорідному схилі може трапитися, що візорний промінь буде нижче або вище нівелірних рейок. У таких випадках замість однієї станції роблять дві або декілька станцій із додатковими зв'язковими точками, які називаються «іксовими» точками (наприклад, X, X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub> і т. д.).

Для того щоб отримати дані про профіль місцевості в напрямку, перпендикулярному до напрямку магістралі, здійснюють нівелювання поперечних профілів. Якщо дозволяють умови місцевості, то всі точки на поперечних профілях нівелюють як проміжні точки. В умовах місцевості, які не дозволяють виконати одночасне нівелювання пікетів і проміжних точок поперечних профілів, точки на цих поперечних профілях нівелюють із кількох станцій, як з нівелірного ходу, який прив'язаний до зв'язкових точок магістралі.

**Журнал технічного нівелювання.** При нівелюванні магістралі ведуть журнал технічного нівелювання (табл. 9.1). Журнал є документом строго обліку. Сторінки в журналі повинні бути пронумеровані та завізовані керівником робіт. Результати вимірювань записують простим олівцем. Всі записи ведуть чітким шрифтом. Помилкові записи закреслюють, а всі забраковані вимірювання виконують заново, обов'язково вказуючи причину повторних вимірювань.

На всіх сторінках запису ходу в графі (стовпчику) 1 вказують номера станцій (стоянок) приладу, а у графі 2 зазначають всі зв'язкові точки (номера пікетів, позначення і номера іксових точок) та проміжні (плюсові) точки, а також точки на поперечних профілях та їх порядкові номера. Крім того, на першій і останній сторінках журналу або на початку та в кінці першої сторінки, якщо весь запис розміщується на одній сторінці, у графі 2 вказують номера (назви або позначення) початкового і кінцевого реперів нівелірного ходу, до яких здійснена прив'язка магістралі.

У графі 10 (останній стовпчик журналу) вказуються різні важливі примітки, а також можуть розміщуватися замальовки реперів і урізних кілків та вказуватися позначення зв'язкових точок на станціях і відстані від задньої точки до інших точок на кожній станції.

Таблиця 9.1 – Журнал технічного нівелювання магістралі

<i>Xід:</i>	<b>від репера РП57 до репера РП58</b>	<i>Дата:</i>	<b>11.03.2020 р.</b>	<i>Початок:</i>	<b>08 год. 15 хв.</b>	<i>Кінець:</i>	<b>14 год. 30 хв.</b>
<i>Нівелір:</i>	<b>Н-10КЛ</b>	<i>Завод. номер:</i>	<b>9326</b>	<i>Рейка:</i>	<b>РН-3-3000С</b>	<i>Початок відліку червоної сторони рейки, мм:</i>	<b>4785</b>
<i>Погода:</i>	<b>ясно, безвітряно</b>	<i>Зображення:</i>	<b>спокійне</b>			<i>Обробив:</i>	<b>Іванов П.О.</b>

Номера станцій (стоянок) приладу	Позначення точок (репер, пікет, паля тощо)	Відлік по рейці, <b>мм</b>			Вимірюні перевищення та розбіжність між ними, <b>мм</b>	Поправка, середнє та виправлене перевищення, <b>мм</b>	Горизонт (висота) приладу, <b>м БС</b> (абс., умов.)	Позначка (висота) точки, <b>м БС</b> (абс., умов.)	Примітки (зв'язкові точки на станції та відстані від задньої точки до інших точок на станції, <b>м</b> )
		Задня (чорна, червона, «п'ятка»)	Передня (чорна, червона, «п'ятка»)	Проміжна (чорна)					
<b>1</b>		<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>1</b>	<b>РП57</b>	2481 ( <i>a<sub>b</sub></i> )	0519 ( <i>b<sub>b</sub></i> )		1962 ( <i>h<sub>b</sub></i> )	0 ( <i>Δh</i> )		<b>44,063 (<i>H<sub>A</sub></i>)</b>	<b>РП57</b>
	X1	7266 ( <i>a<sub>r</sub></i> )	5304 ( <i>b<sub>r</sub></i> )		1962 ( <i>h<sub>r</sub></i> )	1962 ( <i>h<sub>c</sub></i> )		46,025 ( <i>H<sub>B</sub></i> )	X1
		4785 ( <i>π<sub>a</sub></i> )	4785 ( <i>π<sub>b</sub></i> )		0 ( <i>Δπ</i> )	<b>1962 (<i>h<sub>v</sub></i>)</b>			50,00
<b>2</b>	X1	2147	0854		1293	0		46,025	X1
	Пк0	6933	5638		1295	1294		47,319	Пк0
		4786	4784		-2	<b>1294</b>			50,00
<b>3</b>	Пк0	1047	1953		-906	-1		47,319	Пк0
	Пк1	5834	6736		-902	-904		46,414	Пк1
		4787	4783		-4	<b>-905</b>			100,00
<b>4</b>	Пк1	0238	2763		-2525	-1		46,414	Пк1
	Пк2	5022	7549		-2527	-2526		43,887	Пк2
		4784	4786		2	<b>-2527</b>			100,00
<b>5</b>	Пк2	1954	1046		908	-1		43,887	Пк2
	Пк3	6738	5833		905	906	<b>45,840 (<i>H<sub>I</sub></i>)</b>	44,792	Пк3
		4784	4787		3	<b>905</b>			100,00
	+41			2728 ( <i>d<sub>1</sub></i> )				43,112 ( <i>H<sub>D1</sub></i> )	41,00
	+63			2728 ( <i>d<sub>2</sub></i> )				43,112 ( <i>H<sub>D2</sub></i> )	63,00

Продовження табл. 9.1

Номера станцій (стоянок) приладу	Позначення точок (репер, пікет, паля тощо)	Відлік по рейці, <b>мм</b>			Вимірюні перевищення та розбіжність між ними, <b>мм</b>	Поправка, середнє та виправлене перевищення, <b>мм</b>	Горизонт (висота) приладу, <b>м БС</b> (абс., умов.)	Позначка (висота) точки, <b>м БС</b> (абс., умов.)	Примітки (зв'язкові точки на станції та відстані від задньої точки до інших точок на станції, <b>м</b> )
		Задня (чорна, червона, «п'ятка»)	Передня (чорна, червона, «п'ятка»)	Проміжна (чорна)					
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	Пк3	1637	1363		274	-1		44,792	Пк3
	Пк4	6423	6147		276	275	46,429	45,066	Пк4
		4786	4784		-2	<b>274</b>			100,00
	+25-Поп.1			1418				45,011	25,00
	Поп.1-Л6			2417				44,012	
	Поп.1-П7			2410				44,019	
<b>7</b>	Пк4	2738	0263		2475	-1		45,066	Пк4
	<b>РП58</b>	7523	5047		2476	2476		<b>47,541</b>	<b>РП58</b>
		4785	4784		-1	<b>2475</b>			100,00
Загальний контроль:		57981 ( <b><math>\Sigma a</math></b> )	51015 ( <b><math>\Sigma b</math></b> )		6966 ( <b><math>\Sigma h_b + \Sigma h_r</math></b> )	3483 ( <b><math>\Sigma h_c</math></b> )			
		<b>6966 (<math>\Sigma a - \Sigma b</math>)</b>				3478 ( <b><math>\Sigma h_b</math></b> )		<b>3478 (<math>\Sigma h_r</math>)</b>	
		<i>L</i> , км:	0,600		$\pm f_{h_{zp}}$ , мм:	39	$f_{h_{np}}$ , мм:	5	

### **9.1.2 Пояснення щодо заповнення та обробки журналу технічного нівелювання магістралі**

Робота, пов'язана з обробкою результатів нівелювання, виконується в наступній послідовності: 1) заповнюють журнал нівелювання магістралі (з контролем правильності зняття відліків з кожної рейки); 2) обчислюють перевищення між зв'язковими точками ходу (з обов'язковим загальним контролем); 3) виконують ув'язку перевищень між зв'язковими точками ходу; 4) обчислюють позначки зв'язкових точок ходу; 5) розраховують позначки проміжних точок ходу; 6) виконують креслення повздовжнього профілю магістралі технічного нівелювання.

При технічному нівелюванні магістралі способом «з середини» всі результати вимірювань вносять у «Журнал технічного нівелювання магістралі» (за формою табл. 9.1).

В прикладі, показаному в табл. 9.1, представлені результати нівелювання магістралі, розміщеної між грунтовими реперами РП57 та РП58. Дане нівелювання виконувалось за допомогою технічного нівеліра з компенсатором кутів нахилу Н-10КЛ (заводський номер: 9326) та з використанням однієї двосторонньої рейки нівелірної РН-3-3000С. Цю інформацію, а також відомості про дату, час початку і кінця нівелювання, стан погоди, якість зображення рейок у період нівелювання, номінальне значення «п'ятки» червоної сторони рейки та дані про виконавця робіт, обов'язково вказують у журналі технічного нівелювання (див. табл. 9.1).

При технічному нівелюванні магістралі способом «з середини» на кожній станції нівелір встановлюють на рівному віддаленні від задньої та передньої точок, приводять його в робочий стан, роблять відліки лише по середній нитці сітки ниток та, не йдучи зі станції, починають обробку результатів нівелювання. Порядок дій, пов'язаний із зняттям відліків з рейок і обробкою результатів нівелювання на станціях, описаний нижче.

**1.** На станції (стоянці) 1 наводять зорову трубу на нівелірну рейку, встановлену на задній точці РП57, та почергово беруть відліки за чорною 2481 мм ( $a_b$ ) і червоною 7266 мм ( $a_r$ ) сторонами рейки і вносять у графу 3. Якщо нівелювання виконується нівеліром без компенсатору кутів нахилу (наприклад, Н-3), то перед зняттям кожного відліку треба обертанням елеваційного гвинта привести бульбашку циліндричного рівня в контакт.

**2.** Для контролю правильності зняття відліків з рейки, обчислюють (у графі 3) значення «п'ятки» червоної сторони рейки 4785 мм ( $p_a$ ), яке не повинно відрізнятися від номіналу більш ніж на  $\pm 5$  мм. В даному прикладі номінал «п'ятки» червоної сторони рейки становить **4785** мм, тому обчислене значення «п'ятки» має бути в межах від 4780 до 4790 мм. Якщо обчислене значення «п'ятки» червоної сторони рейки відрізняється від номіналу більш ніж на  $\pm 5$  мм, то вимірювання (зняття відліків) повторюють.

**3.** Переставляють рейку на передню точку Х1. Так звані «іксові» точки, як і пікетні точки, також належать до зв'язкових точок. Їх вводять, головним чином, на крутих і однорідних схилах з великими нахилами, якщо нівелювання з однієї станції неможливе, тому що візорний промінь буде вище чи нижче рейки. У таких випадках, замість однієї роблять дві або декілька станцій між сусідніми пікетами (як, наприклад, між Пк0 та Пк1) з додатковими («іксовими») зв'язковими точками.

**4.** Наводять зорову трубу нівеліра на рейку, встановлену на передній точці Х1, та почергово беруть відліки за чорною 0519 мм ( $b_b$ ) і червоною 5304 мм ( $b_r$ ) сторонами рейки і вносять у графу 4.

**5.** Для контролю правильності зняття відліків з рейки обчислюють (у графі 4) значення «п'ятки» червоної сторони рейки 4785 мм ( $p_b$ ), яке також не повинно відрізнятися від номіналу більш ніж на  $\pm 5$  мм.

**6.** За відліками, знятими з чорної і червоної сторін рейки, визначають (у графі 6) перевищення між задньою та передньою точками на станції 1:  $h_b = a_b - b_b = 2481 - 0519 = 1962$  мм,  $h_r = a_r - b_r = 7266 - 5304 = 1962$  мм.

**7.** З використанням обчислених значень «п'ятки» червоної сторони рейки на задній та передній точках оцінюють (у графі 6) розбіжність між перевищеннями ( $\Delta h$ ), визначених за відліками, знятими з чорної і червоної сторін рейки:  $\Delta h = p_b - p_a = 4785 - 4785 = 0$  мм. Величина розбіжності  $\Delta h$  має бути в межах  $\pm 5$  мм. Якщо  $\Delta h$  перевищує  $\pm 5$  мм, то необхідно перевірити розрахунки та/або здійснити повторні вимірювання на точках.

**8.** Обчислюють (у графі 7) середнє перевищення ( $h_c$ ) між задньою та передньою точками:  $h_c = (h_b + h_r) / 2 = (1962 + 1962) / 2 = 1962$  мм. Обчислення  $h_c$  виконують з точністю до 1 мм. Якщо при обчисленні, буде дробове число (кратне 0,5), то його потрібно округлити до цілого числа, використовуючи спосіб округлення «у бік парного числа» (наприклад, якщо отримане дробове число 1962,5 мм, то його округляють до цілого числа 1962 мм, а якщо 1967,5 мм, то його округляють до 1968 мм).

**Порядок дій на всіх наступних станціях нівелювання зв'язкових точок магістралі, повністю відповідає діям, переліченим у пунктах 1-8.**

**9.** Результати нівелювання проміжних точок +41 ( $d_1 = 2728$  мм) та +63 ( $d_2 = 2728$  мм) на станції 5, а також трьох точок на поперечнику № 1: +25-Поп.1 (1418 мм), Поп.1-Л6 (2417 мм) і Поп.1-П7 (2410 мм) на станції 6 записують у графу 5.

**10.** Перед визначенням перевищень між точками магістралі, на кожній сторінці та в кінці журналу технічного нівелювання обов'язково здійснюють загальний контроль. Для цього підсумовують відліки з задніх ( $\Sigma a = 57981$  мм) та передніх ( $\Sigma b = 51015$  мм) рейок і знаходять різницю між ними ( $\Sigma a - \Sigma b = 57981 - 51015 = 6966$  мм). Величина цієї різниці має дорівнювати сумі перевищень, визначених за відліками, знятими з чорної і червоної сторін рейок ( $\Sigma h_b + \Sigma h_r = 6966$  мм). Отримане значення повинне бути у два рази більше ніж сума всіх передніх перевищень ( $\Sigma h_c = 3483$  мм).

В останньому випадку можливе відхилення на 1-2 мм за рахунок похибок, які виникають при округленні середніх значень перевищень.

**11.** Для ув'язки ходу (шляхом введення поправок до перевищень) спочатку обчислюється теоретичне перевищення нівелірного ходу ( $\Sigma h_t$ ), як різниця висот (в мм) кінцевого ( $H_{kin} = H_{Pn58} = 47,541$  м БС) та початкового ( $H_{noe} = H_{Pn57} = 44,063$  м БС) реперів, між якими прокладений хід, тобто:

$$\Sigma h_t = H_{kin} - H_{noe} = 47,541 - 44,063 = 3,478 \text{ м} = 3478 \text{ мм.} \quad (9.1)$$

Для замкненого нівелірного ходу  $\Sigma h_t = 0$  мм.

**12.** Через неминучі похиби в перевищеннях для ходу, прокладеного між реперами, буде отримана нев'язка  $f_{h np}$ , яка обчислюється за формулою

$$f_{h np} = \Sigma h_c - \Sigma h_t = 3483 - 3478 = 5 \text{ мм.} \quad (9.2)$$

Для замкненого нівелірного ходу  $f_{h np} = \Sigma h_c$ .

**13.** Границя похибка  $f_{h np}$  (в мм) залежить від довжини нівелірного ходу ( $L$ , км) та визначається за формулою

$$f_{h np} = \pm 50 \cdot L^{0.5} = \pm 50 \cdot 0,600^{0.5} = \pm 39 \text{ мм.} \quad (9.3)$$

У випадках, якщо кількість станцій ( $n$ ) на 1 км ходу перевищує 25, то граничну похибку визначають за наступною формулою

$$f_{h np} = \pm 10 \cdot n^{0.5} = \pm 10 \cdot 7^{0.5} = \pm 26 \text{ мм.} \quad (9.4)$$

Якщо практична нев'язка  $f_{h np}$  є в межах граничної похибки  $f_{h np}$ , тобто  $f_{h np} \leq f_{h np}$  ( $5 \text{ мм} < 39 \text{ мм}$ ), то така нев'язка може бути розподілена між всіма середніми перевищennями  $h_c$  нівелірного ходу.

**14.** Для середніх перевищень  $h_c$  обчислюються поправки  $\Delta h$ , сума яких повинна дорівнювати  $f_{h np}$ . Поправки вводяться зі зворотним знаком (щодо знаку нев'язки) і записуються над значеннями середніх перевищень (в графу 7). Поправки для кожного перевищення визначають за формулою

$$\Delta h = -l f_{h np} / L, \quad (9.5)$$

де  $l$  – відстань між зв'язковими точками (з графи 10), між якими визначені середні перевищення, км.

Поправки для середніх перевищень, визначених на станції 1 (між зв'язковими точками Рп57 та Х1) і на станції 2 (між зв'язковими точками Х1 та Пк0) будуть дорівнювати:  $\Delta h = -0,050 \cdot 5 / 0,600 = 0$  мм.

Поправки для середніх перевищень, визначених на станціях 3-7 (між відповідними точками) будуть дорівнювати:  $\Delta h = -0,100 \cdot 5 / 0,600 = -1$  мм.

