

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

**РОБОТА З ТОПОГРАФІЧНИМ ПЛАНОМ
ЩОДО ЗАВДАНЬ ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОДЕЗІЇ**

Методичні вказівки
до виконання розрахунково-графічних робіт
для здобувачів першого (бакалаврського)
рівня вищої освіти спеціальності
192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Київ 2024

Укладачі: О. П. Ісаєв, канд. техн. наук, доцент;
А. О. Анненков, д-р техн. наук, професор;
Р. А. Дем'яненко, канд. техн. наук, доцент;
П. О. Чуланов, старш. викладач;
А. І. Боденко, асистент

Рецензент Ю. В. Медведський, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск Р. А. Дем'яненко, канд. техн. наук,
доцент

*Затверджено на засіданні кафедри інженерної геодезії,
протокол № 4 від 22 листопада 2023 року*

В авторський редакції

Робота з топографічним планом щодо завдань інженерної
Р58 геодезії: методичні вказівки до виконання розрахунково-графічних
робіт з інженерної геодезії / уклад.: О.П. Ісаєв та ін. – Київ: КНУБА,
2024. – 28 с..

Розглянуто розв'язання задач інженерної геодезії за
результатами вимірювань на топографічному плані.

Призначено здобувачі першого (бакалаврського) рівня вищої
освіти спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	4
1. ЗАВДАННЯ ЩОДО РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ВИМІРЮВАНЬ НА ТОПОГРАФІЧНОМУ ПЛАНІ МАСШТАБУ 1:10000.....	5
1.1. Методичні вказівки та розв'язання задачі № 1.....	6
1.2. Методичні вказівки та розв'язання задачі № 2.....	9
1.3. Методичні вказівки та розв'язання задачі № 3.....	10
1.4. Методичні вказівки та розв'язання задачі № 4.....	11
1.5. Методичні вказівки та розв'язання задачі № 5.....	14
1.6. Методичні вказівки та розв'язання задачі № 6.....	17
1.7. Методичні вказівки та розв'язання задачі № 7.....	18
1.8. Методичні вказівки та розв'язання задачі № 8.....	21
1.9. Методичні вказівки та розв'язання задачі № 9.....	22
1.10. Методичні вказівки та розв'язання задачі № 10.....	23
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	25

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Розвиток міст та населених пунктів регулюється проектами районного планування, які поділяються на проекти планування селітебних територій, промислових районів, приміських зон тощо. Будівництво та реконструкція міст здійснюється за проектами планування та забудови. Будівельно-монтажні роботи виконують за проектами організації будівництва (ПОБ) та проектами виконання робіт (ПВР). Для створення проектів потрібні плани різних масштабів, наприклад:

1) для створення генерального плану міста використовують плани масштабу від 1:2000 до 1:10000, залежно від чисельності населення;

2) для проекту розміщення будівництва першої черги застосовують план у масштабі 1:5000 – 1:10000;

3) для проекту планування міського промислового району застосовують план масштабу 1:10000 або 1:5000;

4) для проекту червоних ліній та розмічувального креслення червоних ліній використовують плани масштабів 1:1000 – 1:2000;

5) для будівельного генерального плану ПОБ використовують плани у масштабах 1:2000 – 1:200: загальні плани у масштабі 1:1000 – 1:2000; плани щодо графічної частини об'єкта будівництва в масштабі 1:200 або 1:500.

І багато інших планів та карт різних масштабів. З цього випливає мета розрахунково-графічної роботи № 1. Вона полягає в тому, щоб студенти вміли використовувати топографічні плани для вирішення різних практичних задач в містобудуванні, при проектуванні і будівництві інженерних споруд, знали принцип утворення, зміст та правила оформлення топографічних планів.

Щоб зробити топографічний план, спочатку виконують геодезичні виміри на заданій ділянці місцевості. Такий комплекс робіт називається топографічною зйомкою. По результатах зйомки створюють топографічний план. Який принцип утворення топографічного плану? (принцип - це не технологія створення топографічного плану, це лише розуміння того, як він утворюється!). Для того щоб зрозуміти, як утворюється план, потрібно подумки спроектувати кожен точку ділянки земної поверхні на горизонтальну площину і, отримане на горизонтальній площині зображення, зменшити в кілька разів із збереженням подоби фігур. Ступень зменшення зображення, це масштаб плану.

1. ЗАВДАННЯ ЩОДО РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ВИМІРЮВАНЬ НА ТОПОГРАФІЧНОМУ ПЛАНІ МАСШТАБУ 1:10000

На топографічному плані М1:10000 викладач малює три окружності, у яких студент наколює голкою точки (розмір точки 0,1 мм). Це точки A , B , C (на рис. 1, *а* показаний приклад).

Далі студент гостро відточеним олівцем середньої твердості з'єднує точку A з точками B та C (товщина лінії 0,1 мм).

Увага! Лінію через накол не проводити. Лінію потрібно довести до точки і перервати на деякій відстані від неї так, як показано на рис. 1, *б*.

