



Національний університет

водного господарства
та природокористування

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО
ГОСПОДАРСТВА ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

Інститут агроекології та землеустрою

Кафедра геодезії та картографії

05-04-51



Національний університет
водного господарства

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ тування

до виконання лабораторних робіт на тему «Рішення задач на топографічних картах» з навчальної дисципліни «Геодезія» студентами напряму підготовки 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій» денної та заочної форм навчання

Рекомендовано методичною комісією
напряму підготовки 6.080101
„Геодезія, картографія та землеустрій”
Протокол № 6 від 16 квітня 2015р.

РІВНЕ - 2015



Національний університет

водного господарства

та природокористування

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт на тему «Рішення задач на топографічних картах» студентами напряму підготовки 6.080101 „Геодезія, картографія та землеустрій” з дисципліни “Геодезія”/ Дмитрів О.П., Чудовець Л.М., Рівне: НУВГП, 2015. – 38с.

Упорядники: О.П. Дмитрів, кандидат технічних наук,
доцент кафедри геодезії та картографії;

Л.М.Чудовець, асистент кафедри геодезії та
картографії.



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Відповідальний за випуск: Янчук Р.М., кандидат технічних наук,
доцент, завідувач кафедри геодезії та картографії

© Дмитрів О.П.,
Чудовець Л.М., 2015
© НУВГП, 2015



Зміст

Лабораторна робота №1. Розв'язання задач за допомогою масштабів на топографічних картах та планах.....	4
Лабораторна робота №2. Визначення прямокутних і географічних координат	9
Лабораторна робота №3. Номенклатура топографічних карт та планів.....	15
Лабораторна робота №4. Орієнтування ліній.....	19
Лабораторна робота №5. Розв'язання задач за горизонталями на топокартах та планах.....	27
Література.....	38





Розв'язання задач за допомогою масштабів на топографічних картах та планах

- 1.1. Знайомство з топографічними картами та планами.
- 1.2. Масштаби планів і карт.
- 1.3. Визначення за картою віддалі між точками.
- 1.4. Гранична точність масштабів.

Інструменти та приладдя: комплект навчальних топографічних карт, лінійки з поперечними масштабами, циркулі-вимірники, лінійки, калькулятори, олівці, гумки.

1.1. Знайомство з топографічними картами та планами

Картографічне зображення земної поверхні на папері поділяють на топографічні карти і топографічні плани.

Картою називається зменшене узагальнене і побудоване за відповідними математичними законами зображення ділянок земної поверхні на площині.

Кarti складаються на значні території, в межах яких рівневу поверхню не можна вважати площиною. Тому при їх складанні враховуються поправки в довжини ліній за кривизну землі.

Планом називається зменшене, узагальнене, вимірне зображення невеликої ділянки місцевості на площині, яке побудоване без врахування кривизни землі.

Картографічне зображення місцевості в масштабах 1:500 – 1:5000 називають планами, а в масштабах 1:10 000 і дрібніше – картами.

Топографічними карти чи плани називають якщо на них зображено ситуація (це сукупність контурів місцевості) та рельєф (тобто нерівності земної поверхні).

1.2. Масштаби планів і карт

Масштаб – це ступінь зменшення на планах чи картах контурів місцевості, тобто відношення довжини лінії на плані чи карті до довжини горизонтального прокладання відповідної лінії на місцевості.



Масштаб топографічної карти (плану) можна представити відношенням

$$M = \frac{l}{L}, \quad (1.1)$$

де l – довжина лінії на карті (плані),

L – горизонтальна проекція цієї лінії на місцевості.

Масштаб підписують знизу по центру листа карти. На картах вказують числовий, словесний та лінійний масштаби (в такому порядку як показано на рис. 1.1), а на планах лише числовий та словесний масштаби.

а

1:50000

б

в 1 сантиметрі 500 метрів

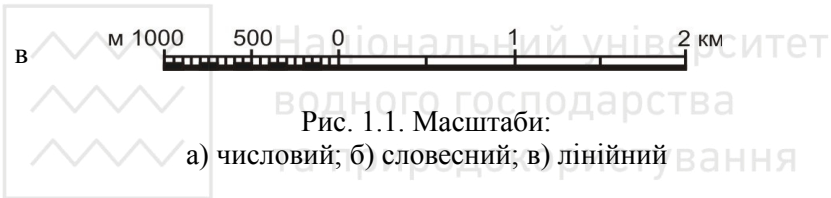


Рис. 1.1. Масштаби:

а) числовий; б) словесний; в) лінійний

Числовий масштаб являє собою дріб, у якому чисельник одиниця, а знаменник число, яке показує, в скільки разів зменшена величина горизонтальної проекції відрізка місцевості при побудові його на карті чи плані і записується у вигляді $1:M$, наприклад: $1:500$, $1:1000$, $1:2000$, $1:10\ 000$.

Словесний масштаб вказує скільком метрам на місцевості відповідає 1 см карти чи плану, наприклад при числовому масштабі $1:2000$, словесний матиме вигляд: *в 1 сантиметрі 20 метрів*.

Лінійний масштаб – графічне вираження числового масштабу. Він представляє собою лінійну шкалу, поділки (основи) якої відповідають певним віддалям на місцевості (рис. 1.1). Перша поділка шкали розбита на 10 рівних частин, які можуть бути поділені ще навпіл.

Для одержання максимальної точності результатів роботи на карті застосовують **поперечний** масштаб (рис. 1.2). Він дозволяє визначити довжини ліній на карті з граничною точністю 0.1 мм.

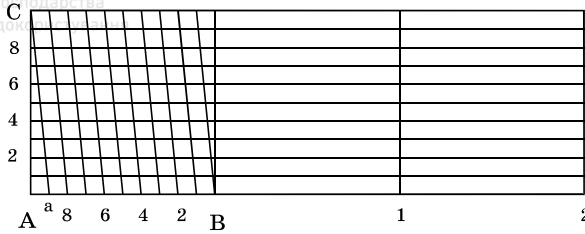


Рис. 1.2. Поперечний масштаб

1.3. Визначення за картою віддалі між точками

Віддаль AB (горизонтальне прокладення на місцевості між точками A та B) по карті можна визначити, використовуючи різні способи:

- за **числовим масштабом**: вимірюють лінійкою віддаль між точками A і B на карті в $см$ (l_{AB}) і обчислюють віддаль між цими точками на місцевості (L_{AB}) за допомогою знаменника числового масштабу M в $м$ (для цього знаменник числового масштабу ділять на 100 або використовують словесний масштаб) далі слід використати формулу (1.2)

$$L_{AB} = l_{AB} \times M. \quad (1.2)$$

Наприклад на карті масштабу $1:100000$ довжина лінії становить 3.4 $см$, тоді віддаль на місцевості, згідно формули (1.2), буде рівною

$$L_{AB} = 3.4 \times 100 = 340 м.$$

- за **лінійним масштабом**: вимірюють вимірником віддаль між точками A і B , потім встановлюють вимірник на лінійний масштаб таким чином, щоб права голка вимірника співпала із яким-небудь штрихом правіше нуля, а по лівій голці визначають дробові частки основи масштабу. На рис. 1.3 виміряна на карті масштабу $1:50\ 000$ віддаль становить 1150 $м$.

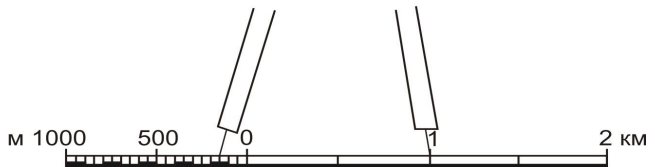
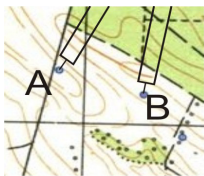


Рис. 1.3. Визначення довжини лінії за допомогою лінійного масштабу



за поперечним масштабом: визначають вимірником віддаль між точками A і B в *основах* лінійки поперечного масштабу ($l_{ABосн.}$). Для цього права голка повинна знаходитись на одному з перпендикулярних штрихів правіше нуля, а ліва – на одній із нахилених ліній крайньої лівої основи масштабу. Обидві голки вимірника повинні бути розміщені на одній горизонтальній лінії. Значення шуканої віддалі спочатку визначають в основах, яке складається з трьох частин: ціле число основ справа від нуля (на рис. 1.4 відлік рівний 3 *основам*), десяти частини беруться зліва від нуля по горизонталі (рівний 2) та соті частини – кількість вертикальних поділок (рівний 7). Повний відлік: $l_{ABосн.} = 3.27 осн.$

Далі обчислюють віддаль між точками на місцевості за формулою (1.3) (множення на 2 є необхідним, тому що одна основа лінійки поперечного масштабу рівна 2 см)

$$L_{AB} = l_{ABосн.} \times 2 \times M. \quad (1.3)$$

Наприклад для масштабу 1:10000: $L_{AB} = 3.27 \times 2 \times 100 = 654 м.$



Рис. 1.4. Визначення довжини лінії за допомогою поперечного масштабу

В геодезії вирішують і обернені до вищенаведених задачі: виміряні на місцевості лінії будують на картах чи планах певного масштабу:

- за **числовим** масштабом: віддаль на карті в см обчислюється за формулою

$$l_{AB} = \frac{L_{AB}}{M}. \quad (1.4)$$



водного господарства
та природоохоронного факультету

за **поперечним** масштабом: віддаль на карті в *основах* поперечного масштабу обчислюється за формулою

$$l_{AB} = \frac{L_{AB}}{2 \times M} \quad (1.5)$$

1.4. Гранична точність масштабів

Граничною точністю масштабу, або просто **точністю масштабу** називають величину горизонтальної проекції лінії на місцевості, яка відповідає $0,1 \text{ мм}$ у масштабі карти.