**15.** Виправлені перевищення визначають за формулою

$$h_B = h_c + \Delta h. \quad (9.6)$$

Виправлені перевищення записуються під рискою нижче обчислених середніх перевищень (в графу 7). Сума виправлених перевищень усього ходу ( $\Sigma h_B = 3478$  мм) повинна дорівнювати теоретичній сумі перевищень ( $\Sigma h_T = 3478$  мм), тобто:  $\Sigma h_T = \Sigma h_B = 3478$  мм.

**16.** При відомій позначці задньої точки  $H_A$ , обчислення (в графі 9) позначки передньої точки  $H_B$  виконують шляхом додавання виправленого перевищення  $h_B$  між цими зв'язковими точками (в метрах), а саме:

$$H_B = H_A + h_B. \quad (9.7)$$

Обчислення позначок (висот) суміжних зв'язкових точок починають від вихідної позначки початкового репера РП57. Записавши її у перший рядок графі 9 і додавши до неї перше виправлене перевищення (з графи 6), отримують позначку точки X1, яку записують у другий рядок графі 9. До позначки точки X1 додають друге виправлене перевищення (з графи 6), щоб одержати позначку точки Пк0 і т. д. **Обчислення позначок точок ведеться в метрах, тому виправлені перевищення треба переводити з міліметрів у метри!** Кожна, обчислена позначка точки, крім першої та останньої, записується двічі: перший раз – як обчислена позначка передньої суміжної зв'язкової точки попередньої станції; другий раз – як вихідна позначка задньої суміжної зв'язкової точки наступної станції.

**17.** Одержані позначки кінцевого репера треба перевірити збіг її величини з вихідною позначкою даного репера. Якщо журнал має кілька сторінок, то контроль позначки останньої суміжної точки кожної сторінки виконується шляхом додавання до вихідної позначки початкової точки сторінки суми виправлених перевищень на сторінці.

**18.** Для обчислення позначок всіх проміжних («плюсовых») точок нівелірного ходу визначають (у графі 8) горизонт приладу або висоту інструмента ( $H_I$ ), тобто позначку візорного променю, яка дорівнює:

$$H_I = H_A + a_b = H_B + b_b = (H_A + H_B + a_b + b_b)/2. \quad (9.8)$$

Наприклад, горизонт приладу або висота інструмента (в метрах) на станції 5 дорівнює:  $H_I = (43,887 + 44,792 + 1,954 + 1,046)/2 = 45,840$  м БС.

**19.** Для визначення позначок проміжних точок обчислюють різниці між горизонтом приладу та відліками, знятими на станції з чорних сторін рейки, встановленої на цих точках, тобто:

$$H_D = H_I - d. \quad (9.9)$$

Наприклад, позначка проміжної («плюсової») точки +41 на станції 5 дорівнює:  $H_{D1} = H_I - d_1 = 45,840 - 2,728 = 43,112$  м БС.

Всі позначки проміжних точок вносять у відповідні рядки графи 9 журналу технічного нівелювання (табл. 9.1).

**20.** Після завершення обробки журнал технічного нівелювання магістралі (табл. 9.1) виконують креслення повздовжнього профілю магістралі технічного нівелювання (за формою рис. 9.4).

Повздовжній профіль технічного нівелювання магістралі креслять на одному аркуші міліметрового паперу формату А4, заздалегідь вибравши горизонтальний (**M<sub>Г</sub>**) і вертикальний (**M<sub>В</sub>**) масштаби та значення умовного горизонту. Умовний горизонт – це найнижча позначка вертикальної шкали, яка є дещо нижчою найнижчої позначки точки профілю.

Горизонтальний і вертикальний масштаби та значення умовного горизонту обирають таким чином, щоб креслення було компактним та вміщалося на один аркуш обраного формату.

Слід зазначити, що для наочності вираження рельєфу вертикальний масштаб необхідно обирати не менш ніж в 10 разів крупнішим, ніж горизонтальний (наприклад, **M<sub>В</sub> 1:100 M<sub>Г</sub> 1:1000** або **M<sub>В</sub> 1:200 M<sub>Г</sub> 1:5000**).

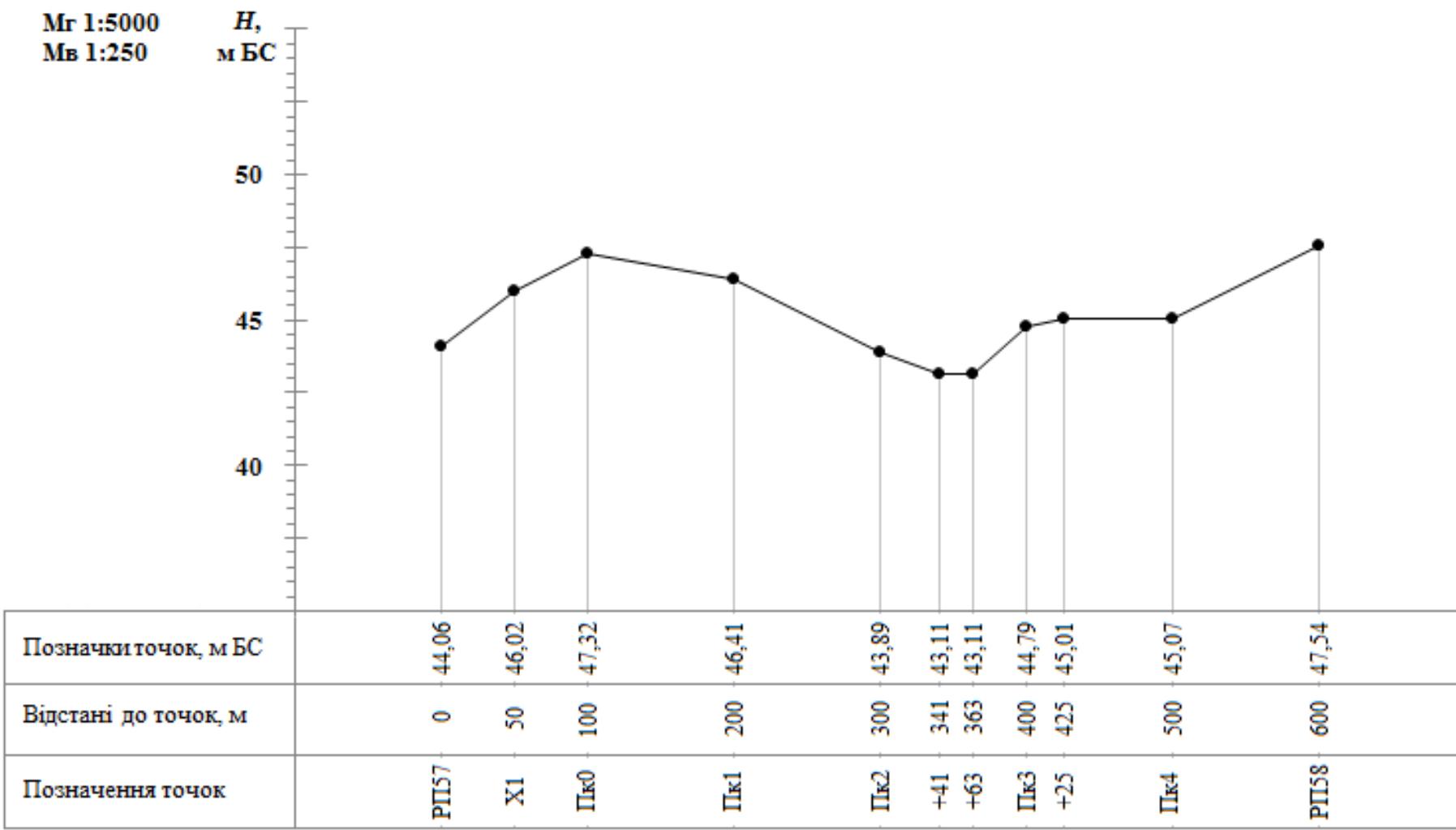


Рис. 9.4 – Поздовжній профіль магістралі технічного нівелювання

## 9.2 Практична частина

**Завдання 1.** З використанням вихідних даних ([Додаток Д, табл. Д.1](#)) **самостійно** здійсніть заповнення даними (згідно свого варіанту) та обробку журналу технічного нівелювання магістралі (за формою табл. 9.1).

**Завдання 2.** З використанням власних результатів обробки журналу технічного нівелювання магістралі, отриманих у попередньому завданні, **самостійно** виконайте креслення повздовжнього профілю магістралі технічного нівелювання (за формою рис. 9.4).

**Завдання 3.** **Під час аудиторних занять (або самостійно)** ознайомтесь з комп’ютерним програмним забезпеченням для автоматичної обробки журналу технічного нівелювання магістралі (за формою табл. 9.1), а також в усній формі опишіть послідовність заповнення даними та обробки даного журналу і креслення повздовжнього профілю магістралі.

## 9.3 Запитання для самоперевірки

*Для самостійної перевірки засвоєння змісту практичної роботи та успішного закріплення базових знань і вмінь по вивченому матеріалу, спробуйте дати усні відповіді на запитання, які наведені нижче.*

- 1.** Що таке магістраль та з якою метою виконують її нівелювання?
- 2.** Які підготовчі роботи здійснюють перед тим як почати технічне нівелювання магістралі та що таке пікетажний журнал (або книжка)?
- 3.** Що таке пікет і як позначаються пікетні точки на місцевості та які види точок розрізняють при технічному нівелюванні магістралі?
- 4.** В якій послідовності виконується робота, пов’язана з обробкою результатів технічного нівелювання магістралі?
- 5.** По яких нитках сітки ниток роблять відліки при виконанні технічного нівелювання та який порядок дій, пов’язаний із зняттям відліків з рейок і обробкою результатів нівелювання магістралі на станціях?
- 6.** Які відомості та іншу важливу інформацію обов’язково вказують у верхній частині (або на початку) журналу технічного нівелювання?
- 7.** З якою метою і яким чином здійснюються посторінковий та загальний контроль під час обробки журналу технічного нівелювання магістралі?
- 8.** Від чого залежить виникнення практичної нев’язки при технічному нівелюванні магістралі, як її визначають та за якої умови і яким чином вона може бути розподілена між всіма перевищеннями нівелірного ходу?
- 9.** Що таке горизонт приладу (або висота інструмента) та як і навіщо визначають цю величину?
- 10.** На якому етапі обробки журналу технічного нівелювання виконують креслення повздовжнього профілю магістралі та як і для чого будують даний графік?

## 10 Практична робота № 10.

### Тема. Побудова плану території в горизонталях

#### 10.1 Теоретична частина

##### 10.1.1 Побудова плану території в горизонталях

На топографічних планах та картах рельєф території (місцевості) зображають за допомогою ліній, проведених через точки з рівними (однаковими) позначками (висотами), які мають назву – *горизонталі*.

Різниця висот між горизонталями – це *висота перерізу рельєфу*  $h_{nep}$ .

Відстань між горизонталями – це *закладення горизонталей*  $d$ .

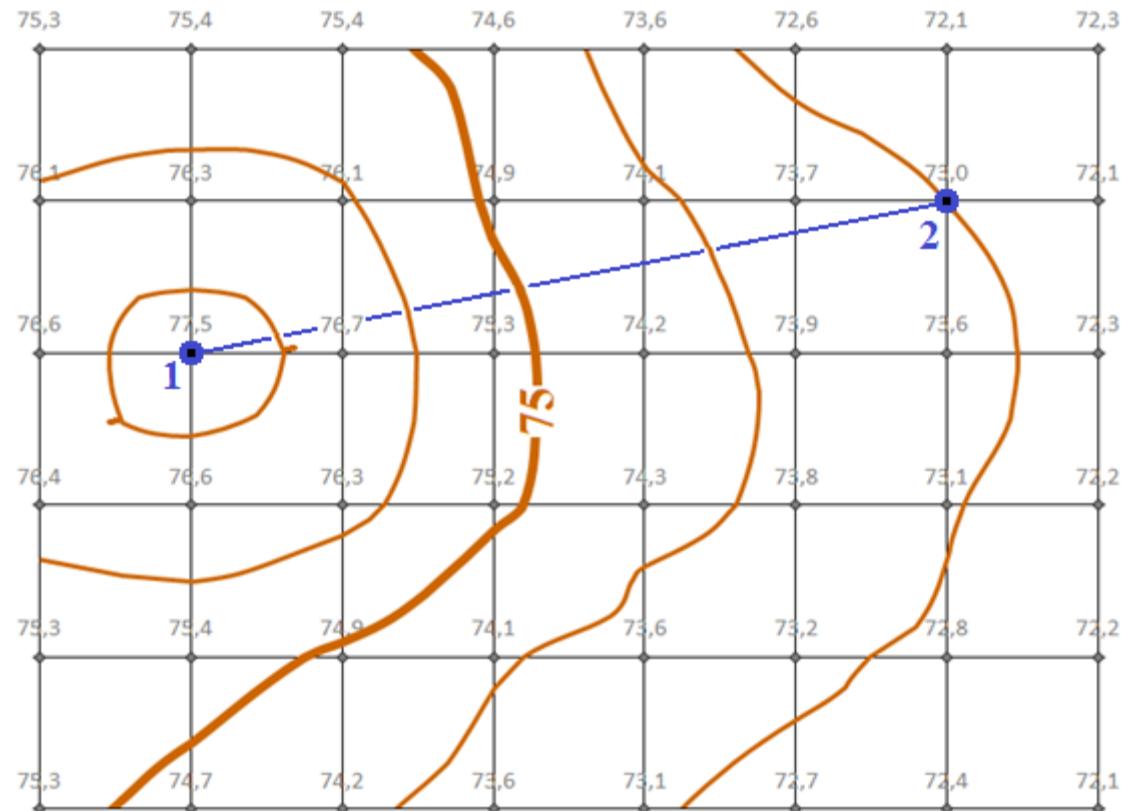
На планах (картах) горизонталі проводять плавними безперервними лініями **коричневого** кольору (або кольору **паленої сієни**), а кожну п'яту горизонталь кратну  $5 \cdot h_{nep}$  проводять **стовщеною** і підписують значенням її позначки у потрібній системі висот (Балтийській, абсолютної або умовній), що прискорює та полегшує визначення висот точок на плані (карті).

Вихідними даними для побудови плану території в горизонталях є результати нівелювання ділянки місцевості, яке може бути виконане одним з перелічених далі способів: 1) способом нівелювання паралельних ліній; 2) способом нівелювання полігонів; 3) способом нівелювання створів; 4) способом полярного нівелювання; 5) способом нівелювання по квадратах.

Всі перелічені способи грунтовно описані в багатьох підручниках, навчальних посібниках й іншій навчально-методичній літературі з геодезії.

Останній з перелічених способів (способ нівелювання по квадратах) є найбільш об'єктивним та широко застосовується якщо потрібна точна висотна характеристика великих і невеликих відкритих ділянок місцевості з відносно плоским рельєфом, у тому числі для спеціальних досліджень (наприклад, при вивчені поверхневого або схилового стоку, сніжного покриву та в інших випадках). Розміри розбитих на місцевості квадратів (від  $10 \times 10$  м до  $100 \times 100$  м) залежать від характеру рельєфу території, заданої висоти його перерізу, площі ділянки і призначення плану, який складається після нівелювання. Чим дрібнішими є форми рельєфу ділянки нівелювання, тим меншими повинні бути сторони квадратів. Відліки, зняті з нівелірних рейок, при нівелюванні вершин квадратів, записують у спеціальний журнал-бланк, який має вигляд накресленої сітки квадратів. Висоти всіх вершин квадратів визначаються як позначки проміжних точок, тобто через горизонт приладу (висоту інструмента).

Обчислені позначки (висоти) точок нівелювання території записують над відповідними вершинами сітки квадратів для подальшого визначення положення горизонталей на плані ділянки місцевості (рис. 10.1).



**1:2000**

в 1 сантиметрі 20 метрів

Суцільні горизонталі проведені через 1 метр  
Балтийська система висот

Рис. 10.1 – План території в горизонталях (точки **1** та **2** – відповідно початок і кінець заданого відрізку для визначення крутості схилу та ухилу лінії місцевості)

**Побудова плану території в горизонталях** починається з креслення сітки квадратів, у вершинах яких записують визначені під час нівелювання позначки (висоти) поверхні землі (рис. 10.1).

Далі на кожній стороні квадрата, а також, за можливості, між їхніми вершинами, визначають положення горизонталей з позначками, кратними висоті перерізу рельєфу. Якщо задана висота перерізу дорівнює  $h_{nep} = 1$  м, то позначки горизонталей будуть кратними 1, наприклад: 77, 76, 75 м, а якщо  $h_{nep} = 2$  м, то позначки будуть кратними 2, наприклад: 76, 74, 72 м.

Положення горизонталей визначається методом лінійної інтерполяції аналітичним або графічним способами. Аналітичний спосіб пов'язаний з використанням формул, а графічний – з використанням міліметрового паперу чи кальки (прозорого паперу або пластику). Незалежно від способу здійснення інтерполяції, між вершинами квадратів визначають наступне:

- 1) позначки (висоти) горизонталей на лініях інтерполяції;
- 2) положення горизонталей між вершинами квадратів (або на них).

#### **Аналітичний спосіб визначення положення горизонталей.**

Якщо, наприклад, сторона квадрату складає  $S = 4,00$  см, а її вершини дорівнюють висотам  $H_{v.1} = 75,7$  м та  $H_{v.2} = 72,5$  м (рис. 8.2), то положення горизонталей на цій стороні визначають за етапами, описаними нижче.

