

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

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
до виконання лабораторних робіт та самостійної роботи
з навчальної дисципліни

«ОСНОВИ ГЕОДЕЗІЇ»

*(для студентів денної форми навчання спеціальності
191 – Архітектура та містобудування)*

Харків – ХНУМГ ім. О. М. Бекетова – 2018

Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт на самостійної роботи з навчальної дисципліни «Основи геодезії» (для студентів 1 курсу денної форми навчання спеціальності 191 – Архітектура та містобудування) /; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад. : Л. О. Маслій, О. М. Пілічева,. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 75 с.

Укладачі:

асист. Л. О. Маслій,
канд. техн. наук М. О. Пілічева

Рецензент:

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

Рекомендовано кафедрою земельного адміністрування та геоінформаційних систем, протокол № 1 від 30.08.2018.

ЗМІСТ

Вступ	6
Лабораторна робота № 1 Вимірювання на топографічному плані.....	7
1 Теоретичні питання.....	7
1.1 Масштаби та їх види. Точність масштабу.....	7
1.2 Прямокутні координати.....	10
1.3 Дирекційні кути.....	12
2 Порядок виконання роботи.....	12
2.1 Вимірювання та побудова довжин ліній.....	12
2.1.1 Визначення довжини лінії горизонтального прокладання на місцевості.....	12
2.1.2 Побудова горизонтального прокладання на плані.....	13
2.1.3 Визначення довжини горизонтального прокладання лінії на місцевості D_{AB} за допомогою поперечного масштабу.....	14
2.1.4 Побудова відрізка лінії за допомогою поперечного масштабу на топографічному плані масштабу 1:2000.....	15
2.2 Визначення прямокутних координат заданої точки.....	16
2.3 Визначення дирекційних кутів заданих ліній.....	19
Питання для самоперевірки.....	20
Лабораторна робота № 2 Рельєф Рішення задач на топографічному плані за горизонталями.....	22
1 Теоретичні питання.....	22
1.1 Рельєф місцевості та способи його зображення. Висоти точок, визначення перевищень між точками.....	22
1.2 Визначення висот точок за горизонталями.....	26
1.3 Визначення стрімкості схилу та ухилу лінії.....	28
1.4 Побудова профілю місцевості за заданим напрямком.....	29
2 Порядок виконання роботи.....	30
2.1 Визначення перевищення між точками з відомими висотами.....	30
2.2 Визначення висот точок за горизонталями.....	30
2.2.1 Визначення висоти точки, яка лежить на горизонталі.....	30
2.2.2 Визначення висоти точки, яка знаходиться між горизонталями.....	30
2.2.3 Визначення висот точок, які є характерними точками місцевості.....	31
2.3 Визначення крутизни схилу та ухилу заданої лінії.....	31
2.4 Побудова профілю рельєфу місцевості заданого напрямку.....	32
Питання для самоперевірки.....	33

Лабораторна робота № 3 Визначення меж водозбірної площі. Визначення площ на топографічному плані та карті.....	34
1 Теоретичні питання.....	34
1.1 Визначення меж водозбірної площі.....	34
1.2 Визначення площ на топографічній карті або плані.....	35
2 Порядок виконання роботи.....	40
2.1 Визначення меж водозбірної площі.....	40
2.2 Визначення площі на топографічному плані та карті.....	40
2.2.1 Визначення площі за допомогою палетки.....	40
2.2.2 Визначення площі графічним способом.....	41
2.2.3 Визначення площі аналітичним способом.....	43
Питання для самоперевірки.....	44
Лабораторна робота № 4 Будова теодоліту 2Т30М.....	45
1 Теоретичні питання.....	45
2 Порядок виконання роботи.....	48
2.1 Будова теодоліта 2Т30М.....	48
2.2 Підготовка теодоліта до роботи.....	49
2.3 Приведення теодоліта у робочий стан.....	49
2.4 Взяття відліків по вертикальному і горизонтальному колу.....	51
Питання для самоперевірки.....	52
Лабораторна робота № 5 Вимірювання горизонтальних та вертикальних кутів.....	53
1 Теоретичні питання.....	53
1.1 Вимірювання горизонтальних кутів.....	53
1.2 Вимірювання вертикальних кутів (кут нахилу).....	55
2 Порядок виконання роботи.....	56
2.1 Визначення горизонтального кута.....	56
2.2 Вимірювання вертикального кута.....	59
Питання для самоперевірки.....	60
Лабораторна робота № 6 Будова нівеліру Н10-КЛ.....	61
1 Теоретичні питання.....	61
2 Порядок виконання роботи.....	63
2.1 Перевірка зовнішнього стану і комплектності нівеліра.....	63
2.2 Перевірка працездатності нівеліра.....	64
2.3 Перевірка круглого рівня.....	64
2.4 Перевірка сітки ниток.....	65
2.5 Будова нівеліра Н-10КЛ.....	66

2.6 Взяття відліків по нівелірній рейці.....	67
Питання для самоперевірки.....	68
Лабораторна робота № 7 Технічне нівелювання. Робота на станції.....	69
1 Теоретичні питання.....	69
2 Порядок виконання роботи.....	72
Питання для самоперевірки.....	74
Список рекомендованих джерел.....	75

ВСТУП

Дисципліна «Основи геодезії» належить до нормативної дисципліни спеціальності 191 – Архітектура та містобудування, яка вивчає методи, прилади та методики топографо-геодезичних вимірювань, виготовлення топографічних матеріалів та розв'язання різноманітних задач на картах та планах. Сучасне планування та забудова населених пунктів, проектування і будівництво різних інженерних споруд вимагає від студентів знання основ геодезії. Майбутні спеціалісти у сфері архітектури та містобудування повинні мати геодезичну підготовку, знати геодезичні прилади, мати уявлення про геодезичні вимірювання і вирішувати геодезичні задачі в процесі проектування і планування населених пунктів.

Метою вивчення дисципліни є навчити студентів:

- читати зміст зображень на топографічних картах, планах і профілях;
- вміти вирішувати на них геодезичні задачі;
- знати будову геодезичних приладів;
- навичкам виконання геодезичних вимірювань.

В методичних рекомендаціях до лабораторних занять і самостійної роботи з дисципліни «Основи геодезії» до кожного етапу лабораторних робіт даються детальні пояснення, наводяться основні схеми та рисунки. Для полегшення сприйняття, систематизації та засвоєння матеріалу представлено теоретичні відомості, необхідні формули та методики розрахунків. Для проведення студентом самостійної роботи наприкінці кожної лабораторної роботи наведено питання для самостійної роботи.

Наведені у методичних рекомендаціях матеріали можуть бути використані для проведення лабораторних робіт, при виконанні курсових та дипломного проектування, а також при виконанні розрахунково-графічних і контрольних робіт.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

Вимірювання на топографічному плані

Мета роботи. Ознайомитися з масштабами та їх точністю. Освоїти вимірювання та побудову довжин ліній на плані. Навчитися визначати прямокутні координати точок, вимірювати дирекційні кути заданих ліній.

Прилади та приладдя. Циркуль-вимірник, креслярська лінійка, геодезичний транспортир, план масштабу 1:2000, олівець 2Т, бланк до лабораторної роботи №1.

1 Теоретичні питання

1.1 Масштаби та їх види. Точність масштабу

Фізична поверхня Землі досить складна, тому для розв'язання практичних та інженерних задач її зображують на планах і картах.

План – це зменшене подібне зображення невеликої ($\approx 40 \text{ км}^2$) ділянки місцевості зі збереженням подібності форм ситуації і рельєфу без урахування кривизни Землі.

Плани поділяють на:

- **контурні** – зображуються тільки межі угідь (ліс, болото і т. д.);
- **ситуаційні** – зображуються тільки предмети місцевості (будівлі, дороги тощо);
- **топографічні** – зображуються контури, предмети ситуації і рельєф місцевості (рис. 1.1).

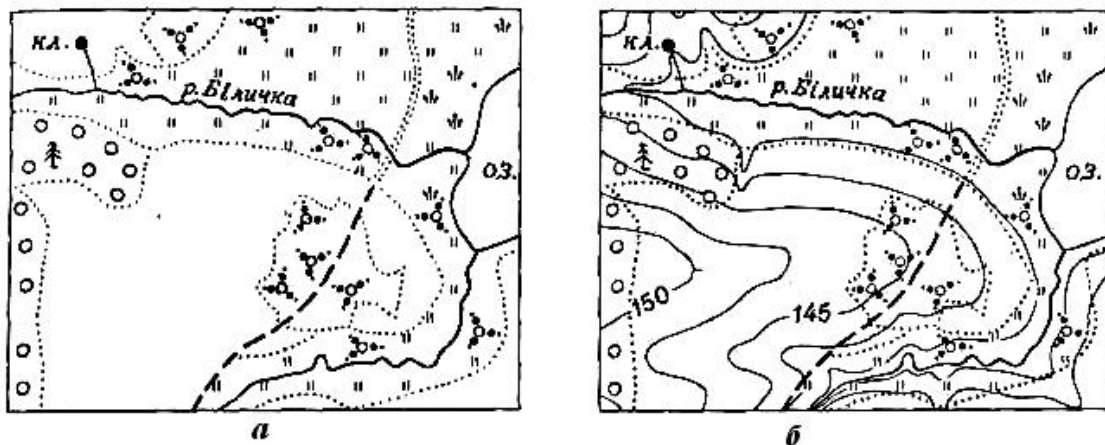


Рисунок 1.1 – Топографічні плани:
а) – контурний; б) – топографічний

Топографічні плани масштабів 1:5000 – 1:2000 використовують у розробці генеральних планів міст, складних технічних проектів інженерних споруд, проектуванні залізниць, автодоріг, каналів тощо, масштабів 1:1000 – 1:500 – у розробці робочих креслень для деталей елементів споруд, геодезичному розмічуванні інженерних споруд.

Горизонтальні проекції ліній на місцевості не можуть бути відкладені на папері у натуральну величину, тому зазвичай об'єкти місцевості наносять на карту, план, профіль зменшеними до відповідного масштабу.

Масштабом топографічної карти або плану називають відношення довжини лінії на карті або плані до відповідної горизонтальної проекції цієї лінії на місцевості.

Масштаби виражають в **числовій, лінійній та іменованій формах**.

Чисельний масштаб виражається у вигляді простого дроби 1: M або $\frac{1}{M}$. Число M показує, у скільки разів зменшені лінії місцевості або розміри споруд на плані. Слід зауважити, що масштаб – це безрозмірна величина, наприклад, для масштабу 1:1000, якщо вимірювання проводити в мм, то одному міліметру на плані відповідає 1000 мм на місцевості; якщо вимірювання проводити в см, то одному сантиметру на плані відповідає 1000 см на місцевості і т. д. Числовий масштаб дозволяє легко визначити довжину лінії на місцевості, якщо відома її довжина на плані, і навпаки. Основні формули визначення довжин ліній у масштабі виводиться із відношення 1.1 і мають наступний вигляд:

$$\frac{1}{M} = \frac{s}{D}, \quad (1.1)$$

$$D = s \cdot M, \quad (1.2)$$

$$s = \frac{D}{M}, \quad (1.3)$$

де M – знаменник масштабу плану; s – довжина лінії на плані; D – горизонтальна проекція лінії на місцевості.

Іменованій масштаб підписується під чисельним (рис. 1.2) і вказує довжину горизонтального прокладання на місцевості, що відповідає 1 см на карті або плані. Наприклад, для масштабу 1:2000, під південною стороною рамки топографічного плану роблять підпис «В 1 сантиметрі – 20 метрів».

Лінійний масштаб – це відрізок, який відображений у вигляді лінії, розділеної на однакові інтервали a , які називаються основою масштабу.

Наліво і направо від початку відліку «0» відкладають відрізки a – основу масштабу, яка дорівнює двом сантиметрам. Ліву основу прямої ділять на десять або двадцять частин. Кожну поділку лінійного масштабу оцифровують відповідно до масштабу карти або плану. Лінійний масштаб відображають під південною рамкою топографічного плану або карти і використовують для вимірювання або відкладання довжин ліній за допомогою циркуля-вимірника без виконання арифметичних дій (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Зображення масштабів на планах і картах

Найбільш точно довжину лінії між точками на топографічному плані (карті) можна визначити за допомогою масштабної лінійки (металева пластина), на яку наносять поперечний масштаб.

Поперечний масштаб – це графічний масштаб у вигляді номограми, побудова якого базується на пропорційності відрізків паралельних прямих, що перетинають сторони кута.

Її креслять наступним чином. На лінії MM відкладають декілька разів основу масштабу довжиною 2 см і з отриманих точок будують вверх перпендикуляри до неї. Кінці основ підписують так само, як і при побудові лінійного масштабу, починаючи з точки t . 0. На крайніх перпендикулярах в точках M і M відкладають вверх по 10 ($m = 10$) рівних відрізків (наприклад, по 2 мм), через які проводять прямі паралельні лінії MM . Першу основу (ліву від нуля) на нижній і верхній лініях ділять на 10 рівних частин (поділок $n = 10$), які з'єднують послідовно: початок (0) нижньої поділки з кінцем першої поділки на верхній лінії NN і т.д. Поперечний масштаб, в якому основа $a=2$ см, а $m=n=10$, називають «сотовим» або нормальним (рис. 1.3).

Найменшу поділку цього масштабу визначають із подібності трикутників, яка дорівнює:

$$\frac{a}{n \times m} = \frac{a}{100}$$

Точність вимірювання відстаней на топографічному плані або карті за допомогою циркуля-вимірника і поперечного масштабу не перевищує 0,1 мм, тому що неозброєним оком можна розпізнати відрізки довжиною не менше 0,1 мм. Такий відрізок відповідає діаметру надколу зробленого гострою голкою вимірника на аркуші паперу. Величину 0,1 мм називають *граничною графічною точністю* вимірювань, а величину лінії горизонтального прокладення на місцевості, що дорівнює 0,1 мм на плані чи карті називають *граничною точністю масштабу*. Таким чином, гранична точність масштабів 1:500, 1:1000, 1:2000 і 1:5000 дорівнює відповідно 0,05, 0,1, 0,2 і 0,5 м.

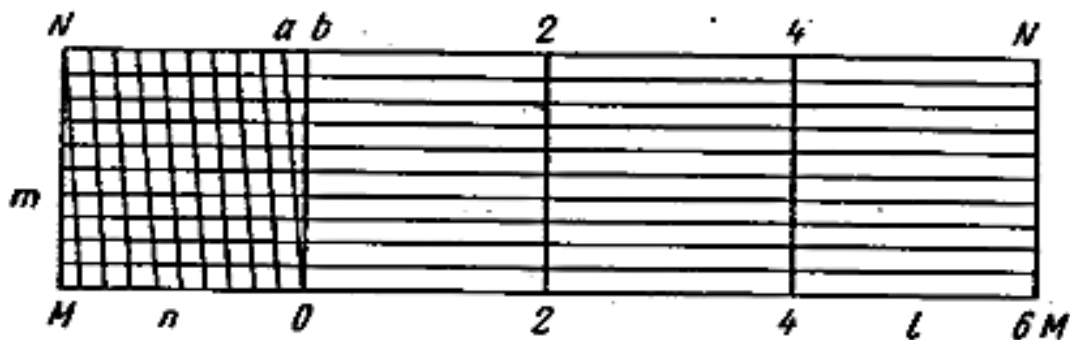


Рисунок 1.3 – Поперечний масштаб

Точність визначення відстані на топографічному плані дорівнює подвійній граничній точності масштабу.

Поперечний масштаб використовують при розв'язанні інженерно-геодезичних задач при визначенні відстаней на топографічному плані або карті на паперовій основі конкретного масштабу.

1.2 Прямокутні координати

Плоскі прямокутні координати – це система координат, що складається з двох взаємоперпендикулярних прямих: осі абсцис X та осі ординат Y , які ділять площину на четверті (рис. 1.4).

У цій системі площина збігається з площиною горизонту в точці 0 , що є початком координат. Вісь абсцис X суміщають з напрямком осьового меридіана,

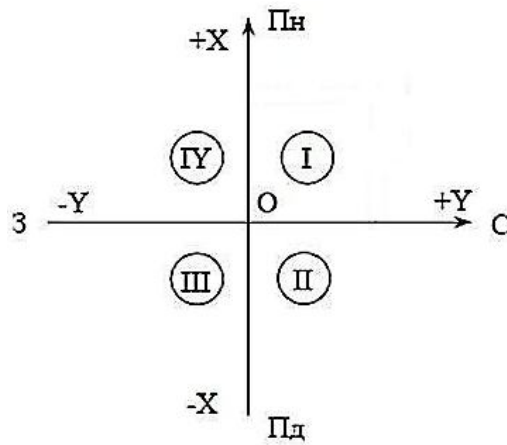


Рисунок 1.4 – Плоскі прямокутні координати

що проходить через початок координат, або напрямком, який паралельний даному меридіану. Вісь ординат Y проходить через точку «0» перпендикулярно до осі абсцис X (рис. 1.4).

У плоскій прямокутній системі координат ділянка місцевості в точці 0 ділиться на чотири чверті, які відраховують за ходом годинникової стрілки. Напрямки осей від початку координат призначають на північ і схід знаком «+», а на південь та захід – «-».

Наприклад положення точки A визначається абсцисою X та ординатою Y , тобто відрізками відповідної осі від початку координат до основи перпендикуляра, що опущений з точки A на вісь X та Y (рис. 1.5).

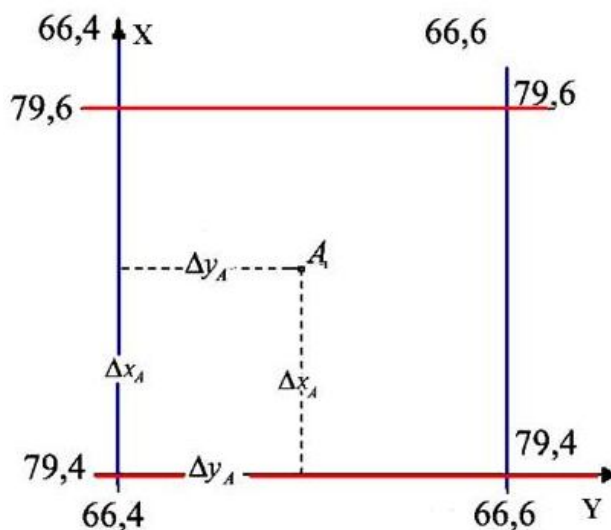


Рисунок 1.5 – Схема визначення прямокутних координат точки A

1.3 Дирекційні кути

При використанні топографічних планів або карт для орієнтування ліній застосовують дирекційні кути. За початковий напрям приймають напрям осьового меридіана зони або лінії, паралельній йому.

Дирекційним кутом називають горизонтальний кут між північним напрямком осі X або лінії, паралельній йому, до напрямку даної лінії, що відраховується за рухом стрілки годинника.

В залежності від розташування лінії на місцевості дирекційні кути, можуть мати величину від 0° до 360° . Розрізняють **прямий** і **зворотній** дирекційні кути, які по величині відрізняються на 180° (рис. 1.6).

Якщо дирекційний кут α_{AB} напрямку AB назвати прямим, а α_{BA} для напрямку BA – зворотнім, то

$$\alpha_{AB} = \alpha_{BA} \pm 180^\circ. \quad (1.4)$$

Слід мати на увазі, що співвідношення (1.4) є справедливим для всіх точок даної лінії, незалежно від того, який дирекційний кут прийнято за прямий, а який за зворотній.