Так, при масштабі $1:10000$ точність масштабу дорівнюватиме 1 м . Виходячи з цієї величини, можна зробити висновок: при складанні карти в масштабі $1:10000$ на місцевості треба вимірювати відрізки (або предмети) довжиною не менше 1 м , оскільки менші розміри при цьому масштабі на карті показати неможливо.



Приклади типових завдань

Завдання 1

За топографічною картою масштабу $1:10000$ визначити відстань між заданими точками A та B із застосуванням числового, лінійного і поперечного масштабів.

Розв'язок:

За числовим масштабом:

- вимірюють лінійкою відстань між точками A та B на карті:

$$l_{AB} = 5.4 \text{ см};$$

- визначають значення знаменника числового масштабу:

$$M = 10000 \text{ см} = 100 \text{ м};$$

- обчислюють відстань між точками A та B на місцевості (горизонтальне прокладання) за формулою (1.2):

$$L_{AB} = l_{AB} \times M = 5.4 \times 100 = 540 \text{ м}.$$

За лінійним масштабом:

- вимірником вимірюють віддаль між точками A та B ,

- встановлюють вимірник на розграфлений лінійний масштаб таким чином, щоб права голка вимірника потрапляла на цілу основу, а ліва голка – на малі поділкі. Відстань між точками A та B на місцевості (горизонтальне прокладання): $L_{AB} = 540 \text{ м}$.

За поперечним масштабом:



- вимірником вимірюють віддаль між точками A та B , після чого встановлюють вимірник на розграфлений поперечний масштаб, як описано в пункті 1.3.

- відраховують:

- кількість цілих основ праворуч від нуля: $N_1=2$ *основи*;
- кількість поділок по горизонталі ліворуч від нуля: $N_2=7$ *поділок*;
- кількість поділок по вертикалі: $N_3=1$ *поділка*.

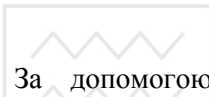
Отже відстань між точками A та B на карті в основах поперечного масштабу: $l_{AB}=2.71$ *осн.*

- визначають значення знаменника числового масштабу:

$$M=10000 \text{ см}=100 \text{ м};$$

- обчислюють відстань між точками A та B на місцевості (горизонтальне прокладання), за формулою (1.3):

$$L_{AB}=l_{AB} \times 2 \times M = 2.71 \times 2 \times 100 = 542 \text{ м}.$$



Завдання 2

За допомогою поперечного масштабу нанести на карту, масштабу 1:10000 лінію заданої довжини. Віддаль L_{AD} від точки A до точки D рівна 718 м, напрямком на точку D задається.

Розв'язок:

Обчислюють віддаль l_{AD} на карті, в основах лінійки поперечного масштабу, за формулою (1.5)

$$l_{AD}=L_{AD}/(2 \times M)=718/(2 \times 100)=3.59 \text{ осн.},$$

розшилом вимірника фіксують її на лінійці поперечного масштабу і відкладають на карті від точки A у заданому напрямку та будують точку D .

Лабораторна робота №2

Визначення та побудова за топографічною картою плоских прямокутних та географічних координат

2.1. Визначення прямокутних координат точок на карті масштабу 1:10 000.

2.2. Нанесення точки за прямокутними координатами на карту.

2.3. Визначення географічних координат точок.



Інструменти та приладдя: топографічні карти масштабу 1:10 000, лінійки із поперечними масштабами, циркулі-вимірники, лінійки, калькулятори, олівці, гумки.

2.1. Визначення прямокутних координат точок на карті масштабу 1:10 000

Застосовуючи проекцію Гаусса-Крюгера, всю земну поверхню розділяють меридіанами на шестиградусні (або триградусні) зони, яким надають відповідні номери (від 1 до 60). Для визначення положення точки в проекції Гаусса-Крюгера в кожній зоні вводиться своя система плоских прямокутних координат.

На рис. 2.1 показано, що в даній проекції осьовий меридіан і екватор зображуються взаємно перпендикулярними прямими лініями, а решта меридіанів – кривими, які збігаються в полюсах, і паралелі – симетричними кривими відносно екватора.

За вісь абсцис приймається осьовий меридіан, а за вісь ординат – екватор. Віддалі від екватора та осьового меридіану до будь-якої точки зони в даній проекції називають координатами Гаусса і позначають як X та Y .

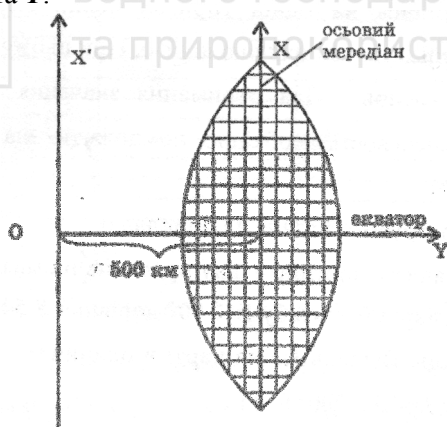


Рис. 2.1. Система плоских прямокутних координат в проекції Гаусса-Крюгера

Для території України, яка знаходиться у північній півкулі, абсциси завжди додатні. Для того, щоб і ординати були додатними, початок відліку ординат зміщують на захід від осьового меридіану на 500 км (рис.2.1).



Для зручності користування системою координат на листах топографічних карт наноситься координатна сітка, яку називають **кілометровою**. Вона являє собою систему взаємно перпендикулярних ліній, паралельних до осьового меридіана зони (**вісь X**) та екватора (**вісь Y**). Лінії кілометрової сітки продовжені за поле карти, де біля них підписані їх значення x та y в кілометрах.

Для визначення прямокутних координат точки B на карті (рис. 2.2.) з точки B опускають перпендикуляри на лінії координатної (кілометрової) сітки. Довжини перпендикулярів Δx та Δy вимірюють з точністю масштабу карти за допомогою вимірника та лінійки поперечного масштабу. Повні координати т. B визначають за формулами

$$x_B = x_0^B + \Delta x; \quad (2.1)$$

$$y_B = y_0^B + \Delta y,$$

де x_0^B, y_0^B – координати південно-західної вершини квадрату, в якому знаходиться точка B ;

$\Delta x, \Delta y$ – віддалі від точки до відповідно південної та західної сторін квадрату в метрах.

Завдання

Визначити плоскі прямокутні координати т. B (рис. 2.2), яка знаходиться на карті масштабу 1:10000.

Розв'язок:

Послідовність дій:

– визначити координати південно-західної вершини квадрату, в якому знаходиться задана точка B : $x_0^B = 6066000$ м, $y_0^B = 4312000$ м;

– виміряти прирости Δx та Δy за допомогою лінійки поперечного масштабу: $\Delta x = 3.71$ осн, $\Delta y = 2.72$ осн;

– обчислити прирости Δx та Δy на місцевості:

$$\Delta x = 3.71 \times 2 \times 100 = 742 \text{ м}, \quad \Delta y = 2.72 \times 2 \times 100 = 544 \text{ м}.$$

– визначити кінцеві значення координат точки B згідно формули (2.1): $x_B = 6066742$ м, $y_B = 4312544$ м.

2.2. Нанесення точки за прямокутними координатами на карту

Для того, щоб побудувати точку C за її прямокутними



координатами, необхідно знайти квадрат, в якому знаходиться точка C , виділити початкові координати x_0^C і y_0^C (ці значення мають бути кратними величині, через яку проведені лінії кілометрової сітки), а також прирости Δx та Δy . Визначивши Δx та Δy у відрізках масштабу карти, наносять їх на координатну сітку і одержують точку C .