**1.** Визначають позначки та кількість горизонталей, які пройдуть між цими вершинами квадрату (при заданій висоті перерізу рельєфу  $h_{nep} = 1$  м):

$$H_{r.1} = 75 \text{ м}, H_{r.2} = 74 \text{ м}, H_{r.3} = 73 \text{ м} – всього три горизонталі.$$

**2.** Обчислюють різницю висот (перевищення) між цими вершинами:

$$\Delta h_{v.1-v.2} = H_{v.1} - H_{v.2} = 75,7 - 72,5 = 3,2 \text{ м.}$$

**3.** Розраховують закладення горизонталей для цієї сторони квадрату:

$$d_{v.1-v.2} = S / \Delta h_{r.1-r.2} = 4,0 \text{ см} / 3,2 \text{ м} = 1,25 \text{ см}/\text{м.}$$

**4.** Визначають відстані  $a_{v.1-r.1}$  та  $a_{v.2-r.3}$  від вершин цієї сторони квадрату до двох найближчих горизонталей, тобто з висотами  $H_{r.1}$  та  $H_{r.3}$ :

$$a_{v.1-r.1} = (H_{v.1} - H_{r.1}) \cdot d_{v.1-v.2} = (75,7 \text{ м} - 75,0 \text{ м}) \cdot 1,25 \text{ см} \approx 0,88 \text{ см};$$

$$a_{v.2-r.3} = (H_{v.2} - H_{r.3}) \cdot d_{v.1-v.2} = (73,0 \text{ м} - 72,5 \text{ м}) \cdot 1,25 \text{ см} \approx 0,62 \text{ см.}$$

**5.** Обчислюють відстані від горизонталі  $H_{r.2}$  до сусідніх (суміжних) горизонталей  $H_{r.1}$  та  $H_{r.3}$ , які є однаковими:

$$a_{r.2-r.1} = a_{r.2-r.3} = d_{v.1-v.2} \cdot h_{nep} = 1,25 \text{ см}/\text{м} \cdot 1 \text{ м} = 1,25 \text{ см.}$$

**6.** Після розрахунків відстаней від вершин квадрату до горизонталей, обов'язково здійснюють контроль збереження розміру сторони квадрата:

$$S_{\text{контр}} = a_{v.1-r.1} + a_{v.2-r.3} + a_{r.2-r.1} + a_{r.2-r.3} = 0,88 + 0,62 + 1,25 + 1,25 = 4,00 \text{ м.}$$

У даному прикладі:  $S_{\text{контр}} = S = 4,00$  м, тобто розрахунок відстаней від вершин квадрата до відповідних горизонталей виконано вірно.

**7.** За допомогою простого олівця позначають місця проходження горизонталей на стороні квадрата та поряд записують їх висоти (рис. 10.2).

**Такі ж самі поетапні дії під час аналітичної інтерполяції виконують при визначені положення горизонталей між іншими вершинами квадратів!**

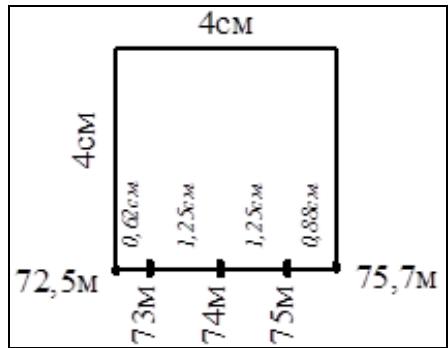


Рис. 10.2 – Положення горизонталей між двома вершинами квадрату, визначених при побудові плану території в горизонталях

### **Графічний спосіб визначення положення горизонталей.**

Графічна інтерполяція може бути виконана за допомогою лінійчатої палетки, зробленої на кальці, за етапами описаними нижче.

*Лінійчата палетка* – це сімейство горизонтальних (паралельних) ліній, проведених через рівні відстані та підписаніх значеннями висот, які відповідають необхідному діапазону висот (визначених при нівелюванні).

**1.** Викреслюють через однакові (рівні) відстані горизонтальні лінії та підписують їх значеннями діапазону висот даного плану (кратними  $h_{nep}$ ).

**2.** Накладають кальку на сторону квадрата (лінію інтерполяції) так, щоб висоти вершин квадратів співпадали з такими ж висотами на палетці.

**3.** За допомогою шпильки (голки) місця перетину сторони квадрата з лініями палетки наколюють на план і підписують.

*Такі ж самі поетапні дії під час графічної інтерполяції виконують при визначені положення горизонталей між іншими вершинами квадратів!*

Після виконання всіх етапів графічної або аналітичної інтерполяції, точки з рівними висотами з'єднують плавними лініями (горизонталями) коричневого кольору. Робочі підписи на сторонах квадратів видаляють, а кожну п'яту горизонталь кратну  $5 \cdot h_{nep}$  проводять **стовщеною** і підписують значенням її позначки у Балтійській системі висот (рис. 10.1).

При проведенні горизонталей слід враховувати такі їх властивості:

**1)** горизонталі не можуть перетинатися між собою;  
**2)** вони створюють точки з одинаковими (рівними) висотами і завжди є замкнутими лініями;

**3)** чим менше відстань між сусідніми (суміжними) горизонталями на плані (карті), яку називають **закладення схилу**, тим крутіше схил;

**4)** лінії вододілу та водозливу горизонталі перетинають тільки під прямим кутом;

**5)** найкоротша відстань між горизонталями відповідає напряму найбільшої крутини схилу;

**6)** горизонталі, які зображують похилу площину (територію), мають вид паралельних ліній.

Слід зазначити, що для полегшення розпізнавання деяких додатних (наприклад, пагорбів) та від'ємних (наприклад, западин) форм рельєфу на окремих горизонталях проводять короткі (перпендикулярні) штрихи (*бергштрихи*) – так звані вказівники напрямку схилу, які спрямовані в сторону пониження схилу. Крім того, штучні форми рельєфу (наприклад, насипи, ями й інші) зображують на планах і картах чорним кольором.

### ***10.1.2 Рішення задач по заданому ухилу за допомогою горизонталей на плані***

Міру підвищення або пониження ліній місцевості характеризують кутами нахилу ліній  $v$  або уклонами  $i$ .

*Кут нахилу лінії  $v$*  виражають в кутовій мірі ( $^\circ$ ) та використовують для характеристики *крутості схилу* даної лінії місцевості.

*Ухил лінії  $i$*  – це тангенс кута нахилу лінії (крутості схилу), який може бути виражений наступними значеннями: безрозмірною величиною (в частках від одиниці), в процентах (%) та в промілі (‰).

Для визначення між двома заданими точками лінії місцевості, наприклад, 1 та 2, середніх значень крутості схилу  $v_{1-2}$  та ухилу лінії  $i_{1-2}$  використовують перевищення  $\Delta h_{1-2}$  і відстань  $l_{1-2}$  між цими точками.

Крутість схилу  $v_{1-2}$  між двома заданими точками лінії місцевості визначають (з точністю до  $0,1^\circ$ ) за формулою

$$v_{1-2} = \arctg(\Delta h_{1-2}/l_{1-2}) = 57,3^\circ \cdot (\Delta h_{1-2}/l_{1-2}). \quad (10.1)$$

Ухил лінії  $i_{1-2}$  між двома заданими точками місцевості визначають за формулами

$$i_{1-2} = \operatorname{tg}(v_{1-2}) = \Delta h_{1-2}/l_{1-2} \text{ – безрозмірна величина, } \quad (10.2)$$

$$i_{1-2} = 100 \cdot \operatorname{tg}(v_{1-2}) = 100 \cdot \Delta h_{1-2}/l_{1-2} \text{ – в процентах, \%}, \quad (10.3)$$

$$i_{1-2} = 1000 \cdot \operatorname{tg}(v_{1-2}) = 1000 \cdot \Delta h_{1-2}/l_{1-2} \text{ – в промілі, ‰}. \quad (10.4)$$

Перевищення  $\Delta h_{1-2}$  між двома заданими точками лінії місцевості з позначками  $H_1$  та  $H_2$  знаходять за різницею їх позначок з вказівкою знаку перевищення, тобто:

$$\Delta h_{1-2} = H_1 - H_2. \quad (10.5)$$

Якщо точка знаходиться на горизонталі, то її позначка  $H$  дорівнює позначці горизонталі  $H_r$ .

Якщо ж точка знаходиться між горизонталями, то її позначка  $H$  визначається за наступним алгоритмом:

1) через точку проводять пряму, що з'єднує її найкоротшим шляхом з двома сусідніми горизонталями;

2) з точністю до 0,1 мм визначають закладення  $d$  та відстань  $a$  від цієї точки до горизонталі, розташованої за висотою нижче точки;

3) з урахуванням висоти перерізу рельєфу  $h_{nep}$  плану (або карти) обчислюють перевищення точки  $\Delta h$  над цією горизонталлю

$$\Delta h = a \cdot h_{nep} / d, \quad (10.6)$$

4) визначають позначку  $H$  точки

$$H = H_r + \Delta h, \quad (10.7)$$

де  $H_r$  – позначка горизонталі, розташованої за висотою нижче точки.

Для визначення максимальних значень крутості схилу та ухилу лінії між двома заданими точками місцевості знаходять відрізок, де горизонталі розташовані найщільніше (тобто закладення горизонталей є мінімальним), а для визначення мінімальних значень – знаходять відрізок, де горизонталі розташовані найрідкіше (тобто закладення горизонталей є максимальним).

Результати визначення крутості схилів та ухилів ліній між заданими точками місцевості оформлюють за формою табл. 10.1.

Таблиця 10.1 – Журнал визначення середніх значень крутості схилу та ухилу лінії між двома заданими точками місцевості

Позначення лінії	$H_1$ , м БС	$H_2$ , м БС	$l_{1-2}$ , м	$\Delta h_{1,2}$ , м	$v_{1-2}$ , °	$i_{1-2}$ , ‰
<b>1-2</b>	77,5	73,0	204,0	4,5	1,3	22,1

### Примітка:

позначення лінії, позначки та номера точок, відстань і перевищення між ними, а також результати визначення крутості схилу та ухилу лінії місцевості відповідають даним, які представлені на рис. 10.1.

## 10.2 Практична частина

Завдання 1. З використанням вихідних даних згідно свого варіанту ([Додаток Е, рис. Е.1-Е.10](#)) **самостійно** побудуйте план території (ділянки місцевості) в горизонталах (за формою рис. 10.1). В залежності від обраного масштабу дане креслення може бути виконане на аркуші паперу формату А3 або А4. Дозволяється використання білого або міліметрового паперу та, як виключення, паперу в клітину (наприклад, аркуш з зошиту). Довжина (горизонтальне прокладення) сторони кожного квадрату дорівнює  $S = 40$  м. Висота перерізу рельєфу дорівнює  $h_{nep} = 1$  м. В залежності від формату взятого аркушу паперу рекомендується один з двох наступних масштабів: **1:1000** (в 1 сантиметрі 10 метрів) – для аркуша паперу формату А3, а також **1:2000** (в 1 сантиметрі 20 метрів) – для аркуша паперу формату А4.

Завдання 2. З використанням вихідних даних згідно свого варіанту ([Додаток Е, рис. Е.1-Е.10](#)) та власного плану території в горизонталах, побудованого у попередньому завданні, необхідно **самостійно** визначити середні значення крутості схилу та ухилу лінії між двома заданими (**1** та **2**) точками місцевості (результати оформити за формою табл. 10.1).

Завдання 3. **Під час аудиторних занять (або самостійно)** ознайомтесь з комп’ютерним програмним забезпеченням для автоматичної побудови плану території (ділянки місцевості) в горизонталах і визначення крутості схилу та ухилу лінії між двома заданими точками місцевості, а також в усній формі опишіть послідовність креслення плану (у т. ч., визначення положення горизонталей) та обчислення крутості схилів і ухилів ліній місцевості (середніх, максимальних та мінімальних).

### **10.3 Запитання для самоперевірки**

*Для самостійної перевірки засвоєння змісту практичної роботи та успішного закріплення базових знань і вмінь по вивченому матеріалу, спробуйте дати усні відповіді на запитання, які наведені нижче.*

- 1.** Що таке горизонталі, висота перерізу рельєфу та закладення горизонталей?
- 2.** Які способи нівелювання ділянки місцевості використовують в геодезії та для чого потрібні дані таких вимірювань?
- 3.** У чому полягає сутність та в яких випадках застосовується спосіб нівелювання території земної поверхні по квадратах?
- 4.** З яких креслень і записів починається побудова плану території в горизонталах та з чого складається і яким чином будеться даний план?
- 5.** Який метод та які способи застосовують для точного визначення положення горизонталей під час побудови плану території в горизонталах і чим вони відрізняються?
- 6.** Що таке лінійчата палетка та для чого вона використовується при побудові плану території в горизонталах?
- 7.** На якому з етапів побудови плану території в горизонталах з'єднують точки з рівними висотами та яких вимог слід дотримуватися під час їх нанесення на даний план?
- 8.** Які властивості горизонталей слід враховувати при їх проведенні на плані чи карті та чому на окремих горизонталах проводять бергштрихи?
- 9.** Що таке крутість схилу й ухил лінії між точками місцевості та як вони визначаються?
- 10.** В якій послідовності та якими даними заповнюється журнал визначення крутості схилу й ухилу лінії між заданими точками місцевості?

## **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

- 1.** Методичні вказівки до проведення лабораторних робіт з дисципліни «Основи геодезії» (для виконання первого практичного модуля) для підготовки студентів за спеціальністю 103 «Науки про Землю» / к. геогр. н., доц. Гриб О. М., к. геогр. н., ст. викл. Пилип'юк В. В., ст. викл. Балан Г. К., ст. викл. Яров Я. С., ас. Гращенкова Т. В. / Одеса: ОДЕКУ, 2019. 32 с.
- 2.** Методичні вказівки для самостійної роботи студентів заочної форми навчання по вивченю дисципліни «Основи геодезії» та виконанню контрольної роботи / ст. викл. Селезньова Л. В., ст. викл. Балан Г. К., ас., к. геогр. н. Отченаш Н. Д. / Одеса: ОДЕКУ, 2014. 52 с.
- 3.** Селезньова Л. В., Балан Г. К. Основи геодезії і картографії: Конспект лекцій / Одеса: ТЕС, 2012. 115 с.
- 4.** Балан Г. К., Селезньова Л. В. Топографо-геодезичні дослідження водних систем: Конспект лекцій. Одеса: ТЕС, 2009. 135 с.
- 5.** Колодеєв С. І. Основи геодезії: Конспект лекцій. Дніпропетровськ: Економіка, 2005. 107 с.