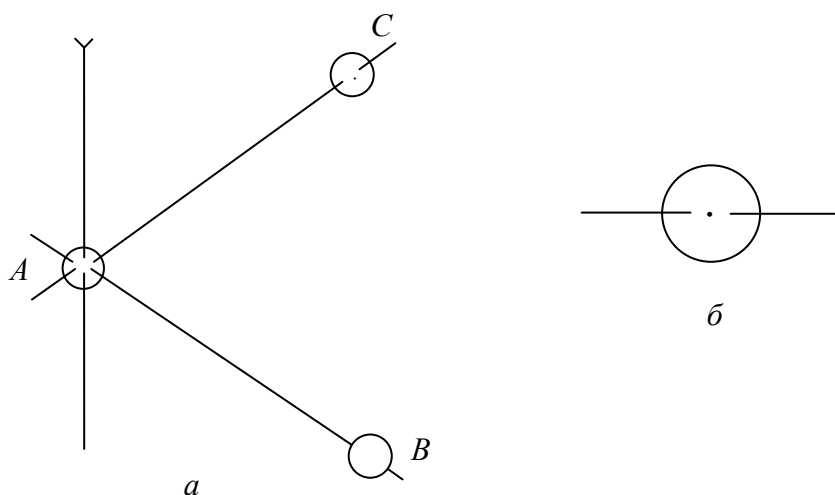


Рис. 1. Зразок графічного завдання на топографічному плані:
а - приклад розташування точок на плані; б - зразок оформлення
кожної точки

Студенту необхідно ознайомитись із методичними вказівками та у відповідності до поставлених вимог (дивись: **Виконати ...**) зробити необхідну розрахунково-графічну роботу та оформити її. Зразок оформлення показаний на прикладах.

Завдання № 1. Визначити на топографічному плані за допомогою транспортира румби r ліній $A-B$ та $A-C$, дирекційні кути α цих ліній і зворотні дирекційні кути.

Завдання № 2. Обчислити горизонтальні кути β та γ між напрямками $A-C$ і $A-B$.

Завдання № 3. Визначити на топографічному плані горизонтальні прокладання d ліній $A-B$ та $A-C$, у метрах, з точністю масштабу плану.

Завдання № 4. Визначити на топографічному плані прямокутні координати x та y точок A , B і C з точністю масштабу плану.

Завдання № 5. Вирішити зворотну геодезичну задачу:

а) по координатах точок A і B обчислити румб лінії $A-B$ і дирекційний кут цієї лінії (результати обчислень записати з точністю 1');
б) по координатах точок A і B обчислити довжину лінії $A-B$ (результати обчислень записати з точністю 1 м);
в) результати обчислень порівняти із результатами в задачах № 1 і № 3.

Завдання № 6. Вирішити пряму геодезичну задачу:

а) обчислити координати точки C по відомим із задач № 1 і № 3 дирекційному куту лінії $A-C$ і горизонтальному прокладанню цієї лінії;
б) результати обчислень порівняти із результатами в задачі № 4.

Завдання № 7. Визначити на топографічному плані позначки H точок A і B .

Завдання № 8. По лінії $A-B$ показати профіль місцевості.

Завдання № 9. Визначити ухил i лінії $A-B$.

Завдання № 10. Обчислити площу земельної ділянки по координатах точок A , B , C .

Топографічний план – це зменшене, ортогональне зображення невеликої ділянки земної поверхні (в межах 20х20 км) на горизонтальній площині.

1.1. Методичні вказівки та розв'язання задачі № 1

Зорієнтувати лінію на місцевості означає знайти її напрямок щодо меридіана. Зорієнтувати лінію можна за допомогою дирекційного кута (азимута) та румба.

Дирекційний кут – це горизонтальний кут, що відлічується від північного напрямку *осьового* меридіану, за годинниковою стрілкою, до заданого напрямку лінії; змінюється від 0° до 360° .

Дирекційний кут α_{A-B} характеризує напрямок лінії $A-B$.

Зворотній дирекційний кут α_{B-A} характеризує зворотній напрямок лінії, тобто напрямок $B-A$.

Румб – це горизонтальний кут, що відлічується від найближчого напрямку осьового меридіану (північного або південного) до заданого напрямку лінії; змінюється від 0° до 90° .

В геодезії прийнята прямокутна система координат, яка показана на рисунках 1.1 та 1.2. Вісь абсцис спрямована на північ, вісь ординат спрямована на схід.

Позитивний напрямок осі абсцис збігається з північним напрямком осевого меридіана. Утворення осевого меридіана дивись на рис. 4.1.

Проведені на топографічному плані лінії координатної сітки паралельні осям координат. Вертикальні лінії координатної сітки паралельні лінії осевого меридіана.

Зверніть увагу: лінії координатної сітки не паралельні лініям внутрішньої рамки плану! (тому що принцип їх утворення різний).