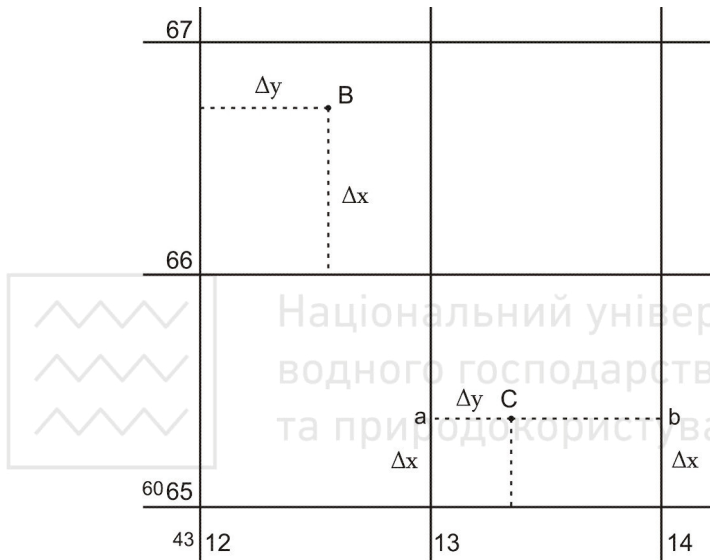


Рис. 2.2. Визначення прямокутних координат точок та нанесення точок за прямокутними координатами за топографічною картою масштабу 1:10000

Завдання

Побудувати точку C на карті масштабу 1:10 000 за її прямокутними координатами: $x_C=6065424$ м, $y_C=4313226$ м.

Розв'язок:

В масштабі 1:10 000 лінії кілометрової сітки проведені через 1000 м. Знаходять координату x_0^C південно-західної вершини квадрату, в якому знаходиться точка C . Вона має бути кратною 1000 м і меншою від x_C . Отже в нашому випадку $x_0^C=6065000$ м,



аналогічно визначають $y_0^C = 4313000$ м.

Далі знаходять величини Δx та Δy за формулами

$$\begin{aligned}\Delta x &= x_C - x_0^C; \\ \Delta y &= y_C - y_0^C.\end{aligned}\dots\dots\dots (2.2)$$

У даній задачі

$$\begin{aligned}\Delta x &= 6065424\text{м} - 6065000\text{м} = 424\text{ м}, \\ \Delta y &= 4313226\text{м} - 4313000\text{м} = 226\text{ м}.\end{aligned}$$

Значення Δx та Δy перетворюють у основи відповідного масштабу

$$\begin{aligned}\Delta x &= 424 / (2 \times 100) = 2.12\text{ осн.}, \\ \Delta y &= 226 / (2 \times 100) = 1.13\text{ осн.}\end{aligned}$$

Виставляють за допомогою лінійки поперечного масштабу розхил вимірника на відлік $\Delta x = 2.12$ осн. і відкладають цю величину по вертикалі вздовж лівого і правого боку квадрату, в якому знаходиться потрібна точка. В результаті отримують точки „а” та „b” (рис. 2.2), з’єднують їх лінією і в цьому напрямку від точки „а” відкладаємо $\Delta y = 1.13$ осн. Отримана точка і буде точкою С з координатами $x_C = 6065424$ м; $y_C = 4313226$ м.

2.3. Визначення географічних координат точок

На топографічних картах можна визначити географічні координати будь-яких точок карти. Лінії внутрішньої рамки карти є відрізками географічних меридіанів (вертикальні лінії рамки) та паралелі (горизонтальні). В кутах рамки підписують географічні координати (на рис. 2.3: $\varphi = 52^\circ 40'$, $\lambda = 11^\circ 00'$). За внутрішнім полем рамки побудована мінутна рамка, яка розбита на мінутні інтервали чорного та білого кольору (за широтою і довготою). Кожен мінутний інтервал крапками розбито на шість частин по десять секунд (рис. 2.3).



Рис. 2.3. Визначення прямокутних та географічних координат

Для визначення географічних координат точки M (рис. 2.4) з цієї точки необхідно побудувати відрізки меридіана та паралелі до перетину з мінутною рамкою (тобто опустити перпендикуляри від даної точки до внутрішньої рамки карти).

Географічні координати доцільно визначати за формулами

$$\left. \begin{aligned} \varphi &= \varphi_0 \pm \Delta\varphi, \\ \lambda &= \lambda_0 \pm \Delta\lambda, \end{aligned} \right\} \quad (2.3)$$

де φ – широта точки,

λ – довгота точки,

φ_0 – широта ближчого кутка рамки відносно точки,

λ_0 – довгота ближчого кутка рамки відносно точки,

$\Delta\varphi$ – приріст широти даної точки відносно кутка рамки карти,

$\Delta\lambda$ – приріст довготи даної точки відносно кутка рамки карти.

Прирости широти і довготи визначаються по мінутній рамці, враховуючи кількість мінут та секунд. Наглядно це показано на рис. 2.4

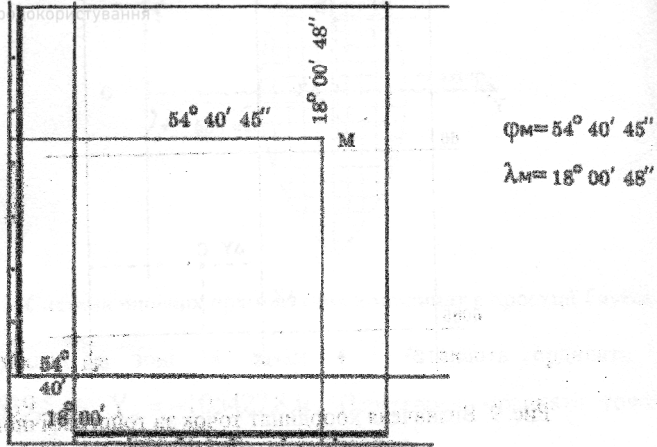


Рис 2.4. Визначення географічних координат точки за топографічною картою.



Лабораторна робота №3 Номенклатура топографічних карт

Інструменти та приладдя: комплект топографічних карт, калькулятори.

Номенклатурою називається система позначень (нумерації) окремих листів топографічних карт різних масштабів. За основу номенклатури карт прийнято міжнародне розграфлення листів карти масштабу 1:1 000 000. Вона проводиться шляхом умовного ділення поверхні земної кулі паралелями, починаючи від екватора до північного і південного полюсів через 4° , та меридіанами, починаючи від меридіану з довготою 180° на схід через 6° . Схема такого розграфлення приведена на рис. 3.1.

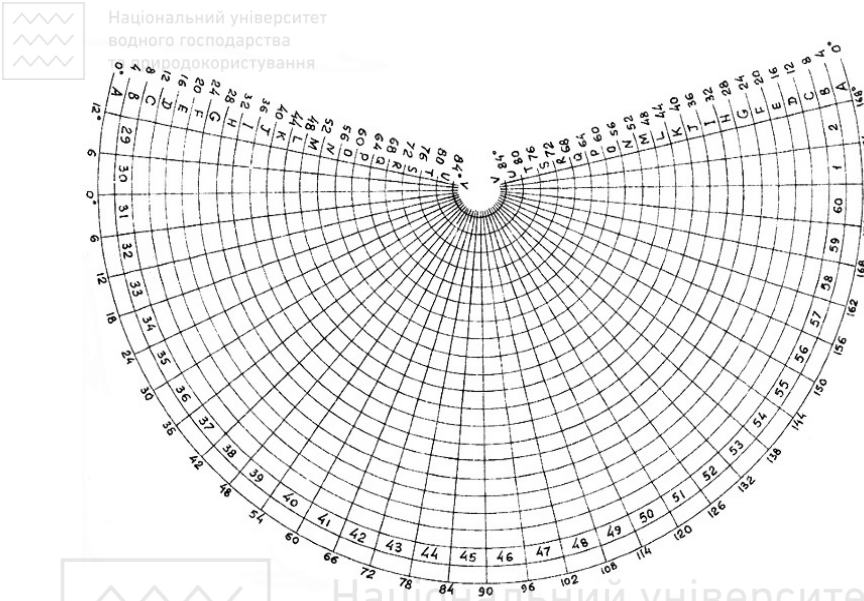


Рис. 3.1. Міжнародне розграфлення листів карт масштабу 1:1000000

Номенклатура аркушів цієї карти складатиметься з великої літери латинського алфавіту А, В, С, D, ... , Z, що відповідає 4 – градусним широтним смугам-пооясам, і арабської цифри 1, 2, 3, ... , 60, що означає номер 6-градусної колони. Спочатку пишуть букву поясу, потім через тире номер колони. Наприклад, аркуш мільйонної карти з містом Рівне позначають М-35.

Правило подальшого розграфлення листів топографічних карт полягає в постійному поділі листа карти дрібнішого масштабу меридіанами і паралелями на ціле число трапецій листів карти більшого масштабу.