## **ДОДАТКИ**

**Додаток А**  
**Варіанти вихідних даних**  
**для самостійного виконання практичних робіт № 1, 2, 3, 4, 5**  
*(номер варіанта відповідає останній цифрі номера залікової книжки:  
цифрам 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 відповідають варіанти 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,  
цифри 0 відповідає варіант 10)*

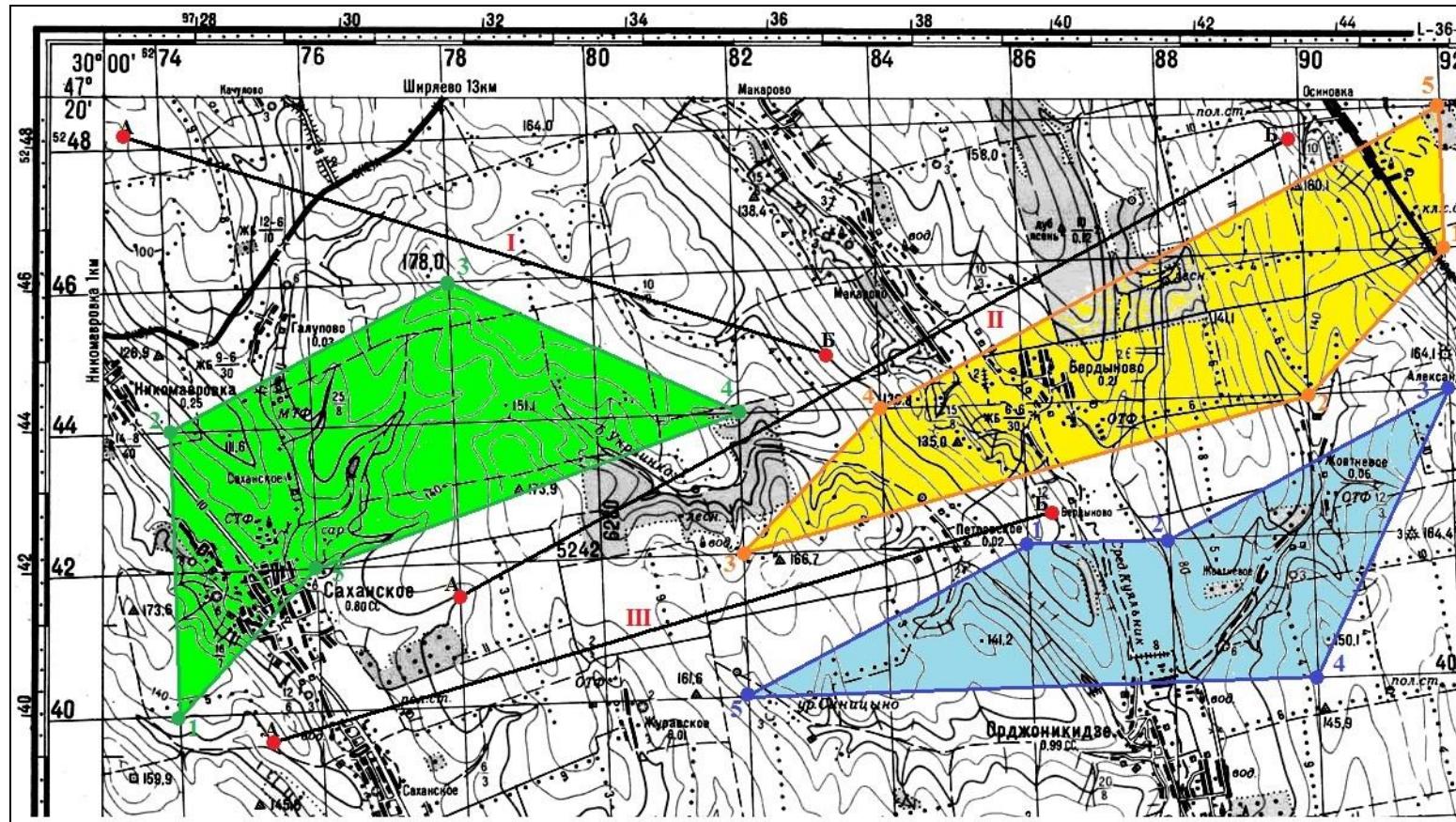


Рис. А.1 – Фрагмент аркуша карти для виконання завдань практичних робіт (варіанти 1-3). **Масштаб: 1:100000.**  
 Безперервні горизонталі проведені через 20 м. Лінії координатної кілометрової сітки проведені через 2 см (2 км).  
 Схилення магнітної стрілки:  $\delta = 6^{\circ}19'$  східне. Зближення меридіанів:  $\gamma = 2^{\circ}01'$  західне. Вихідні дані за варіантами:  
 1 – напрям АБ (позначений римською цифрою I) та фігура зеленого кольору (з вершинами 1, 2, 3, 4, 5);  
 2 – напрям АБ (позначений римською цифрою II) та фігура жовтого кольору (з вершинами 1, 2, 3, 4, 5);  
 3 – напрям АБ (позначений римською цифрою III) та фігура синього кольору (з вершинами 1, 2, 3, 4, 5)

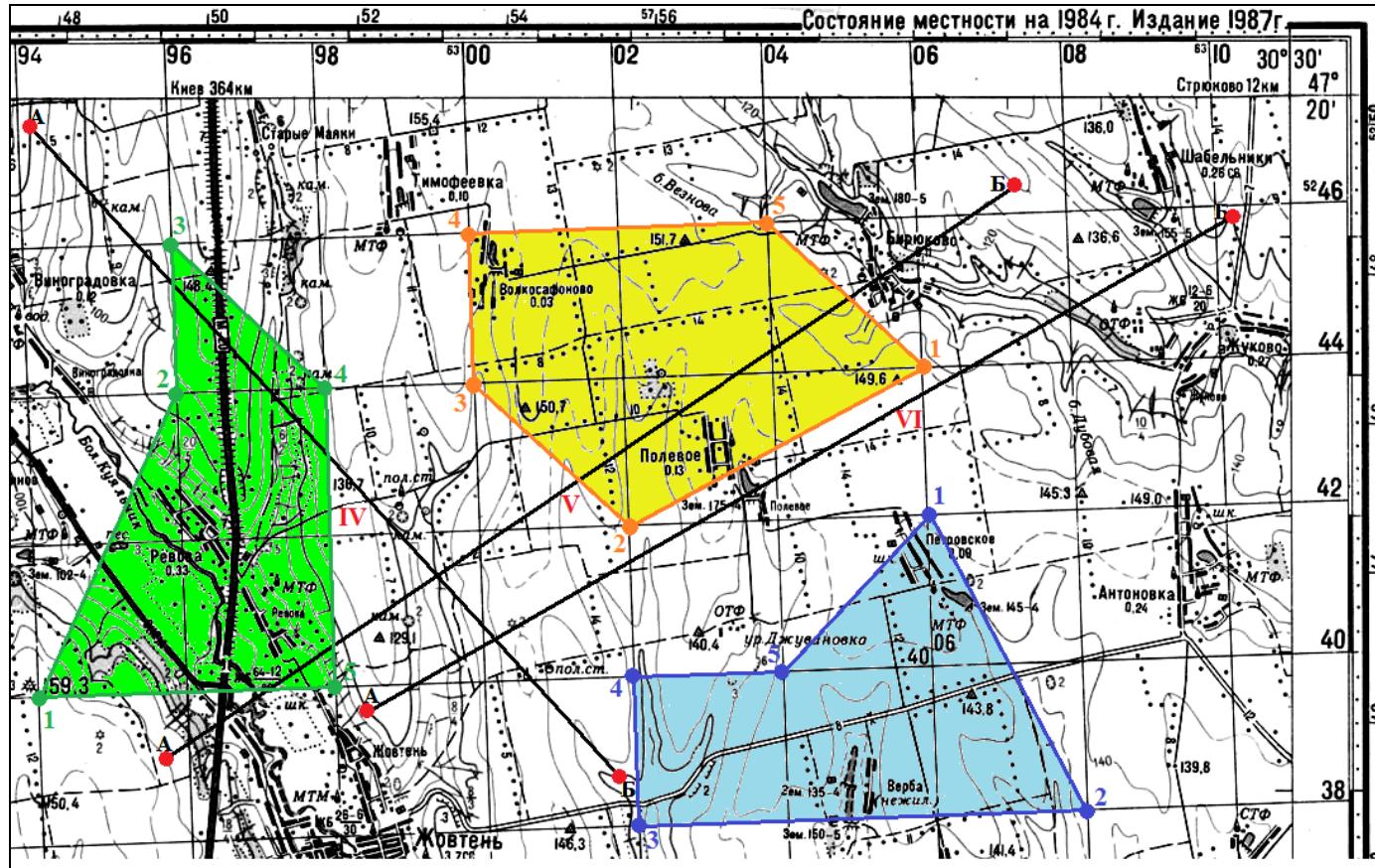


Рис. А.2 – Фрагмент аркуша карти для виконання завдань практичних робіт (варіанти 4-6). **Масштаб: 1:100000.**  
 Безперервні горизонталі проведені через 20 м. Лінії координатної кілометрової сітки проведені через 2 см (2 км).  
 Схилення магнітної стрілки:  $\delta = 6^{\circ}19'$  східне. Зближення меридіанів:  $\gamma = 2^{\circ}01'$  західне. Вихідні дані за варіантами:  
 4 – напрям АБ (позначений римською цифрою IV) та фігура зеленого кольору (з вершинами 1, 2, 3, 4, 5);  
 5 – напрям АБ (позначений римською цифрою V) та фігура жовтого кольору (з вершинами 1, 2, 3, 4, 5);  
 6 – напрям АБ (позначений римською цифрою VI) та фігура синього кольору (з вершинами 1, 2, 3, 4, 5)

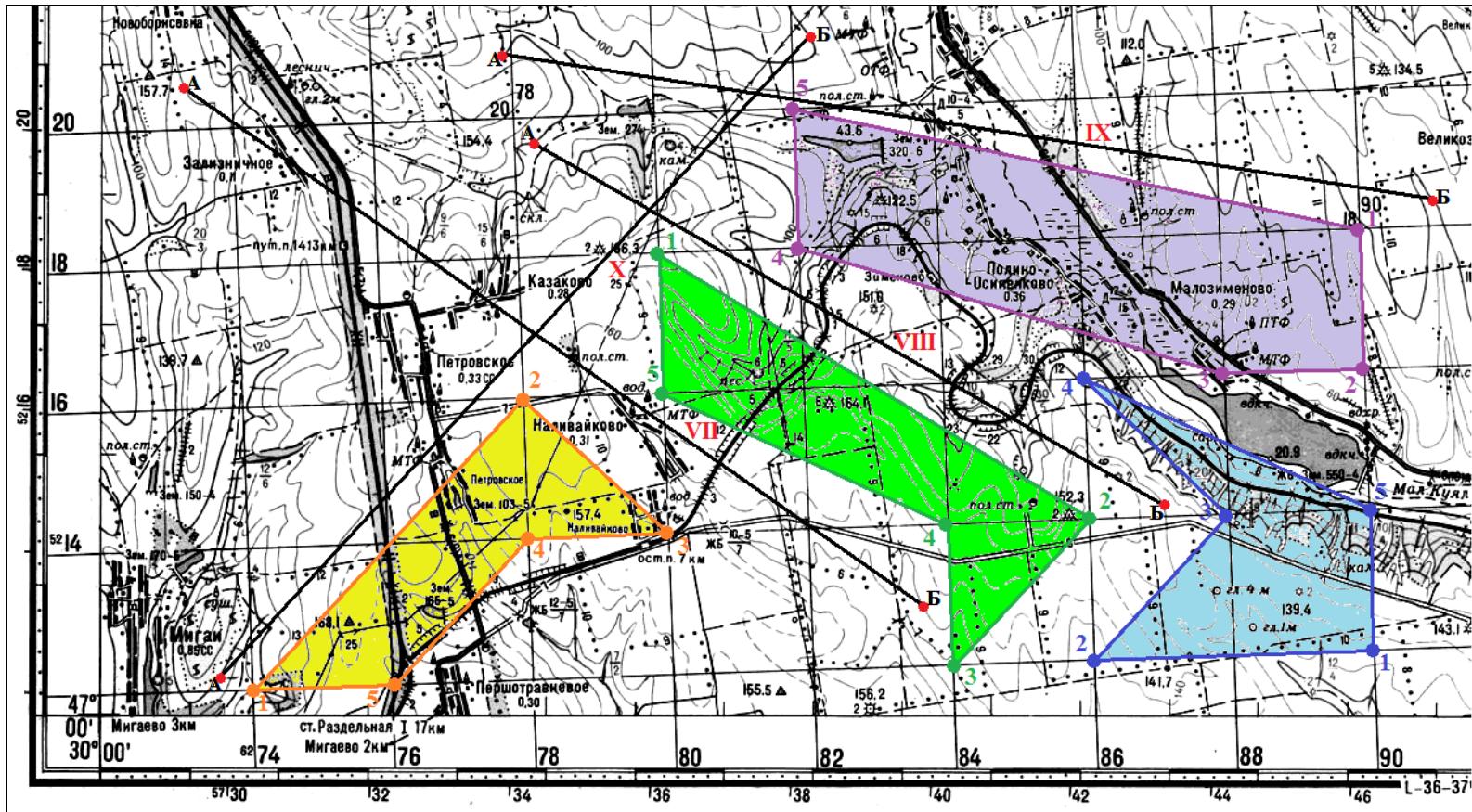
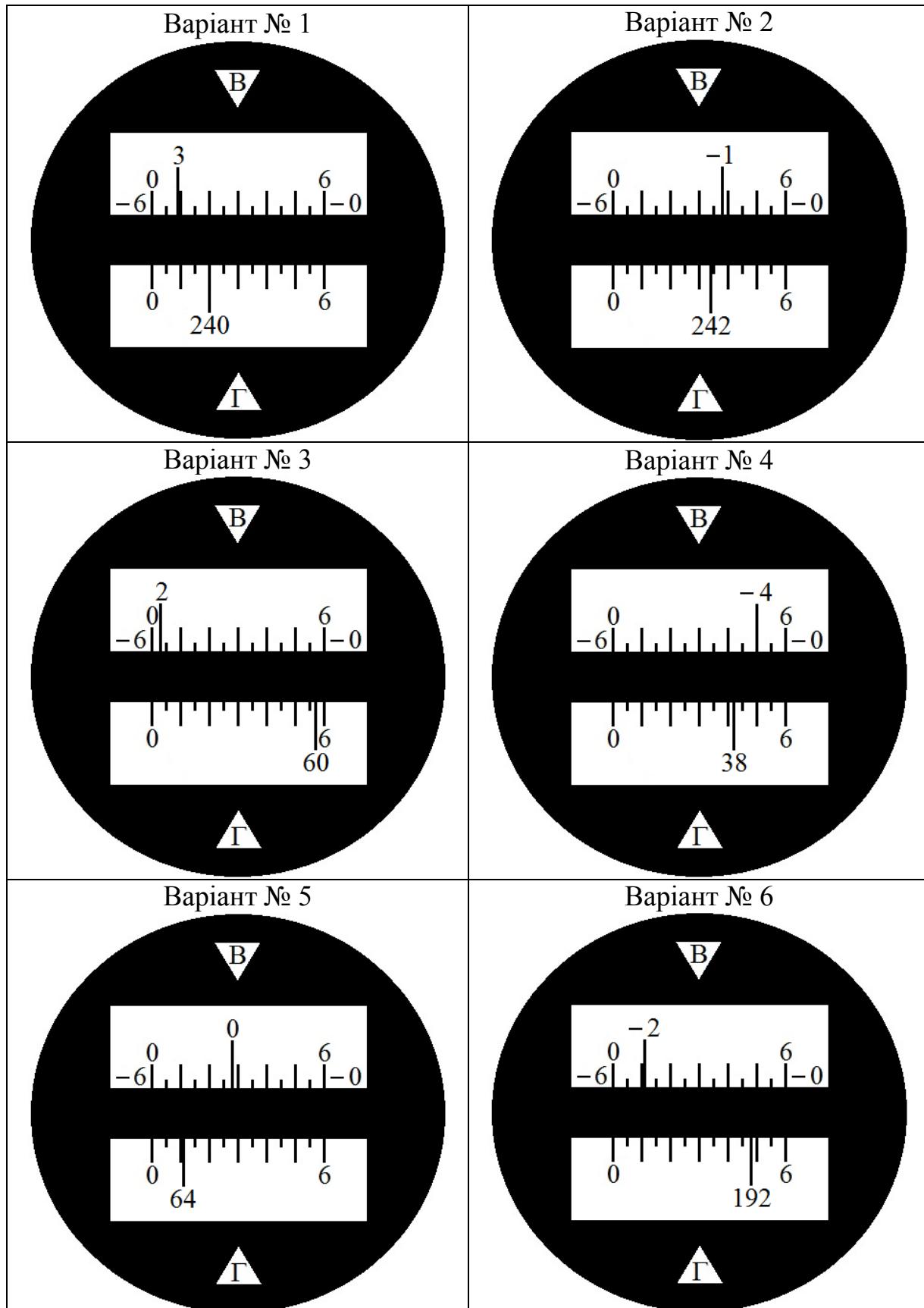


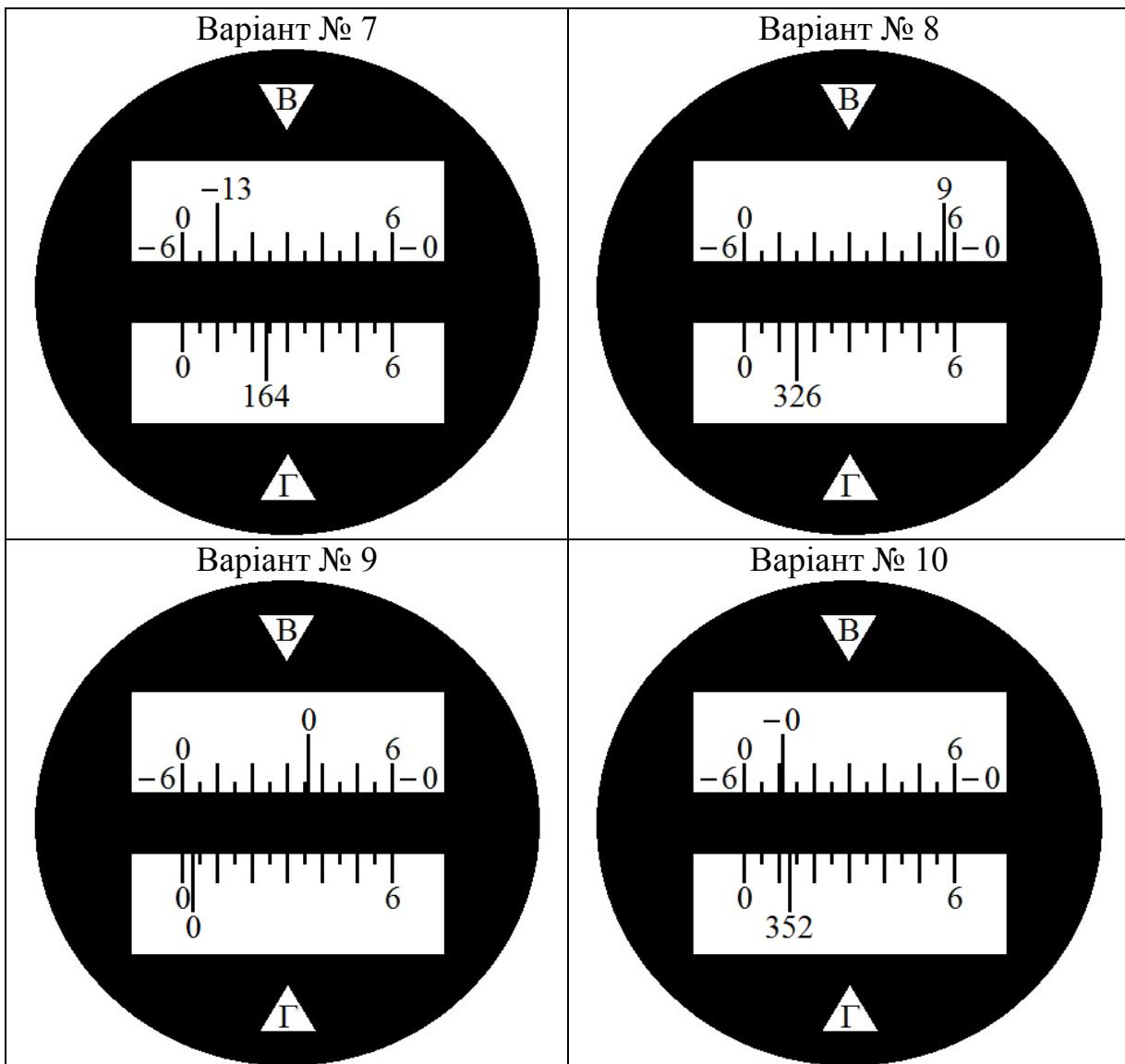
Рис. А.3 – Фрагмент аркуша карти для виконання завдань практичних робіт (варіанти 7-10). **Масштаб: 1:100000.**  
 Безперервні горизонталі проведені через 20 м. Лінії координатної кілометрової сітки проведені через 2 см (2 км).  
 Схилення магнітної стрілки:  $\delta = 6^{\circ}19'$  східне. Зближення меридіанів:  $\gamma = 2^{\circ}01'$  західне. Вихідні дані за варіантами:  
 7 – напрям АБ (позначений римською цифрою VII) та фігура зеленого кольору (з вершинами 1, 2, 3, 4, 5);  
 8 – напрям АБ (позначений римською цифрою VIII) та фігура жовтого кольору (з вершинами 1, 2, 3, 4, 5);  
 9 – напрям АБ (позначений римською цифрою IX) та фігура синього кольору (з вершинами 1, 2, 3, 4, 5);  
 10 – напрям АБ (позначений римською цифрою X) та фігура лілового кольору (з вершинами 1, 2, 3, 4, 5)