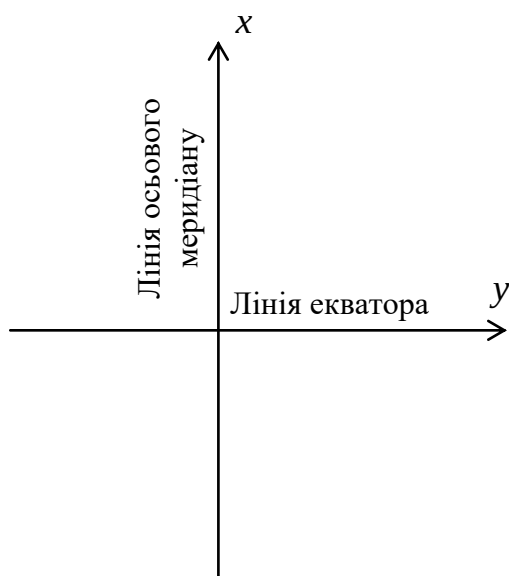


Рис. 1.1. Осі прямокутної системи координат в проєкції

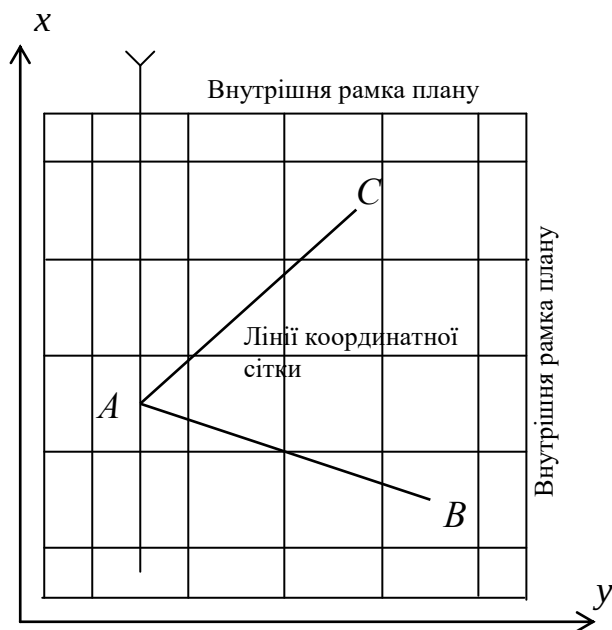


Рис. 1.2. Розташування заданих точок і ліній на топографічному плані

Виконати 1. На топографічному плані через точку A проведіть лінію, паралельну вертикальній лінії координатної сітки. Напрямок цієї лінії збігається з напрямком осевого меридіана (значок Υ показує північний напрямок осевого меридіана).

Виконати 2. За допомогою рис. 1.3 визначте, в якій чверті знаходяться лінії $A-B$ та $A-C$ на вашому плані.

Виконати 3. Виміряйте на своєму плані транспортиром румби ліній $A-B$ та $A-C$, керуючись рис. 1.4 і визначенням.

Виконати 4. Запишіть значення румбів до десятої частки градуса. Значення румба записується після його назви, через двокрапку.

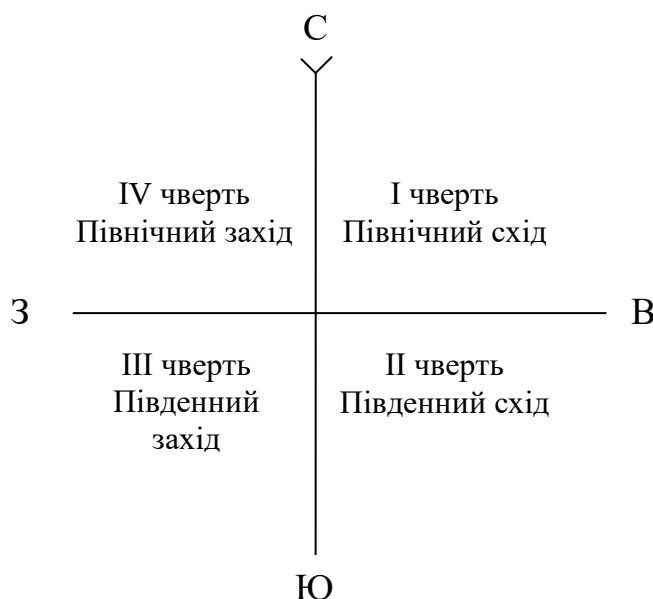


Рис. 1.3. Чверті в прямокутній системі координат

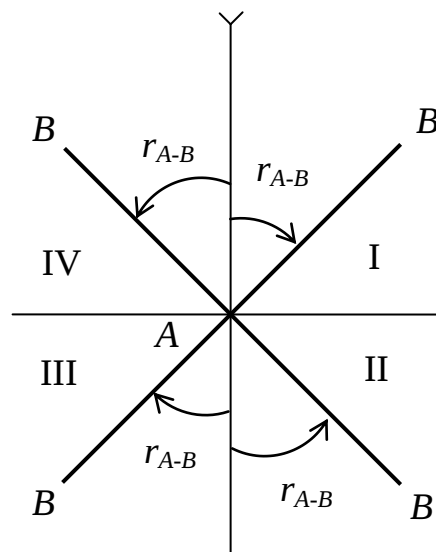


Рис. 1.4. Румби лінії по чвертях

ПРИКЛАД 1.1. Лінія $A-B$ лежить в II чверті (див. рис. 1.5). Транспортиром на плані виміряли кут r_{A-B} .

Результат виміру: $28,5^\circ$. Румб буде: $r_{A-B} = \text{Пд-Сх}: 28,5^\circ$.

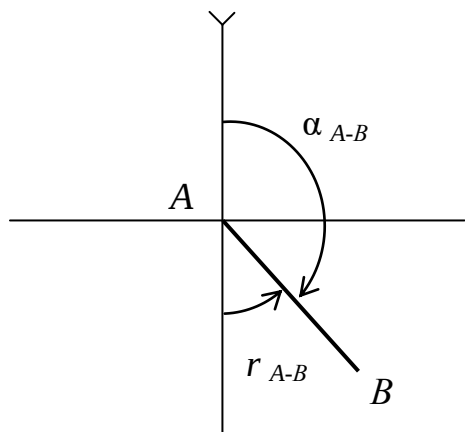


Рис. 1.5. Румб і дирекційний кут заданої лінії

Виконати 5. Виміряйте на своєму плані транспортиром дирекційні кути ліній $A-B$ та $A-C$, керуючись рис. 1.6 і визначенням.

Виконати 6. Запишіть значення дирекційних кутів до десятої частки градуса.

ПРИКЛАД 1.2. Лінія $A-B$ лежить в II чверті (див. рис. 1.5). Транспортиром на плані виміряли кут α_{A-B} . Результат виміру: $151,5^\circ$. Дирекційний кут буде: $\alpha_{A-B} = 151,5^\circ$.