Так один аркуш карти масштабу 1:1 000 000 відповідає 4 аркуші карт масштабу 1:500 000, які позначають літерами А, Б, В, Г; 36 аркушів масштабу 1:200 000, які позначають римськими цифрами I – XXXVI; та 144 аркуші масштабу 1:100 000, що позначаються арабськими цифрами від 1 до 144. Одному аркушу карти масштабу 1:100 000 відповідає 4 аркуші карти масштабу 1:50 000, які позначають великими літерами українського алфавіту А, Б, В, Г. Одному аркушу карти масштабу 1:50 000 відповідає 4 аркуші карти масштабу 1:25 000, їх позначають малими літерами українського



алфавіту а, б, в, г. Одному аркушу карти масштабу 1:25 000 відповідає 4 аркуші карти масштабу 1:10 000, їх позначають арабськими цифрами 1, 2, 3, 4.

Приклад типового завдання

Визначити номенклатуру топографічної карти масштабу 1:10 000, якій належить точка з географічними координатами: $\varphi=49^{\circ}23'$, $\lambda=37^{\circ}14'$.

Розв'язок:

Користуючись схемою розграфлення листів карти масштабу 1:1 000 000, визначають номенклатуру аркуша карти масштабу **1:1 000 000** для точки з даними координатами. Для цього широту даної точки ділять на 4, при цьому звичайно одержують число із залишком: $49^{\circ}23' / 4 = 12 + 1^{\circ}23'$. Це означає, що дана точка лежить в 13-му широтному поясі, який позначається буквою *М* (рис. 3.1). Потім ділять довготу на 6° і визначають в якій колонці знаходиться дана точка: $37^{\circ}14' / 6 = 6 + 1^{\circ}14'$ (7-ма колонка від нульового меридіану на схід). Відповідно це буде номер колонки 37. Отже, номенклатура аркуша карти масштабу 1:1 000 000, на якому знаходиться зображення даної точки буде: **М-37**. Його межі – відрізки паралелей з широтами 48 і 52° і відрізки меридіанів з довготами 36 і 42° .

Для визначення номенклатури аркуша карти масштабу **1:100 000** на аркуші міліметрового паперу чи паперу „в клітинку” будують схему 12 x 12 аркуша М-37, як це показано на рис. 3.2.

М-37

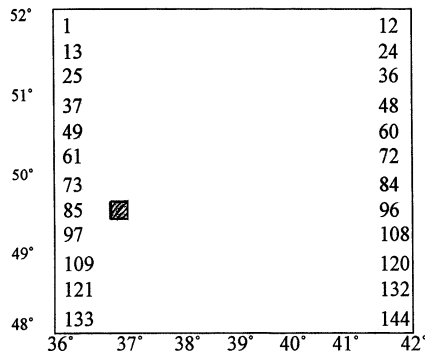


Рис.3.2. Лист карти масштабу 1:1 000 000



Підписують на ній широти і довготи рамки, а також проміжних меридіанів і паралелей. За цією схемою визначають, що точка розташована в межах аркуша **М-37-87** масштабу 1:100 000.

Оскільки, одному аркушу карти масштабу 1:100 000 відповідають чотири аркуші карти масштабу **1:50 000**, то далі будують схему аркуша М-37-87 (рис. 3.3), підписують на ній широти і довготи рамки, а також ділять її на 4 частини розміром по 15' по довготі і 10' по широті, які позначають початковими буквами російського алфавіту. Номенклатура карти масштабу 1:50 000 складається з номенклатури стотисячної карти і великої літери аркуша, взятого після розграфлення (**М-37-87-В**.)

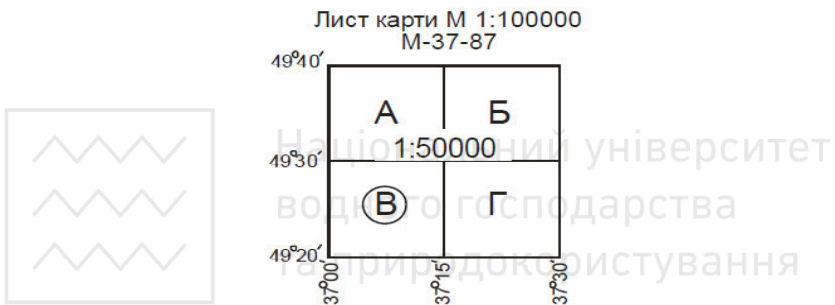


Рис.3.3. Лист карти масштабу 1:100 000

Для визначення номенклатури карти масштабу **1:25 000** схему листа карти масштабу 1:50 000 поділимо на 4 частини, вказавши біля кожної широту і довготу та позначивши кожну частину схеми карти малими літерами українського алфавіту (рис. 3.4). Номенклатура карти масштабу 1:25 000 складається з номенклатури карти масштабу 1:50 000 та малої літери аркуша, взятого після розграфлення (**М-37-87-В-г**).

А для визначення номенклатури карти масштабу **1:10 000** схему листа карти масштабу 1:25 000 поділимо на 4 частини, вказавши біля кожної широту і довготу та позначивши кожну частину схеми карти цифрою від 1 до 4 (рис. 3.5). Номенклатура карти масштабу 1:10 000 складається з номенклатури карти масштабу 1:25 000 та літери аркуша, взятого після розграфлення (**М-37-87-В-г-2**).

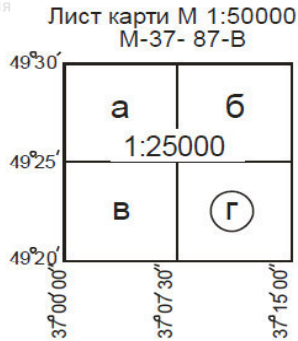


Рис. 3.4. Лист карти масштабу 1:50 000



Рис. 3.5. Лист карти масштабу 1:25 000

Лабораторна робота №4 Орієнтування ліній

4.1. Вимірювання дирекційних кутів та румбів заданих напрямків.

4.2. Взаємозв'язок між істинними і магнітними азимутами та дирекційними кутами.

4.3. Обчислення дирекційних кутів ліній через кути повороту.



Інструменти та приладдя: топокарти масштабу 1:10 000, геодезичні транспортири, лінійки, калькулятори, олівці, гумки.

4.1. Вимірювання дирекційних кутів та румбів заданих напрямків.

Орієнтувати лінію – означає визначити її напрям щодо іншого напрямку, прийнятого за початковий. Напрямок визначається величиною кута орієнтування, тобто, кута між початковим напрямком і напрямком лінії. Кутами орієнтування є дирекційні кути, румби, істинні та магнітні азимутути.

У геодезії орієнтування ліній здійснюють відносно меридіанів. Розрізняють географічні або істинні, магнітні та осьові меридіани. На рис. 4.1 показані географічний і осьовий меридіани в проекції Гаусса-Крюгера. На карті напрямком осьового меридіану зони вказують вертикальні лінії кілометрової сітки, а напрямком географічного меридіану – вертикальні лінії внутрішньої рамки.



Рис. 4.1. Географічний та осьовий меридіани в проекції Гаусса-Крюгера

Дирекційним кутом (рис. 4.2) називається горизонтальний кут, який відраховується за годинниковою стрілкою від північного напрямку осьового меридіану або лінії паралельної йому, до заданого напрямку та позначається грецькою літерою „ α ” (альфа) з відповідними індексами – α_{AB} . Він змінюється в межах від 0° до 360° . Оскільки напрям осьового меридіану для зони один, то дирекційний кут прямої лінії однаковий в різних її точках.



Дирекційний кут α_{AB} лінії AB називається прямим, а дирекційний кут α_{BA} для тієї ж лінії AB називається зворотним. Прямі і зворотні дирекційні кути відрізняються між собою на $\pm 180^\circ$.

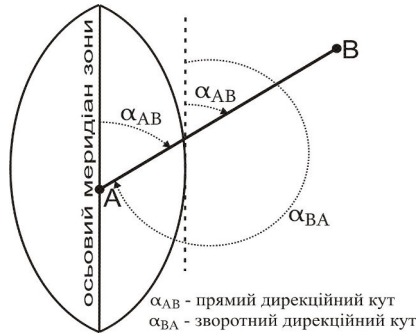


Рис. 4.2. Дирекційний кут

Для визначення дирекційного кута напрямку $1-2$ (рис. 4.3) з'єднаємо точки прямою лінією. В точці 1 проводимо лінію паралельну вертикальній лінії координатної сітки, прикладаємо нуль транспортира в точку 1 і, сумістивши його нульовий діаметр з вертикальною лінією сітки, відраховуємо α_{12} .