**Додаток Б**  
**Варіанти вихідних даних**  
**для самостійного виконання практичної роботи № 6**  
*(номер варіанта відповідає останній цифрі номера залікової книжки:  
цифрам 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 відповідають варіанти 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,  
цифри 0 відповідає варіант 10)*

**Таблиця Б.1** – Варіанти вихідних даних до завдання 1 (поле зору відлікового мікроскопу теодоліту 2Т30П)



Продовження **табл. Б.2**



**Примітка:**

номер варіанта відповідає останній цифрі номера залікової книжки (цифрам 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 відповідають варіанти 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, цифрі 0 відповідає варіант 10).

**Таблиця Б.2** – Варіанти вихідних даних до завдання 2

Теодоліт: 2Т30П. Заводський номер: 17584. Спостерігав: Семенов О.П.

Станція	Пів-прийом	Точка візуування		Відліки з лімба за варіантами								
				1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>C</i>	КП	Задня	<i>A</i>	159°44'	263°34'	339°56'	83°46'	1	2	3	4	5
		Передня	<i>B</i>	74°59'	198°26'	254°58'	18°26'	74°59'	164°21'	112°04'	22°05'	292°34'
		Задня	<i>A</i>	265°35'	344°16'	85°42'	344°16'	265°35'	316°41'	52°14'	136°38'	358°13'
		Передня	<i>B</i>	202°36'	292°34'	22°05'	202°36'	232°18'	255°46'	348°41'	75°58'	179°39'
	КЛ	Задня	<i>A</i>	232°18'	316°41'	52°14'	178°19'	264°43'	358°13'	84°47'	168°30'	59°41'
		Передня	<i>B</i>	59°41'	179°39'	239°56'	359°55'	264°51'	185°39'	84°52'	5°38'	189°32'
		Задня	<i>A</i>	189°32'	215°50'	9°32'	35°50'	189°32'	215°50'	9°32'	35°50'	189°32'
		Передня	<i>B</i>	189°32'	215°50'	9°32'	35°50'	189°32'	215°50'	9°32'	35°50'	189°32'

**Примітка:**

номер варіанта відповідає останній цифрі номера залікової книжки (цифрам 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 відповідають варіанти 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, цифрі 0 відповідає варіант 10).

**Додаток В**  
**Варіанти вихідних даних**  
**для самостійного виконання практичної роботи № 7**  
*(номер варіанта відповідає останній цифрі номера залікової книжки:  
цифрам 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 відповідають варіанти 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,  
цифри 0 відповідає варіант 10)*

**Таблиця В.1** – Варіанти вихідних даних

Номера станцій, <i>i</i>	Вимірюні кути		Дирекційний кут сторони <b>1-2, <math>a_{1-2}</math></b>		Напрями сторін, <i>j</i>	$D_j$ , м	Координати станції 1, м	
	$\beta_{i \text{ вим}}$		°	'			$X_1$	$Y_1$
	°	'	°	'				
<b>Варіант № 1</b>								
1	102	17,0	234	28,0	1-2	149,64	1620,18	-1532,06
2	103	52,0			2-3	150,00		
3	107	13,0			3-4	144,12		
4	106	13,5			4-5	125,03		
5	120	25,5			5-1	138,40		
<b>Варіант № 2</b>								
1	106	37,5	174	36,0	1-2	149,52	-1769,35	356,84
2	105	4,0			2-3	140,34		
3	114	5,0			3-4	137,56		
4	107	46,5			4-5	145,39		
5	106	29,0			5-1	148,95		
<b>Варіант № 3</b>								
1	110	13,0	92	15,0	1-2	101,56	1938,55	-1668,22
2	90	1,0			2-3	149,97		
3	100	17,5			3-4	82,99		
4	124	41,0			4-5	83,53		
5	114	46,5			5-1	112,73		

Продовження табл. В.1

Номера станцій, <i>i</i>	Вимірюні кути		Дирекційний кут сторони <b>1-2, <math>a_{1-2}</math></b>		Напрями сторін, <i>j</i>	$D_j$ , м	Координати станції 1, м	
	$\beta_{i \text{ вим}}$		°	'			$X_1$	$Y_1$
	°	'	°	'				
<b>Варіант № 4</b>								
1	105	16,0	133	12,0	1-2	108,00	-1540,03	205,21
2	115	33,5			2-3	127,17		
3	115	21,0			3-4	94,84		
4	108	24,5			4-5	149,75		
5	95	23,0			5-1	140,60		
<b>Варіант № 5</b>								
1	99	58,0	182	15,0	1-2	149,57	251,17	-1972,32
2	102	17,0			2-3	148,95		
3	99	12,5			3-4	149,02		
4	119	8,5			4-5	88,00		
5	119	25,0			5-1	146,39		
<b>Варіант № 6</b>								
1	97	42,0	199	5,0	1-2	124,92	-1216,66	1682,22
2	130	6,5			2-3	102,46		
3	103	4,0			3-4	110,26		
4	106	32,5			4-5	149,68		
5	102	37,0			5-1	115,55		

Продовження табл. В.1

Номера станцій, <i>i</i>	Вимірюні кути		Дирекційний кут сторони <b>1-2, <i>a</i><sub>1-2</sub></b>		Напрями сторін, <i>j</i>	<i>D<sub>j</sub></i> , м	Координати станції 1, м	
	$\beta_{i \text{ вим}}$		°	'			<i>X<sub>1</sub></i>	<i>Y<sub>1</sub></i>
	°	'	°	'				
<b>Варіант № 7</b>								
1	100	57,5	288	26,0	1-2	111,11	51,81	-1286,36
2	112	23,0			2-3	145,59		
3	118	16,5			3-4	95,88		
4	103	1,0			4-5	148,83		
5	105	21,0			5-1	145,25		
<b>Варіант № 8</b>								
1	102	11,0	16	14,0	1-2	115,32	-1875,72	559,33
2	111	22,5			2-3	119,80		
3	103	20,0			3-4	99,28		
4	125	39,0			4-5	111,89		
5	97	25,5			5-1	133,52		
<b>Варіант № 9</b>								
1	100	39,5	237	56,0	1-2	149,17	312,56	-1719,25
2	99	23,0			2-3	113,36		
3	116	31,5			3-4	110,15		
4	120	19,0			4-5	112,59		
5	103	8,0			5-1	133,52		

Продовження **табл. В.1**

Номера станцій, <i>i</i>	Вимірюні кути		Дирекційний кут сторони <b>1-2, <math>a_{1-2}</math></b>		Напрями сторін, <i>j</i>	$D_j$ , м	Координати станції 1, м	
	°	'	°	'			$X_1$	$Y_1$
<b>Варіант № 10</b>								
1	115	22,0	359	16,0	1-2	133,12	-1412,37	789,32
2	116	4,0			2-3	77,09		
3	107	19,5			3-4	148,26		
4	98	26,5			4-5	130,29		
5	102	47,0			5-1	100,36		

**Примітка:**

номер варіанта відповідає останній цифрі номера залікової книжки (цифрам 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 відповідають варіанти 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, цифрі 0 відповідає варіант 10).

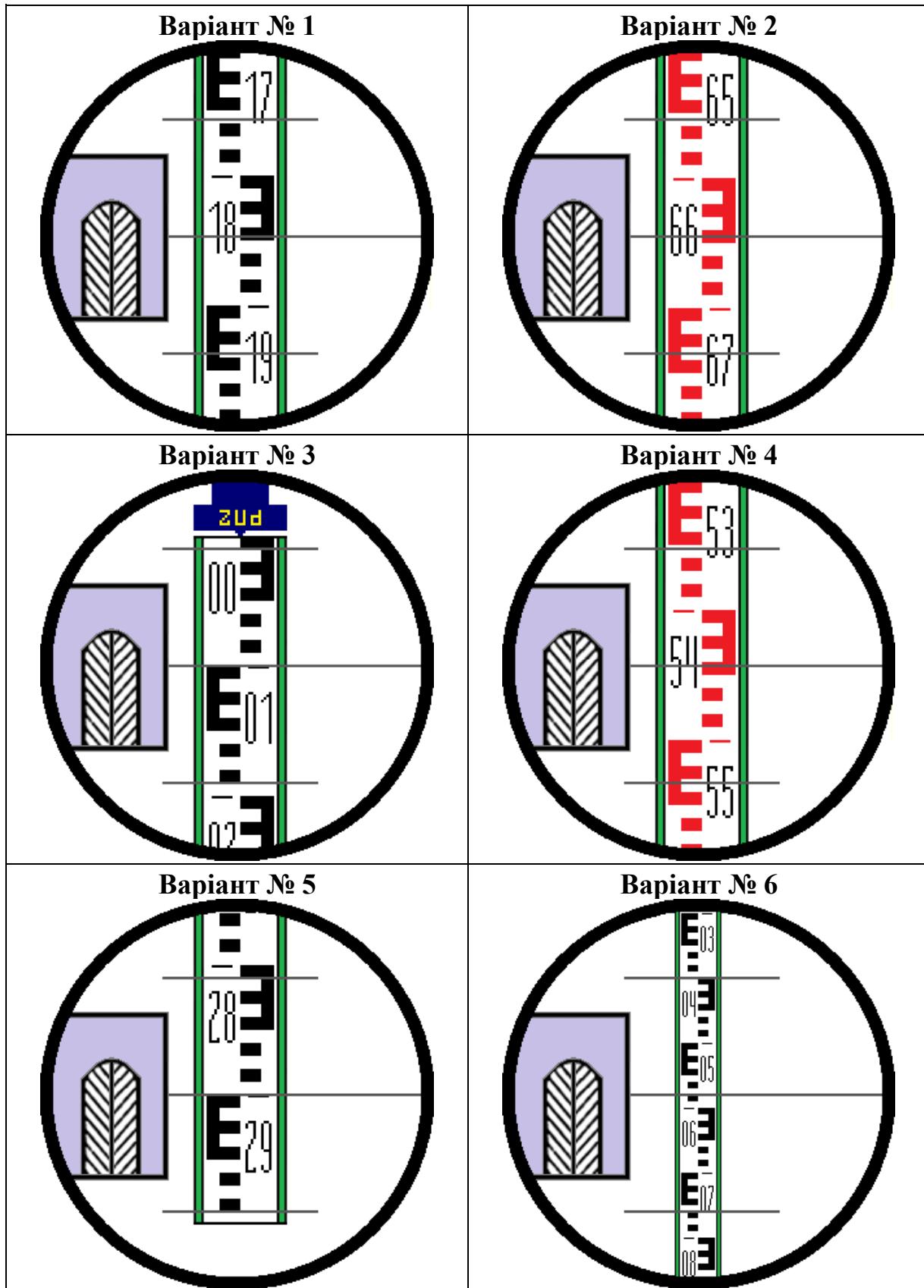
## **Додаток Г**

### **Варіанти вихідних даних**

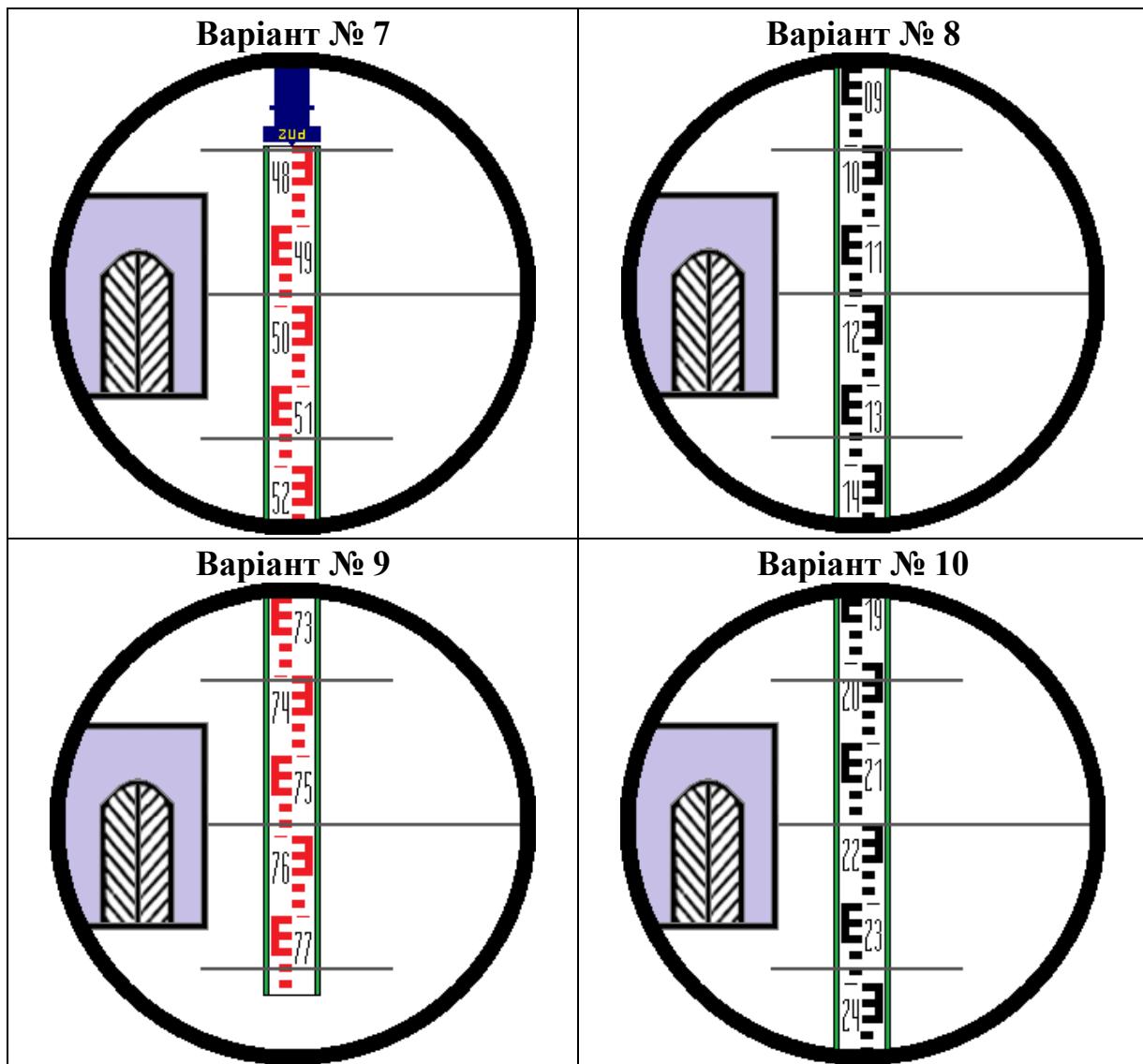
**для самостійного виконання практичної роботи № 8**

*(номер варіанта відповідає останній цифрі номера залікової книжки:  
цифрам 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 відповідають варіанти 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,  
цифри 0 відповідає варіант 10)*

**Таблиця Г.1** – Варіанти вихідних даних до завдання № 1 (поле зору окуляра зорової труби нівеліра Н-3)



Продовження **табл. Г.1**



**Примітка:**

номер варіанта відповідає останній цифрі номера залікової книжки (цифрам 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 відповідають варіанти 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, цифрі 0 відповідає варіант 10).