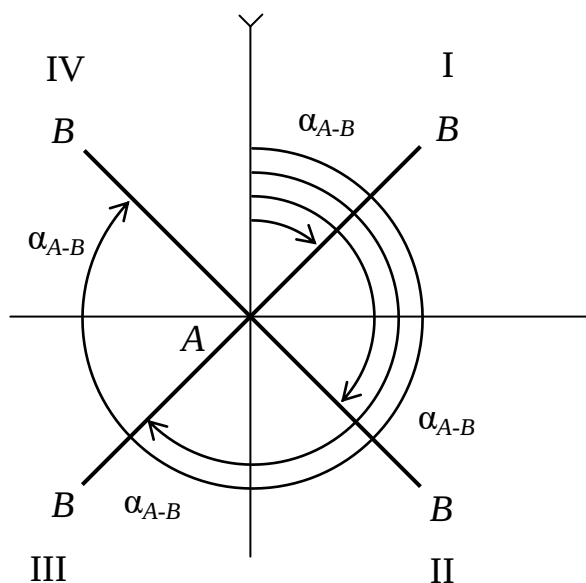


Рис. 1.6. Дирекційні кути лінії по чвертях

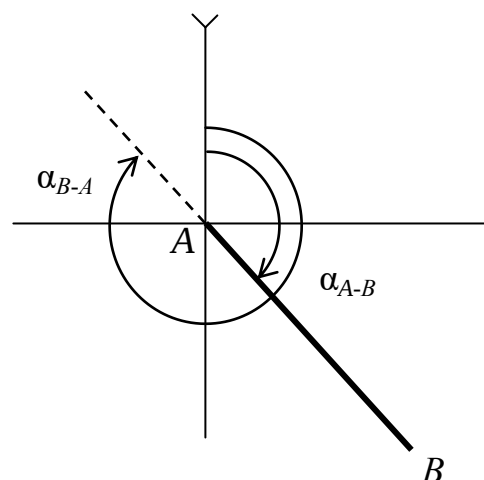


Рис. 1.7. Прямий та зворотний дирекційні кути заданої лінії

Виконати 7. Виміряйте на своєму плані транспортиром зворотні дирекційні кути ліній $A-B$ та $A-C$, керуючись рис. 1.7 і визначенням.

Виконати 8. Запишіть значення зворотних дирекційних кутів до десятих часток градуса.

ПРИКЛАД 1.3. Лінія $A-B$ лежить в II чверті (див. рис. 1.5). Транспортиром на плані виміряли кут α_{B-A} (див. рис. 1.7). Результат виміру: $331,5^\circ$. Зворотній дирекційний кут буде: $\alpha_{B-A} = 331,5^\circ$.

1.2. Методичні вказівки та розв'язання задачі № 2

Горизонтальний кут утворюється двома напрямками. Значення горизонтального кута можна знайти як різницю значень двох напрямків.

Правило: щоб обчислити горизонтальний кут, потрібно від правого напрямку відняти лівий напрямок.

Виконати 1. Горизонтальні кути β та γ , що утворені двома напрямками, обчисліть як різницю дирекційних кутів цих напрямків.

ПРИКЛАД 2.1. Кут β обчислили за правилом як різницю дирекційних кутів α_{A-B} і α_{A-C} , а кут γ – як різницю дирекційних кутів α_{A-C} і α_{A-B} (рис. 2.1).

Результати обчислень: $\beta = 151,5^\circ - 63,0^\circ = 88,5^\circ$;
 $\gamma = 63,0^\circ + 360^\circ - 151,5^\circ = 271,5^\circ$.

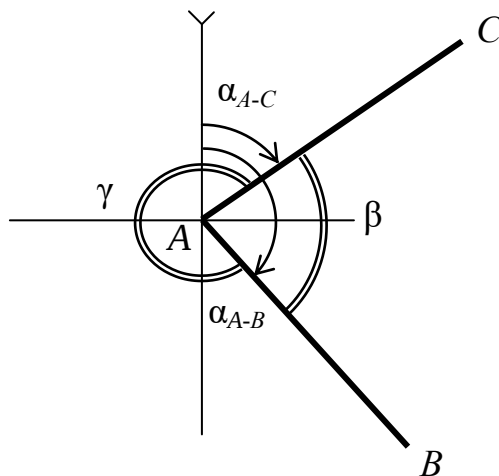


Рис. 2.1. Горизонтальні кути між заданими лініями

1.3. Методичні вказівки та розв'язання задачі № 3

Горизонтальне прокладання лінії місцевості – це її проєкція на горизонтальну площину.

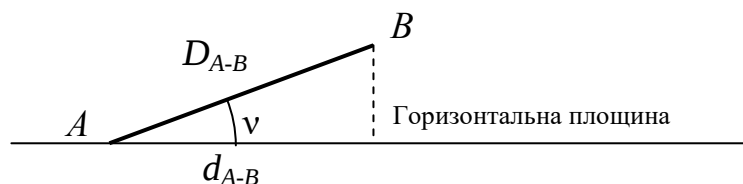


Рис. 3.1. Горизонтальне прокладання заданої лінії

D_{A-B} – довжина лінії $A-B$ на місцевості;

d_{A-B} – горизонтальне прокладання (довжина) лінії $A-B$ на плані;

ν – кут нахилу лінії $A-B$.

На топографічному плані всі лінії є горизонтальними прокладаннями.

План – це модель місцевості, побудована певним чином (по визначеним математичним законам). Ми бачимо, наприклад, відрізок лінії на плані і знаємо, що йому відповідає відрізок лінії на місцевості. Можна виміряти довжину відрізка лінії на плані і, знаючи масштаб плану, визначити довжину відповідного відрізка лінії на місцевості. Якщо чисельний масштаб плану дорівнює $1:10000$, то це означає, що відрізкові довжиною 1 см на плані відповідає відрізок довжиною 100 м на місцевості; 1 мм відповідає 10 м ; $0,1\text{ мм}$ відповідає 1 м .

Виміряти на плані довжину відрізка лінії за допомогою лінійки з міліметровими поділками можна з найменшою похибкою 0,1 мм. Тоді похибка визначення довжини відповідного відрізка лінії на місцевості буде 1 м. Ця відповідність називається *точністю масштабу плану*.