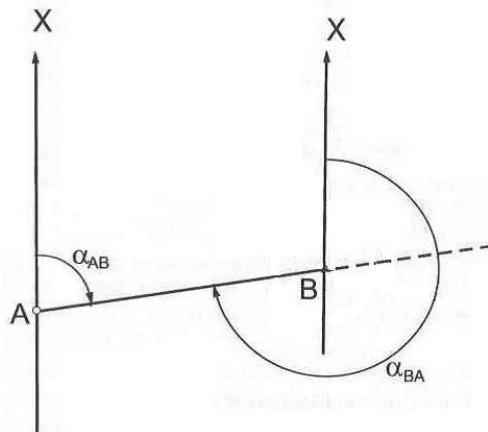


Рисунок 1.6 – Прямий та зворотній дирекційний кути

2 Порядок виконання роботи

2.1 Вимірювання та побудова довжин ліній

2.1.1 Визначення довжини лінії горизонтального прокладання на місцевості

Приклад. На плані масштабу 1:2000 визначити довжину горизонтального прокладання лінії D_{AB} на місцевості, яка задана на плані точками A і B (рис. 1.7).

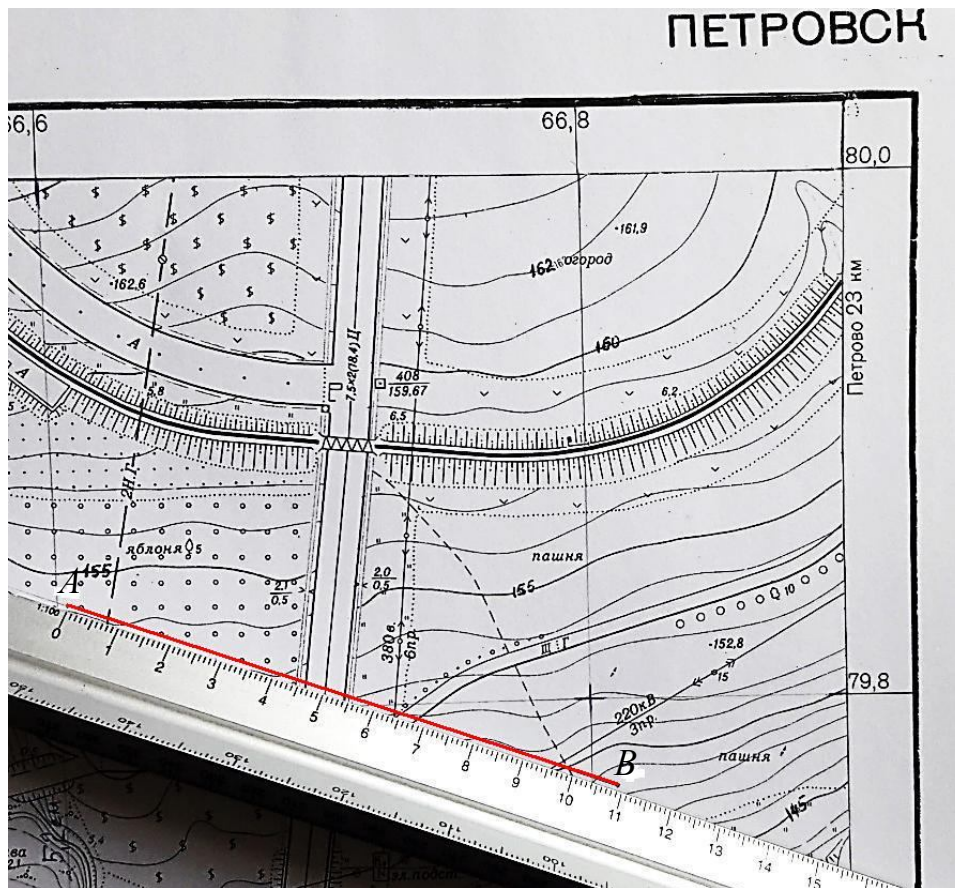


Рисунок 1.7 – Визначення довжини горизонтального прокладання лінії AB за допомогою креслярської лінійки

З'єднавши точки A та B за допомогою креслярської лінійки на плані, вимірюють довжину відрізка S_{AB} . На прикладі вона дорівнює $S_{AB} = 10,9$ см.

Довжину горизонтального прокладання лінії D_{AB} на місцевості знаходимо за формулою 1.2:

$$D = s \cdot M = 10,9 \text{ см} \cdot 2\,000 = 21\,800 \text{ см} = 218 \text{ м.}$$

Знайдена довжина горизонтального прокладання лінії AB на місцевості переводиться в метри, тому що зазвичай виміри на місцевості (в натурі) проводяться в метрах. Аналогічно знаходимо інші задані лінії по варіанту та результати заносяться в таблицю бланку.

2.1.2 Побудова горизонтального прокладання на плані

Далі на топографічному плані потрібно відкласти відрізок заданої довжини, який відповідає заданій величині горизонтального прокладання лінії D_{BK} . Отже розв'язуємо протилежну задачу, за відомою величиною горизонтального прокладання лінії на місцевості, будуємо довжину цієї лінії на плані заданого масштабу.

Приклад. Горизонтальне прокладення лінії D_{BK} на місцевості дорівнює 56,75 м. Визначити, чому буде дорівнювати довжина цієї лінії (мм) на плані масштабу 1:2000. Користуючись формулою 1.3, знаходимо довжину відрізка S_{BK} :

$$s = \frac{D}{M} = \frac{56,75}{2000} = 0,0284 \text{ м} = 0,0284 \cdot 1000 = 28,4 \text{ мм.}$$

Обчислене значення довжини лінії відкладають від початкової точки B в напрямку на точку K за допомогою креслярської лінійки, попередньо продовживши лінію AB .

2.1.3 Визначення довжини горизонтального прокладання лінії на місцевості D_{AB} за допомогою поперечного масштабу

Поперечний масштаб вигравіюваний на геодезичному транспортірі. При його застосуванні, потрібно пристосувати до заданого числового масштабу, тобто визначити, скільком метрам на місцевості відповідає основа поперечного масштабу, мала і найменша поділки. Так як основа нормального поперечного масштабу (див. рис. 1.3) дорівнює 2 см, при масштабі 1:2000 (в одному сантиметрі 20 м) маємо наступне:

$$a = 20 \text{ м};$$

$$n = a/10 = 2 \text{ м};$$

$$m = a/100 = 0,2 \text{ м.}$$

На карті масштабом 1:2000 розхилом вимірника фіксують довжину лінії, переносять на нижню горизонтальну лінію поперечного масштабу, встановлюючи праву ніжку вимірника на одному з перпендикулярів праворуч від нуля, а ліву обов'язково у межах крайньої лівої основи.

Якщо ліва ніжка точно збігається з кінцем малої поділки на нижній горизонтальній лінії, то відразу знаходять віддаль.

Якщо ліва ніжка вимірника не збігається з кінцем поділки на нижній лінії лівої основи масштабу, вимірник із заданим розхилом пересувають послідовно вгору від однієї горизонтальної паралельної лінії до другої. Права ніжка має переміщатись по одному з перпендикулярів, доки ліва ніжка потрапить на одну з трансверсалей (навісних ліній) (рис. 1.8).

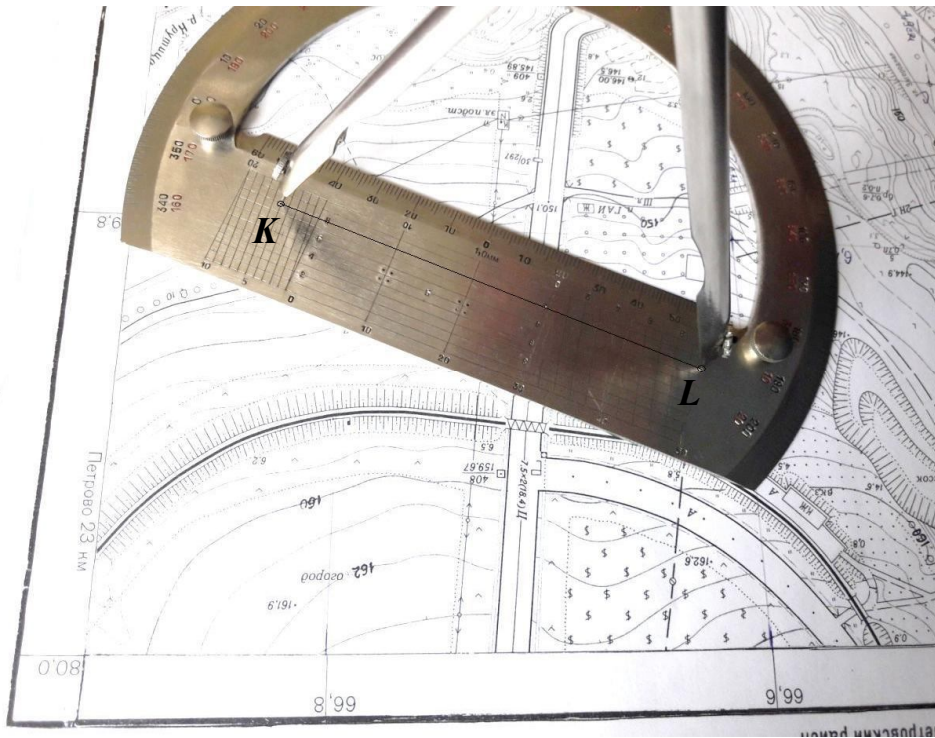


Рисунок 1.8 – Визначення довжини лінії горизонтального прокладання на місцевості за допомогою поперечного масштабу

В прикладі (рис. 1.8), відрізок KL складається з п'яти основ ($20 \text{ м} \cdot 5 = 100 \text{ м}$) і чотирьох десятих часток основи (малих поділок), що дорівнюють $2 \text{ м} \cdot 4 = 8 \text{ м}$ та восьми найменшим поділкам ($0,2 \text{ м} \cdot 8 = 1,6 \text{ м}$) Загальна довжина дорівнює $100 + 8 + 1,6 = 109,6 \text{ м}$.

2.1.4 Побудова відрізка лінії за допомогою поперечного масштабу на топографічному плані масштабу 1:2000

Приклад. Для горизонтального прокладання лінії D_{AB} , яке дорівнює 157,2 м, побудувати відрізок на топографічному плані за допомогою поперечного масштабу.

Для побудови відрізка, знаючи горизонтальне прокладання лінії на місцевості, використовують поперечний масштаб. Для цього необхідно спочатку обчислити необхідну кількість основ, поділок і малих поділок для розхилу ніжок циркуля-вимірника на визначену величину. У нашому прикладі розхил ніжок, виражений в сумарній кількості основ масштабу, дорівнює:

$$N_{AB} = \frac{D_{AB}}{a}, \quad (1.5)$$

де a – основа поперечного масштабу в метрах, що відповідає заданому масштабу плану.

У лабораторній роботі за основу поперечного масштабу прийнято, що $a = 2 \text{ см}$, тоді на плані масштабу 1:2000 сумарна кількість основ за формулою 1.5 дорівнює:

$$N_{AB} = \frac{D_{AB}}{a} = \frac{157,2 \text{ м}}{40} = 3,93 \text{ основи.}$$

Це означає, що для побудови відрізка лінії S_{AB} , в розхил вимірника необхідно помістити 3 основи ($3 a$), 9 поділок ($9 \cdot a/10$) і 4 малих поділок ($4 \cdot a/100$). Якщо довжину відрізка відкладають в міліметрах, то $S_{AB} = 3,93 \cdot 20 = 78,6 \text{ мм}$.

2.2 Визначення прямокутних координат заданої точки

На плані задаються декілька точок. Їх прямокутні координати X і Y визначають відносно ліній координатної сітки. Для цього акуратно за хрестиками перетину ліній сітки квадратів, нанесених на план, відновлюють квадрати кілометрової сітки, які проведені через 10 см, що на місцевості відповідає 200 м (для масштабу 1:2000) (рис. 1.9). Далі потрібно визначити координати кутів квадрату, в якому знаходиться точка C .

Приклад. Визначити прямокутні координати точки C (рис. 1.9). Їх визначають відносно координат південно-західного кута квадрата координатної сітки – точка K , в якому знаходиться точки, координати якої необхідно знайти (рис. 1.10). На топографічному плані координатна кілометрова сітка відображається в кілометрах, а координати вираховують в метрах, тому початкові координати кута сітки потрібно переводити також в метри.

Координати точки K дорівнюють:

$$X_K = 79\ 600 \text{ м}; \quad Y_K = 66\ 400 \text{ м.}$$

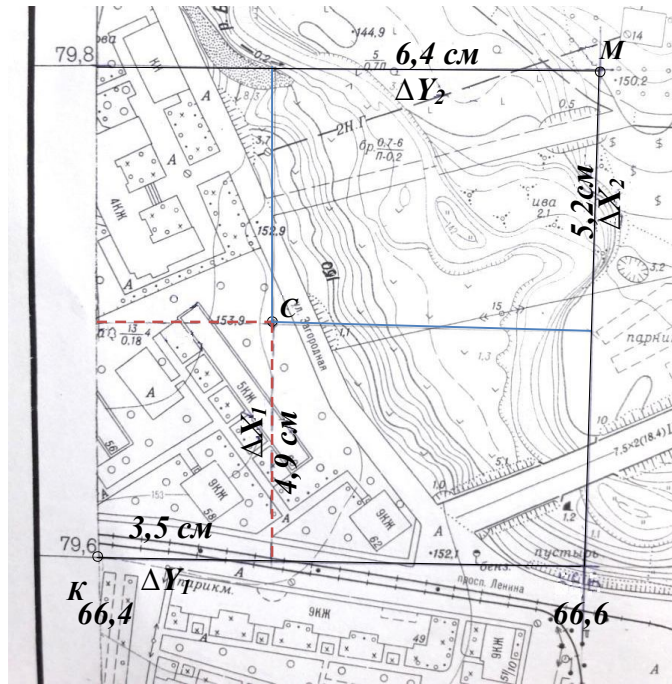


Рисунок 1.9 – Визначення прямокутних координат точки С

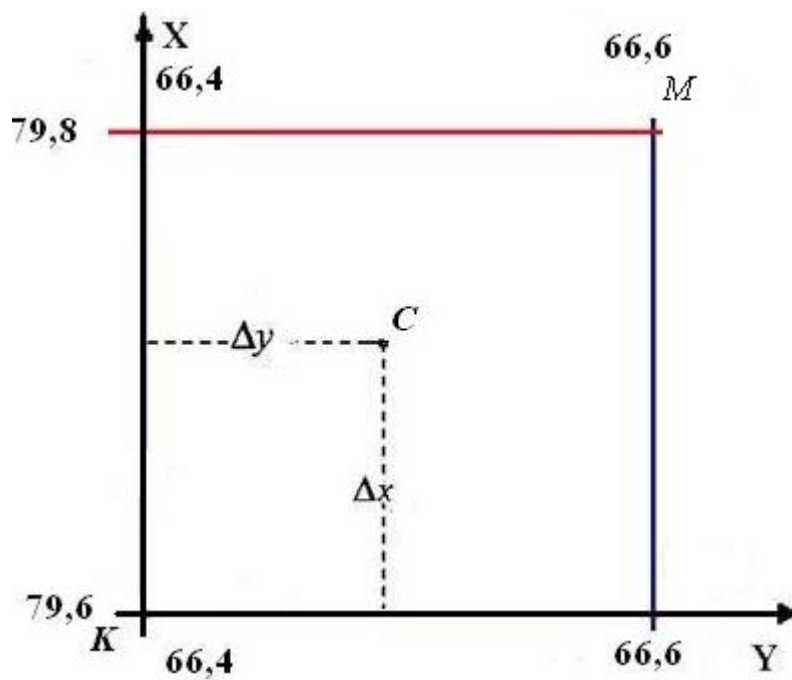


Рисунок 1.10 – Визначення координат кутів заданого квадрата кілометрової сітки

З точки С опускають перпендикуляри на сторони квадрата. За допомогою креслярської лінійки або циркуля-вимірника (або числового масштабу) вимірюють прирости координат ΔX_1 і ΔY_1 (довжини перпендикулярів відносно точки К) в масштабі плану (див. рис. 1.9):

$$\Delta X_1 = 4,9 \text{ см} \cdot 2000 = 98 \text{ м}; \Delta Y_1 = 3,5 \text{ см} \cdot 2000 = 70 \text{ м}.$$

Тоді координати точки C :

$$X_C = X_K + \Delta X_1 = 79\,600 + 98 = 79\,698 \text{ м};$$

$$Y_C = Y_K + \Delta Y_1 = 66\,400 + 70 = 66\,470 \text{ м}.$$

Для контролю визначення цих координат із точки C опускають перпендикуляри на протилежні сторони квадрата. Визначають її координати уже відносно координат північно-східного кута (точка M) цього ж квадрата, вимірюючи довжини перпендикулярів, тобто від'ємні прирости координат точки C ($-\Delta X_2$ і $-\Delta Y_2$) відносно точки M . Для точки C відповідно маємо прирости координат (див. рис. 1.9):

$$\Delta X_2 = 5,2 \text{ см} \cdot 2000 = 104 \text{ м}; \Delta Y_2 = 6,4 \text{ см} \cdot 2\,000 = 128 \text{ м}.$$

Координати точки M :

$$X_M = 79\,800 \text{ м}; Y_M = 66\,600 \text{ м}.$$

Координати точки C' :

$$X'_C = X_M - \Delta X_2 = 79\,800 - 104 = 79\,696 \text{ м};$$

$$Y'_C = Y_M - \Delta Y_2 = 66\,600 - 128 = 66\,472 \text{ м}.$$

Остаточні координати точки C обчислюють за формулами:

$$X_C = \frac{X_C + X'_C}{2}; Y_C = \frac{Y_C + Y'_C}{2}.$$

$$X_C = \frac{79\,698 + 79\,696}{2} = 79\,697 \text{ м}; Y_C = \frac{66\,470 + 66\,472}{2} = 66\,471 \text{ м}.$$

У лабораторній роботі допускається різниця між визначеними координатами (ΔX та $\Delta X'$), (ΔY та $\Delta Y'$) до чотирьох метрів, якщо різниця перевищує допустиме значення, потрібно перевірити вимірювання та розрахунки.

2.3 Визначення дирекційних кутів заданих ліній

Вимірювання (або побудову) на плані дирекційних кутів напрямків виконують, як правило, геодезичним транспортиром. Шкала транспортира побудована в градусній мірі. Ціна найменшої поділки складає 30'.

Шкала транспортира має два градування: від 0° до 180° і від 180° до 360° . Перше градування ($0^\circ - 180^\circ$) використовують, коли дирекційний кут напрямку не перевищує $\alpha \leq 180^\circ$ (рис. 1.11, напрямок лінії AB), друге – при $\alpha = 180^\circ + 360^\circ$ (напрямок лінії BA рис. 1.12). Вимірювання виконується з точністю 15'.

Приклад. Для вимірювання дирекційного кута лінії AB (рис. 1.11) через початкову точку A проводять лінію (або використовують уже проведені вертикальні лінії кілометрової сітки) паралельно лінії абсцис координатної сітки.

У точці A вимірюють кут від північного напрямку проведеної лінії абсцис X до напрямку на точку B за ходом годинникової стрілки. Для цього точку A суміщають з центром дуги транспортира (нулем шкали на лінійці), а його діаметр градування $0^\circ - 180^\circ$ суміщають з лінією абсцис. По краю лінійки градусної шкали транспортира визначають (читають) величину кута α_{AB} . В нашому прикладі $\alpha_{AB} = 110^\circ 30'$.