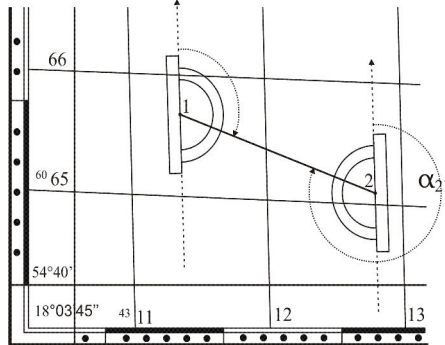


Рис. 4.3. Вимірювання дирекційного кута на карті
транспортиром

Румбом називається гострий кут, який відраховується від ближнього північного або південного напрямку осьового меридіану



лінії, паралельної йому до заданого напрямку. Румби змінюються в межах від 0° до 90° і позначаються літерою „ r ” латинського алфавіту з відповідним індексом – r_{AB} . Для однозначного визначення напрямку румбу він супроводжується назвою чверті у якій знаходиться: *I чверть* – північний схід „*ПнСх*”, *II* – південний схід „*ПдСх*”, *III* – південний захід „*ПдЗх*”, *IV* – північний захід „*ПнЗх*” (рис. 4.4). Тобто значення румба подається в наступному вигляді: вказують градусну величину румба, після якої пишуть назву чверті (наприклад $r_{AB} = 45^\circ 35' \text{ ПнСх}$.)

Зв'язок між дирекційними кутами і румбами в залежності від чверті наступний (рис. 4.4):

1 чверть	$r_1 = \alpha_1;$	$\alpha_1 = r_1;$	}	(4.1)
2 чверть	$r_2 = 180^\circ - \alpha_2;$	$\alpha_2 = 180^\circ - r_2;$		
3 чверть	$r_3 = \alpha_3 - 180^\circ;$	$\alpha_3 = 180^\circ + r_3;$		
4 чверть	$r_4 = 360^\circ - \alpha_4;$	$\alpha_4 = 360^\circ - r_4.$		

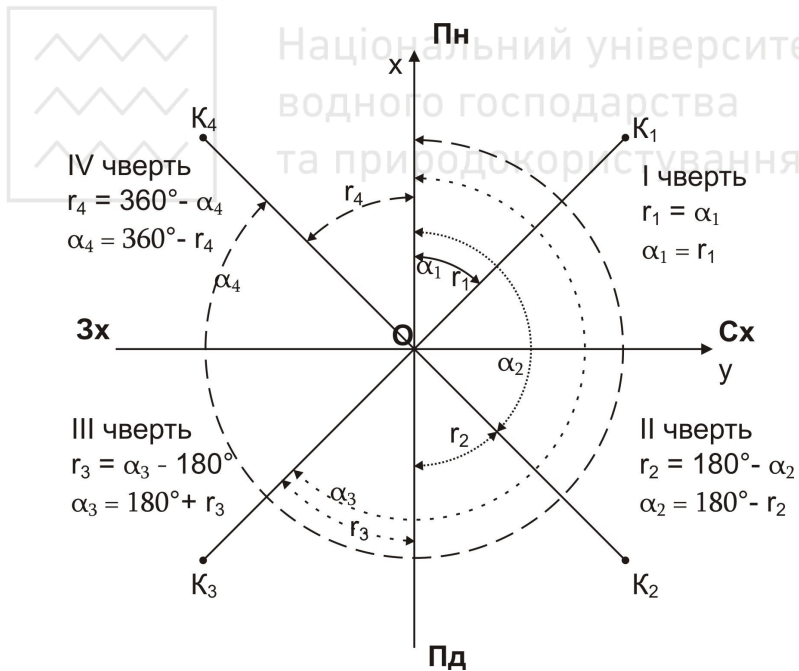


Рис. 4.4. Залежність між румбами і дирекційними кутами



4.2. Взаємозв'язок між істинними і магнітними азимутами та дирекційними кутами

Істинним (географічним) азимутом (A) називається горизонтальний кут, який відраховується від північного напрямку істинного (географічного) меридіану за годинниковою стрілкою до заданого напрямку.

Магнітним азимутом (A_M) називається горизонтальний кут, який відраховується від північного напрямку магнітного меридіану за годинниковою стрілкою до заданого напрямку.

Істинний та магнітний азимутути можуть набувати значень від 0° до 360° .

Істинний азимут можна виміряти безпосередньо на карті. Для цього транспортир суміщають з північним напрямком карти (паралельно вертикальній лінії внутрішньої рамки) і за рухом годинникової стрілки відраховують горизонтальний кут (рис. 4.5).

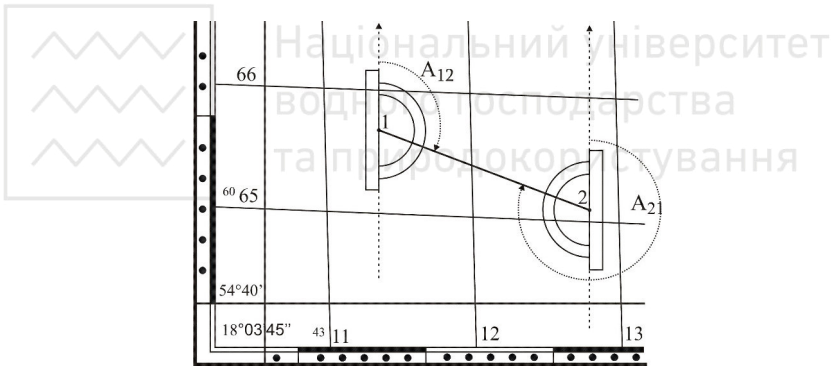


Рис. 4.5. Вимірювання транспортиром істинного азимута на карті

Дирекційні кути та істинні азимутути відрізняються між собою на **кут зближення меридіанів**, оскільки меридіани на земній кулі не паралельні між собою. Кут зближення меридіанів позначається грецькою літерою „ γ ” (гамма).

При відхиленні осьового меридіану від істинного на схід, зближення меридіанів називають східним. Якщо осьовий меридіан відхиляється від істинного на захід, то зближення меридіанів називають західним (рис. 4.6).



Зв'язок між дирекційними кутами та істинними азимутами виражається формулою

$$A = \alpha \pm \gamma, \quad (4.2)$$

де A – істинний азимут;

α – дирекційний кут;

γ – кут зближення меридіанів.

Знак „+” використовується коли зближення меридіанів східне; знак „-” – коли зближення меридіанів західне.



Рис. 4.6. Схема визначення орієнтирних кутів напрямку

Для обчислення магнітного азимуту необхідно знати **кут схилення магнітної стрілки**, тобто кут під яким перетинаються географічний та магнітний меридіани в заданій точці земної поверхні (позначається грецькою літерою „ δ ” (дельта)). Схилення магнітної стрілки δ може бути східне (рис. 4.7. а) або західне (рис. 4.7. б), в залежності від того в який бік відхиляється магнітна стрілка компасу по відношенню до істинного (географічного) меридіана.

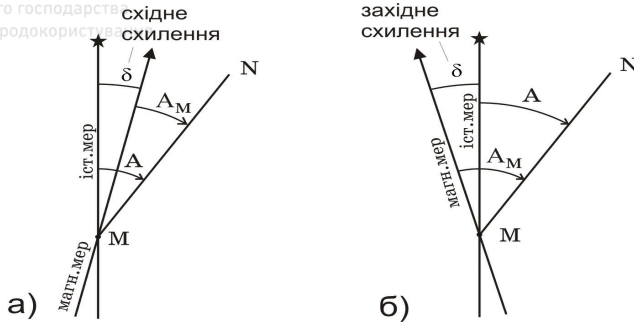


Рис. 4.7. Схилення магнітної стрілки:
а) східне; б) західне

Зв'язок між магнітними та істинними азимутами виражається формулою

$$A_M = A \mp \delta, \quad (4.3)$$

де A_M – магнітний азимут;

A – істинний азимут;

δ – схилення магнітної стрілки.

Знак „-” використовується коли схилення магнітної стрілки східне; знак „+” – коли схилення магнітної стрілки західне.

Середні значення зближення меридіанів і схилення магнітної стрілки, на зображену на карті територію, наводяться на топографічних картах у вигляді спеціальних написів, що подаються внизу кожного листа карти, ліворуч за рамкою карти (рис. 4.8). Оскільки величина схилення магнітної стрілки змінюється протягом доби, то зазначають дату на яку наводиться схилення магнітної стрілки та величину річної зміни схилення магнітної стрілки.

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

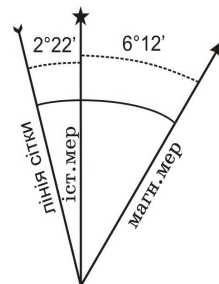


Рис. 4.8. Напис на карті про величини схилення та зближення



4.3. Обчислення дирекційних кутів ліній через кути повороту.