Виконати 1. Виміряйте на своєму плані за допомогою лінійки з міліметровими поділками довжини ліній *A-B* та *A-C* з точністю масштабу плану. Для цього зробіть виміри так, щоб результати були отримані і записані до десятих часток міліметра. Переведіть їх у метри відповідно до масштабу плану.

ПРИКЛАД 3.1. Довжина лінії *A-B* на плані масштабу 1:10000 виміряна і склала 109,7 мм. З огляду на те, що одному міліметру на плані відповідає десять метрів на місцевості ($1 \text{ мм} \leftrightarrow 10 \text{ м}$), одержимо $d_{A-B} = 1097 \text{ м}$.

1.4. Методичні вказівки та розв'язання задачі № 4

В геодезії використовують різні моделі землі. Для створення топографічних планів і карт застосовують модель Землі – еліпсоїд.

Меридіани на еліпсоїді утворюють сферичні двокутники (ще називаються координатні зони) (рис. 4.1, а). Початковим або нульовим меридіаном є Міжнародний опорний меридіан. Він проходить приблизно в 100 м від Грінвічської обсерваторії і служить для відліку довгот. Інші меридіани проходять через 3° або 6° від нульового. Якщо меридіани проходять через 6° , то сферичних двокутників буде 60.

Осьовий меридіан утворюється як середній меридіан сферичного двокутника.

Кожен сферичний двокутник окремо проєктують (уявно) на площину й отримують проєкції земної поверхні на площині (рис. 4.1, б). Для цілій топографії застосовують рівнокутні проєкції. В рівнокутній проєкції не спотворюються кути, а тільки довжини ліній, а осьовий меридіан і лінія екватора відображаються у вигляді прямих взаємно перпендикулярних ліній.

У кожній проєкції вводиться система плоских прямокутних координат (рис. 4.1, в). Вісь абсцис збігається з проєкцією осьового меридіана (позитивний напрямок на північ); вісь ординат збігається з проєкцією лінії

екватора (позитивний напрямок на схід); початок координат має значення:
 $x_0 = 0$; $y_0 = 500 \text{ км}$.

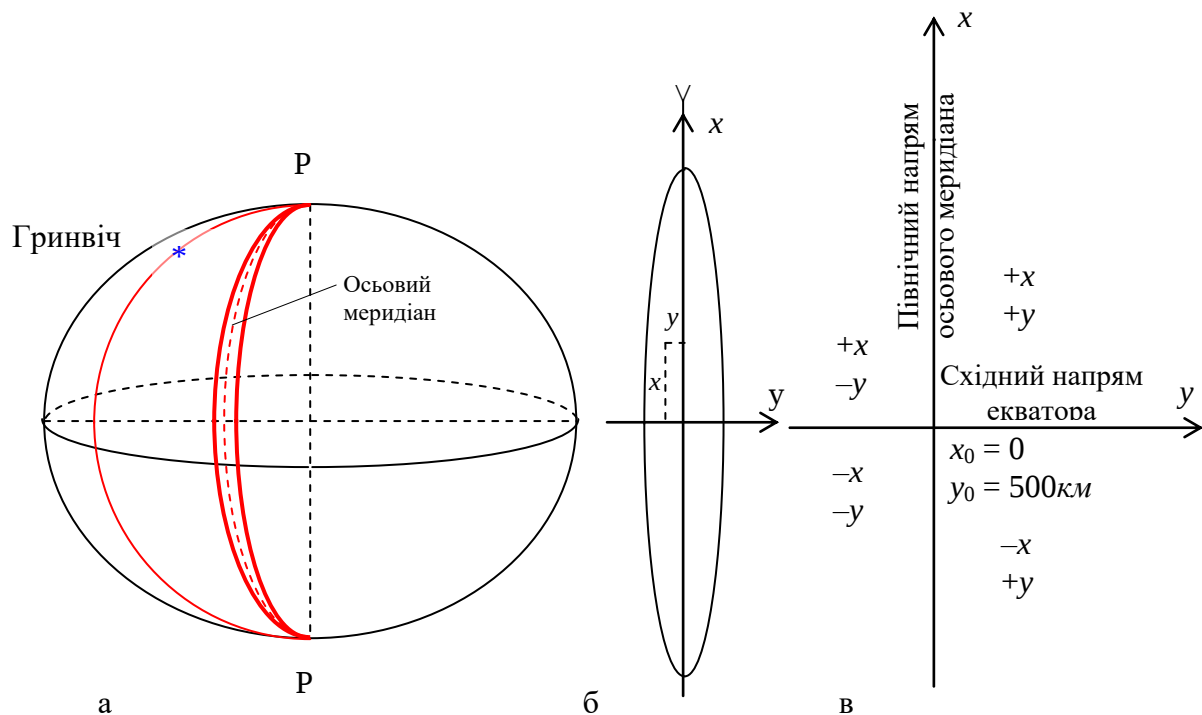


Рис. 4.1. Рівнокутна проєкція сферичного двокутника на площину та система прямокутних координат в ній:
 а – еліпсоїд – модель Землі; б – проєкція сферичного двокутника на площину; в – система плоских прямокутних координат

Виконати 1. На топографічному плані точки A, B, C знаходяться в квадратах, утворених лініями координатної сітки. Прочитайте координати ліній сітки, що утворюють квадрати (вони підписані біля рамки плану).

ПРИКЛАД 4.1. На рис. 4.2, а лінії координатної сітки, що утворюють квадрат, мають координати:

- по осі x : 6021 км; 6022 км;
- по осі y : (3)448 км; (3)449 км

(тут у дужках зазначений номер координатної зони).

Виконати 2. Проведіть перпендикуляри з точок A і B до найближчих ліній координатної сітки. Вони називаються *прирости координат*.