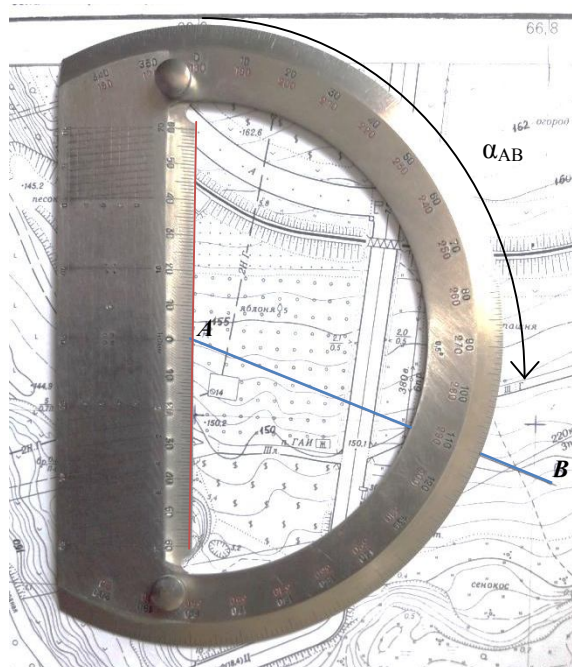


Рисунок 1.11 – Дирекційний кут сторони AB

Для визначення дирекційного кута лінії BA (рис. 1.12), транспортир обертаємо на 180° навколо точки B , суміщають з центром дуги транспортира та беремо відлік по «червоній шкалі», яка починається з 180° до 360° , в нашому прикладі $\alpha_{BA} = 290^\circ 30'$.

Точність вимірювання дирекційних кутів ліній геодезичним транспортиром складає $30'$. Різниця між дирекційними кутами прямого (AB) і зворотного (BA) напрямків повинна складати 180° . Перевірка: $\alpha = \alpha_{BA} - \alpha_{AB} = 219^\circ 30' - 110^\circ 30' = 180^\circ$.

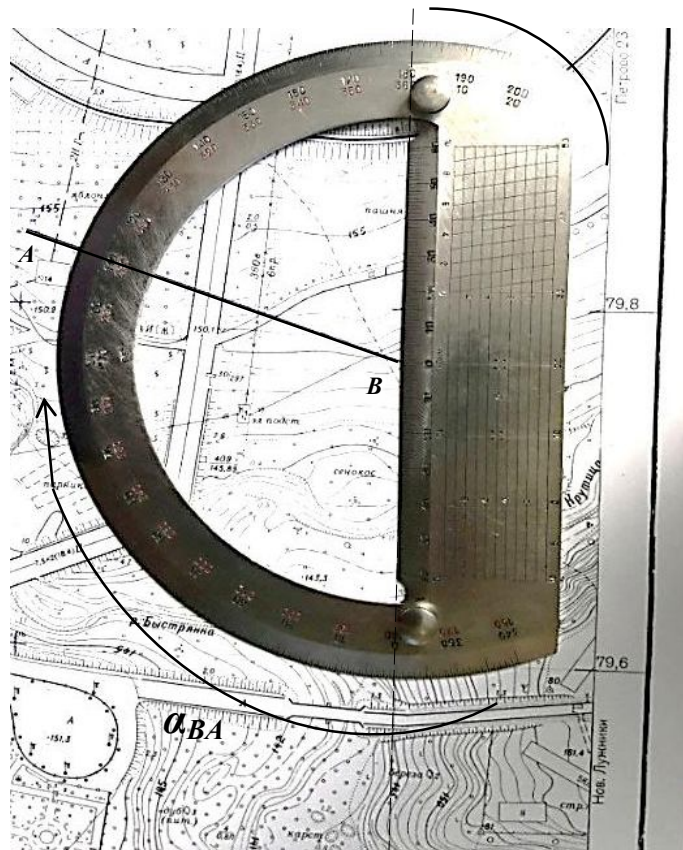


Рисунок 1.12 – Дирекційний кут лінії BA

Якщо перевірка виявила різницю між дирекційними кутами більше 2° , вимірювання потрібно повторити.

Питання для самоперевірки

1. Що називається планом?
2. Які види планів ви знаєте?
3. Чому дорівнює основа масштабу 1:500?
4. Які існують види масштабів і де вони вказується на плані?
5. Що таке точність масштабу? Чому вона дорівнює для масштабу 1:5000?

6. Якими способами вимірюють відстані на плані? Який із цих способів найточніший?

7. Як на плані визначають прямокутні координати заданої точки? Як їх визначення контролюють?

8. Як на плані визначають дирекційні кути заданих напрямків?

9. Яка різниця між прямим та зворотнім напрямом дирекційних кутів лінії?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

Рельєф. Вирішення задач на топографічному плані за горизонталями

Мета роботи. Ознайомитися з рельєфом місцевості та способами його зображення. Освоїти визначення перевищень між точками із заданими висотами. Навчитися визначати висоти точок за горизонталями, стрімкість схилу та ухилу лінії. Побудувати профіль місцевості за заданим напрямком.

Прилади та приладдя. Циркуль-вимірник, креслярська лінійка, план масштабу 1:2000, карта масштабу 1:10 000, олівець 2Т, інженерний калькулятор, бланк до лабораторної роботи № 2.

1 Теоретичні питання

1.1 Рельєф місцевості та способи його зображення. Висоти точок, визначення перевищень між точками

Рельєфом місцевості називають сукупність нерівностей фізичної поверхні Землі, котрі утворились внаслідок тисячолітньої діяльності різних фізико-геологічних процесів у тілі Землі (рис. 2.1). Знання рельєфу земної поверхні дуже важливе при вирішенні інженерних задач: проектуванні та будівництві інженерних споруд, в сільському господарстві, в воєнній справі, космічних дослідженнях тощо.

Вивченням типів рельєфу, їх походження, розвитком і закономірностями його розповсюдження займається спеціальна наука – геоморфологія.

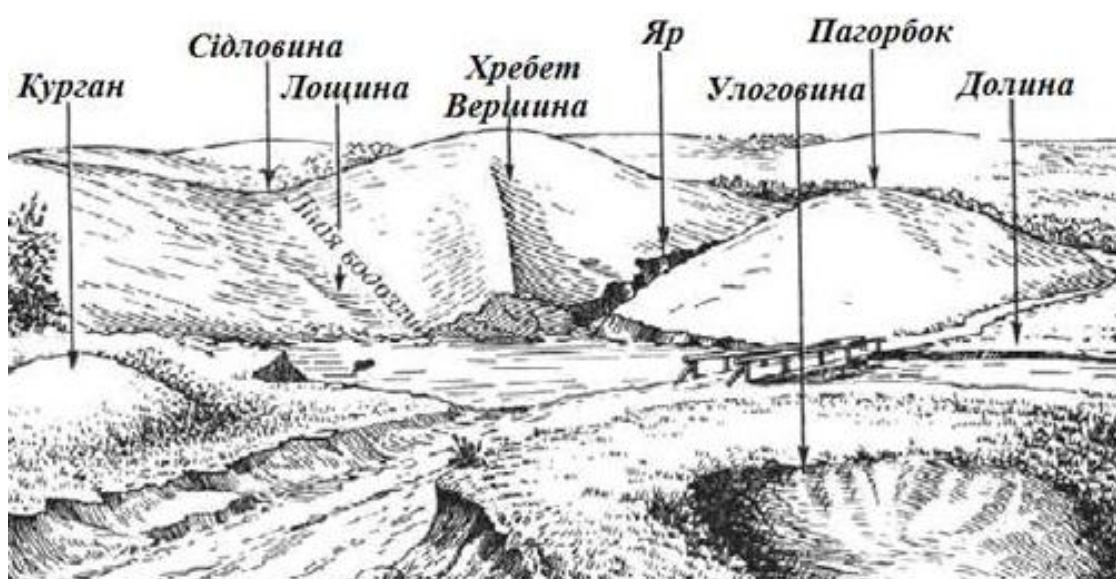


Рисунок 2.1 – Основні форми рельєфу

Фізична поверхня Землі, її ще називають, топографічна поверхня, має такі властивості:

- **обмеженість** – на поверхні немає нескінченно високих гір і нескінченно глибоких западин;

- **однозначність** – кожній парі координат X, Y відповідає одне і тільки одне значення висоти H (виняток – нависаюча скеля в горах);

- **безперервність** – нескінченно малим приросткам $X+\delta_X, Y+\delta_Y$ відповідає нескінченно малий приріст висоти $H+\delta_H$, тобто її можна диференціювати (виняток – кручі і яри зі стрімчастими схилами).

Зображується рельєф на топографічних картах або планах горизонталями (ізолініями). **Горизонталь** – це умовна крива лінія, яка з'єднує точки земної поверхні з однаковими абсолютними (інколи умовними) висотами. Горизонталь також можна уявити як слід від перетину земної поверхні з горизонтальною площиною (рис. 2.2).

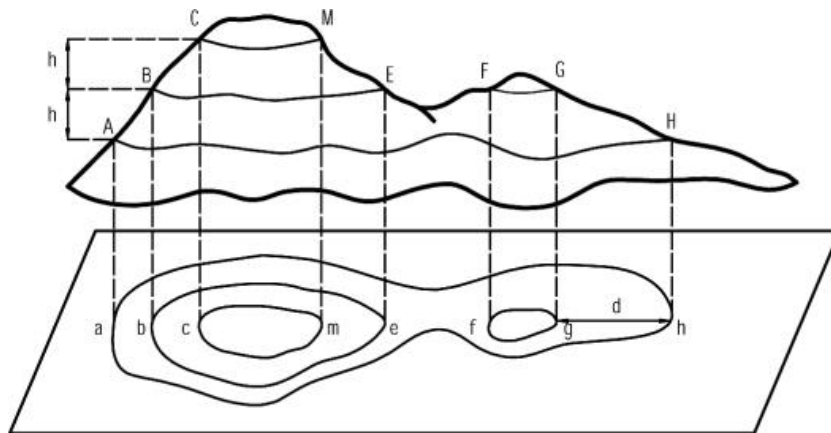


Рисунок 2.2 – Зображення рельєфу горизонталями

Відстань між сусідніми горизонталями вздовж прямовисної лінії називають **висотою перетину рельєфу** (h), її підписують на кожному аркуші карти під чисельним масштабом. Відстань між горизонталями на плані називається **закладенням** (d).

Вважається, що нормальна висота перерізу рельєфу дорівнює 0,2 мм знаменника чисельного масштабу карти. Місцевість за характером рельєфу ділять на **рівнинну, горбисту та гірську**. В залежності від цього висоти перерізу для різних масштабів карт і планів приймаються різні.

Відмітки горизонталей підписують в їх розривах. Верх цифри спрямований вгору схилу. Горизонталі зображають коричневим кольором, при цьому їх не

викреслюють на водоймищах, ярах, обривах, формах рельєфу штучного походження.

Отже, зображення рельєфу горизонталями дозволяє розпізнати на карті форми і елементи рельєфу, а також отримати цілий ряд кількісних характеристик цих різноманітних форм. Зображення основних форм рельєфу горизонталями показано на рисунку 2.3.

Розглянуті форми не зустрічаються в природі ізольовано, зазвичай вони поєднуються, переходять одна в іншу утворюючи складніші комплекси форм.

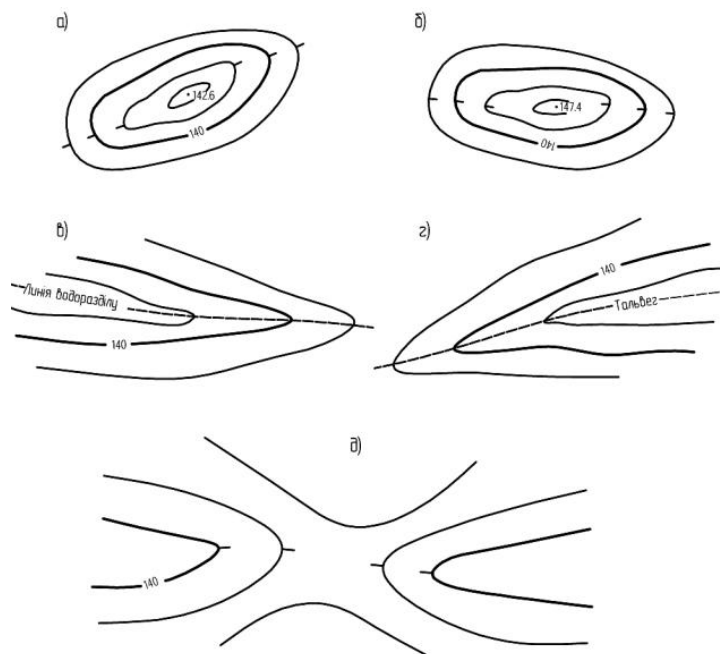


Рисунок 2.3 – Зображення основних форм рельєфу горизонталями:
а) гора; б) улоговина; в) хребет; г) лощина; д) сідловина.

Як видно з малюнку 2.3 – горизонталі не дають наочного просторового уявлення про рельєф місцевості. Гора й улоговина за горизонталями мають однакову форму і відрізнити їх можна тільки за напрямком схилів. Для цього на горизонталях проводять скат-штрихи (бергштрихи) в сторону пониження схилу. У хребта бергштрихи проводять від горизонталі з випуклої сторони, а у лощини - з увігнутої. Для вирішення задач на топографічному необхідно знати властивості горизонталей. Основні їх властивості наступні:

- усі точки, котрі лежать на одній і тій же горизонталі, мають однакову позначку;
- усі горизонталі нерозривні;
- не можуть перетинатись або роздвоюватись;

- відстань між горизонталями на плані характеризує стрімкість схилу – що менша відстань (закладання), то стрімкіший схил і навпаки;
- найменша відстань між горизонталями відповідає напрямку найбільшої стрімкості схилу;
- водороздільні лінії і вісі площини перетинаються горизонталями під прямим кутом;
- горизонталі, котрі зображають похилу площину, мають вигляд паралельних ліній.

Висоти точок земної поверхні визначають відносно рівневої поверхні, за яку приймають поверхню морів та океанів у спокійному стані, уявно проведену під материками (рис. 2.4). Відстань по виску від даної точки земної поверхні до рівневої поверхні називається **абсолютною висотою** – H_B (позначкою або альтитудою) точки. Якщо висота визначена відносно якої-небудь умовної поверхні, вона називається **відносною висотою** цієї точки – H'_B .

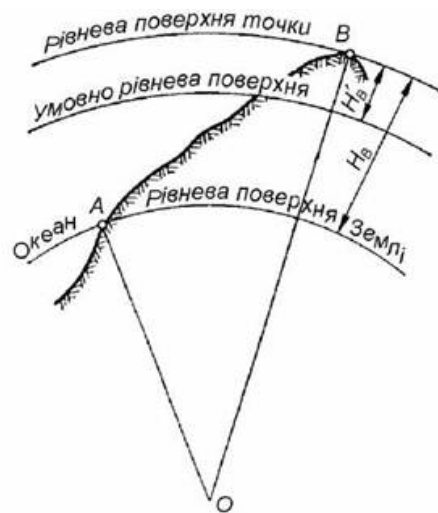


Рисунок 2.4 – Абсолютні та відносні висоти точок

За рівневу поверхню в Україні прийнята поверхня, яка проходить через нуль Кронштадтського футштока. Футшок являє собою мідну пластину, закріплену в уступі мосту через Обвідний канал в м. Кронштадті. Нанесена на пластині горизонтальна риска відповідає середньому рівню води в Балтійському морі, спостереження за яким ведуть з 1825 р. Тому система висот в нашій країні має назву Балтійська.

Якщо відомі висоти двох точок H_A і H_B , перевищення між ними h_{AB} обчислюють за формулою:

$$h_{AB} = H_B - H_A. \quad (2.1)$$

1.2 Визначення висот точок за горизонталями

При вертикальному проектуванні виникає завдання визначення висот точок поверхні Землі за топографічними планами. Вихідними даними для розв'язання цього завдання є підписи висот горизонталей, висота перетину рельєфу h та напрям схилу місцевості.

Висоту перетину рельєфу підписують на топографічних планах під лінійним масштабом, наприклад: «Суцільні горизонталі проведені через 5 м». це означає, що для даного топографічного плану $h = 5 \text{ м}$.

Під час роботи з фрагментом карти або плану висоту перетину рельєфу можна визначити за числом інтервалів n та перевищенням ΔH між підписаними горизонталями. Висоту перетину рельєфу h обчислюють за формулою:

—

де ΔH – перевищення між підписаними горизонталями; n – число інтервалів.

Приклад. Число інтервалів $n = 4$, а перевищення між підписаними горизонталями 180 м та 170 м дорівнює: $\Delta H = 180 - 170 = 10 \text{ м}$ (рис. 2.5). Тоді для даного прикладу за формулою 2.2:

—

Тобто висота перетину рельєфу дорівнює 2,5 метри.

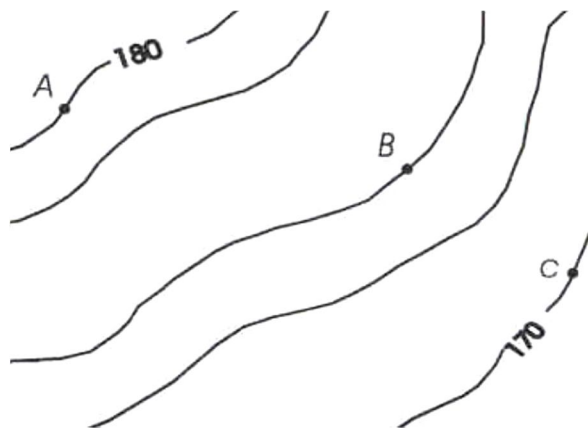


Рисунок 2.5 – Визначення висоти перетину рельєфу

При визначенні висот точок по горизонталях можливі три випадки.

Точка лежить на горизонталі. У цьому випадку висота точки дорівнює позначці цієї горизонталі. Якщо горизонталь на якій розміщена точка, не цифрована, то позначка горизонталі, а значить і точки, визначається від сусідніх цифрованих горизонталей з урахуванням висоти перетину рельєфу h і напрямком схилу.

$$H_B = H_A - n \cdot h, \quad (2.3)$$

або

$$H_B = H_C + n \cdot h. \quad (2.4)$$

Точка розміщена між горизонталями. Якщо точка знаходиться між горизонталями (рис. 2.6), то її знаходять в такій послідовності:

1. визначають висоти двох суміжних горизонталей H_A, H_B ;
2. перпендикулярно до них через точку C проводять лінію $A'B'$ і вимірюють довжину закладання d (в мм);
3. вимірюють відстані l та p ;
4. позначку точки C обчислюють за формулами:

$$H_C = H_A + \frac{l}{d} \cdot h; \quad (2.5)$$

або

$$H_C = H_B - \frac{p}{d} \cdot h, \quad (2.6)$$

де h – висота перерізу рельєфу між суміжними горизонталями.

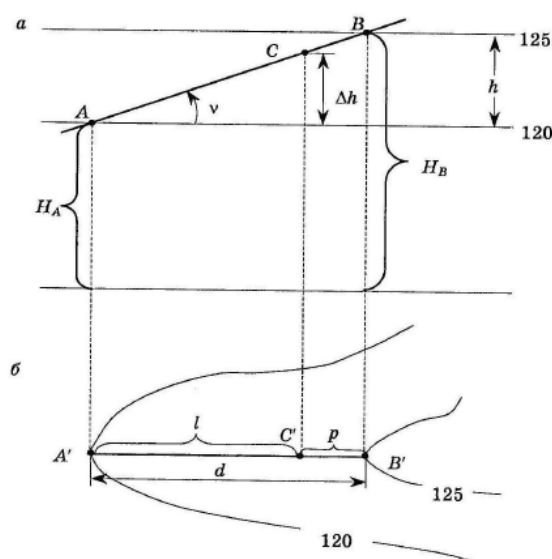


Рисунок 2.6 – Визначення позначки точки, яка розташована між горизонталями

Точка є характерною точкою місцевості. Характерні точки місцевості розміщуються на лініях водозбору, вододілу, вершинах гір, дні котловин тощо. Висоти цих точок і більшості випадків підписані на топографічних планах і картах. При відсутності підписів характерних висот їх обчислюють наближено, шляхом збільшення або зменшення висоти найближчої до точки горизонталі на половину висоти перерізу рельєфу (рис. 2.7).