**Таблиця Г.2** – Варіанти вихідних даних до завдання 2 (фрагменти журналів нівелювання IV класу з відліками, знятими з нівелірних рейок)

Хід: від палі водомірної ПВ1 до контрольного репера поста РП2.

Нівелір: Н-3. Заводський номер: 8571. Спостерігав:

Дата: 11.03.2020 р. Початок: 10 год. 15 хв. Кінець: 10 год. 30 хв.

Погода: ясно, безвітряно. Зображення: спокійне.

Початки відліків червоних сторін рейок: № 1 – 4800 мм, № 2 – 4700 мм.

№ станції № рейок	Відлік по рейці, мм		№ станції № рейок	Відлік по рейці, мм	
	задня	передня		задня	передня
<b>Варіант № 1</b>		<b>Варіант № 6</b>		<b>Варіант № 7</b>	
1 паля водомір. ПВ1 1-2	2469 (1) 2609 (2) 7407 (6)	0862 (3) 1022 (4) 5724 (5)	1 паля водомір. ПВ1 1-2	2273 (1) 2498 (2) 7300 (6)	1180 (3) 1385 (4) 6083 (5)
<b>Варіант № 2</b>		<b>Варіант № 8</b>		<b>Варіант № 9</b>	
1 паля водомір. ПВ1 1-2	2763 (1) 2948 (2) 7747 (6)	1328 (3) 1523 (4) 6224 (5)	1 паля водомір. ПВ1 1-2	1702 (1) 1902 (2) 6702 (6)	0247 (3) 0447 (4) 5147 (5)
<b>Варіант № 3</b>		<b>Варіант № 10</b>		<b>Варіант № 5</b>	
1 паля водомір. ПВ1 1-2	1796 (1) 1976 (2) 6776 (6)	0655 (3) 0835 (4) 5535 (5)	1 паля водомір. ПВ1 1-2	1289 (1) 1519 (2) 6321 (6)	2578 (1) 2698 (2) 7497 (6)
<b>Варіант № 4</b>		<b>Варіант № 9</b>		<b>Варіант № 10</b>	
1 паля водомір. ПВ1 1-2	2422 (1) 2677 (2) 7478 (6)	1317 (3) 1562 (4) 6261 (5)	1 паля водомір. ПВ1 1-2	1626 (1) 1861 (2) 6659 (6)	1312 (3) 1437 (4) 6138 (5)

**Примітка:**

номер варіанта відповідає останній цифрі номера залікової книжки (цифрам 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 відповідають варіанти 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, цифрі 0 відповідає варіант 10).

**Додаток Д**  
**Варіанти вихідних даних**  
**для самостійного виконання практичної роботи № 9**  
*(номер варіанта відповідає останній цифрі номера залікової книжки:  
цифрам 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 відповідають варіанти 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,  
цифри 0 відповідає варіант 10)*

**Таблиця Д.1** – Варіанти вихідних даних

Варіант № 1						
Початок відліку червоної сторони рейки, мм:						4875
Номера станцій (стоянок) приладу	Позначення точок (репер, пікет, паля тощо)	Відлік по рейці, мм			Позначка (висота) точки, м БС (абс., умов.)	Примітки (зв'язкові точки на станції та відстані від задньої точки до інших точок на станції, м)
		Задня (чорна, червона, «п'ятка»)	Передня (чорна, червона, «п'ятка»)	Проміжна (чорна)		
<b>1</b>	<b>РП2</b>	2536	484		<b>3,342</b>	<b>РП2</b>
	Пк0	7411	5359			Пк0
						100,00
<b>2</b>	Пк0	2189	832			Пк0
	Пк1	7065	5706			Пк1
						100,00
<b>3</b>	Пк1	0113	2907			Пк1
	X1	4990	7780			X1
						50,00
<b>4</b>	X1	0074	2947			X1
	Пк2	4948	7823			Пк2
						50,00
<b>5</b>	Пк2	1232	1789			Пк2
	Пк3	6105	6665			Пк3
						100,00
	+25			2213		25,00
	+67			2213		67,00
<b>6</b>	Пк3	1798	1222			Пк3
	Пк4	6674	6096			Пк4
						100,00
	+48-Поп.1			1235		48,00
	Поп.1-Л5			2134		
	Поп.1-П5			2137		
<b>7</b>	Пк4	1520	1500			Пк4
	<b>РП3</b>	6396	6375		<b>1,137</b>	<b>РП3</b>
						100,00

Продовження **табл. Д.1**

Варіант № 2							
Початок відліку червоної сторони рейки, мм:					4754		
Номера станцій (стоянок) приладу	Позначення точок (репер, пікет, паля тощо)	Відлік по рейці, мм			Позначка (висота) точки, м БС (абс., умов.)	Примітки (зв'язкові точки на станції та відстані від задньої точки до інших точок на станції, м)	
		Задня (чорна, червона, «п'ятка»)	Передня (чорна, червона, «п'ятка»)	Проміжна (чорна)			
<b>1</b>		1692	1349		<b>1,137</b>	<b>РП3</b>	
		Пк0	6446	6103		Пк0	
						100,00	
<b>2</b>		2443	0598			Пк0	
		X1	7195	5354		X1	
						50,00	
<b>3</b>		2398	0643			X1	
		Пк1	7153	5396		Пк1	
						50,00	
<b>4</b>		1598	1443			Пк1	
		Пк2	6351	6198		Пк2	
						100,00	
<b>5</b>		1378	1663			Пк2	
		Пк3	6130	6418		Пк3	
						100,00	
		+35		1068		35,00	
		+45		1067		45,00	
<b>6</b>		0973	2068			Пк3	
		Пк4	5727	6822		Пк4	
						100,00	
		+76-Поп.1		2070		76,00	
		Поп.1-Л3		2067			
		Поп.1-П4		2072			
<b>7</b>		Пк4	1094	1947		Пк4	
		<b>РП4</b>	5847	6702	<b>2,974</b>	<b>РП4</b>	
						100,00	

Продовження **табл. Д.1**

Варіант № 3							
Початок відліку червоної сторони рейки, мм:					4800		
Номера станцій (стоянок) приладу	Позначення точок (репер, пікет, паля тощо)	Відлік по рейці, мм			Позначка (висота) точки, м БС (абс., умов.)	Примітки (зв'язкові точки на станції та відстані від задньої точки до інших точок на станції, м)	
		Задня (чорна, червона, «п'ятка»)	Передня (чорна, червона, «п'ятка»)	Проміжна (чорна)			
<b>1</b>		1371	1690		<b>2,974</b>	<b>РП4</b>	
		Пк0	6172	6489		Пк0	
						100,00	
<b>2</b>		2588	0472			Пк0	
		X1	7387	5274		X1	
						50,00	
<b>3</b>		2035	1025			X1	
		Пк1	6836	5825		Пк1	
						50,00	
<b>4</b>		0245	2815			Пк1	
		Пк2	5045	7615		Пк2	
						100,00	
<b>5</b>		1379	1681			Пк2	
		Пк3	6181	6479		Пк3	
						100,00	
		+38		2763		38,00	
		+63		2763		63,00	
<b>6</b>		1729	1332			Пк3	
		Пк4	6528	6133		Пк4	
						100,00	
		+59-Поп.1		1303		59,00	
		Поп.1-Л3		2202			
		Поп.1-Г3		2205			
<b>7</b>		Пк4	2212	0849		Пк4	
		<b>РП5</b>	7011	5649	<b>4,673</b>	<b>РП5</b>	
						100,00	

Продовження **табл. Д.1**

Варіант № 4						
Початок відліку червоної сторони рейки, мм:					4700	
Номера станцій (стоянок) приладу	Позначення точок (репер, пікет, паля тощо)	Відлік по рейці, мм			Позначка (висота) точки, м БС (абс., умов.)	Примітки (зв'язкові точки на станції та відстані від задньої точки до інших точок на станції, м)
		Задня (чорна, червона, «п'ятка»)	Передня (чорна, червона, «п'ятка»)	Проміжна (чорна)		
<b>1</b>	<b>PП5</b>	2043	1038		<b>4,673</b>	<b>PП5</b>
	Пк0	6743	5738			Пк0
						100,00
<b>2</b>	Пк0	2590	0491			Пк0
	X1	7289	5192			X1
						50,00
<b>3</b>	X1	2547	0534			X1
	Пк1	7246	5234			Пк1
						50,00
<b>4</b>	Пк1	0256	2825			Пк1
	Пк2	4956	7525			Пк2
						100,00
<b>5</b>	Пк2	1394	1687			Пк2
	Пк3	6094	6387			Пк3
						100,00
	+35			1073		35,00
	+45			1075		45,00
<b>6</b>	Пк3	1239	1841			Пк3
	Пк4	5941	6539			Пк4
						100,00
	+29-Поп.1			1813		29,00
	Поп.1-Л4			1794		
	Поп.1-П5			1826		
<b>7</b>	Пк4	2468	0612			Пк4
	<b>PП6</b>	7169	5311		<b>8,164</b>	<b>PП6</b>
						100,00

Продовження **табл. Д.1**

Варіант № 5							
Початок відліку червоної сторони рейки, мм:					4787		
Номера станцій (стоянок) приладу	Позначення точок (репер, пікет, паля тощо)	Відлік по рейці, мм			Позначка (висота) точки, м БС (абс., умов.)	Примітки (зв'язкові точки на станції та відстані від задньої точки до інших точок на станції, м)	
		Задня (чорна, червона, «п'ятка»)	Передня (чорна, червона, «п'ятка»)	Проміжна (чорна)			
<b>1</b>		2788	0312		<b>8,164</b>	<b>РП6</b>	
		Пк0	7575	5099		Пк0	
						100,00	
<b>2</b>		1842	1258			Пк0	
		Пк1	6630	6044		Пк1	
						100,00	
<b>3</b>		0330	2771			Пк1	
		X1	5116	7559		X1	
						50,00	
<b>4</b>		0160	2940			X1	
		Пк2	4948	7726		Пк2	
						50,00	
<b>5</b>		2209	891			Пк2	
		Пк3	6996	5678		Пк3	
						100,00	
		+17		2862		17,00	
		+42		2862		42,00	
<b>6</b>		1951	1149			Пк3	
		Пк4	6739	5935		Пк4	
						100,00	
		+21-Поп.1		1150		21,00	
		Поп.1-Л4		2549			
		Поп.1-П4		2552			
<b>7</b>		Пк4	2403	0698		Пк4	
		<b>РП7</b>	7190	5485	<b>9,825</b>	<b>РП7</b>	
						100,00	

Продовження **табл. Д.1**

Варіант № 6						
Початок відліку червоної сторони рейки, мм:					4875	
Номера станцій (стоянок) приладу	Позначення точок (репер, пікет, паля тощо)	Відлік по рейці, мм			Позначка (висота) точки, м БС (абс., умов.)	Примітки (зв'язкові точки на станції та відстані від задньої точки до інших точок на станції, м)
		Задня (чорна, червона, «п'ятка»)	Передня (чорна, червона, «п'ятка»)	Проміжна (чорна)		
<b>1</b>	<b>PП22</b>	0211	2810		<b>23,451</b>	<b>PП22</b>
	Пк0	5086	7685			Пк0
						100,00
<b>2</b>	Пк0	0289	2731			Пк0
	Пк1	5164	7606			Пк1
						100,00
<b>3</b>	Пк1	2365	0656			Пк1
	X1	7239	5532			X1
						50,00
<b>4</b>	X1	2278	0743			X1
	Пк2	7151	5620			Пк2
						50,00
<b>5</b>	Пк2	1582	1439			Пк2
	Пк3	6457	6314			Пк3
						100,00
	+43			0516		43,00
	+53			0516		53,00
<b>6</b>	Пк3	1722	1299			Пк3
	Пк4	6599	6172			Пк4
						100,00
	+28-Поп.1			1296		28,00
	Поп.1-Л5			1284		
	Поп.1-П5			1307		
<b>7</b>	Пк4	1580	1441			Пк4
	<b>PП23</b>	6456	6315		<b>22,371</b>	<b>PП23</b>
						100,00

Продовження **табл. Д.1**

Варіант № 7							
Початок відліку червоної сторони рейки, мм:					4754		
Номера станцій (стоянок) приладу	Позначення точок (репер, пікет, паля тощо)	Відлік по рейці, мм			Позначка (висота) точки, м БС (абс., умов.)	Примітки (зв'язкові точки на станції та відстані від задньої точки до інших точок на станції, м)	
		Задня (чорна, червона, «п'ятка»)	Передня (чорна, червона, «п'ятка»)	Проміжна (чорна)			
<b>1</b>		1077	1963		<b>22,371</b>	<b>РП23</b>	
		Пк0	5832	6717		Пк0	
						100,00	
<b>2</b>		2442	0599			Пк0	
		X1	7194	5355		X1	
						50,00	
<b>3</b>		2395	0645			X1	
		Пк1	7150	5398		Пк1	
						50,00	
<b>4</b>		1598	1443			Пк1	
		Пк2	6351	6198		Пк2	
						100,00	
<b>5</b>		1378	1662			Пк2	
		Пк3	6134	6415		Пк3	
						100,00	
		+25		1065		25,00	
		+55		1064		55,00	
<b>6</b>		0973	2067			Пк3	
		Пк4	5727	6821		Пк4	
						100,00	
		+36-Поп.1		2070		36,00	
		Поп.1-Л3		2067			
		Поп.1-П4		2072			
<b>7</b>		Пк4	1096	1945		Пк4	
		<b>РП24</b>	5849	6699	<b>22,981</b>	<b>РП24</b>	
						100,00	

Продовження **табл. Д.1**

Варіант № 8						
Початок відліку червоної сторони рейки, мм:					4800	
Номера станцій (стоянок) приладу	Позначення точок (репер, пікет, паля тощо)	Відлік по рейці, мм			Позначка (висота) точки, м БС (абс., умов.)	Примітки (зв'язкові точки на станції та відстані від задньої точки до інших точок на станції, м)
		Задня (чорна, червона, «п'ятка»)	Передня (чорна, червона, «п'ятка»)	Проміжна (чорна)		
<b>1</b>	<b>RП24</b>	0689	2372		<b>22,981</b>	<b>RП24</b>
	Пк0	5490	7171			Пк0
						100,00
<b>2</b>	Пк0	2538	0522			Пк0
	X1	7337	5324			X1
						50,00
<b>3</b>	X1	2135	0925			X1
	Пк1	6936	5725			Пк1
						50,00
<b>4</b>	Пк1	0095	2965			Пк1
	Пк2	4895	7765			Пк2
						100,00
<b>5</b>	Пк2	1380	1681			Пк2
	Пк3	6181	6480			Пк3
						100,00
	+18			2364		18,00
	+33			2364		33,00
<b>6</b>	Пк3	1851	1209			Пк3
	Пк4	6650	6010			Пк4
						100,00
	+12-Поп.1			1325		12,00
	Поп.1-Л3			2226		
	Поп.1-Г3			2229		
<b>7</b>	Пк4	2898	0162			Пк4
	<b>RП25</b>	7699	4961		<b>24,736</b>	<b>RП25</b>
						100,00

Продовження **табл. Д.1**

Варіант № 9						
Початок відліку червоної сторони рейки, мм:					4700	
Номера станцій (стоянок) приладу	Позначення точок (репер, пікет, паля тощо)	Відлік по рейці, мм			Позначка (висота) точки, м БС (абс., умов.)	Примітки (зв'язкові точки на станції та відстані від задньої точки до інших точок на станції, м)
		Задня (чорна, червона, «п'ятка»)	Передня (чорна, червона, «п'ятка»)	Проміжна (чорна)		
<b>1</b>	<b>RП25</b>	2052	1029		<b>24,736</b>	<b>RП25</b>
	Пк0	6752	5729			Пк0
						100,00
<b>2</b>	Пк0	2350	0730			Пк0
	X1	7049	5431			X1
						50,00
<b>3</b>	X1	2363	0718			X1
	Пк1	7062	5418			Пк1
						50,00
<b>4</b>	Пк1	0888	2193			Пк1
	Пк2	5588	6893			Пк2
						100,00
<b>5</b>	Пк2	1136	1945			Пк2
	Пк3	5836	6644			Пк3
						100,00
	+17			0315		17,00
	+37			0317		37,00
<b>6</b>	Пк3	1297	1784			Пк3
	Пк4	5998	6483			Пк4
						100,00
	+8-Поп.1			1795		8,00
	Поп.1-Л4			1779		
	Поп.1-П5			1810		
<b>7</b>	Пк4	2567	0513			Пк4
	<b>RП26</b>	7268	5212		<b>28,461</b>	<b>RП26</b>
						100,00