Перпендикуляр на горизонтальну лінію сітки – це Δx , а перпендикуляр на вертикальну лінію сітки – це Δy (рис. 4.2, а).

Увага! Лінії внутрішньої рамки плану не є лініями координатної сітки і не паралельні їм. Тому опускайте перпендикуляри тільки на лінії сітки. Опустивши перпендикуляри на лінію рамки, одержите неправильний результат.

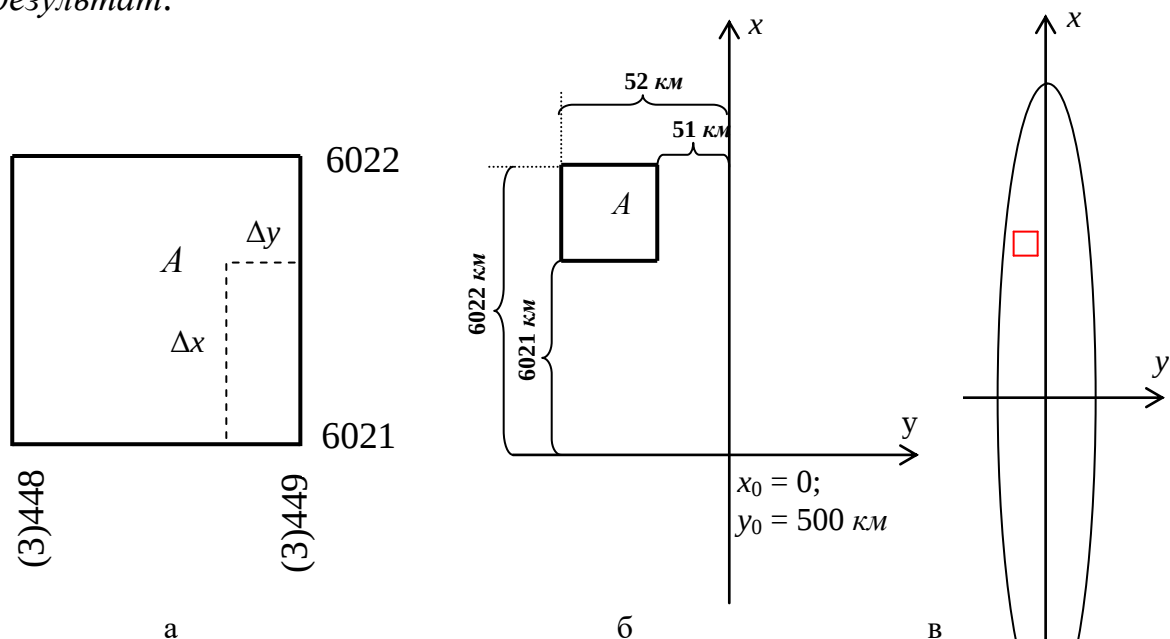


Рис. 4.2. Визначення прямокутних координат точки:
 а – координати ліній сітки та прирости координат точки;
 б – положення точки в системі координат; в – розташування
 аркуша топоплану в координатній зоні

Виконати 3. Виміряйте лінійкою з міліметровими поділками прирости координат з точністю до десятої частки міліметра.

Переведіть отримані значення в метри.

ПРИКЛАД 4.2. На топографічному плані виміряли лінійкою перпендикуляр Δx від горизонтальної лінії сітки зі значенням 6021 км до точки А (рис. 4.2, а). Результат виміру: 48,5 мм. Виміряли перпендикуляр Δy від вертикальної лінії сітки зі значенням (3)449 км до точки А. Результат виміру: 15,0 мм.

Масштаб плану 1:10000, тому прирости координат:

$$\Delta x = 48,5 \text{ мм} \leftrightarrow 485 \text{ м} \leftrightarrow 0,485 \text{ км};$$

$$\Delta y = 15,0 \text{ мм} \leftrightarrow 150 \text{ м} \leftrightarrow 0,150 \text{ км}.$$

Виконати 4. Обчисліть прямокутні координати точок А і В. Для цього до координати лінії сітки, на яку опущений перпендикуляр, додайте приріст координати або відніміть його:

- якщо напрямок приросту координати від лінії сітки до точки збігається з позитивним напрямком координатної осі (за стрілкою координатної осі), то приріст потрібно додати;

- якщо напрямок приросту координати від лінії сітки до точки йде в протилежному напрямку чим координатна вісь, то його потрібно відняти.

ПРИКЛАД 4.3. Для точки A , показаної на рис. 4.2, а, приріст координати по осі x від лінії сітки до точки позитивний. Тому, щоб одержати абсцису точки A , потрібно до координати лінії сітки додати приріст координати, тобто

$$x_A = 6021 \text{ км} + 0,485 \text{ км} = 6021,485 \text{ км}.$$

Приріст координати по осі y від лінії сітки до точки негативний. Тому, щоб одержати ординату точки A , потрібно від координати лінії сітки відняти приріст координати.

$$y_A = (3)449 \text{ км} - 0,150 \text{ км} = (3)448,850 \text{ км}.$$

1.5. Методичні вказівки та розв'язання задачі № 5

Для того, щоб вирішити зворотну геодезичну задачу, тобто обчислити румб, дирекційний кут і горизонтальне прокладання заданої лінії, потрібно знати координати точок, між якими проходить ця лінія.