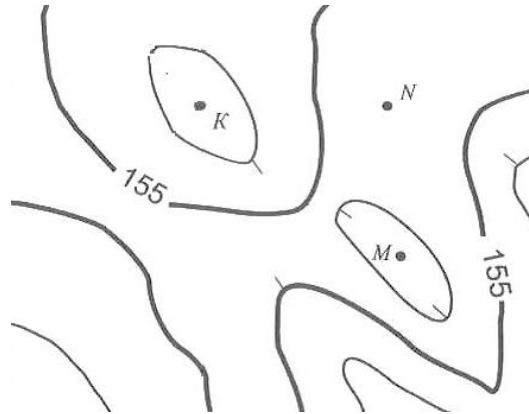


Рисунок 2.7 – Визначення висоти характерних точок рельєфу

1.3 Визначення стрімкості схилу та ухилу лінії

Ступінь зниження або підвищення місцевості характеризується кутами нахилу ліній v або ухилами i .

Стрімкість або крутизну схилу визначає кут нахилу v , який утворює ця лінія з горизонтальною площиною (рис. 2.6). Стрімкість схилу виражається у градусній мірі і обчислюється за формулами:

$$tg v = \frac{h}{d}; \quad (2.7)$$

або

$$v^\circ = arctg \frac{h}{d} = 57,3^\circ \cdot \frac{h}{d}. \quad (2.8)$$

де h – висота перерізу рельєфу; d – закладення тобто горизонтальна відстань між сусідніми горизонталями, яку визначають шляхом вимірювання на топографічному плані або карті.

Градусна міра кута нахилу характеризує крутизну ската даної лінії місцевості.

На практиці при вирішуванні різноманітних інженерних задач найчастіше використовують не кут нахилу в градусах, поняття нахилу, або ухилу.

Ухилом називають тангенс кута нахилу лінії місцевості в даній точці і обчислюється за формулою:

$$i = \operatorname{tg} \nu = \frac{h}{d}. \quad (2.9)$$

Ухили i виражають у відсотках (%) або проміле – тисячних частках одиниці (‰).

1.4 Побудова профілю місцевості за заданим напрямком

Проектування споруд значної довжини (лінії електропередач, газопроводів, автомобільних шляхів, залізниць тощо) потребує знання профілю місцевості як по осі споруди так і поперек траси.

Профіль рельєфу місцевості – це слід перерізу рельєфу місцевості вертикальною (прямовисною) площиною, побудований на цій площині в заданих горизонтальному та вертикальному масштабах. Основою для складання профілю може бути топографічна карта або план. На плані з горизонталями задано профільний напрям АВ (рис. 2.8).

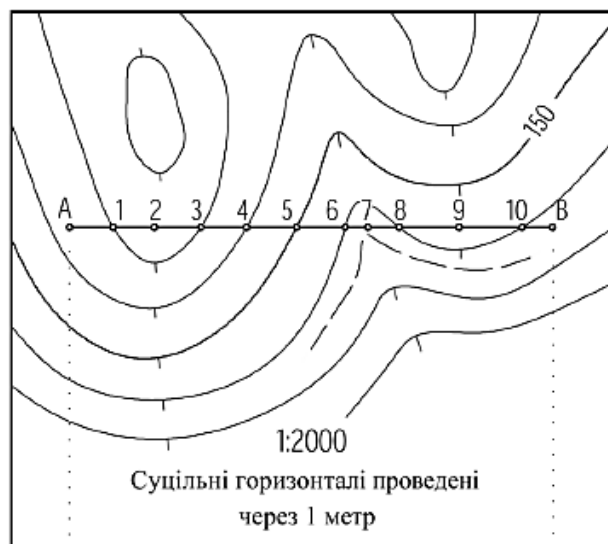


Рисунок 2.8 – Профіль місцевості за заданим напрямком

Профіль будують у різних масштабах. Горизонтальний масштаб вибирають, як правило, таким, що дорівнює масштабу плану, вертикальний масштаб для профілю приймають більшим за горизонтальний у 10 разів (для горбистого рельєфу).

2 Порядок виконання роботи

2.1 Визначення перевищення між точками з відомими висотами

Приклад. Визначити перевищення між точками A і B з відомими висотами $H_A = 144,0$ м та $H_B = 141,5$ м на плані. Перевищення між ними визначається за формулою 2.1:

$$h_{AB} = H_B - H_A = 141,5 - 144,0 = -2,5 \text{ м};$$

$$h_{BA} = H_A - H_B = 144,0 - 141,5 = 2,5 \text{ м}.$$

Результати обчислення перевищень записують в бланк із завданням.

2.2 Визначення висот точок за горизонталями

2.2.1 Визначення висоти точки, яка лежить на горизонталі

Приклад. Визначити висоту точки, яка лежить на горизонталі (горизонталь не цифрована). Згідно з рисунком 2.5 висоти точок дорівнюють $H_A = 180$ м, $H_C = 170$ м, висота перерізу рельєфу $h = 2,5$ м. Визначити висоту точки H_B .

Для визначення висоти точки B використовують властивість, відповідно до якої перевищення між будь-якими горизонталями дорівнює добутку кількості інтервалів n між цими горизонталями на висоту перерізу рельєфу h . У даному прикладі з урахуванням напрямку схилу (основи цифр направлені в бік зниження) точка B знаходиться нижче горизонталі 180 м, а кількість інтервалів між горизонталями з точками A і B , а також B і C дорівнює двом.

Отже, позначка горизонталі, на якій знаходиться точка B , а значить і висота точки B згідно з формулами 2.3 та 2.4:

$$H_B = H_A - n \cdot h = 180,0 \text{ м} - 2 \times 2,5 = 175,0 \text{ м};$$

$$H_B = H_C + n \cdot h = 170,0 \text{ м} + 2 \times 2,5 = 175,0 \text{ м}.$$

2.2.2 Визначення висоти точки, яка знаходиться між горизонталями

Приклад. Визначити висоту точки C , яка знаходиться між горизонталями. Згідно з рисунком 2.6 висоти точок A і B дорівнюють $H_A = 120$ м, $H_B = 125$ м, $h = 5$ м, виміряні відстані $d = 34$ мм, $l = 24$ мм, $p = 10$ мм, тоді за формулами (2.5) та (2.6) маємо:

$$H_C = 120 + \frac{24}{34} \cdot 5 = 123,5 \text{ м};$$

або

$$H_C = 125 - \frac{10}{34} \cdot 5 = 123,5 \text{ м.}$$

2.2.3 Визначення висот точок, які є характерними точками місцевості

Приклад. Згідно рисунка 2.7 визначити висоти точок, які є характерними точками місцевості. Точка K (див. рис. 2.7) розміщена на височині (бергштрихи направлені у бік зниження рельєфу), висота перерізу рельєфу $h = 2,5$ м, тоді:

$$H_K = 157,5 \text{ м} + 1,25 \text{ м} = 158,75 \text{ м} = 158,8 \text{ м.}$$

Висота точки M , яка знаходиться у котловині:

$$H_M = 152,5 \text{ м} - 1,25 \text{ м} = 151,25 \text{ м} = 151,3 \text{ м.}$$

Висота точки N , що розташована між однойменними горизонталями у сідловині:

$$H_N = 155,0 \text{ м} - 1,25 \text{ м} = 153,75 \text{ м} = 153,8 \text{ м.}$$

2.3 Визначення крутизни схилу та ухилу заданої лінії

Приклад. Визначити згідно рисунка 2.6 крутизну схилу та ухил лінії AB , якщо горизонтальне прокладання $d = 34,7$ м, $H_A = 120,0$ м, $H_B = 125,0$ м.

Перевищення між точками A та B знаходимо за формулою 2.1:

$$h_{AB} = H_B - H_A = 125,0 - 120,0 = 5,0 \text{ м;}$$

ухил лінії AB знаходимо за формулою 2.9:

$$i = \frac{h}{d} = \frac{5,0}{34,7} = 0,1441 = 14,41\% = 144,1\text{‰};$$

Крутизну схилу визначаємо за формулою 2.8:

$$v^\circ = 57,3^\circ \cdot \frac{h}{d} = 57,3^\circ \cdot 0,1441 = 8,2^\circ.$$

Крутизну схилу і ухил лінії також можна визначити за графіками масштабу закладань, які розміщуються в південно-східному куті аркуша топографічного плану.

2.4 Побудова профілю рельєфу місцевості заданого напрямку

Приклад. Побудову профілю рельєфу місцевості заданого на плані напрямку *AB* (рис. 2.8) виконують в такій послідовності:

а) на топографічному плані кінцеві точки напрямку *A* і *B* з'єднують прямою лінією;

б) на прямій *AB* відмічають і нумерують точки перетину її з горизонталями (1-10) та точки перетину її з характерними структурними лініями рельєфу – з вододілом (2, 9) і водозбором (7), (а при наявності – з вершинами і сідловинами тощо);

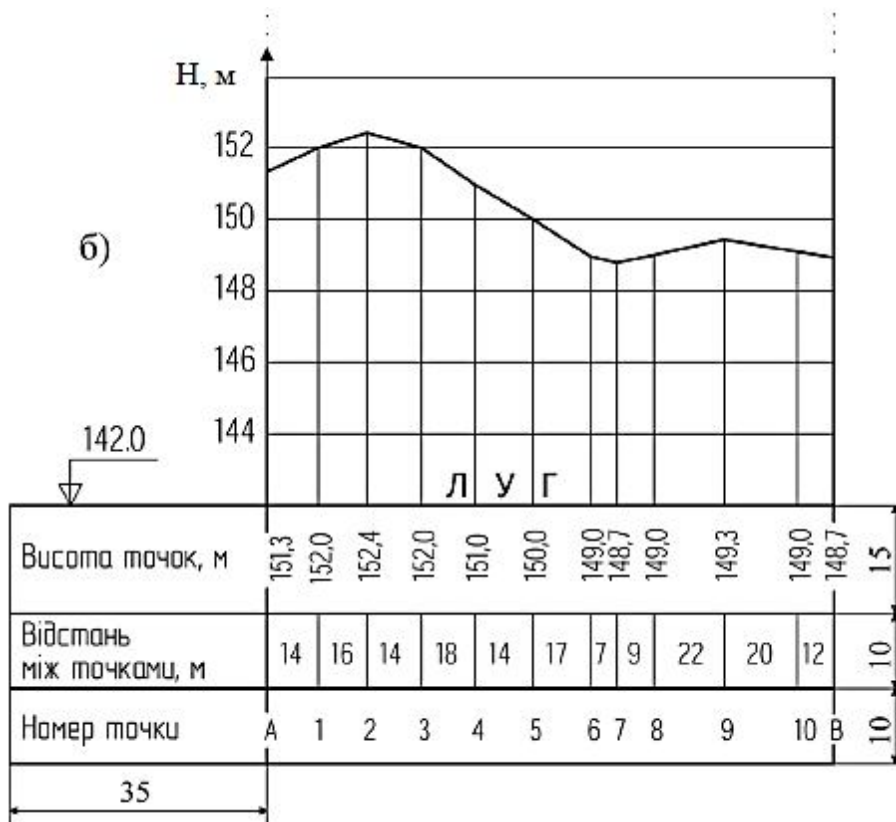


Рисунок 2.9 – Побудова профілю рельєфу за напрямком *AB*

в) на папері з міліметровими поділками або на спеціальному аркуші (на графіку) будують вниз від лінії умовного горизонту (ЛУГ) рядки сітки профілю: «висота точок», «відстань між точками» і «номер точки», додержуючись вказаних розмірів рядків (рис. 2.9);

г) для побудови на профілі горизонтальних відстаней між точками перетину використовують смугу паперу, на яку переносять ці точки, тому що горизонтальний масштаб профілю збігається з масштабом плану і на ньому горизонтальні відстані зберігаються. Цю смугу на плані прикладають до лінії AB і на ній відмічають точки перетину лінії з горизонталями і характерними лініями рельєфу, підписують їх номери і висоти (позначки) з точністю 0,1 м. Висоти точок, розміщених на вододілах і водозливах (тальвегах), визначають раніше розглянутим способом;

д) зі смуги паперу переносять точки, їх номери і висоти на сітку профілю у відповідні рядки;

е) обчислюють висоту лінії умовного горизонту $H_{\text{луг}}$. Її визначають з таким розрахунком, щоб точка профілю з мінімальною висотою H_{min} розмістилась на $3 \div 5$ см вище від неї. Наприклад, при $H_{\text{min}} = 148,7$ м (рис. 2.9), і вертикальному масштабі 1:200 висота лінії умовного горизонту (із заокругленням до цілих метрів) дорівнює $H_{\text{луг}} = H_{\text{min}} - (3 \text{ см} \cdot M \cdot 10^{-2}) = 148,7 - (3 \cdot 200 \cdot 10^{-2}) = 148,7 - 6,0 = 142,7 \approx 142,0$ м (M – знаменник вертикального масштабу);

ж) згідно з вибраним масштабом підписують шкалу висот через 1 см. Ціна сантиметрової поділки вертикального масштабу дорівнює:

$$h_n = 1 \cdot 200 \cdot 10^{-2} = 2,0 \text{ м.}$$

За лінію умовного горизонту (ЛУГ) приймають верхню лінію сітки профілю або іншу (вищу) лінію, що паралельна їй.

Від лінії умовного горизонту, на побудованих до неї перпендикулярах в характерних точках профілю, відкладають висоти точок. Суміжні точки з'єднують прямими. У результаті отримують ламану лінію, яка характеризує профіль рельєфу місцевості за наміченим на плані напрямом AB (рис. 2.9).

Питання до самоперевірки:

1. Дайте визначення рельєфу місцевості.
2. Назвіть форми рельєфу місцевості.
3. Назвіть властивості топографічної поверхні.
4. Дайте визначення горизонталі.
5. Які властивості горизонталей, ви знаєте?
6. Дайте визначення абсолютної та відносної висот точки.
7. Дайте визначення крутизни скату, в яких одиницях визначається.
8. Дайте визначення ухилу лінії, в яких одиницях визначається.
9. Дайте визначення профілю рельєфу місцевості.
10. Назвіть послідовність побудови профілю рельєфу місцевості.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

Визначення меж водозбірної площі. Визначення площ на топографічному плані та карті

Мета роботи. Навчитися визначати межі водозбірної площі. Придбати навички при визначенні площі за допомогою палетки, графічним та аналітичним способами.

Прилади та приладдя. Креслярська лінійка, косинець, олівець 2Т, інженерний калькулятор, прозора калька, топографічний план масштабу 1:2000, топографічна карта масштабу 1:10000, бланк до лабораторної роботи № 3.

1 Теоретичні питання

1.1 Визначення меж водозбірної площі

Задача з визначення меж водозбірної площі розв'язується при проектуванні гідротехнічних споруд, автомобільних, залізничних шляхів та гідромеліоративних систем, для визначення параметрів запруд, водопропускних труб у точках перетину земляного полотна з тальвегом, систем поверхневого водостоку тощо.

Водозбірною площею або басейном називається територія, з якої снігова і дощова вода за умовами рельєфу збирається в даний водостік (річку, лощину, яр) (рис. 3.1).

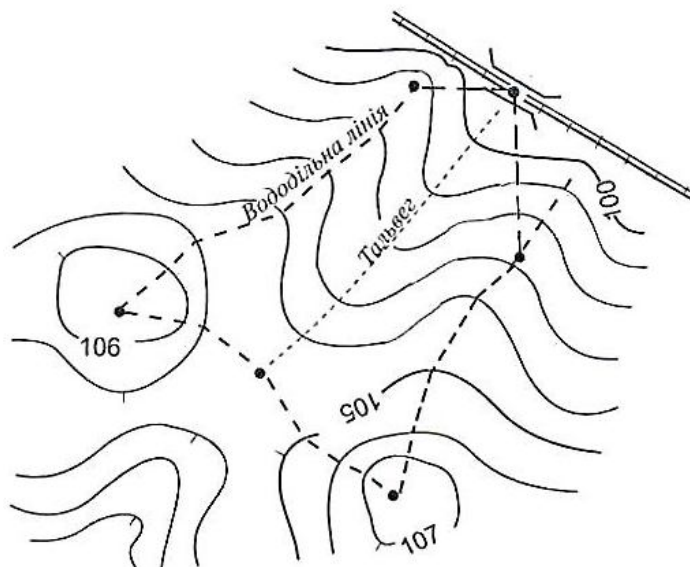


Рисунок 3.1 – Визначення меж водозбірної площі

Межами водозбірної площі служать вододільні лінії. Вони проходять по перпендикулярах до випуклих горизонталей, по лініях хребтів, через вершини і середини сідловин. Цими лініями басейн обмежується у верхній частині і з боків, а у нижній частині – греблею, земляним полотном автомобільної дороги або залізниці (рис. 3.1).

Отже, для визначення водозбірної площі на карті визначають положення ліній вододілу, що її обмежують. Межа водозбірної площі повинна бути замкненою.

На рисунку 3.1 горизонталями утворена лощина, поверхня якої поступово знижується в напрямі до залізниці. Лінія що проходить по найнижчих точках лощини, утворює водостік або тальвег.

Вододіли проходять через точки, від яких лінії схилу розходяться у різні боки, тальвеги – через точки, в яких лінії схилів сходяться. Розміщуються такі точки в місцях найбільшої кривизни горизонталей. Після набуття певного досвіду потреба проведення великої кількості ліній схилів відпадає. Приклад орографічної схеми подано на рисунку 3.2.

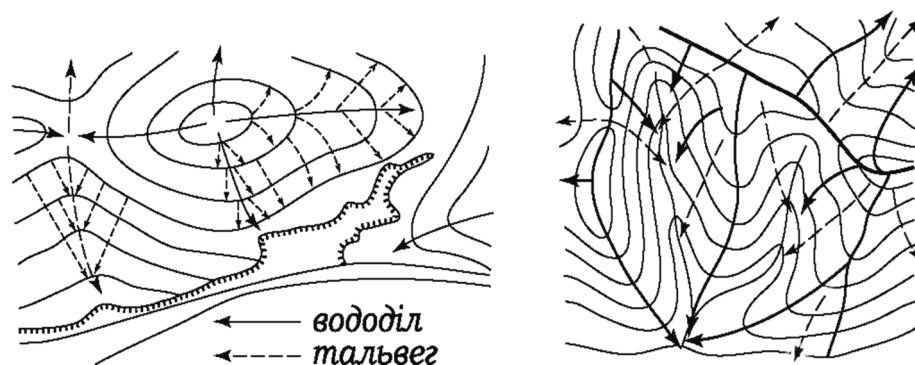


Рисунок 3.2 – Приклад орографічної схеми

Ортографічна схема рельєфу місцевості – це результат нанесення на карту ліній вододілів і тальвегів.

1.2 Визначення площ на топографічній карті або плані

Під визначенням площі ділянки за топографічною картою або планом розуміється сукупність вимірювальних і обчислювальних робіт, в результаті яких обчислюється площа ділянки в земельній мірі (m^2 , га тощо). Причому визначається площа не фізичної поверхні ділянки місцевості P_f , а її проекції P на горизонтальну площину. Залежно від необхідної точності результатів застосовують різні способи визначення площі: **за допомогою палетки,**

графічний, механічний, зважуванням, аналітичний, фотоелектронний. Кожний із способів може застосовуватися самостійно або в комбінації з іншими. В лабораторній роботі розглядається графічний, аналітичний та за допомогою палетки способи визначення площі.

Визначення площі за допомогою палетки. Палетки – це графічні побудови у вигляді сітки квадратів, паралельних рівновіддалених лінії зі сторонами 2:4 мм, виконаних на якій-небудь прозорій основі (рис. 3.3). Для визначення площі ділянки палетку накладають на вимірювану ділянку і підраховують кількість її розподілів (повних і неповних), укладених усередині контуру ділянки.