За дирекційним кутом початкової лінії і за кутами повороту між сусідніми лініями можна визначити всі дирекційні кути ходу. На рис. 4.9 представлена схема ходу, в якому виміряні кути повороту β і заданий дирекційний кут початкового напрямку α_{12} . Зв'язок між дирекційним кутом α_{23} і дирекційним кутом α_{12} встановлюється через виміряний кут повороту β_1 . Якщо при русі за напрямком зростання нумерації точок ходу кути лежать з правого боку, то їх називають **правими** і позначають β_n , якщо з лівого боку – **лівими** β_l .

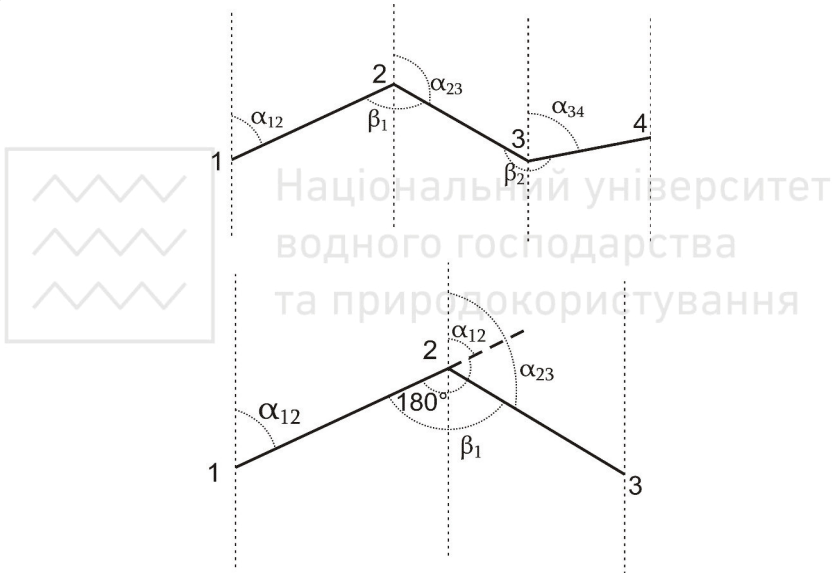


Рис. 4.9. Передача дирекційного кута на наступну лінію ходу

Залежно від виміряного кута β_n (кут правий за рухом) чи β_l (кут лівий), дирекційний кут наступної лінії може бути обчислений за формулами

$$\alpha_{23} = \alpha_{12} + 180^\circ - \beta_1^n, \quad (4.4)$$

$$\alpha_{23} = \alpha_{12} - 180^\circ + \beta_1^l. \quad (4.5)$$



Коли значення кута при обчисленні виходить більшим за 360° або меншим за 0° , то необхідно його зменшити або збільшити на 360°

Приклади типових завдань

Завдання 1

Визначити істинний та магнітний азимути лінії AB на 2015 рік для карти наведеної на рис. 4.8, якщо дирекційний кут $\alpha_{AB}=30^\circ 15'$.

Розв'язок:

Відповідно до рис. 4.8 зближення меридіанів західне, то істинний азимут рівний: $A_{AB}=30^\circ 15' - 2^\circ 22' = 27^\circ 53'$.

Схилення магнітної стрілки східне, отже приймати його необхідно зі знаком „-“. Враховуючи, що величина схилення наведена на 1990 рік, а річна зміна також східна і становить $0^\circ 02'$, то на 2015 рік, за 25 років, зміна становитиме $0^\circ 02' \times 25 = 0^\circ 50'$.

Тому магнітний азимут лінії AB на 2015 рік становитиме:

$$A_{ма AB} = 27^\circ 53' - 6^\circ 12' - 0^\circ 50' = 21^\circ 51'$$

Завдання 2

Визначити величину кута β_n , що лежить з правого боку по ходу, якщо відомі дирекційні кути $\alpha_{12}=46^\circ 15'$ та $\alpha_{23}=124^\circ 12'$.

Розв'язок:

Згідно формули (4.4)

$$\alpha_{23} = \alpha_{12} + 180^\circ - \beta_1^{np}$$

$$\beta_{np} = \alpha_{12} + 180^\circ - \alpha_{23}$$

$$\beta_n = 46^\circ 15' + 180^\circ - 124^\circ 12' = 102^\circ 03'$$

Лабораторна робота №5

Розв'язання задач за горизонталями на топокартах та планах

5.1. Визначення висот точок на топографічній карті за горизонталями.

5.2. Визначення крутизни схилу на топографічній карті за горизонталями.

5.3. Побудова лінії із заданим ухилом на топографічній карті.



5.4. Побудова профіля місцевості за топографічною картою.

Прилади і обладнання: топографічні карти масштабу 1:10 000, топоплани масштабу 1:2000, вимірники, лінійки, калькулятори, олівці, гумки.

5.1. Визначення висот точок на топографічній карті за горизонталями

Висотою точки називається віддаль від точки на поверхні Землі до основної рівневої поверхні, яка визначена за прямовисною лінією (рис. 5.1). За основну рівневу поверхню в Україні прийнято середній рівень Балтійського моря і рахунок висот ведеться від нуля Кронштадтського футштоку. Висоти точок, обчислені відносно деякої умовної рівневої поверхні, називаються відносними або умовними. Висота однієї точки відносно іншої називається перевищенням і обчислюється за формулою

$$h_{AB} = H_B - H_A. \quad (5.1)$$

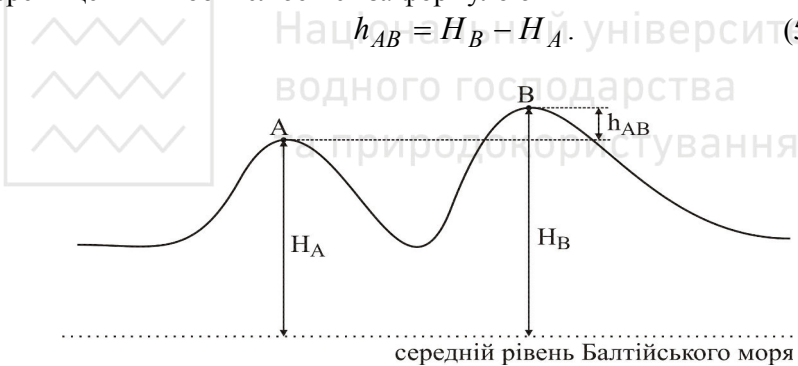


Рис. 5.1. Висоти точок

Рельєф місцевості це сукупність нерівностей земної поверхні. Рельєф на топографічних картах та планах зображають за допомогою горизонталей. **Горизонталь** – це крива лінія, яка з'єднує точки з однаковими висотами.

Побудову горизонталей на карті виконують за висотами характерних точок рельєфу місцевості.

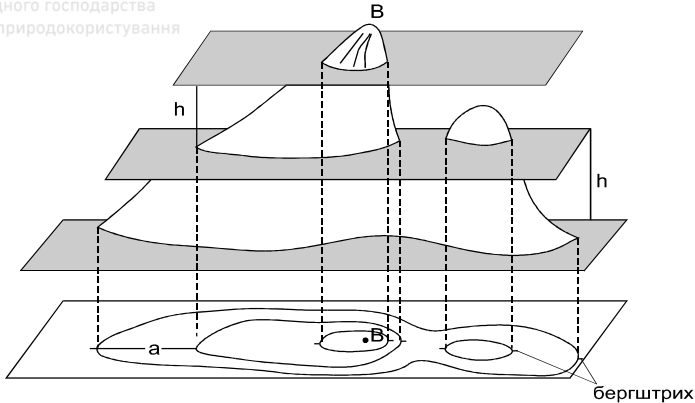


Рис. 5.2. Принцип побудови горизонталей

Для того, щоб зобразити горизонталями рельєф ділянки місцевості, потрібно уявно перетнути його горизонтальними площинами, розташованими на однаковій відстані по висоті одна від одної (рис. 5.2). Ця відстань, між сусідніми січними площинами по висоті, називається **висотою перерізу рельєфу (h)**. Висоту перерізу рельєфу підписують на картах під масштабом. Віддаль на плані між сусідніми горизонталями називається **закладенням горизонталей (d)**. Напрямок схилу показують **бергштрихи** – короткі штрихи, перпендикулярні до горизонталей і направлені за схилом вниз.

Основні горизонталі мають висоти, кратні висоті перерізу рельєфу h . Кожну п'яту горизонталь при $h = 1, 2, 5, 10$ м і кожну четверту при $h = 0.5$ і 2.5 м зображають потовщеною та підписують, орієнтуючи основи цифр вниз за схилом.

При **визначенні висот точок за горизонталями** карти можуть бути такі випадки:

а) точка A (рис. 5.3) знаходиться на горизонталі.

Як видно з рисунку, висота точки A дорівнює висоті горизонталі, тобто $H_A = 150.00$ м.

б) точка B (рис. 5.3) знаходиться між горизонталями.