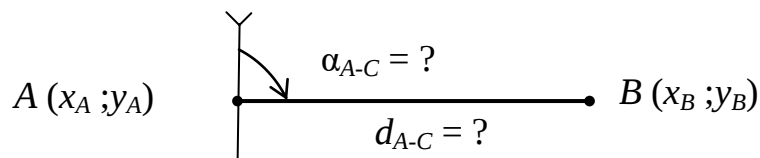


Рис. 5.1. Схема зворотної геодезичної задачі

На рис. 5.1 показані точки $A(x_A; y_A)$ і $B(x_B; y_B)$ з відомими координатами. Значення румба лінії $A-B$ обчислюють по формулі:

$$r_{A-B} = \arctg \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} = \arctg \frac{\pm \Delta y}{\pm \Delta x}. \quad (5.1)$$

Румб – це кут, що показує, як зорієнтована лінія на земній поверхні. По знаках перед Δy та Δx відповідно до рис. 5.2 визначають у якій координатній чверті знаходиться лінія $A-B$ і, таким чином, визначають назву румба.

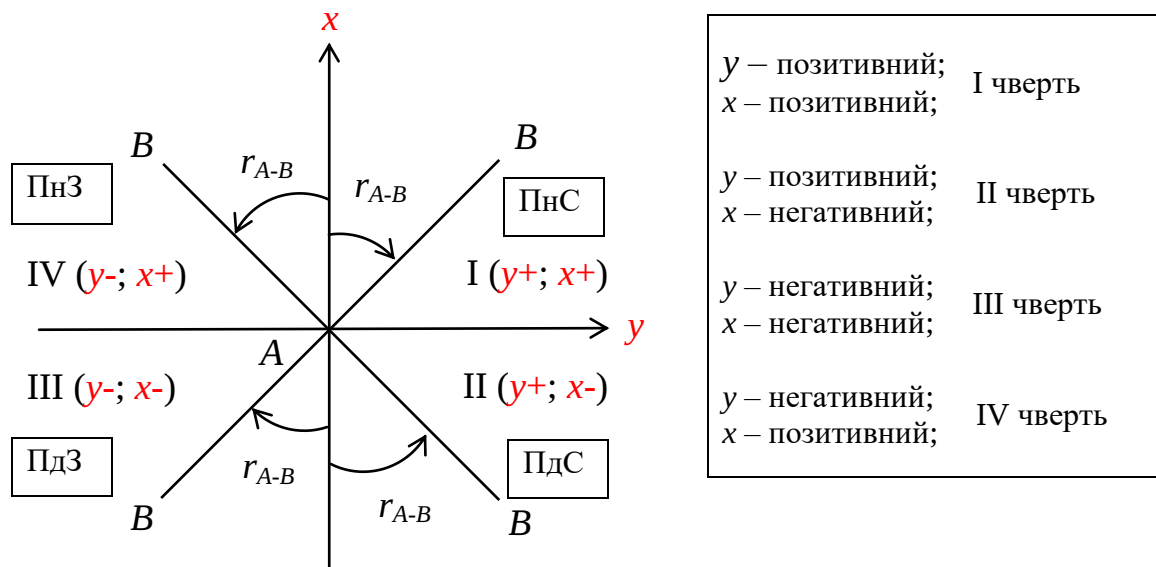


Рис. 5.2. Характеристика румба в залежності від чверті

По відомому румбу знаходять дирекційний кут. На рисунках 1.4 і 1.6 показаний зв'язок дирекційних кутів і румбів. Математично він виражений так:

$$\begin{aligned}
 \text{I чверть.} \quad \alpha_{A-B} &= r_{A-B}; \\
 \text{II чверть.} \quad \alpha_{A-B} &= 180^\circ - r_{A-B}; \\
 \text{III чверть.} \quad \alpha_{A-B} &= 180^\circ + r_{A-B}; \\
 \text{IV чверть.} \quad \alpha_{A-B} &= 360^\circ - r_{A-B}.
 \end{aligned}
 \tag{5.2}$$

Горизонтальне прокладання лінії $A-B$ обчислюють по формулі:

$$\begin{aligned}
 d_{A-B} &= \frac{y_B - y_A}{\sin \alpha_{A-B}}; \quad \text{або} \quad d_{A-B} = \frac{x_B - x_A}{\cos \alpha_{A-B}}; \\
 \text{або} \quad d_{A-B} &= \sqrt{(y_B - y_A)^2 + (x_B - x_A)^2}.
 \end{aligned}
 \tag{5.3}$$

Виконати 1. Візьміть $x_A; y_A; x_B; y_B$ із задачі № 4 і по формулах (5.1) і (5.2) обчисліть румб і дирекційний кут лінії $A-B$.

По формулах (5.3) обчисліть довжину лінії $A-B$.

ПРИКЛАД 5.1. Відомі координати точок A і B .

$$\begin{aligned}
 x_A &= 6021,485 \text{ км}; & x_B &= 6020,523 \text{ км}; \\
 y_A &= (3)448,850 \text{ км}; & y_B &= (3)449,367 \text{ км}.
 \end{aligned}$$

За формулою (5.1) знаходимо:

$$r_{A-B} = \operatorname{arctg} \frac{3449,367 - 3448,850}{6020,523 - 6021,485} = \operatorname{arctg} \frac{+0,517}{-0,962}.$$

У чисельнику стоїть знак плюс (+), у знаменнику – мінус (–). Це означає, що Δy – позитивний, Δx – негативний ($\Delta y +$; $\Delta x -$). По рис. 5.2 визначаємо, як розташована лінія. Вона знаходиться у другій чверті. Назва румба в II чверті – Південний Схід.

Далі, знаходимо:

$$r_{A-B} = \operatorname{arctg} \frac{+0,517}{-0,962} = \operatorname{arctg} 0,537422.$$

Обчислимо на калькуляторі $\operatorname{arctg} 0,537422$. Одержимо: $28,25^\circ$.

Десяткову частину числа переведемо в кутові хвилини: $0,25 \times 60' = 15'$.