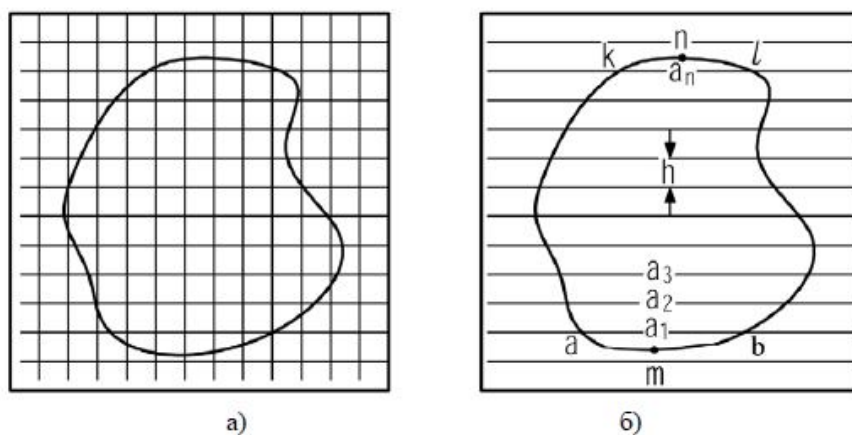


Рисунок 3.3 – Визначення площі контуру за допомогою палеток:
а) квадратної; б) лінійної

Щоб виразити вимірювану площу ділянки P в земельній мірі (м^2 , га, км^2), обчислюють площу одного квадрата на місцевості за формулою:

$$S_{\text{КВ}} = a^2 \cdot M, \quad (3.1)$$

де M – знаменник числового масштабу плану чи карти;

a – розмір сторони квадрата.

Палетку накладають довільно на карту (план) на контур ділянки місцевості, площу якої визначають та обчислюють кількість повних квадратів n_1 . На око оцінюють до 0,1 квадрата неповні квадрати, складають їх і отримують число неповних квадратів n_2 .

Загальна площа обчислюється за формулою:

$$S = S_{\text{КВ}} \cdot (n_1 + n_2). \quad (3.2)$$

Вимірювання повторюють, змінивши положення палетки щодо первинного, причому слід накладати палетку кожного разу так, щоб контур ділянки перетинав якомога менше розподілів палетки, за остаточне значення P приймають середнє арифметичне з двох результатів вимірювань.

Квадратні палетки рекомендується застосовувати для визначення площ малих ділянок (до 3 см²) з криволінійними межами. При приблизних підрахунках їх використовують і для визначення площ значних за розмірами територій. Основний недолік таких палеток – можливість грубого прорахунку у визначенні кількості квадратів палетки.

Вірогідність грубих прорахунків зменшується при використуванні лінійної (паралельної) палетки. Контур, вимірюваний такою палеткою, виявляється розчленованим на фігури, близьких за формою до трапецій з основою a_1, a_2, \dots, a_n , висота яких h постійна (рис. 3.3, б).

При використанні лінійної палетки крайні точки ділянки n і m (рис. 3.3, б) розташовують приблизно посередині між паралельними лініями або суміщають безпосередньо з лініями палетки, якщо є можливість. За допомогою креслярської лінійки або циркуля-вимірювача і поперечного масштабу вимірюють довжини відстаней ті, що відсікаються шуканою площею: $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ (в м). загальну площу обчислюють за формулою:

$$S = h \cdot (a_1 + a_2 + a_3 + a_n), \quad (3.3)$$

де h – відстань між лініями палетки, м.

Графічний спосіб. Якщо ділянка на плані має форму многокутника, то її поділяють на найпростіші геометричні фігури: трикутники, чотирикутники і трапеції тощо (рис. 3.4).

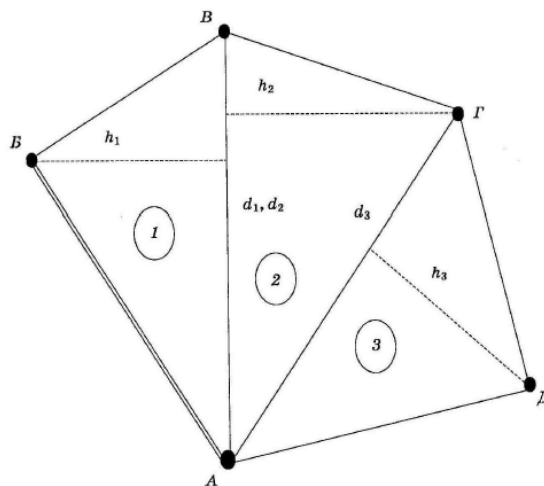


Рисунок 3.4 – Схема поділу ділянки місцевості на трикутники

Безпосередньо на плані за допомогою циркуля-вимірника і масштабної лінійки вимірюють елементи геометричних фігур (висоти h_i , сторони a_i, b_i, c_i тощо) і за формулами геометрії обчислюють площі окремих фігур (S_1, S_2, \dots, S_n)

Для контролю площі ділянок визначають двічі (S', S''). Допустиме розходження між результатами вимірювань не повинне перевищувати величину:

$$|S' - S''| \leq \Delta S_{\text{тр}} = 0,04 \sqrt{S \cdot \frac{M}{10000}}, \quad (3.4)$$

де S – обчислена площа ділянки у гектарах.

Коли розходження за абсолютною величиною не перевищує $\Delta S_{\text{тр}}$, за кінцевий результат беруть середнє значення:

$$S = \frac{(S' + S'')}{2}. \quad (3.5)$$

Аналiтичний спосiб. Коли дiлянка обмежена ламаною лiнiєю i заздалегiдь вiдомi чи вимiрянi на топографiчному планi або картi прямокутнi координати її вершин (X_i, Y_i), використовується аналiтичний спосiб (рис. 3.5).

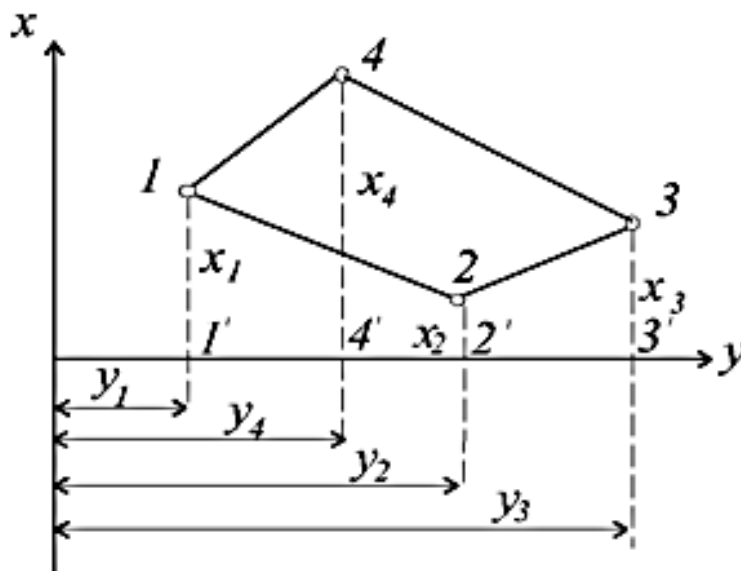


Рисунок 3.5 – Схема аналiтичного способу визначення площ

Площу ділянки обчислюють за формулами:

$$S = 0,5 \sum_1^n y_i \cdot (x_{i-1} - x_{i+1}), \quad (3.6)$$

або

$$S = 0,5 \sum_1^n x_i \cdot (y_{i+1} - y_{i-1}), \quad (3.7)$$

де n – кількість вершин полігона;

i – номер вершини;

$(i-1)$ та $(i+1)$ – номери вершин, суміжних зліва і справа до вершини i за напрямком ходу полігона.

Тобто площа полігона дорівнює половині суми добутку ординат кожної точки і різниці абсцис попередньої та наступної точок; або площа полігона дорівнює половині суми добутку абсцис кожної точки і різниці ординат наступної та попередньої точок.

Похибки у визначенні площі аналітичним способом залежать тільки від похибок вимірювання координат вершин полігона на місцевості або на плані. Наближено вважається, що відносна похибка визначення площі цим способом дорівнює подвійній відносній похибці вимірювання ліній (координат).

Наприклад, для середніх умов вимірювання довжини ліній стрічкою відносна похибка дорівнює 1:2000, тоді відносна похибка визначення площі буде 1:1000. Тобто точність визначення площ ΔS аналітичним способом становить:

$$\Delta S \leq \frac{S}{1000}. \quad (3.8)$$

Для визначення площ полігонів з великою кількістю вершин, використовують комп'ютери, що мають відповідні програми.

Площі невеликих полігонів можна визначити за допомогою мікрокалькулятора, заповнюючи спеціальний бланк.

2 Порядок виконання роботи

2.1 Визначення меж водозбірної площі

Приклад. На карті масштабу 1:10 000 потрібно визначити межі водозбірної площі.

Для розв'язання цієї задачі знаходять у верхів'ї лощини сідловину (точка 1) і найближчі до неї вершини (точки 2 та 3). Проводять між ними лінію вододілу 2-1-3 (рис. 3.6).

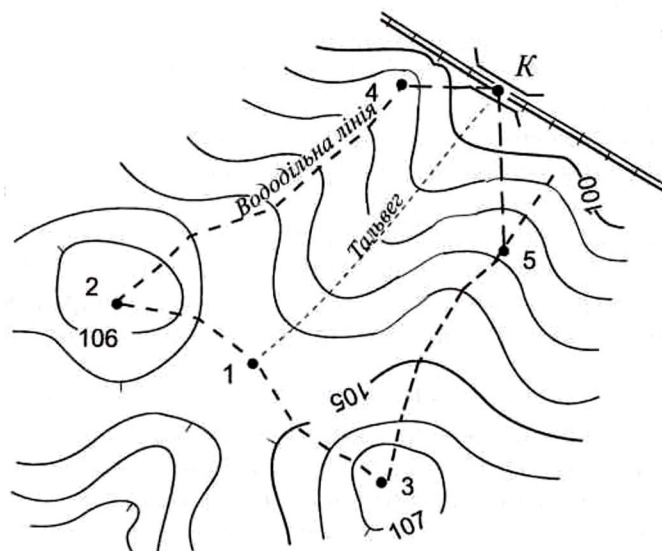


Рисунок 3.6 – Приклад побудови водозбірної площі

Лінії вододілу з обох боків лощини (2-4) та (3-5) проводять перпендикулярно до випуклих горизонталей. Від точки К до точок 4 і 5 лінії вододілу проводять лінії найбільшого нахилу рельєфу місцевості. Отримана таким чином лінія К-4-2-1-3-5-К, перпендикулярна у всіх своїх точках до горизонталей та обмежує водозбірну площу для точки К.

2.2 Визначення площі на топографічному плані та карті

2.2.1 Визначення площі за допомогою палетки

Приклад. На топографічному плані масштабу 1:10000 визначити площу полігону (рис. 3.7).

Послідовність виконання завдання:

- а) на кальці розміром 10x10 см креслять сітку квадратів 2×2 мм (палетку);
- б) палетку накладають на контур зафіксованої на плані фігури і переводять її на палетку;

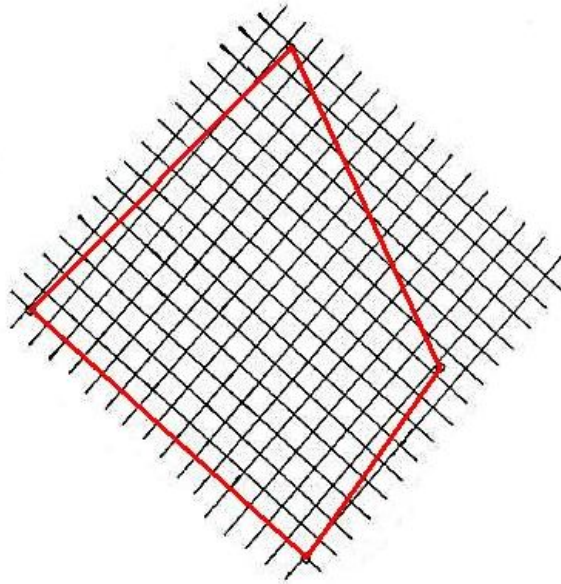


Рисунок 3.7 – Визначення площі полігону

в) підраховують кількість цілих квадратів, що знаходяться в середині контуру, а потім кількість неповних квадратів (часток квадратів, визначених с точністю до $0,2 S_{кв}$);

г) обчислюють загальну площу контуру за формулою 3.2.

В нашому прикладі n_1 – число повних квадратів = 150, n_2 – число неповних квадратів = 17, площу одного квадрату для масштабу 1:2000 визначаємо за формулою 3.1:

$$S_{кв} = a^2 \cdot M = 0,2 \cdot 0,2 \cdot 10000 = 400\text{м}^2 = 0,04\text{га},$$

тоді загальна площа ділянки визначається за формулою 3.2:

$$S = S_{кв} \cdot (n_1 + n_2) = 0,04 \cdot (150 + 17) = 6,68 \text{ га}.$$

Застосування квадратної палетки забезпечує точність визначення площ з відносною похибок 1:50 – 1:1000 вимірюваної площі.

Площа полігону склала 6,68 гектар.

2.2.2 Визначення площі графічним способом

Приклад. Визначити площу полігона, нанесеного на топографічну карту масштабу 1:10000 (див. рис. 3.8).

Послідовність виконання завдання:

а) полігон розбивають на трикутники;

б) основи і висоти трикутників вимірюються в масштабі плану в (м) (їх вибираються так, щоб у суміжних трикутниках вони не повторювались дивись рисунок 3.8), площі визначають за формулами геометрії;

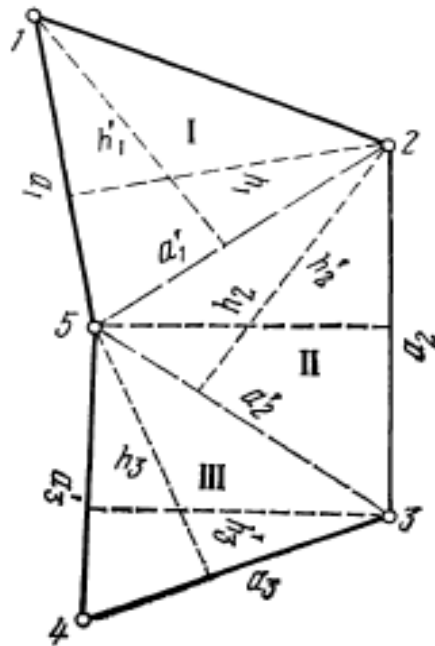


Рисунок 3.8 – Визначення площі графічним методом

в) результати вимірів та розрахунків занесені в таблицю 3.1.

На плані із точки 5 (рис. 3.8) проведені діагоналі, які розділили полігон на три трикутники. Результати вимірів та обчислень занесені в таблицю 3.1 визначення площі полігону.

Для контролю площі ділянок визначають двічі (S' , S''). Допустиме розходження між результатами вимірювань не повинне перевищувати величину, розраховану за формулою 3.4. Якщо розходження за абсолютною величиною не перевищує ΔS_{mp} , за кінцевий результат беруть середнє значення (формула 3.5).

Розділити полігон на трикутники інколи буває важко, коли його границі мають велику кількість поворотних точок при коротких сторонах полігону на плані. У таких випадках площу ділянки краще визначати за координатами вершин полігону, виміряними на плані або на місцевості (натурі).

Таблиця 3.1 – Результати вимірів та розрахунків площі ділянки графічним методом

№ Трикутника	№ виміру	Результати вимірів		Результати розрахунків			
		основа a , м	висота, h , м	площі, S , га	розходження, ΔS , га	допуск ΔS_{mp} , га	середнє значення, S , га
I	1	1073	922	49,46	0,16	0,28	49,54
	2	1037	957	49,62			
II	1	916	831	38,06	0,09	0,24	38,10
	2	865	882	38,15			
III	1	972	744	36,16	0,10	0,24	36,11
	2	913	790	36,06			

$$\sum S = 123,75 \text{ га.}$$

Площа полігону склала 123,75 гектар.

2.2.3 Визначення площі аналітичним способом

Приклад. На топографічній карті заданий теодолітний хід (рис. 3.9) з наступними координатами вершин: 1 (X_1, Y_1); 2 (X_2, Y_2); 3 (X_3, Y_3); 4 (X_4, Y_4).

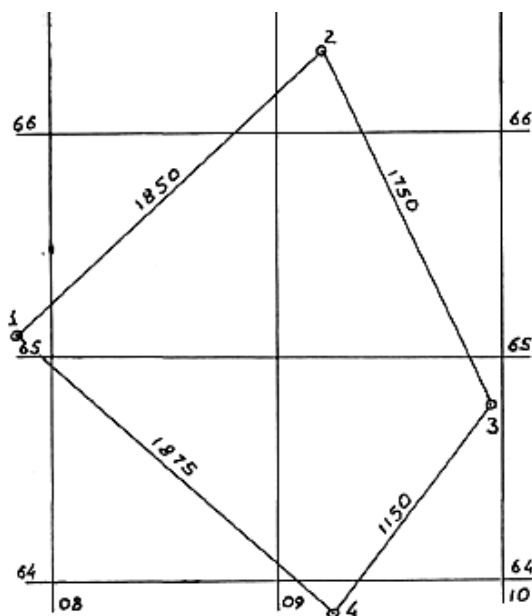


Рисунок 3.9 – Визначення площі аналітичним способом

Координати були виміряні на місцевості за допомогою геодезичних приладів, результати занесені до таблиці 3.2 стовпці 2, 3.

Площу полігона теодолітного ходу обчислюють за формулами 3.6 та 3.7. Площу полігона S обчислюють з контролем двічі.

Для зручності розрахунків ведеться в табличній формі (див. табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Відомість визначення площі полігона

№ точки	Координати, м		$Y_{i+1}-Y_{i-1}$	$X_{i-1}-X_{i+1}$	$X_i(Y_{i+1}-Y_{i-1})$	$Y_i(X_{i-1}-X_{i+1})$
	X	Y				
1	2	3	4	5	6	7
1	65100	7850	-50	-2500	-3255000	-19625000
2	66350	9200	+2100	+325	+139335000	+2990000
3	64715	9950	+50	+2500	+3238750	+24875000
4	65850	9250	-2100	-325	-134085000	-3006250
			0	0	+5233750	+5233750

Проміжним контролем обчислень слугує рівність сум різниць координат, яка у графах 4 і 5 відомості дорівнює нулю. Сума добутків у графах 6 і 7 має бути однаковою. Площа заданого полігона дорівнює:

$$S = \frac{5\,233\,750}{2} = 2\,616\,875\text{м}^2 = 261,69\text{га.}$$

Питання до самоперевірки

1. Дайте визначення та назвіть основні лінії водозбірної площі.
2. Принцип побудови водозбірної площі.
3. Які способи визначення площі на топографічному плані або карті ви знаєте?.
4. Як визначаються площі палетками? Яка точність визначення площі палетками?
5. Як визначаються площі графічним способом? Яка точність визначення площі графічним способом?
6. Як визначаються площі аналітичним способом? Яка точність визначення площі аналітичним способом?
7. Назвіть переваги одного способу визначення площ над іншим.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

Будова теодоліту 2Т30М

Мета роботи. Ознайомитися з будовою та геометричною схемою теодоліта 2Т30М. Навчитися центрувати та приводити прилад у горизонтальне положення, брати відліки по горизонтальному і вертикальному колу.

Прилади та приладдя. , Теодоліт 2Т30М, штатив ШР-120, підставка, висок, бланк для лабораторної роботи № 4.

1 Теоретичні питання

Теодоліт – це прилад для вимірювання горизонтальних та вертикальних кутів. Також теодолітом можна виміряти довжину лінії, магнітний або астрономічний азимут, виконати тригонометричне нівелювання горизонтальним променем.