Висоту обчислюємо за формулою

$$H_B = H_0 + \frac{a}{d} h, \quad (5.2)$$



де H_0 – висота меншої горизонталі, м;

a – відстань від меншої горизонталі до точки B , мм;

d – закладення горизонталей, мм;

h – висота перерізу рельєфу, м.

Наприклад на рис. 5.3 висота меншої горизонталі $H_0=150$ м, відстань від меншої горизонталі до точки B $a=5$ мм, закладення горизонталей $d=10$ мм, висота перерізу рельєфу $h=2.5$ м. Тоді висота точки B , згідно формули (5.2)

$$H_B = 150.00 + \frac{5}{10} \cdot 2.5 = 151.25 \text{ м}$$

в) точка C (рис. 5.3) знаходиться в середині замкненої горизонталі.

Висоту обчислюємо за формулою

$$H_C = H_0 \pm \frac{1}{2} h. \quad (5.3)$$

Знак „+” береться якщо точка C знаходиться в середині підвищення, знак „-” – якщо в середині пониження.

Наприклад точка C знаходиться в середині підвищення (рис. 5.3), а висота меншої горизонталі $H_0=157.5$ м, то

$$H_C = 157.50 + \frac{1}{2} \cdot 2.5 = 158.75 \text{ м}.$$

г) точка D (рис. 5.3) знаходиться не в центрі замкненої горизонталі.

Висоту точки обчислюємо за формулою (5.2), з тією різницею, що замість висоти перерізу рельєфу h підставляємо перевищення вершини (в даному випадку точки C) над меншою горизонталлю тобто

$$h = H_C - H_0.$$

Знаходимо відстань від меншої горизонталі до точки D $a=4$ мм та відстань від горизонталі до точки C $d=9$ мм.

Обчислюємо висоту точки D

$$H_D = H_0 + \frac{a}{d} (H_C - H_0) = 157.50 + \frac{4}{9} (158.75 - 157.50) = 158.06 \text{ м}.$$

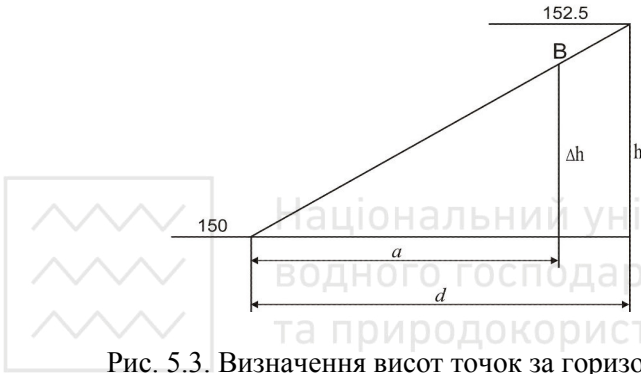
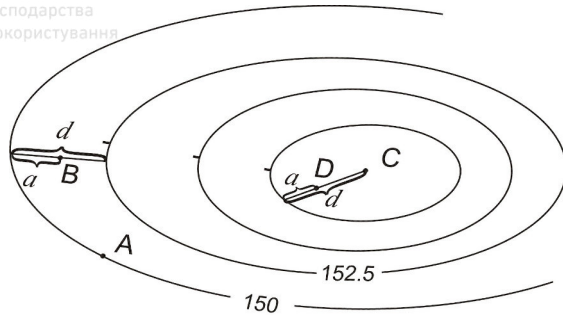


Рис. 5.3. Визначення висот точок за горизонталями

5.2. Визначення крутизни схилу на топографічній карті за горизонталями

Крутизна схилу – це ступінь пониження або підвищення місцевості. Мірою крутизни схилу є ухил, який визначають за формулою

$$i = \operatorname{tg} v = \frac{h}{d}, \quad (5.4)$$

де i – ухил;

v – кут нахилу;

h – висота перерізу рельєфу (перевищення між точками), м;

d – закладення (відстань між точками на місцевості), м.

Для визначення ухилу між точками, які знаходяться на сусідніх горизонталях, визначають закладення a між точками на топографічній карті і, відповідно, на місцевості. Використовуючи формулу (5.4), знаходять ухил, враховуючи що в такому випадку,



h – висота перерізу рельєфу. Ухили отримані за формулою (5.4) виражаються в *тисячних частках*. Крім того ухили ліній можна виражати у *відсотках (%)* або у *проміле (‰)*. Для отримання ухилу у відсотках результат обчислений за формулою (5.4) домножується на 100, а у проміле – домножується на 1000.

У випадку, коли необхідно визначити ухил за лінією, крайні точки якої не лежать на горизонталях, спочатку необхідно визначити висоти цих точок та їх перевищення. Нехай, для прикладу, визначимо ухил за лінією BC (рис. 5.3). Висоти точок B та C відомі: $H_B = 151.25$ м, $H_C = 158.75$ м.

Відстань між точками становить $d_{BC} = 3.8$ см на карті масштабу 1:10 000, що на місцевості відповідає 380м. Тоді ухил

$$i_{BC} = \frac{H_C - H_B}{d_{BC}} = \frac{158.75 - 151.25}{380} = 0.0197.$$

Для практичних цілей, для визначення ухилу i між точками з перевищенням рівним висоті перерізу рельєфу (тобто між точками, які знаходяться на сусідніх горизонталях) будують спеціальний графік, який називають **масштабом закладень** (рис. 5.4).

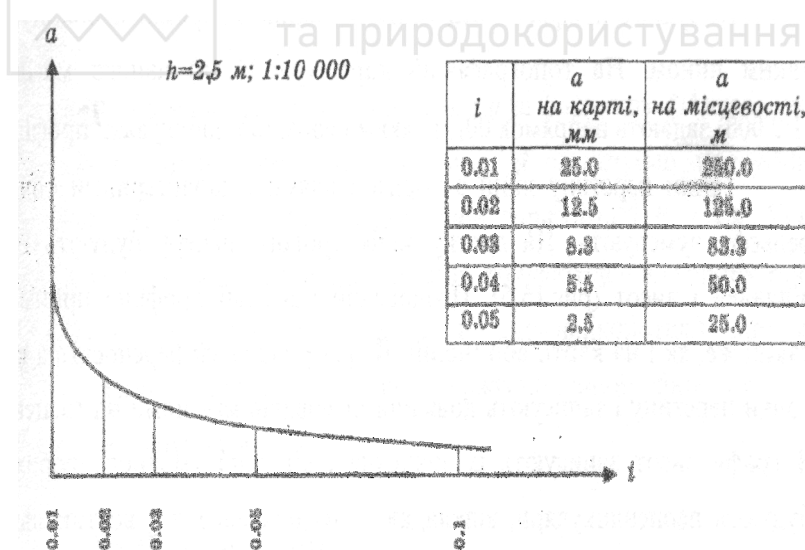


Рис. 5.4. Масштаб закладень для ухилів



Масштаб закладень будується так:

- задаються значеннями ухилів;
- обчислюють закладення (на місцевості) в метрах, для заданих ухилів за формулою:

$$d = \frac{h}{i}, \quad (5.5)$$

де h = висоті перерізу рельєфу;

- вздовж горизонтальної осі відкладають обрані значення ухилів в довільному масштабі;
- перпендикулярно до горизонтальної осі відкладають, в масштабі карти, закладення обчислені для кожного значення ухилу;
- сполучають отримані точки плавною кривою.

Якщо тепер потрібно визначити ухил для конкретного закладення (d), розхилом вимірника, рівним d , знаходять відповідне місце на графіку і прочитують значення ухилу (рис. 5.5). Знак ухилу беруть „+”, якщо висоти за напрямком лінії зростають та „-” – якщо спадають.

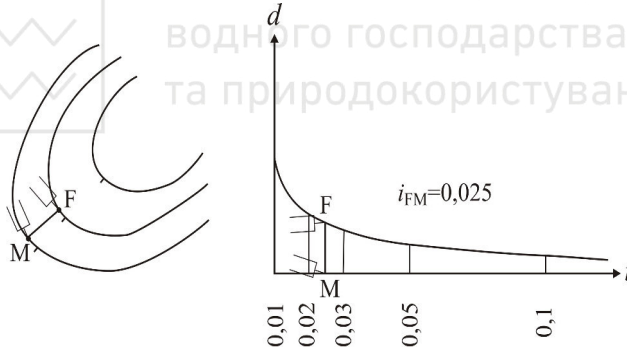


Рис. 5.5. Визначення ухилів за масштабом закладень

5.3. Побудова лінії із заданим ухилом на топографічній карті

Нехай на карті (рис. 5.6, а) задано точки D і C , між якими необхідно провести лінію так, щоб жоден відрізок не мав ухилу більшого, ніж заданий.