Продовження **табл. Д.1**

Варіант № 10						
Початок відліку червоної сторони рейки, мм:					4787	
Номера станцій (стоянок) приладу	Позначення точок (репер, пікет, паля тощо)	Відлік по рейці, мм			Позначка (висота) точки, м БС (абс., умов.)	Примітки (зв'язкові точки на станції та відстані від задньої точки до інших точок на станції, м)
		Задня (чорна, червона, «п'ятка»)	Передня (чорна, червона, «п'ятка»)	Проміжна (чорна)		
<b>1</b>		2437	0664		<b>28,461</b>	<b>РП26</b>
	Пк0	7224	5451			Пк0
						100,00
<b>2</b>	Пк0	1254	1847			Пк0
	Пк1	6042	6633			Пк1
						100,00
<b>3</b>	Пк1	0638	2462			Пк1
	X1	5424	7250			X1
						50,00
<b>4</b>	X1	0585	2516			X1
	Пк2	5372	7302			Пк2
						50,00
<b>5</b>	Пк2	1760	1341			Пк2
	Пк3	6547	6128			Пк3
						100,00
	+34			2411		34,00
	+53			2411		53,00
<b>6</b>	Пк3	2556	0544			Пк3
	Пк4	7344	5330			Пк4
						100,00
	+32-Поп.1			0546		32,00
	Поп.1-Л4			2005		
	Поп.1-П4			2008		
<b>7</b>	Пк4	2385	0715			Пк4
	<b>РП27</b>	7173	5502		<b>30,008</b>	<b>РП27</b>
						100,00

**Примітка:**

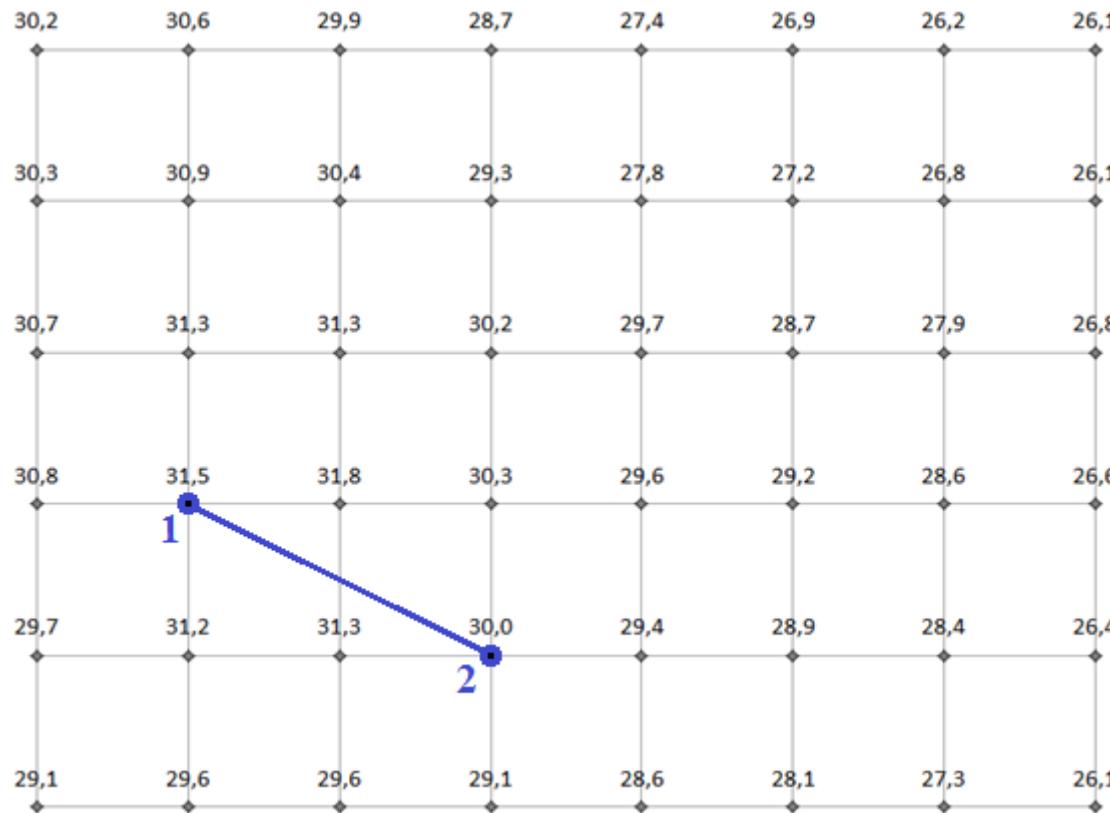
номер варіанта відповідає останній цифрі номера залікової книжки (цифрам 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 відповідають варіанти 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, цифрі 0 відповідає варіант 10).

## **Додаток Е**

### **Варіанти вихідних даних**

**для самостійного виконання практичної роботи № 10**

*(номер варіанта відповідає останній цифрі номера залікової книжки:  
цифрам 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 відповідають варіанти 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,  
цифри 0 відповідає варіант 10)*

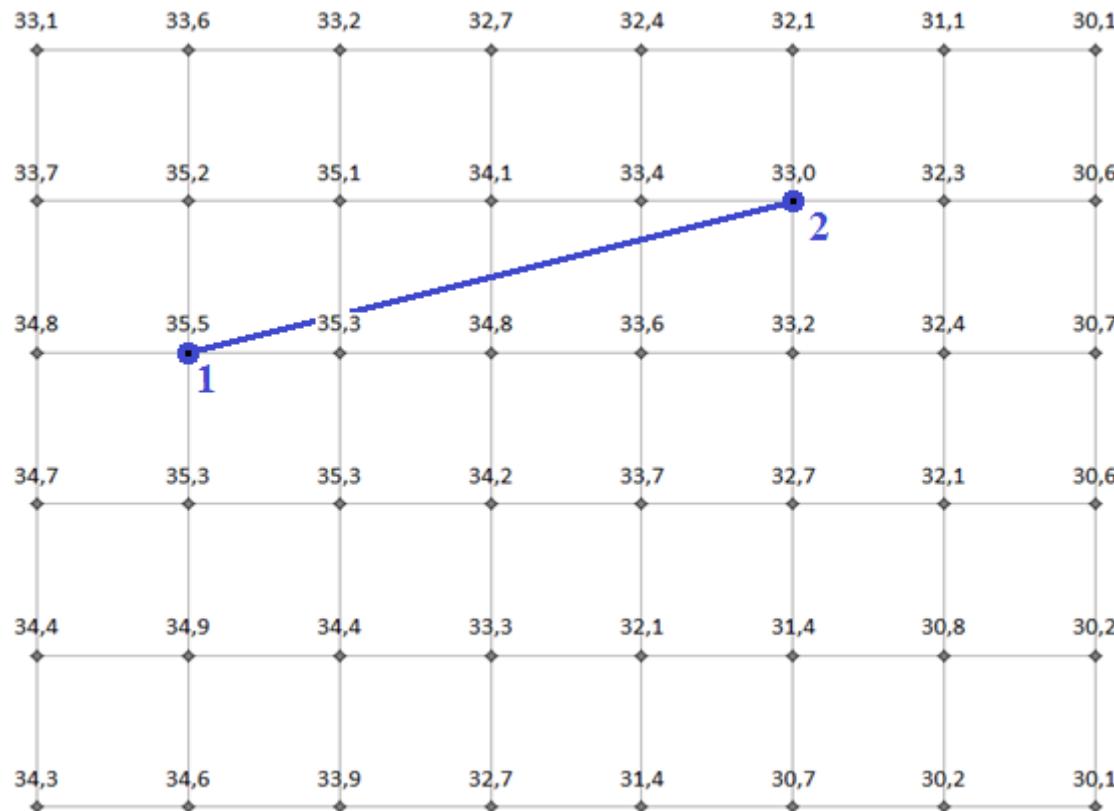


**1:2000**

в 1 сантиметрі 20 метрів

Суцільні горизонталі проведені через 1 метр  
Балтийська система висот

**Рис. Е.1** – Вихідні дані (**варіант № 1**) для побудови плану території в горизонталях (точки **1** та **2** – відповідно початок і кінець заданого відрізку для визначення крутості схилу та ухилу лінії місцевості)

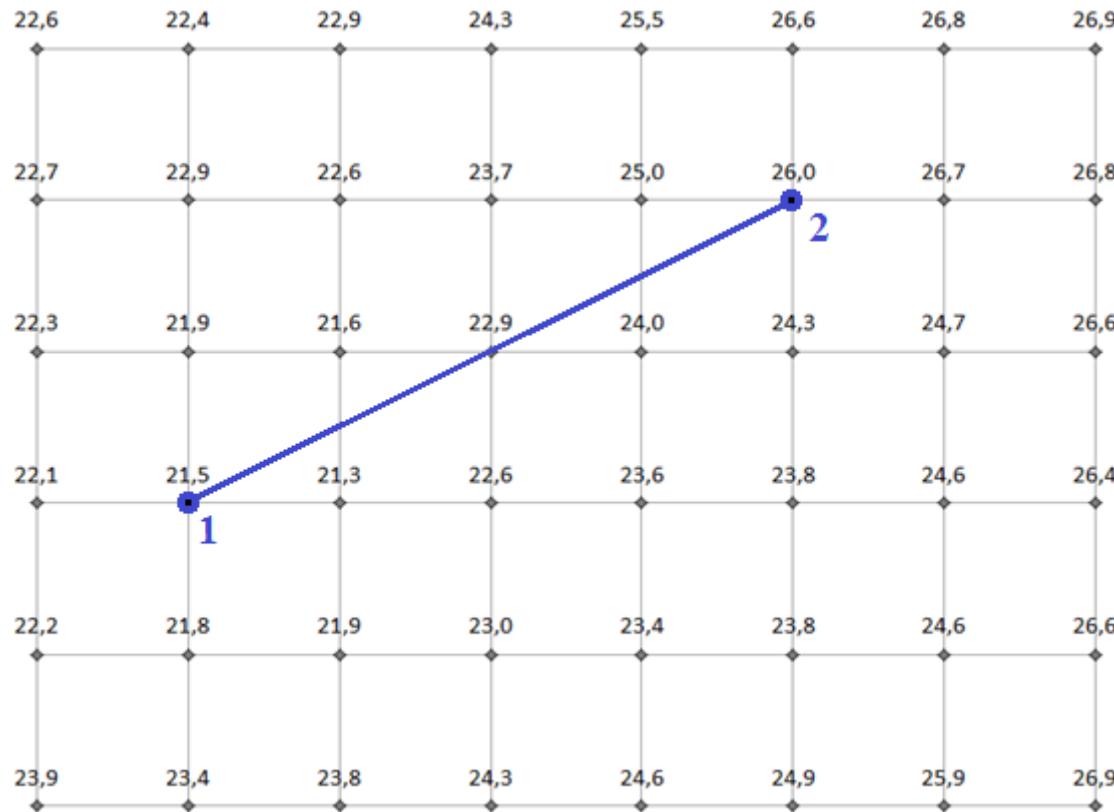


**1:2000**

в 1 сантиметрі 20 метрів

Суцільні горизонтали проведені через 1 метр  
Балтійська система висот

**Рис. Е.2** – Вихідні дані (**варіант № 2**) для побудови плану території в горизонталях (точки **1** та **2** – відповідно початок і кінець заданого відрізку для визначення крутості схилу та ухилу лінії місцевості)

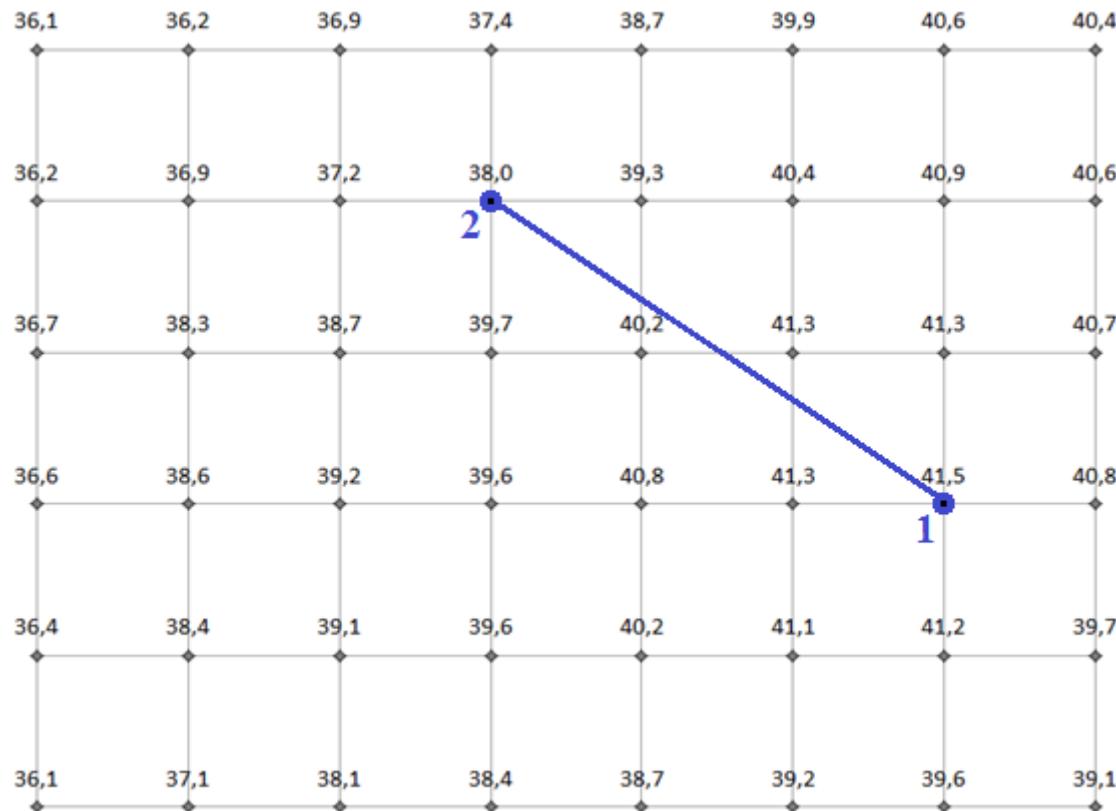


**1:2000**

в 1 сантиметрі 20 метрів

Суцільні горизонтали проведені через 1 метр  
Балтійська система висот

**Рис. Е.3 – Вихідні дані (варіант № 3) для побудови плану території в горизонталях (точки **1** та **2** – відповідно початок і кінець заданого відрізку для визначення крутості схилу та ухилу лінії місцевості)**

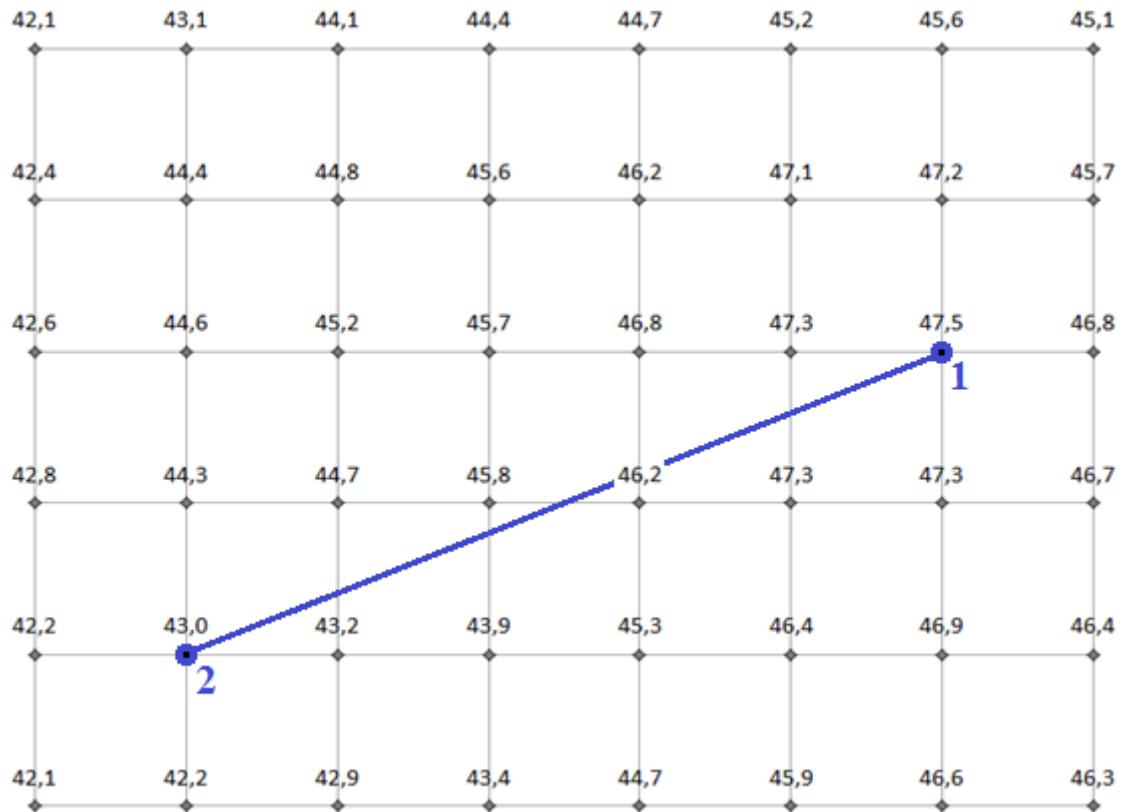


**1:2000**

в 1 сантиметрі 20 метрів

Суцільні горизонталі проведені через 1 метр  
Балтійська система висот

**Рис. Е.4** – Вихідні дані (**варіант № 4**) для побудови плану території в горизонталях (точки **1** та **2** – відповідно початок і кінець заданого відрізку для визначення крутості схилу та ухилу лінії місцевості)