Теодоліти використовують для вимірювання кутів у триангуляції і полігонометрії різних класів та розрядів, знімальних мережах, при топографічному зніманні, перенесенні проектів у природу, контролі будівельно-монтажних робіт, спостереженні за деформаціями будівель і споруд, виконанні інших геодезичних робіт.

Теодоліти розрізняють *по точності, конструкції, призначенню та сферою використання.*

За точністю теодоліти бувають (m_{β} – середня квадратична похибка вимірювання кута в секундах):

- високоточні – $m_{\beta} = 0,5'' \div 1,0''$ (Т05, Т1);
- точні – $m_{\beta} = 2'' \div 5''$; (Т2, Т5)
- технічні – $m_{\beta} = 15'' \div 30''$ (Т15, Т30).

За конструкцією:

- простий – має тільки закріпний гвинт або пристрій для повороту і закріплення лімба;

- повторний – конструктивно має незалежне обертання за рахунок закріплених і навідних гвинтів лімба і аліади. Це дає змогу підвищувати точність кутових вимірювань, сучасні теодоліти мають повторну систему;

- механічний – має металевий горизонтальний та вертикальний відлікові кола (лімби);

- оптичний – має скляні лімби;

- електронний – в якому використовують кодові диски як відлікові пристрої.

За призначенням і сферою використання розрізняють:

- астрономічні;
- геодезичні;
- маркшейдерські;
- автоколімаційні;
- спеціальні теодоліти.

За стандартом теодоліти позначають літерою Т далі йдуть літери, які позначають конструкцію теодоліта:

К – з компенсатором вертикального круга.

П – з прямим зображенням зорової труби;

М – маркшейдерське виконання;

А – з автоколімаційним окуляром.

Серійно випускаються такі типи теодолітів: Т05, Т1, Т2, Т15 і Т30. Цифра означає середню квадратичну похибку вимірювання кута за один прийом. Якщо зорова труба теодоліта має пряме зображення, до його позначення додають літеру П (Т30П). При наявності компенсатора біля вертикального круга додають літеру К (2Т15К). Якщо на основі єдиної базової моделі розроблена нова модифікація, спереду додається цифра 2, а на маркшейдерське виконання вказує літера М (2Т30М).

Основними конструктивними елементами оптичних теодолітів (рис. 4.1) є *зорова труба 3*, яка формує лінію візування на віддалені предмети місцевості та споруд. Вона дає обернене або уявне і збільшене зображення.

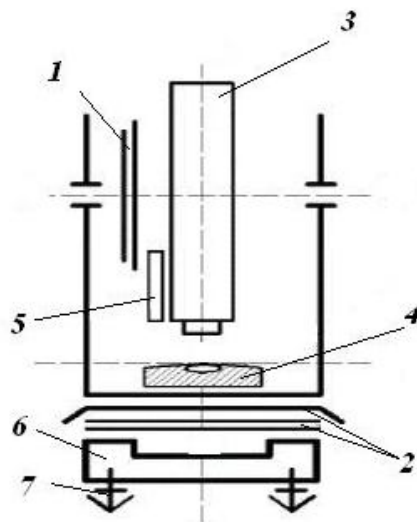


Рисунок 4.1 – Основні конструктивні елементи оптичних теодолітів

Циліндричний рівень 4 призначений для встановлення приладу або його окремих частин у певне положення відносно горизонтальної площини (рівневої

поверхні). **Відлікові пристрої 5** за допомогою яких відлічують поділки лімбів горизонтального і вертикального круга. Лімб – це робоча міра теодоліта у вигляді поділок кругової шкали, нанесеної на скляний круг оптичних теодолітів. В оптичних теодолітах технічної точності застосовують шкалові або штрихові відлікові мікроскопи. **Вертикальний круг 1** призначений для вимірювань вертикальних кутів. **Горизонтальний круг 2** з лімбом і алідадою призначений для вимірювань вертикальних кутів. **Підставки 6 і піднімальні гвинти 7** для приведення приладу у горизонтальне положення (робоче положення).

Геометрична схема теодоліта. Кожний тип теодоліта має свої конструктивні особливості, але обов'язковим є однакове взаємне розміщення таких осей теодоліта: візирна вісь труби ZZ_1 , вісь рівня на алідаді горизонтального круга UU_1 , горизонтальна вісь обертання труби HH_1 і вісь обертання приладу (основна) II_1 (рис. 4.2).

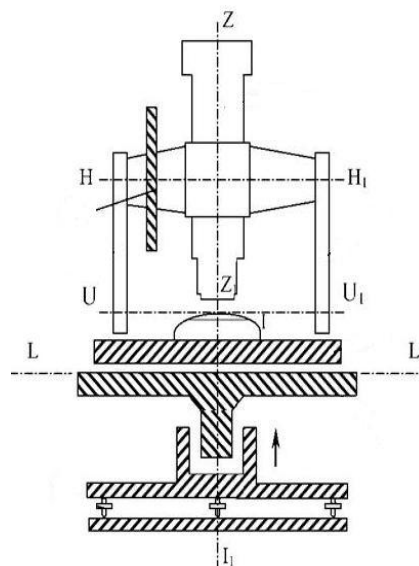


Рисунок 4.2 – Геометрична схема теодоліта

Принципова схема теодоліта забезпечує виконання основних геометричних умов: вісь обертання приладу мусить бути вертикальною; площина лімба LL_1 - горизонтальною; площа візування - вертикальною. При вимірюванні кутів найбільше значення має дотримування взаємного розміщення частин теодоліта відповідно до таких умов: $LL_1 \perp II_1$, $UU_1 \perp II_1$ або $UU_1 \parallel LL_1$, $ZZ_1 \perp HH_1$, $HH_1 \perp II_1$, $HH_1 \parallel LL_1$. Це зумовлено їхньою значною мінливістю у процесі роботи й транспортування.

2 Порядок виконання роботи

2.1 Будова теодоліта 2Т30М

Теодоліт 2Т30М це оптико-механічний прилад, призначений для вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів. За класом точності він відноситься до технічних теодолітів; точність вимірювання кута становить 30". На рисунку 4.3 приведений загальний вигляд теодоліта 2Т30М. Для встановлення теодоліта на зручну для спостерігача висоту використовують штатив. Теодоліт кріпиться до штатива за допомогою станового гвинта (рис.4.4).

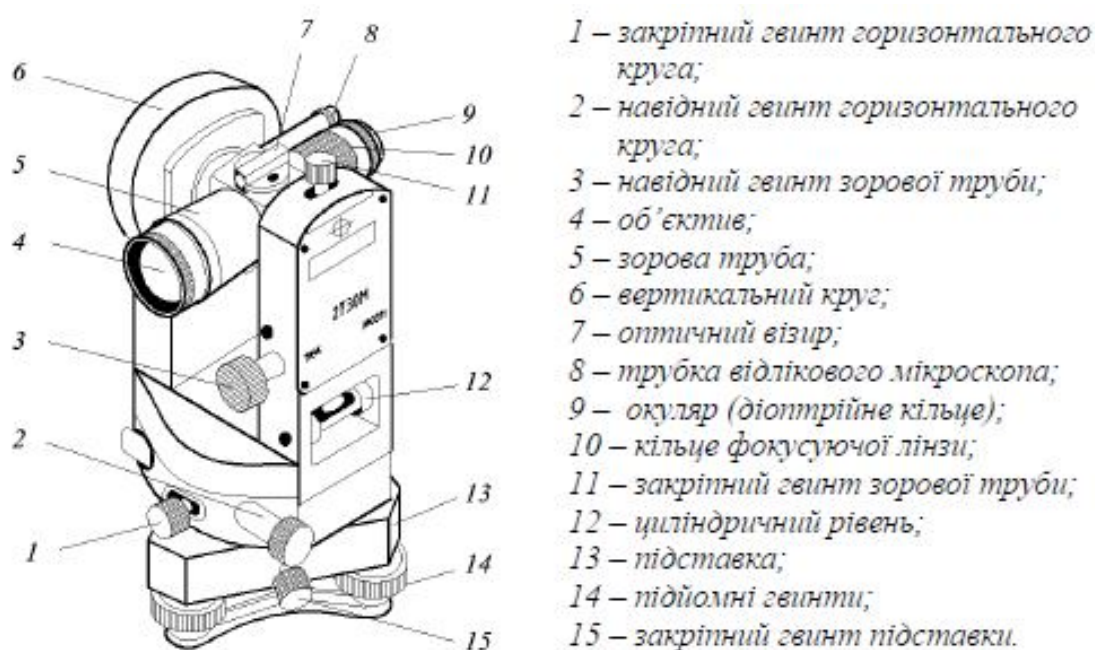


Рисунок 4.3 – Теодоліт 2Т30М



Рисунок 4.4 – Штатив ШР 120

2.2 Підготовка теодоліта до роботи

Підготовка теодоліта до роботи включає аналіз і оцінювання зовнішнього стану й комплектності, оцінювання дієздатності рухомих частин і режимів окремих функціональних елементів, приведення їх у дієздатний стан, перевірку і юстирування.

Зовнішній вигляд теодоліта перевіряють візуально. При цьому виявляють пошкодження оптичних і механічних частин теодоліта. Перевіряють установку рівнів і виправних пристроїв, чіткість зображення й рівномірність освітлення системи відліку. Труба й оптичні пристрої мають давати чіткі, не викривлені й незабарвлені зображення. Бульбашки рівнів при обертанні піднімального гвинта мають плавно пересуватися в трубці. Особливу увагу звертають на виконання таких умов:

а) нерухомий індекс відлікового мікроскопа при встановленні на його шкалі нуля має збігатися із зміщеним відображенням діаметрально протилежних штрихів лімба;

б) освітлення поля зору труби повинно бути рівномірним, таким що не допускає викривлення зображення;

в) зображення штрихів лімба повинні бути видні без перефокусування окуляра мікроскопа.

При огляді штатива звертають увагу на кріплення його частин. Ніжки штатива повинні порівняно туго обертатися в шарнірному з'єднанні з головною частиною.

Остаточний висновок про придатність теодоліта для виконання робіт з належною точністю роблять після виконання перевірок і відповідного їм регулювання.

2.3 Приведення теодоліта у робочий стан

Приведення теодоліта у робочий стан включає центрування, нівелювання приладу й фокусування зорової труби.

Центрування – встановлення центра лімба або осі алідади на одній прямовисній лінії з вершиною кута.

Для центрування теодоліт пересувають разом з штативом над точкою доти, поки висок не розміститься над нею. Потім послаблюють становий гвинт і пересувають теодоліт по горизонтальній головці штатива доти, поки висок або не суміститься з точкою. Після закінчення операції закручують становий гвинт.

Горизонтування теодоліта – приведення площини лімба в горизонтальне положення або осі аліади в прямовисне положення трьома піднімальними гвинтами. Горизонтування виконують приведенням бульбашки циліндричного рівня до центру ампули. Горизонтування виконують за допомогою підйомних гвинтів у такій послідовності:

1. Циліндричний рівень встановлюють паралельно напрямку двох підйомних гвинтів. Обертаючи ці гвинти одночасно в протилежних напрямках, виводять бульбашку на середину рівня (рис. 4.5, а).

2. Повертають теодоліт на 90° і, обертанням тільки третього підйомного гвинта, переміщують бульбашку на середину рівня (рис. 4,5, б).

3. Повертають теодоліт у початкове положення. Бульбашка повинна залишатися на середині рівня, або відхилитися від неї не більше ніж на одну поділку. Якщо умова не виконується, повторюють дії описані в пунктах «1» і «2» до її виконання.

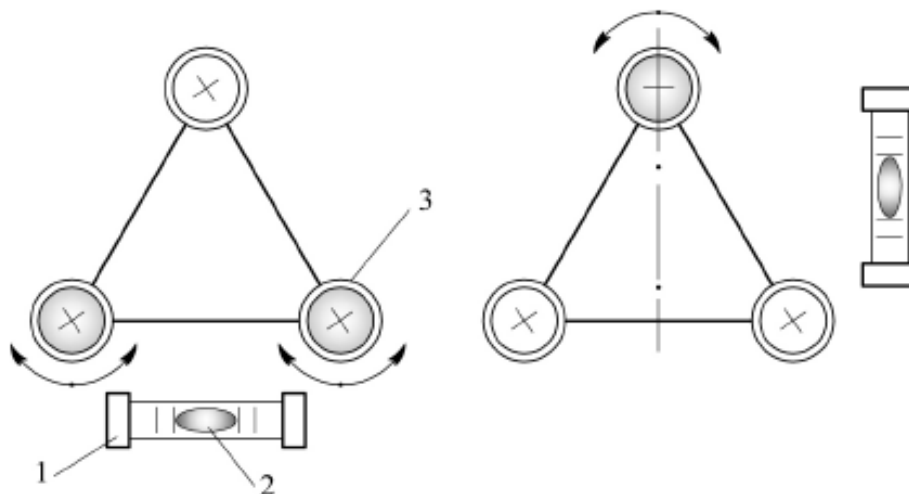


Рисунок 4.5 – Схема приведення бульбашки циліндричного рівня в нуль-пункт:

1 – циліндричний рівень; 2 – бульбашка рівня; 3 – підйомний гвинт

Фокусування зорової труби – отримання в полі зору труби чіткого зображення сітки ниток і предмета, який спостерігають.

Для отримання чіткого зображення сітки ниток наводять трубу на освітлений предмет. Обертаючи окуляр **9**, домагаються чіткого зображення сітки ниток. Чітке зображення предмета отримують обертанням кільця фокуруючої лінзи (кремальєри) **10**.

2.4 Взяття відліків по вертикальному і горизонтальному колу

Ослабити закріпні гвинти горизонтального *I* та вертикального кола *II*. За допомогою оптичного візиру *7* навести зорову трубу на вказану викладачем візирну марку (рис. 4.6). Закрутити закріпні гвинти горизонтального кола і зорової труби. Потім дивлячись в окуляр *9*, за допомогою навідних гвинтів горизонтального *2* і вертикального *3* навести перехрестя сітки ниток на центр візирної марки, як показано на рисунку 4.6

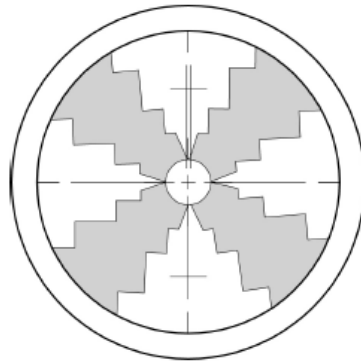


Рисунок 4.6 – Наведення сітки ниток на центр візирної марки

В трубці відлікового мікроскопа взяти відлік за шкалою горизонтального і вертикального кола.

На рисунку 4.7 наведено поле зору відлікового мікроскопу теодоліта 2Т30М.

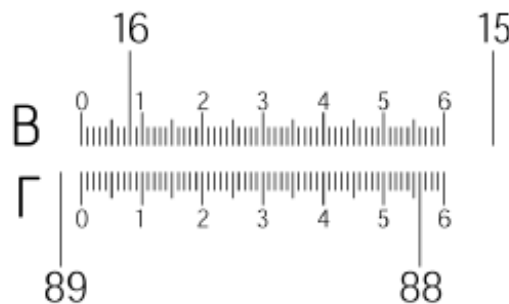


Рисунок 4.7 – Поле зору мікроскопу:
а) відлік з горизонтального кола $88^{\circ}56'$;
б) відлік з вертикального кола $16^{\circ}08'$

Верхня частина поля зору дає зображення шкали і поділок лімба вертикального кола, нижня – горизонтального. Ціна поділки шкали дорівнює $1'$. Десяті частки поділки шкали оцінюють на око, отже відлік виконують до $0,1'$. Під час вимірювання кутів зі шкалою співпадає один із градусних штрихів лімба (88 – для горизонтального кола на рис. 4.7). За цим штрихом визначають

кількість цілих градусі. Міноти відраховують зліва направо від нульової поділки шкали до градусного штриха. Кількість поділок дорівнює кількості мінот.

Отримані результати занести до бланку для лабораторної роботи №4 на поле шкалового мікроскопу.

Питання до самоперевірки

1. Перечисліть вимоги, яким мають відповідати теодоліти.
2. Які види теодолітів ви знаєте за конструкцією і точністю?
3. Які геометричні умови закладено в конструкцію теодоліта?
4. Перечисліть основні вузли теодолітів.
5. Будова і призначення вертикального і горизонтального кругів.
6. Призначення зорової труби теодоліта.
7. Які види відлікових пристроїв Ви знаєте?
8. Будова рівнів та їх призначення.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

Вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів

Мета роботи. Отримати практичні навички роботи з теодолітом 2Т30М. способом прийомів, і послідовність математичного опрацювання результатів вимірювань. Засвоїти принцип вимірювання кутів нахилу і послідовність математичного опрацювання результатів вимірювань.

Прилади та приладдя. Теодоліт 2Т30М, штатив ШР-120, підставка, висок, бланк для лабораторної роботи № 5.

1 Теоретичні питання

Кутіві вимірювання виконують з метою визначення у просторі або на горизонтальній площині взаємного розташування точок місцевості. Для визначення положення точок на плані вимірюють горизонтальні кути. Для визначення їх положення за висотою вимірюють вертикальні кути (кути нахилу).

1.1 Вимірювання горизонтальних кутів

Вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів на місцевості виконується спеціальним приладом – теодолітом.

При вимірюванні горизонтального кута між напрямками AB і AC (рис. 5.1), які виходять з вершини вимірюваного кута – точки A , дані напрямки проектують на горизонтальну площину, і між їх проекціями Ab і Ac утворюється горизонтальний кут β , який вимірюють теодолітом. Роль горизонтальної площини у теодоліта виконує круг, який називають лімбом. На нього нанесена шкала градусних поділок. Градусні поділки лімба підписані від 0° до 360° за годинниковою стрілкою.

Центр лімба має знаходитись на одній прямовисній лінії з вершиною вимірюваного кута – точкою A . Щоб позначити на лімбі проекції напрямків AB і AC , над нерухомим під час вимірювання кута, лімбом обертається другий кут, який називають алідадою.

На алідаді нанесений відліковий пристрій у вигляді штриха або шкали, за допомогою яких беруть відлік по лімбу.

Лімб і алідада складають горизонтальний круг теодоліта (рис. 5.2). Для вимірювання кута β (рис. 5.1) наводять зорову трубу на праву точку C , і навпроти штриха, який є на алідаді, беруть відлік U^{IP} по лімбу. Потім, не обертаючи лімб, обертають алідаду, зорову трубу наводять на ліву точку B і

навпроти того ж штриха алідади, який буде в точці B , беруть відлік U^{LB} по лімбі.