Розраховуємо величину закладення $d_{гран}$, для заданого ухилу і перерізу рельєфу, за формулою (5.5). Значення необхідного закладення беремо в розхил вимірника і з точки D засікаємо на сусідній горизонталі точку P_1 , потім переставляємо вимірник в



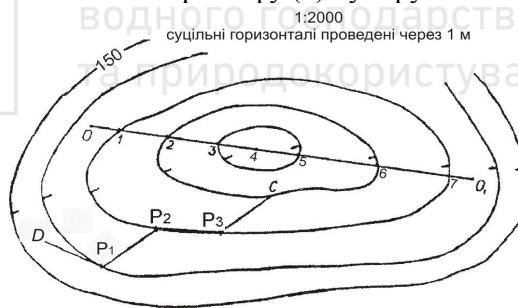
точки P_1 і так само засікаємо на наступній горизонталі точку P_2 , і т.д. Якщо розхил вимірника менший ніж відстань між горизонталями, то засічку роблять у найбільш вигідному напрямку. З'єднавши всі точки, одержуємо ламану лінію із ухилом, який не перевищує заданого. Дана задача має декілька варіантів розв'язання, з яких вибираємо найкращий.

5.4. Побудова профілю місцевості за топографічною картою

Профіль місцевості – зменшене зображення вертикального розрізу земної поверхні за заданим напрямком. Профіль будується у двох масштабах – горизонтальному і вертикальному. Горизонтальний масштаб, зазвичай, приймається рівним масштабу карти чи плану, а вертикальний – в 10 разів крупнішим.

Побудова профілю місцевості за заданим напрямком виконується таким чином: на топографічній карті (рис. 5.6, а) даного масштабу задають напрямком 00_1 , за яким необхідно побудувати профіль. Точки перетину ліній з горизонталями (1, 2, 3, 5, 6, 7) і характерними точками рельєфу (4) нумерують.

а)



б)



Рис. 5.6. Побудова профілю і лінії з заданим ухилом:

а) побудова лінії з ухилом не більшим заданого;

б) побудова профілю місцевості за заданим напрямком



На аркуші міліметрового паперу будують графи віддалей, висот і номерів точок (рис. 5.6, б). В графу віддалей переносять з карти точки перетину і записують довжини інтервалів між ними на місцевості (в метрах). В графу висот записують значення висот у точках перетину і від лінії умовного горизонту будують перпендикуляри, відкладаючи на них висоти у вертикальному масштабі. Кінці перпендикулярів з'єднують ламаною лінією і одержують профіль місцевості у заданому масштабі.

Приклади типових завдань

Завдання 1

За топографічним планом масштабу 1:2000 визначити висоти точок P_1 та D (рис. 5.6, а) (P_1 – на горизонталі, D – між горизонталями).

Розв'язок:

1. Враховуючи, що точка P_1 лежить на горизонталі, визначаємо висоту цієї горизонталі. Для цього знаходимо найближчу підписану горизонталь (її висота $H=150.00$ м); та враховуючи що величина січення горизонталей на плані: $h=1$ м, за бергштрихами визначаємо в який бік висоти зростають; визначаємо висоту горизонталі на якій знаходиться точка P_1 , а отже й висоту точки P_1 : $H_{P_1}=H_{гор}=149.00$ м.

2. Враховуючи, що точка D лежить між горизонталями, відповідно до рис. 5.6, а визначаємо в цій точці закладання. Для цього проводимо через точку D найкоротшу лінію між сусідніми горизонталями і вимірюємо її довжину ($d=7$ мм) та відстань від горизонталі з меншою висотою до точки D ($a=3$ мм). Січення горизонталей на плані $h=1$ м. Висота меншої горизонталі $H_{гор}=149.00$ м. Висота точки D буде рівною

$$H_D = H_{гор} + \frac{a}{d} h = 149.00 \text{ м} + \frac{3 \text{ мм}}{7 \text{ мм}} 1 \text{ м} = 149.43 \text{ м}.$$

Завдання 2

Визначити крутизну схилу лінії OO_1 (рис. 5.6, а) та між окремими точками цієї лінії.

Розв'язок:

Точки перетину лінії OO_1 з горизонталями нумеруємо 1, 2, 3, ..., 7. Оскільки OO_1 перетинає лінію водорозділу, то в найнижчій



(найвищій) точці ставиться додаткова точка, яка також нумерується.

В даному випадку це додаткова точка 4.

Визначаємо загальний ухил по лінії OO_1 , за формулою (5.4)

$$i_{OO_1} = \frac{H_{O_1} - H_O}{d_{OO_1}} = \frac{148.5 - 148.8}{180.0} = -0.0017,$$

де H_O, H_{O_1} – висоти точок O та O_1 , м;

d_{OO_1} – відстань між точками O та O_1 : $d_{OO_1} = 180.0$ м.

Аналогічно визначаємо ухил за всіма відрізками, перевищення між якими не дорівнює висоті перерізу рельєфу:

$$i_{O-1} = \frac{H_1 - H_O}{d_{O-1}} = \frac{148.0 - 148.8}{14} = -0.0571;$$

$$i_{3-4} = \frac{H_4 - H_3}{d_{3-4}} = \frac{145.5 - 146.0}{19} = -0.0263;$$

$$i_{4-5} = \frac{H_5 - H_4}{d_{4-5}} = \frac{146.0 - 145.5}{17} = +0.0294;$$

$$i_{7-O_1} = \frac{H_{O_1} - H_7}{d_{7-O_1}} = \frac{148.5 - 148.0}{12} = +0.0417.$$

Ухил між точками, що знаходяться на горизонталях визначається за допомогою масштабу закладень, який необхідно побудувати. За формулою (5.5) обчислюємо закладення для заданих ухилів та записуємо у вигляді наступної таблиці.

i	d на місцевості, м	d на карті, мм
0.005	200	100
0.01	100	50
0.02	50	25
0.03	33.3	16.6
0.05	20	10
0.1	10	5
0.2	5	2.5
0.3	3.3	1.6
0.5	2	1

За обчисленими значеннями закладень будуємо масштаб закладень.



Для визначення ухилів, за побудованим масштабом закладень, беремо в розхил вимірника відстань між точками O та I і прикладаємо до перетину з масштабом закладень (як показано на рис. 5.5). Знак перед ухилом ставимо „+” – якщо кінцева точка лінії вище за початкову, та „-” – якщо кінцева точка нижче ніж початкова. Аналогічно визначаємо ухили між всіма точками, що лежать на горизонталях (перевищення між якими рівне перерізу рельєфу):

$$\begin{aligned}i_{1-2} &= -0.050; & i_{2-3} &= -0.042; \\i_{5-6} &= +0.026; & i_{6-7} &= +0.028.\end{aligned}$$

Завдання 3

Побудувати лінію AB з ухилом, що не перевищує 0.03 на топографічній карті масштабу 1:10 000

Розв'язок:

Обчислюємо величину закладення на місцевості:

$$d_{\text{гран}} = \frac{h}{i} = \frac{2.5 \text{ м}}{0.03} = 83.33 \text{ м},$$

де h – висота перерізу рельєфу (2.5 м);

$i=0.03$ – заданий ухил.

Обчислюємо величину закладення для карти масштабу 1:10 000:

$$d_{\text{гран}} = 83.33/100 = 0.8 \text{ см}.$$

Подальший принцип побудови описаний в пункті 5.3.



ЛІТЕРАТУРА

1. Геодезія. Частина перша. Під ред. Могильного С.Г., Войтенка С.П. – Чернівці, 2002. – 408 с.
2. Геодезія. Частина перша. Черняга П.Г., Дмитрів О.П. Стахів Я.А. Інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення. - Рівне: НУВГП, 2009. – 296 с.
3. Дьяков Б.Н. Геодезия. Общий курс: Электронная версия учебного пособия.
4. Инженерная геодезия: Учебник для ВУЗов. Под ред. Д.Ш. Михелева. – М.: Академия, 2008. – 480 с.
5. Куштин И.Ф., Куштин В.И. Инженерная геодезия: Учебник. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. – 416 с.
6. Лукьянов В.Ф., Новак В.Е., Борисов Н.Н. и др. Лабораторный практикум по инженерной геодезии: Учебное пособие для вузов. – М.: Недра, 1990. – 334 с.
7. Ратушняк Г.С. Топографія з основами картографії: Навчальний посібник. – Вінниця: ВДТУ, 2002. – 179 с.
8. Романчук С.В., Кирилук В.П., Шемякін М.В. Геодезія: Навчальний посібник. – Умань: УДАУ, 2008. – 294 с.
9. Федотов Г.А. Инженерная геодезия: Учебник. – М.: Высшая школа, 2009. – 463 с.
10. Черняга П.Г., Лебідь Г.Г., Мальчук М.П., Мануйлик А.Т., Романчук С.В., Тадсєв О.А. Інженерна геодезія. Лабораторні роботи. Частина 1: Навчальний посібник для студентів технічних вищих закладів освіти. – Рівне, 1999. – 138 с.