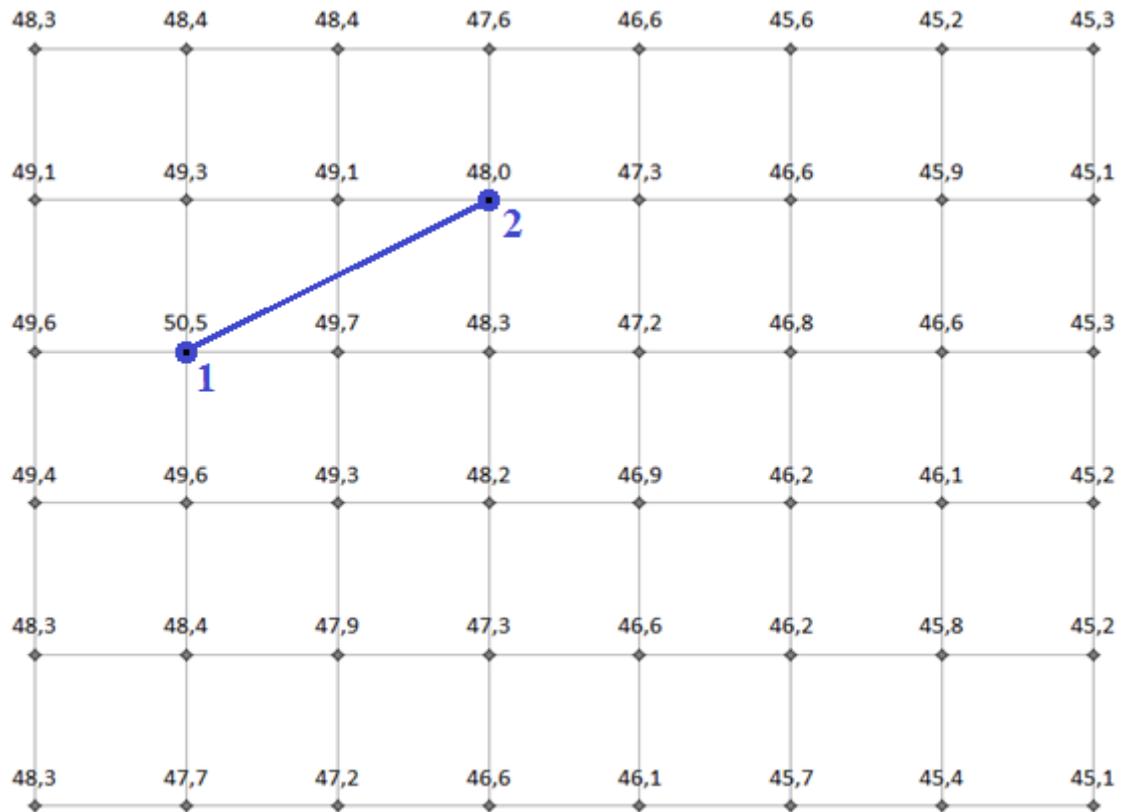


**1:2000**

в 1 сантиметрі 20 метрів

Суцільні горизонтали проведені через 1 метр  
Балтійська система висот

**Рис. Е.5** – Вихідні дані (**варіант № 5**) для побудови плану території в горизонталях (точки **1** та **2** – відповідно початок і кінець заданого відрізку для визначення крутості схилу та ухилу лінії місцевості)

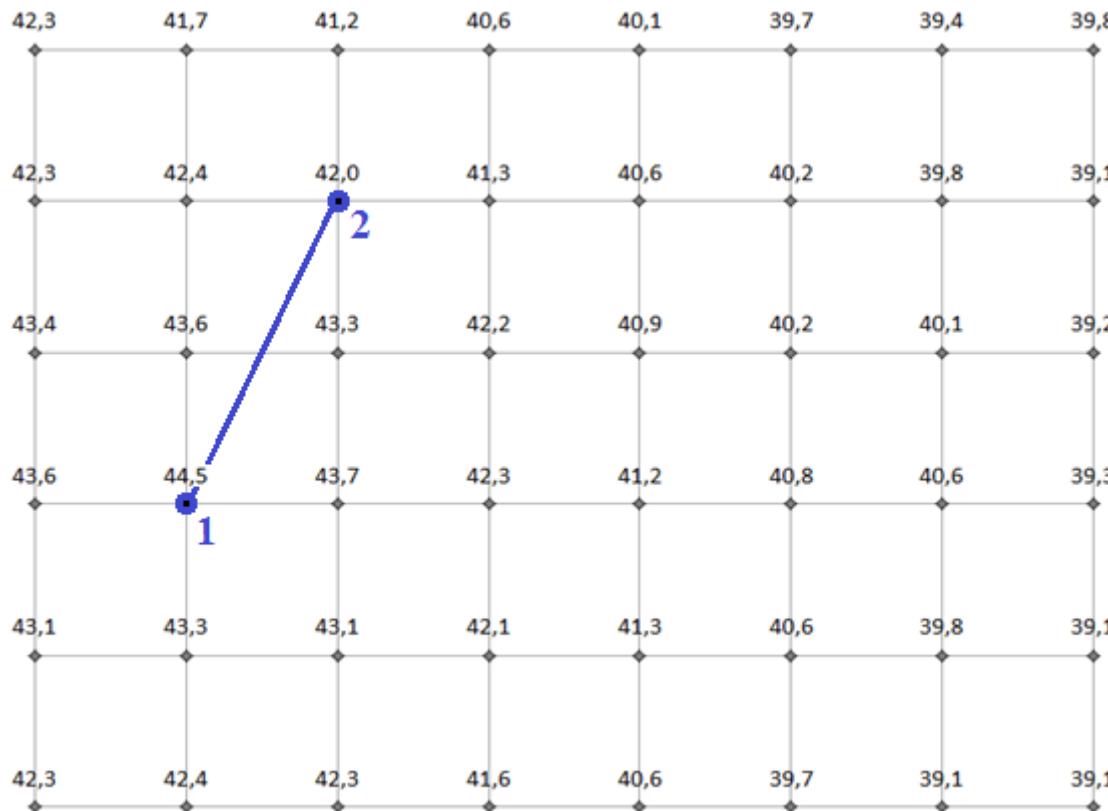


**1:2000**

в 1 сантиметрі 20 метрів

Суцільні горизонталі проведені через 1 метр  
Балтійська система висот

**Рис. Е.6** – Вихідні дані (**варіант № 6**) для побудови плану території в горизонталях (точки **1** та **2** – відповідно початок і кінець заданого відрізку для визначення крутості схилу та ухилу лінії місцевості)

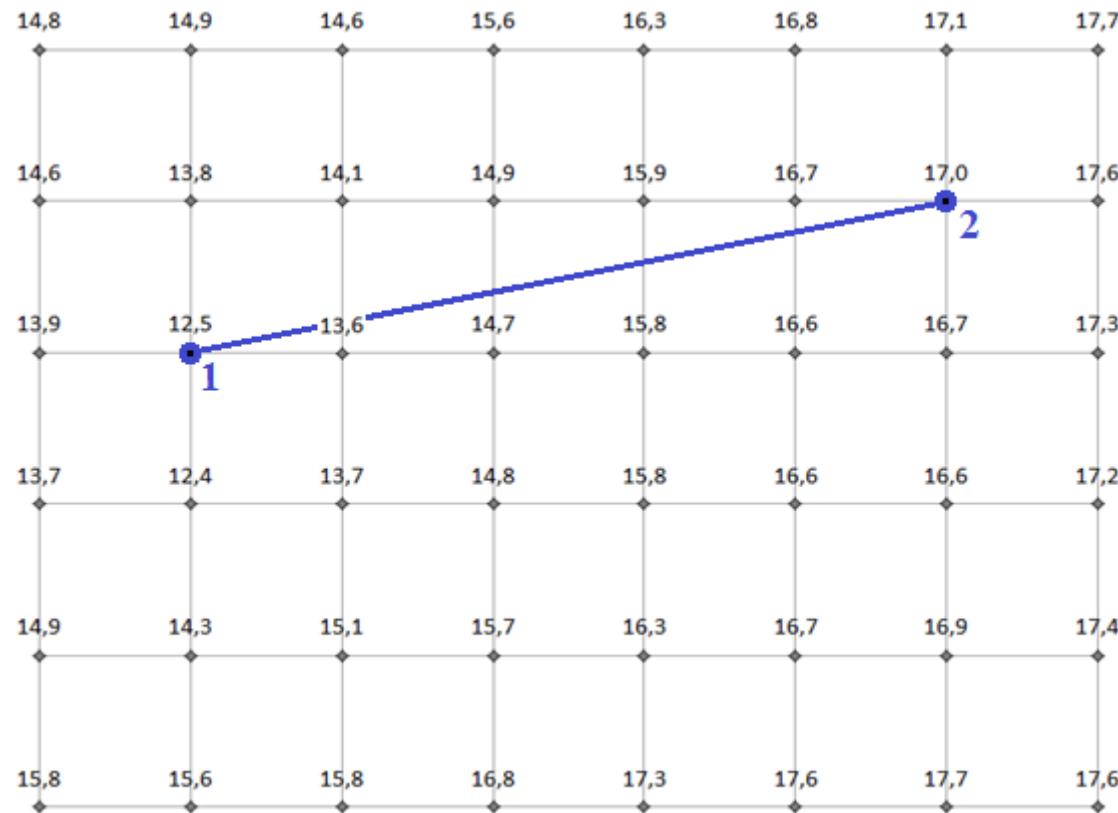


**1:2000**

в 1 сантиметрі 20 метрів

Суцільні горизонталі проведені через 1 метр  
Балтійська система висот

**Рис. Е.7** – Вихідні дані (**варіант № 7**) для побудови плану території в горизонталях (точки **1** та **2** – відповідно початок і кінець заданого відрізку для визначення крутості схилу та ухилу лінії місцевості)

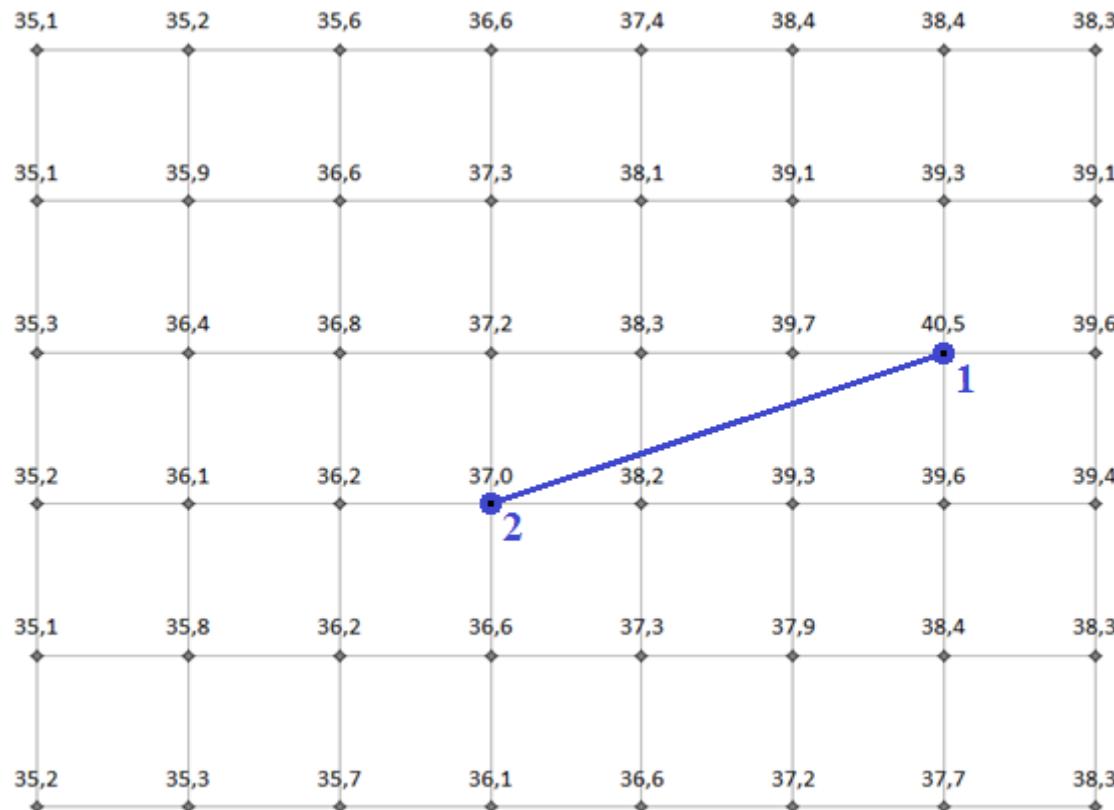


**1:2000**

в 1 сантиметрі 20 метрів

Суцільні горизонтали проведені через 1 метр  
Балтійська система висот

**Рис. Е.8** – Вихідні дані (**варіант № 8**) для побудови плану території в горизонталях (точки **1** та **2** – відповідно початок і кінець заданого відрізку для визначення крутості схилу та ухилу лінії місцевості)

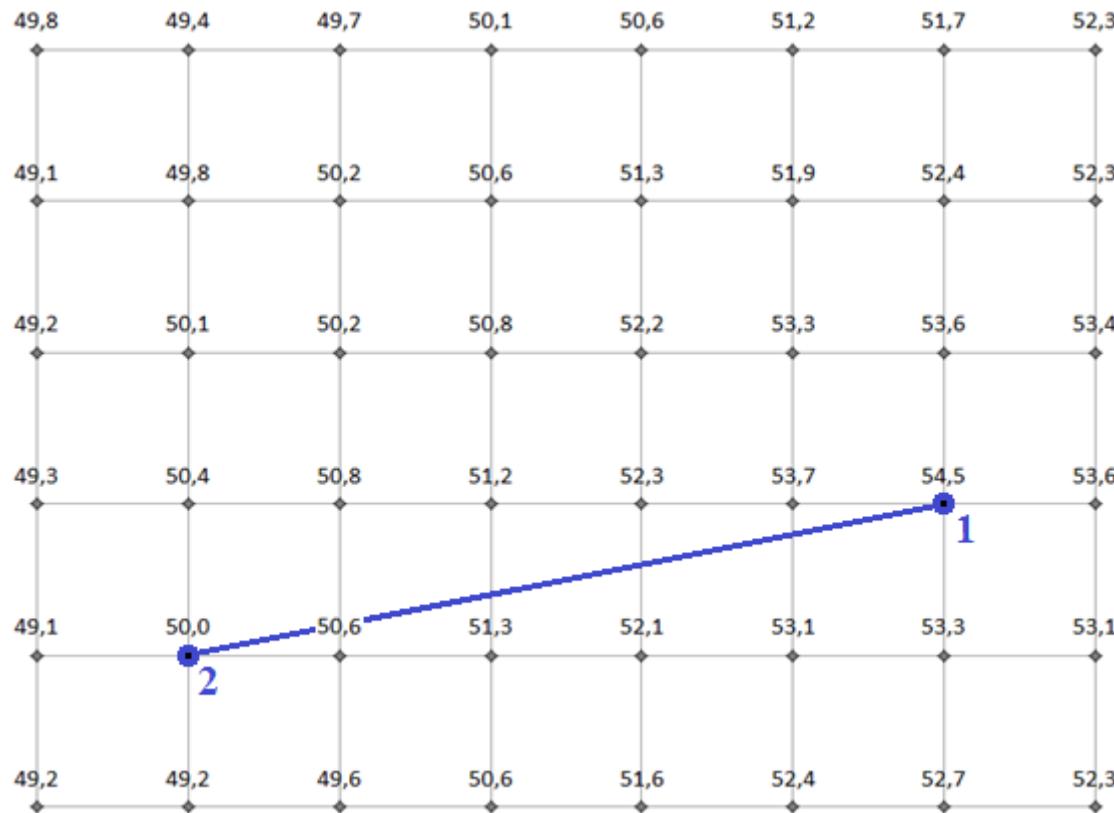


**1:2000**

в 1 сантиметрі 20 метрів

Суцільні горизонтали проведені через 1 метр  
Балтійська система висот

**Рис. Е.9** – Вихідні дані (**варіант № 9**) для побудови плану території в горизонталях (точки **1** та **2** – відповідно початок і кінець заданого відрізку для визначення крутості схилу та ухилу лінії місцевості)



**1:2000**

в 1 сантиметрі 20 метрів

Суцільні горизонтали проведені через 1 метр  
Балтійська система висот

**Рис. Е.10** – Вихідні дані ([варіант № 10](#)) для побудови плану території в горизонталях (точки **1** та **2** – відповідно початок і кінець заданого відрізку для визначення крутості схилу та ухилу лінії місцевості)

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
до практичних занять з навчальної дисципліни  
**НПП 1.3 «Топографо-геодезичні дослідження водних систем»**

для студентів денної та заочної форми навчання  
спеціальності 101 «Екологія»

Укладачі: **Гриб Олег Миколайович**, к. геогр. н., доц.,  
**Балан Ганна Костянтинівна**, ст. викл.,  
**Гращенкова Тетяна Валеріївна**, ас.

Підп. до друку  
Умовн. друк. арк.

Формат  
Тираж

Папір  
Зам. №

Надруковано з готового оригінал-макета

---

**Одеський державний екологічний університет**  
65016, Одеса, вул. Львівська, 15

---