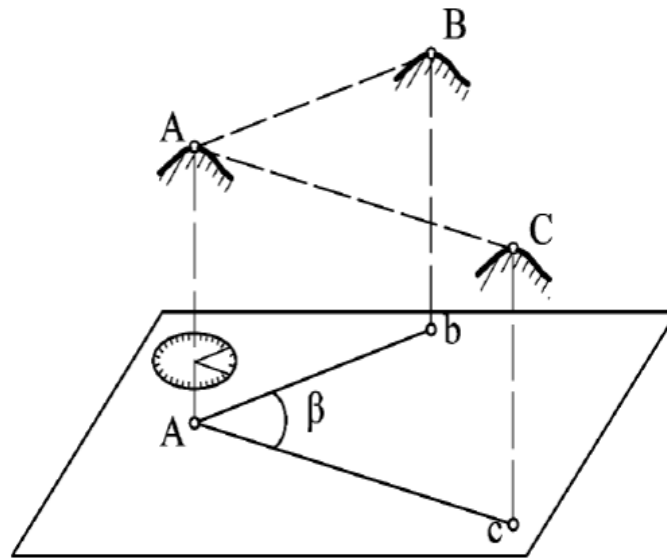


Рисунок 5.1 – Схема вимірювання горизонтального кута

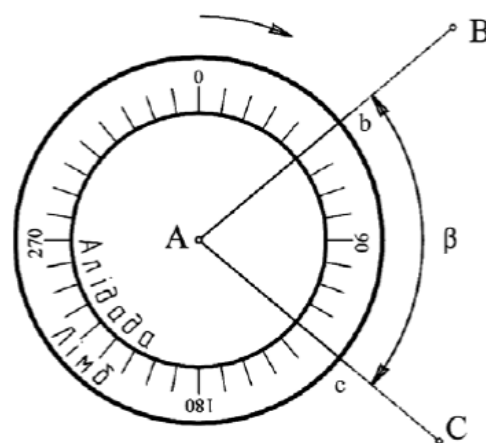


Рисунок 5.2 – Горизонтальний круг теодоліта

Так як поділки на лімбі підписані за ходом годинникової стрілки, то відлік U^{LP} буде більший за відлік U^{LB} , і горизонтальний кут β буде дорівнювати:

$$\beta = U^{LP} - U^{LB}. \quad (5.1)$$

Якщо при цьому відлік U^{LP} виявиться меншим за відлік U^{LB} , то до відліку U^{LP} треба додати 360° . А формула обчислення горизонтального кута, відповідно, має вигляд:

$$\beta = U^{LP} + 360^\circ - U^{LB}. \quad (5.2)$$

1.2 Вимірювання вертикальних кутів (кут нахилу)

Принцип вимірювання кутів нахилу, які знаходяться у вертикальній площині, полягає у визначенні кута між горизонтальною лінією і напрямком на точку візування.

Для вертикального круга теодоліта має виконуватись умова: при сполученні нуля лімба зі штрихом відлікового пристрою візирна вісь зорової труби має бути у горизонтальному положенні. Ця умова не завжди виконується. А відлік по вертикальному кругу при горизонтальному положенні візирної осі зорової труби називається *місцем нуля* (МО) вертикального круга (рис. 5.3). Значення місця нуля МО визначається візуванням на одну і ту точку, бажано ближче до лінії горизонту (приблизно 0° на відліковій шкалі вертикального круга).

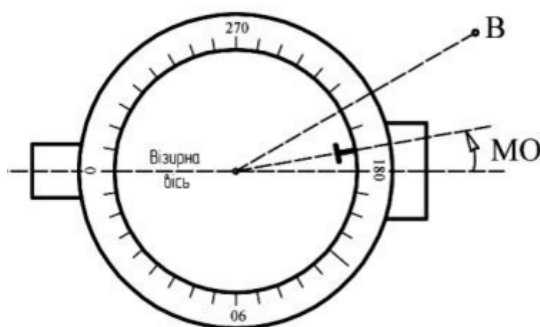


Рисунок 5.3 – Вертикальний круг теодоліта

Місце нуля вимірюється двічі (при двох положеннях вертикального круга КЛ і КП) та обчислюють за формулою:

$$МО = \frac{КЛ + КП + 180^\circ}{2}. \quad (5.3)$$

При цьому, до відліку менше 90° потрібно додати 360° . Слід зауважити у кожного приладу своє постійне значення МО, воно приблизно повинно бути в межах від $0^\circ \div 2'$, якщо більше прилад потрібно юстувати.

Після визначення МО теодоліту, можна обчислити значення кута нахилу за однією з формул:

$$\nu = КЛ - МО, \quad (5.4)$$

$$\nu = МО - КП \pm 180^\circ. \quad (5.5)$$

2 Порядок виконання роботи

2.1 Визначення горизонтального кута

1. Отримати у викладача бланк із завданням на виконання лабораторної роботи.

2. Розкласти на підлозі підставку на станції, номер якої вказаний викладачем. Встановити ніжки штатива в отвори підставки. Прикріпити теодоліт до штативу за допомогою станового гвинта.

3. Установити теодоліт у робоче положення.

3.1 Обертанням діоптрійного кільця встановити в зоровій трубі чітке зображення сітки ниток.

3.2 Виконати центрування приладу.

Центрування виконують за допомогою ниткового виска. Спочатку на гачок станового гвинта підвішують шпильку, на шпильку підвішують висок. Регулюють довжину нитки таким чином, щоб висок знаходився якомога ближче до підлоги. Якщо висок не співпадає з центром точки, то його положення регулюють змінюючи висоту ніжок штатива, доки відхилення виска від центру точки не буде перевищувати 3-4 мм.

4. Виконати горизонтування приладу.

Горизонтування виконують приведенням бульбашки циліндричного рівня до центру ампули. Горизонтування виконують за допомогою підйомних гвинтів.

5. Виміряти способом прийомів горизонтальний кут між напрямками на дві візирні марки, номери яких вкаже викладач. В нашому прикладі точки 2, 8.

5.1 В журналі вимірювання горизонтального кута (табл. 5.1, колонка 7) відобразити схему взаємного розміщення точок.

5.2 Виконати дії першого напівприйома.

– Відкріпити закріпні гвинти горизонтального круга і зорової труби.
– Встановити вертикальний круг теодоліта ліворуч відносно зорової труби і зробити відповідну позначку («КЛ») в журналі вимірювання горизонтального кута (табл. 5.1, колонка 3).

– За допомогою оптичного візиру навести зорову трубу на ліву візирну марку – точка 2.

– Закрутити закріпні гвинти горизонтального круга і зорової труби.

- Дивлячись в окуляр, за допомогою навідних гвинтів навести перехрестя сітки ниток на центр візирної марки, як показано на рисунку 4.6.

Таблиця 5.1 – Журнал вимірювання горизонтального круга

№ точки		Положення вертикального круга	Відлік за горизонтальним кругом	Горизонтальний кут		Схема розташування
стояння	візування			з напів-прийому	середній	
1	2	3	4	5	6	7
16	2	КЛ	10°10'00"	90°20'30"	90°21'00"	
	8	КЛ	100°30'30"			
	2	КП	190°10'00"	90°21'30"		
	8	КП	280°31'30"			

- В трубці відлікового мікроскопа взяти відлік за шкалою горизонтального круга. Отриманий відлік занести до журналу вимірювання горизонтального кута (табл. 5.1, колонка 4, рядок 1)

- Відкріпити закріпні гвинти горизонтального круга і зорової труби. Навести зорову трубу на праву візирну марку і взяти відлік за шкалою горизонтального круга. Результат занести до журналу вимірювання горизонтального кута (табл. 5.1, колонка 4, рядок 2).

- Обчислити значення горизонтального кута за формулою 5.1:

Тобто, горизонтальний кут дорівнює різниці відліків, отриманих при візуванні на праву і ліву точки. Результат заносять до журналу вимірювання горизонтального кута (табл. 5.1, колонка 5, рядок 1).

5.3 Виконати дії другого напівприйому (виконуються для контролю вимірювань).

- Перевести зорову трубу через zenit i zminiti, takim chinom, polozhenня вертикального круга на протилежне – «КП».

- Повторити дії першого навіприйому, отримавши відліки за горизонтальним кругом $U_2^{КП}$ та $U_8^{КП}$. Результати занести до журналу вимірювання горизонтального кута (табл. 1, колонка 4, рядки 4 і 3, відповідно).

- Обчислити значення горизонтального кута при положенні «КП» за формулою 5.1:

$$\beta = U^{ПР} - U^{ЛВ} = 280^{\circ}31'30'' - 190^{\circ}10'00'' = 90^{\circ}21'30''.$$

Результат занести до журналу вимірювання горизонтального кута (табл. 5.1, колонка 5, рядок 3).

5.4 Порівняти отримані результати. Повинна виконуватись наступна умова:

$$|КЛ - КП| \leq 1'. \quad (5.6)$$

При її виконанні обчислити середнє значення горизонтального кута за формулою:

$$\beta_{ср} = \frac{\beta^{КЛ} + \beta^{КП}}{2}. \quad (5.7)$$

В нашому прикладі умова виконується тому, що:

$$|90^{\circ}20'30'' - 90^{\circ}21'30''| = 1'.$$

Тому можна обчислювати середнє значення горизонтального кута з навіприймів:

$$\beta_{ср} = \frac{\beta^{КЛ} + \beta^{КП}}{2} = \frac{90^{\circ}20'30'' + 90^{\circ}21'30''}{2} = 90^{\circ}21'00''.$$

Отриманий результат занести у колонку 6, табл. 5.1. Якщо умова не виконується, вимірювання горизонтального кута повторити до її виконання.

2.2 Вимірювання вертикального кута

Далі продовжуючи стояти на станції вибираємо одну із візирних марок, на які вже наводились при визначенні горизонтального кута та визначаємо для неї місце нуля МО. Кут нахилу вимірюють двічі при двох положеннях вертикального круга КЛ та КП в нашому прикладі точка (марка) №8. Результати заносимо в таблицю 5.2 «Журнал вимірювання кута нахилу» в колонку 4 рядки 1, 2. Усі дії виконуються аналогічно з діями при визначенні горизонтального кута, але відліки беруться за вертикальною шкалою лімба.

Таблиця 5.2 – Журнал вимірювання кута нахилу

№ точки		Положення вертикального круга	Відлік за вертикальним кругом	МО	Кут нахилу, v	Схема розташування точки
стояння	візування					
1	2	3	4	5	6	7
16	8	КЛ	9°05'30"	0°00'30"	9°05'00"	
	8	КП	170°55'30" "			

Після взяття відліків спочатку обчислюють МО, а потім кут нахилу v за формулами 5.3 та 5.4:

Отриманий результат занести у колонки 5, 6, табл. 5.2. Якщо умова не виконується, вимірювання горизонтального кута повторити до її виконання.

Слід зауважити, якщо місце нуля МО $\geq 360^\circ$, то потрібно відняти 360° від отриманого результату.

Питання до самоперевірки

1. Що таке місце нуля?
2. Назвіть послідовність вимірювання горизонтального кута.
3. Назвіть послідовність вимірювання вертикального кута.
4. У чому полягає відмінність вимірювання горизонтального кута від вертикального?
5. Дайте визначення поняттю «напівприйома».
6. Дайте визначення поняттю «прийом».
7. За якою формулою вираховується горизонтальний кут?
8. За якою формулою вираховується вертикальний кут?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

Будова нівеліру Н – 10КЛ та рейки РН-3

Мета роботи. Ознайомитися з будовою та геометричною схемою нівеліра Н-10КЛ. Навчитися приводити прилад у горизонтальне положення, брати відліки по рейках РН-3.

Прилади та приладдя. Нівелір Н-10КЛ, штатив ШР-90, підставка, бланк для лабораторної роботи №6.

1 Теоретичні питання

Нівелір – це оптико-механічний прилад – висотомір для побудови у просторі горизонтального променя.

Види та класифікація нівелірів за конструкцією та точністю. За **конструкцією** та способом установавлення горизонтально візирного променя нівеліри поділяють на:

- нівеліри з циліндричним рівнем біля зорової труби;
- нівеліри з компенсатором для автоматичного встановлення візирної осі зорової труби в горизонтальне положення;
- електронні.

Залежно від **точності** нівеліри поділяють на три групи:

- високоточні – типу Н-05, Н-1, Н-2;
- точні – типу Н-3, Н-3К, Н-3КЛ;
- технічні – типу Н-10.

За стандартом нівеліри позначають літерою Н далі йдуть літери, які позначають конструкцію нівеліра:

- **Л** – нівелір з лімбаом;
- **К** – нівелір з компенсатором;
- **КЛ** – нівелір з компенсатором і лімбаом.

Геометрична схема нівеліра. Основною ознакою нівелірів є те, що візирний промінь, який ним задається, має бути горизонтальним, тобто в ньому має бути пристрій для горизонтального установавлення візирного променя. За способом установавлення горизонтального візирного променя нівеліри бувають з компенсатором і рівневі.

До нівеліра ставиться ряд вимог, пов'язаних з взаємним розташуванням його основних осей (рис. 6.1): $II' \parallel ZZ'$, $II' \perp VV'$, $VV' \perp ZZ'$.

При виконанні перевірок контролюють правильність взаємного розташування осей і частин нівеліра.

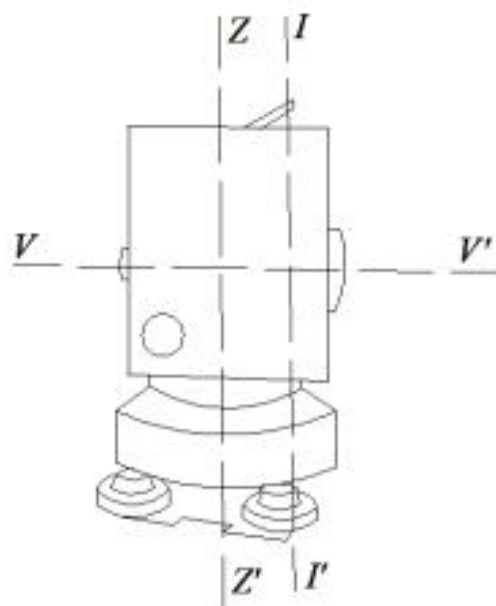


Рисунок 6.1 – Основні осі нівеліра з компенсатором: ZZ' – вісь обертання нівеліра; VV' – візирна вісь труби; I, I' – вісь круглого рівня

Нівелірні рейки. Робочими мірами для вимірювання перевищень є нівелірні рейки. Відповідно до стандарту ГОСТ 10528-90, випускають три типи рейок: РН-05; РН-3; РН-10. Шифр РН означає – рейка нівелірна, а число вказує на середню квадратичну похибку вимірювання перевищень на 1 км подвійного ходу.

Рейка РН-05 – дерев'яна з інварною смугою, одностороння довжина 3 м, має основну і додаткову шкали з поділками через 0,5 см (для спеціальних робіт використовують такі ж рейки довжиною 1 м), призначена для високоточного нівелювання. (рис. 6.1)

Нівелірні рейки РН-3 і РН-10 – дерев'яні, довжиною 3 і 4 м, суцільні й складальні двобічні з поділками шкали через 1 см у вигляді шашок. На одному боці нанесені шашки чорного і білого кольорів (чорний бік), на другому – червоного і білого кольорів (червоний бік). Дециметрові поділки рейки цифровані. Є рейки як з прямим, так і з перевернутим цифруванням шкал відповідно для зорових труб з прямим і оберненим зображенням (рис. 6.1).

Нижню частину рейки, обиту металевою пластиною, називають п'яткою рейки. На чорному боці рейки нуль збігається з п'яткою і поділки зростають

уверх; на червоному боці рейки з п'яткою в різних рейках можуть збігатися такі відліки, як 4687, 4787, 4700 або 4800.

Під час нівелювання чорна шкала є основною, а відлік червоної шкали на величину різниці п'яток (4681–4800) у межах точності нівелювання. Це дозволяє виконувати надійний контроль у роботі, тому що по різних цифрових відліках одержують однаковий результат.

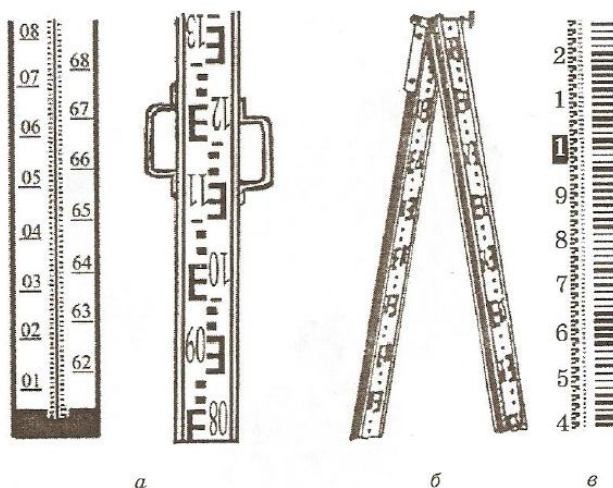


Рисунок 6.2 – Нівелірні рейки:
а – фрагмент суцільних рейок РН–0.5, РН–3;
б – складана; в – штрихова

Рейки РН-3 призначені для нівелювання III і IV класів, а рейки РН-10 – для технічного нівелювання. Для підвищення точності на боковій стороні рейок закріплюють круглий рівень і дві ручки, які дозволяють ставити рейку прямовисно на нівелірній точці.

Штрихкодіві рейки (рис. 6.2, в) застосовують під час нівелювання електронними нівелірами.

2 Порядок виконання роботи

2.1 Перевірка зовнішнього стану і комплектності нівеліра

Перевірку проводять візуальним оглядом. Нівелір повинен відповідати таким основним вимогам:

- комплектність приладу повинна відповідати паспортним даним, вимогам ГОСТ 10529-86 і технічній нормативній документації;
- прилад і футляр не повинні мати механічних пошкоджень, слідів корозії та інших дефектів, які ускладняють роботу з ним та вплинуть на

експлуатаційні властивості, метрологічні характеристики та збереження приладу;

– нівелір повинен мати якісну оптичну систему, чисті поля зору зорової труби. Спостереженням в окуляр перевіряють якість нанесення штрихів сітки ниток. Не допускаються дефекти, що заважають використанню нівеліра по своєму призначенню.

2.2 Перевірка працездатності нівеліра

Нівелір оглядають після установки на штатив і закріплення його становим гвинтом. При огляді не обходимо переконається в дотриманні наступних вимог до нівеліра:

- Верхня частина нівеліра повинна обертатися вільно, без затримок.
- При плавному обертанні елеваційного гвинта нівеліра з циліндричним рівнем візирна вісь повинна переміщуватися плавно.
- Обертання діоптрійного кільця окуляра зорової труби і мікроскопа повинно здійснюватися плавно.
- Зображення предмета, сітки ниток (і бульбашки рівня у нівелірів з рівнем) в полі зору труби повинні бути чіткими.
- Підйомні гвинти не повинні мати пошкоджень різьби, а обертання їх повинно здійснюватися плавно без зусиль.
- При огляді рейок необхідно звернути увагу на збереження п'ят і роботу замку у складних рейок. П'яти пари рейок повинні мати однакові значення.

2.3 Перевірка круглого рівня

Геометрична умова: вісь круглого рівня повинна бути паралельна вертикальній осі обертання нівеліра (рис. 6.3).

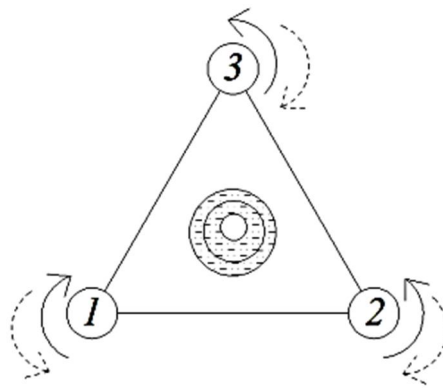


Рисунок 6.3 – Перевірка круглого рівня

Підйомними гвинтами приводять бульбашку круглого рівня на середину (рис. 6.3) і повертають нівелір на 180° навколо вертикальної осі. Якщо бульбашка рівня змістилася з середини, то її переміщують виправними гвинтами рівня на половину відхилення. Перевірку і виправлення виконують декілька разів.

2.4 Перевірка сітки ниток

Геометрична умова: горизонтальний штрих сітки ниток повинен бути перпендикулярний до вертикальної осі обертання нівеліра.

На рейку, встановлену прямовисно в 40-50 м від нівеліра, наводять трубу так, щоб зображення рейки вийшло в край поля зору, після чого беруть відлік по рейці. Потім трубу повертають навідним гвинтом нівеліра доти, поки зображення рейки зміститься в протилежний край поля зору труби, і беруть після цього другий відлік по рейці (рис. 6.4).

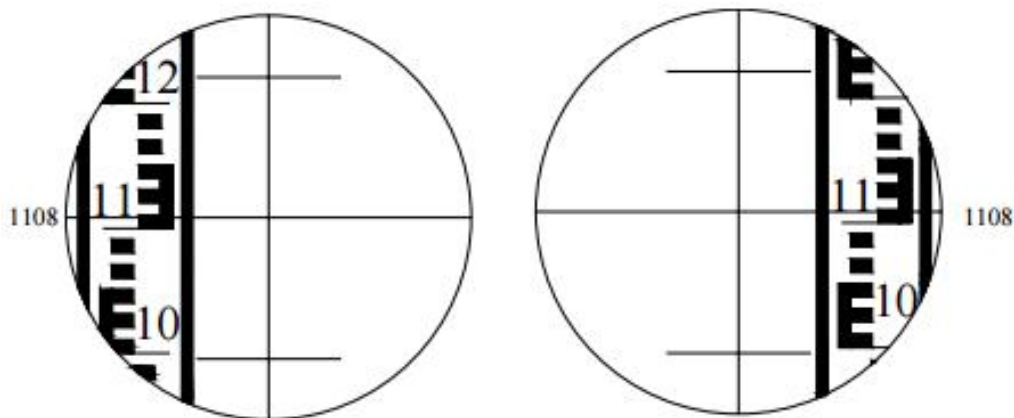


Рисунок 6.4 – Перевірка сітки ниток

Якщо відліки не відрізняються більш ніж на 1 мм - умова виконується. У противному разі необхідно на середній відлік повернути сітку ниток, ослабивши торцеві гвинти сітки.

За результатами перевірок нівеліра робиться висновок про придатність приладу до роботи. Матеріали перевірок оформлюють належним чином та додають до звіту з лабораторної роботи.

2.5 Будова нівеліра Н-10КЛ

В лабораторній роботі використовується нівелір, в якому циліндричний рівень замінено автоматичним пристроєм - компенсатором нахилу візирної осі. Такий нівелір має тільки сферичний рівень для приведення нівеліра у робоче положення – приблизного установавлення візирної осі горизонтально.

Горизонтальність лінії візування забезпечується з необхідною точністю компенсатором нахилу. Компенсатори нахилу дозволяють підвищити точність відліків по рейках і продуктивність праці. Він дає змогу працювати на нестійких ґрунтах.

На рисунку 6 5 подано загальний вигляд нівеліра Н-10КЛ. Це технічний нівелір з компенсатором і горизонтальним кругом. Мінімальна віддаль фокусування 1,5 м. У зоровій трубі нівеліра, яка має збільшення 20", сітка ниток з юстувальними гвинтами розташована під кришкою. До її юстувальних гвинтів можна досягнути, знявши кришку. Обернена труба нівеліра дає земне зображення предметів. У нівелірі є горизонтальний круг з ціною поділки 1° , установочний рівень (на рис.6.5 він розташований під дзеркалом) з ціною поділки $10'$ і дзеркалом для його спостереження, підставка з підймальними гвинтами. Сферичний рівень виправляють юстувальними гвинтами до яких можна досягнути, піднявши дзеркало.

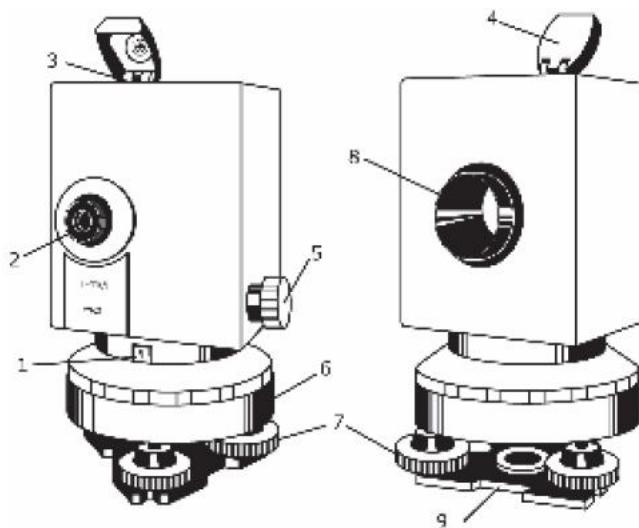


Рисунок 6.5 – Нівелір Н-10КЛ: 1 – лімба; 2 – окулярне кільце; 3 – круглий рівень; 4 – кришка-дзеркало; 5 – гвинт механізму пере фокусування (кремальєра); 6 – підставка; 7 – підйомні гвинти; 8 – об’єктив; 9 – пружиниста пластина (трегер)

2.6 Взяття відліків по нівелірній рейці

Наведення на нівелірну рейку виконується у такій послідовності:

- спрямовують зорову трубу нівеліра на нівелірну рейку від руки;
- діоптрійним кільцем та фокусовальним гвинтом досягають чіткого зображення сітки ниток і рейки;
- за горизонтальною ниткою сітки ниток зорової труби відлічують відлік (рис. 6.6).

Відлік по нівелірній рейці береться в наступній послідовності:

- спочатку кількість підписаних дециметрів (16);
- потім повних сантиметрових поділок (5);
- “на око” оцінюють десяті частки неповної сантиметрової поділки (2).

Повний відлік становитиме $1600 + 50 + 2 = 1652$ мм.

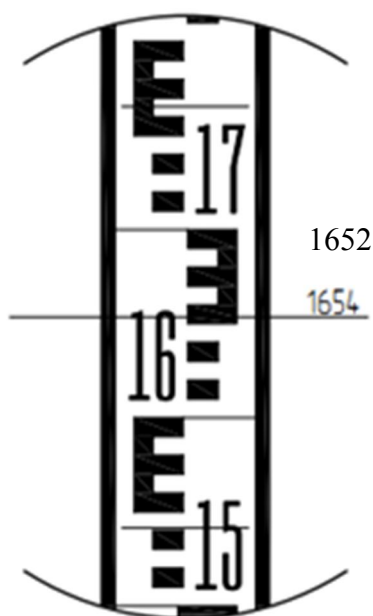


Рисунок 6.6 – Поле зору нівеліра Н-10КЛ рейки РНЗ

За віддалемірними нитками можна визначити відстань від нівеліра до рейки.

Приклад. Якщо верхній відлік становитиме 1470 а нижній – 1100, то відстань становитиме: $d = 1470 - 1100 = 370 \text{ мм} = 37 \text{ см}$.

Якщо коефіцієнт ниткового віддалеміра $K = 100$, тобто 1 см по рейці відповідає 1 м довжини лінії на місцевості, тоді відстань становитиме:

$$d = 37 \text{ см} \times 100 = 37,0 \text{ м}.$$

Результати проведеної роботи вносяться до бланку лабораторної роботи №6.

Питання до самоперевірки

1. Як класифікують нівеліри за будовою і точністю?
2. Якою є головна вимога, що ставиться до нівеліру будь-якого типу?
3. Як беруть відліки по рейках?
4. Назвіть основні частини нівеліру Н10КЛ.
5. Як виконується горизонтування нівеліру?
6. Що таке «сітка ниток»?
7. Для чого на рейках РНЗ використовують чорну та червону сторони?
8. Яким чином визначають відстань по рейці?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

Геометричне нівелювання. Робота на станції

Мета роботи. Засвоїти порядок роботи на станції при виконанні геометричного нівелювання із середини і послідовність математичного опрацювання результатів вимірювань.

Прилади та приладдя. Нівелір Н-10КЛ, штатив ШР-90, підставка, бланк для лабораторної роботи №7.

1 Теоретичні питання

Нівелювання необхідне для створення висотної основи топографічних зйомок, вивчення форм рельєфу і визначення різниці висот точок під час топографічних зйомок, проектування, будівництва та експлуатації різноманітних споруд і будівель. Результати нівелювання мають важливе значення для розв'язування наукових і практичних задач з геодезії.

Перевищення можна обчислити за різницею позначок точок з карти, плану чи будівельних креслень. На місцевості перевищення між заданими точками визначають за допомогою нівелювання.

Перевищенням називають різницю висот точок земної поверхні або будівельних конструкцій.

В інженерній геодезії застосовують наступні **методи геодезичного нівелювання**:

- геометричне – використовується принцип горизонтальності візирного променя зорової труби;
- тригонометричне – використовується принцип нахилого променя зорової труби;
- гідростатичне – ґрунтується на властивості вільної поверхні рідини у сполучених посудинах – знаходиться на однаковому рівні;
- барометричне – ґрунтується на залежності зміни атмосферного тиску від зміни висоти точки;
- автоматичне – використовується принцип перетворення похилого вектора переміщень приладу на вертикальні складові за допомогою спеціальних приладів;
- стереофотограмметричне – ґрунтується на вимірюванні перевищень за моделлю об'єкта, отримаємо в результаті розглядання стереопари фотознімків місцевості.

В будівництві переважно використовується геометричне, тригонометричне та гідростатичне нівелювання.

Геометричне нівелювання – це метод визначення перевищень між точками земної поверхні за допомогою горизонтального візирного променя і спеціальних нівелірних рейок. Для отримання горизонтального променя використовують прилад, який називається нівеліром.

Залежно від місця встановлення нівеліра розрізняють два способи геометричного нівелювання: «із середини» і «вперед». В лабораторній роботі розглядається спосіб геометричного нівелювання із середини.

Геометричне нівелювання із середини і робота на станції. Для вимірювання перевищення між точками А і В нівелір встановлюють посередині, а рейки – прямовисно на точках. Приводять нівелір у робочий стан. Наводять зорову трубу на чорну шкалу задньої рейки і беруть відлік *a*. Повертають трубу на чорну шкалу передньої рейки і беруть відлік *b* (рис. 7.1).

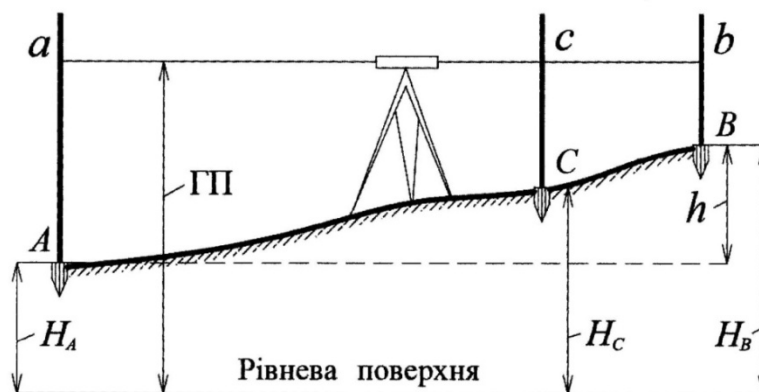


Рисунок 7.1 – Геометричне нівелювання із середини

Перевищення обчислюють за формулою 7.1:

$$h = a - b. \quad (7.1)$$

Повторюють нівелювання, встановивши рейки червоними шкалами до нівеліра.

Якщо різниця між обчисленими перевищеннями не більше 5 мм (технічне нівелювання), то визначають середнє перевищення. При відомій висоті задньої точки можна обчислити висоту передньої точки за формулою 7.2:

$$H_B = H_A + h. \quad (7.2)$$

Додавши до висоти точок відліки по чорній шкалі рейок, одержують горизонт приладу за формулами 7.3 та 7.4:

$$\Gamma_{ПЗ} = H_A + a; \quad (7.3)$$

$$\Gamma_{ПП} = H_B + b. \quad (7.4)$$

Якщо виконується умова $(\Gamma_{ПЗ} - \Gamma_{ПП}) < 5$ мм (технічне нівелювання), то розраховують середнє значення горизонту приладу за формулою 7.5:

$$\Gamma_{П} = 0,5(\Gamma_{ПЗ} + \Gamma_{ПП}). \quad (7.5)$$

Висоту проміжної точки С обчислюють за формулою 7.6:

$$H_C = \Gamma_{П} - c, \quad (7.6)$$

де c – відлік по чорній шкалі рейки, встановленій на точці С.

Порядок роботи на станції.

1. Установлюють нівелір приблизно посередині між нівелірними точками А і В, але не обов'язково в створі лінії АВ, можна встановити нівелір і з боку головне, щоб відстані між приладом і рейками були приблизно однакові.

2. Підіймальними гвинтами приводять бульбашку сферичного рівня на середину і наводять зорову трубу нівеліра на задню рейку А. суміщають зображення кінців бульбашки циліндричного рівня і відлічують відлік ачор по чорному боці рейки.

3. Наводять зорову трубу на передню рейку В і беруть відліки вчор і вчер відповідно по чорному і червоному боках рейки.

4. Наводять трубу нівеліра на задню рейку А, і беруть відлік ачер по червоному боці рейки.

5. Якщо необхідно додатково визначити висоти проміжних точок $C1$ і $C2$, то задню рейку А послідовно установлюють на ці точки і беруть відліки $C1$ і $C2$ по чорному боці рейки. Результати спостережень на станції записують у журнал нівелювання.

6. Для контролю відлічування по рейках обчислюють різниці нулів п'яток рейок.

Приклад:

- для задньої рейки

$$PO_3 = a_{\text{чер}} - a_{\text{чор}} = 5220 - 0440 = 4780;$$

- для передньої рейки

$$PO_{II} = a_{\text{чер}} - a_{\text{чор}} = 6858 - 2080 = 4778.$$

Різниця має бути не більше 5 мм.

7. Обчислення перевищення. Перевищення дорівнює відліку по задній рейці мінус відлік по передній рейці. Якщо розходження значень не перевищує 5 мм, то вимірювання виконані правильно. За остаточне перевищення на станції приймають середнє арифметичне значення.

Наступні обчислення в журналі нівелювання виконують у камеральних умовах.

2. Порядок виконання роботи

1. Отримати у викладача бланк із завданням на виконання лабораторної роботи.

2. Отримати у лаборанта кафедри нівелір Н-10КЛ, штатив і підставку.

3. Обрати в аудиторії зручне місце для встановлення нівеліра, таким чином, щоб забезпечувалась видимість точок, нівелювання яких виконують (див. табл. 7.1, колонка 2).

4. Розкласти на підлозі аудиторії підставку. Відкріпити гвинти на ніжках штативу; витягнути ніжки уверх на зручну для роботи з нівеліром висоту. Встановити ніжки штативу в отвори підставки. Прикріпити нівелір до штативу за допомогою станового гвинта.

5. Установити нівелір в робоче положення:

- обертанням окулярного кільця встановити в зоровій трубі чітке зображення сітки ниток;

- виконати горизонтування приладу.

6. Навести зорову трубу на першу вказану у завданні зв'язуючу точку (умовно на задню рейку). За допомогою гвинта механізму перефокусування встановити чітке зображення рейки в зоровій трубі.

7. Взяти відлік за основною і допоміжною шкалам рейки. Отримані відліки і заносять до таблиці 7.1 (колонка 3, рядок 1 і 2 відповідно).

8. Перевести зорову трубу на другу (передню) зв'язуючу точку. Взяти відлік за основною і допоміжною шкалам рейки і занести їх до таблиці 6.1 (колонка 4, рядок 3 і 4 відповідно).

9. Навести зорову трубу на третю (проміжну точку) і взяти відлік за основною шкалою рейки. Результат занести в таблицю 5 (колонка 5, рядок 5).
10. Виконати математичну обробку результатів вимірювань.

Таблиця 7.1 – Журнал технічного нівелювання

№ станції	№ точки	Відлік за шкалою рейки, мм			Перевищення h, мм				Висота осі візування $H^{ОВ}$, м	Висота точки Н, м
		задньої U_3	передньої U_{II}	проміжної $U_{пр}$	виміряне		середнє			
					+	-	+	-		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	А	2190							102,190	100,00
2		6840			1640		1639			
3	В		0550		1638					101,63
4			5202							
5	С			1166						101,02

10.1 За відліками, отриманими по шкалам задньої і передньої рейок, обчислити перевищення між ними. Для цього використовують формулу 7.1. Результати занести до колонки 6 або 7 таблиці 7.1 (відповідно до знаку перевищення).

10.2 Порівняти отримані результати. Повинна виконуватись наступна умова:

$$|h^{чор.} - h^{чер}| \leq 5\text{мм.} \quad (7.7)$$

При виконанні цієї умови обчислюють середнє перевищення за формулою:

$$h_{ср} = \frac{h^{чор} + h^{чер}}{2}. \quad (7.8)$$

Отриманий результат заносять до колонки 8 або 9 табл. 7.1 (відповідно до знаку перевищення). Якщо умова не виконується, вимірювання перевищень повторюють до її виконання.

10.3 Обчислити висоту передньої зв'язуючої точки за відомою висотою задньої точки і перевищенням між ними за формулою:

$$H_{II} = H_3 + h^{ср}. \quad (7.9)$$

Отриманий результат занести до таблиці 7.1 (колонка 11, рядок 3).

10.4 Обчислити висоту осі візування ГП за формулами 7.3–7.5. Результат занести до таблиці 7.1 (колонка 10, рядок 1).

10.5 Обчислити висоту проміжної точки за формулою 7.6. Результат занести до таблиці 7.1 (колонка 11, рядок 5).

12. Підготувати звіт з лабораторної роботи.

Питання до самоперевірки

1. Що називають нівеліром?
2. Які методи нівелювання вам відомі?
3. Якою є головна вимога, що ставиться до нівеліру будь-якого типу?
4. Назвіть принцип тригонометричного нівелювання та прилади, якими його виконують.
5. Назвіть принцип барометричного нівелювання та прилади, якими його виконують.
6. В якій послідовності приводять в робоче положення нівелір?
7. Назвіть способи геометричного нівелювання.
8. Назвіть порядок роботи на станції геометричного нівелювання.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Войтенко С. П. Інженерна геодезія : підручник / С. П. Войтенко ; – Київ : Знання, 2009.
2. Кулешов Д. А. Инженерная геодезия : учебник для вузов / Д. А. Кулешов, Г. Е. Стрельников : - Москва : Недра, 1990.
3. Курс инженерной геодезии: Учебник для вузов / Под ред. В.Е. Новака – Москва : Недра, 1989.
4. Лукьянов В. Ф. Лабораторный практикум по инженерной геодезии : Учеб. пособие / В. Е. Новак, Н. Н. Борисов ; - Москва : Недра , 1990.
5. Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. – К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, 2001.
6. Практикум до виконання розрахунково-графічних робіт з курсу інженерної геодезії для студентів будівельних спеціальностей. / Укл.: Шипулін В.Д., Запара Л. Г – Харків : ХДАМГ, 2003.
7. Російсько-український тлумачний словник основних термінів та понять з геодезії / Укл. Новицький В. В.- Харків : ХІМГ, 1993.
8. ДСТУ 2756-94. Геодезія. Терміни та визначення. Київ: Держстандарт України, 1994.
9. ДСТУ 2757 - 94. Картографія. Терміни та визначення. Київ : Держстандарт України, 1994.
10. Інженерна геодезія. Методичні вказівки до вивчення курсу (для студентів 2-го курсу заочної форми навчання спеціальностей: ПЦБ, МБГ, ТГВ, ТОРiРБ). / Укл.: Г. І. Коба, В. В. Новицький, Л. Г. Запара.- Харків : ХНАМГ, 2007.

Виробничо-практичне видання

Методичні рекомендації
до виконання лабораторних робіт та самостійної роботи
з навчальної дисципліни
«ОСНОВИ ГЕОДЕЗІЇ»
(для студентів денної форми навчання
спеціальності 191 – Архітектура та містобудування)

Укладачі **МАСЛІЙ** Любов Олексіївна
ПІЛЧЕВА Марина Олегівна

Відповідальний за випуск *О. Є. Поморцева*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *Л. О. Маслій*

План 2018, поз. 42 М

Підп. до друку 27.06.2018 Формат 60×84/16
Друк на різнографі. Ум. друк. арк. 2,22
Тираж 50 пр. Зам. №

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