Остаточно румб лінії $A-B$:

$$r_{A-B} = \text{ПдС} : 28^\circ 15'.$$

Знаючи з формул (5.2), як зв'язаний дирекційний кут з румбом, обчислимо дирекційний кут лінії $A-B$:

$$\alpha_{A-B} = 180^\circ - 28^\circ 15' = 151^\circ 45'.$$

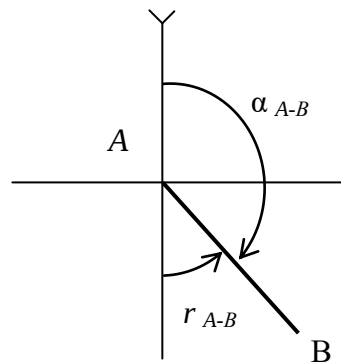


Рис. 5.3. Румб і дирекційний кут лінії

Виконати 2. Порівняти результати обчислень та вимірювань.

Порівняємо результати обчислень

з результатами вимірів із задачі № 1. Розбіжність не повинна перевищувати $18'$ (якщо не задано інакше).

$$\Delta_r = 28,5^\circ - 28,25^\circ = 0,25^\circ = 15'.$$

Аналогічно для дирекційного кута.

По відомих координатах точок A і B обчислимо горизонтальне прокладання лінії $A-B$.

$$d_{A-B} = \sqrt{(449,367 - 448,850)^2 + (6020,523 - 6021,485)^2} = 1,092 \text{ км}.$$

Порівняємо результати обчислень з результатами вимірів із задачі № 3. Розбіжність не повинна перевищувати 5 м (якщо не задано інакше).

$$\Delta_d = 1097 - 1092 = 5\text{ м}.$$

1.6. Методичні вказівки та розв'язання задачі № 6

Для того, щоб вирішити пряму геодезичну задачу, тобто обчислити координати заданої точки, потрібно знати координати вихідного пункту, дирекційний кут лінії між вихідним пунктом і точкою, що визначається, і горизонтальне прокладання цієї лінії.

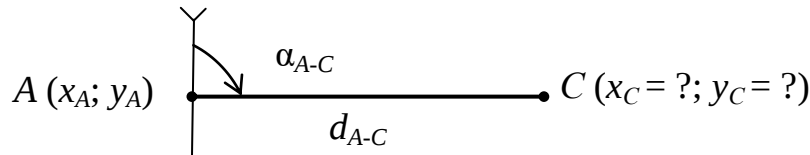


Рис. 6.1. Схема прямої геодезичної задачі

На рис. 6.1 показана вихідна точка $A(x_A; y_A)$ з відомими координатами. Відомі також дирекційний кут α_{A-C} лінії, що з'єднує точки A і C , і горизонтальне прокладання d_{A-C} цієї лінії. Необхідно знайти координати точки C . Координати точки C обчислюються за формулами:

$$\begin{aligned} x_C &= x_A + d_{A-C} \cos \alpha_{A-C}; \\ y_C &= y_A + d_{A-C} \sin \alpha_{A-C}. \end{aligned} \quad (6.1)$$

Виконати 1. Візьміть $x_A; y_A$ із задачі № 4, α_{A-C} із задачі № 1, d_{A-C} із задачі № 3 і по формулах (6.1) обчисліть координати точки C .

Виконати 2. Визначить на топографічному плані за допомогою лінійки прямокутні координати точки C і порівняйте їх з обчисленими.

ПРИКЛАД 6. 1. Відомі:

- координати точки A : $x_A = 6021,520 \text{ км}$; $y_A = (3)447,830 \text{ км}$;
- дирекційний кут лінії $A-C$: $\alpha_{A-C} = 130^\circ$;
- горизонтальне прокладання лінії $A-C$: $d_{A-C} = 1410 \text{ м}$.

По формулах (6.1) обчислимо абсцису та ординату точки C .

$$\begin{aligned} x_C &= 6021,520 \text{ км} + 1,410 \text{ км}(-0,64279) = 6020,614 \text{ км}; \\ y_C &= (3)447,830 \text{ км} + 1,410 \text{ км}(+0,76604) = (3)448,910 \text{ км}. \end{aligned}$$

За методикою, яка описана в задачі № 4, визначимо координати точки C графічно, з плану.

$$x_C = 6020,620 \text{ км}; \quad y_C = (3)448,900 \text{ км}.$$

Порівняємо результати обчислень з результатами вимірів. Розбіжність не повинна перевищувати $\pm 5\text{ м}$.

$$\Delta_x = +6 \text{ м}; \Delta_y = -10 \text{ м}.$$

Увага: Якщо розбіжність перевищує допустиме значення, то це означає, що аркуш топографічного плану має велику деформацію (за рахунок ксерокопіювання та поганого використання), а також неналежно зроблені вимірювання.

1.7. Методичні вказівки та розв'язання задачі № 7

Позначка точки – це її висота відносно відлікової поверхні.

Відліковою поверхнею може бути рівень моря або умовно прийнята поверхня. Наприклад, відліковою поверхнею вважається середній рівень Балтійського моря.

Абсолютна позначка точки – це її висота відносно рівня моря. На топографічному плані окремі точки земної поверхні позначені та підписані їхні абсолютні позначки. Наприклад, **• 191,3**. Це сама верхня точка гори.

Відносна позначка точки – це її висота відносно певної умовної поверхні або площини.

Топографічний план – це подібне зображення ділянки земної поверхні. На топографічному плані зображені ситуація і рельєф. Різні форми рельєфу відображаються на плані горизонталями (рис. 7.1).

Горизонталь – це лінія, усі точки якої мають однакову позначку.

На горизонталях ставлять бергштрихи, щоб розрізняти деякі форми рельєфу. Бергштрихи показують, у якому напрямку схил знижується.

З рисунку 7.1 видно, що для таких форм рельєфу як гора, хребет бергштрихи проставлені назовні, а для котловини, улоговини – всередину.

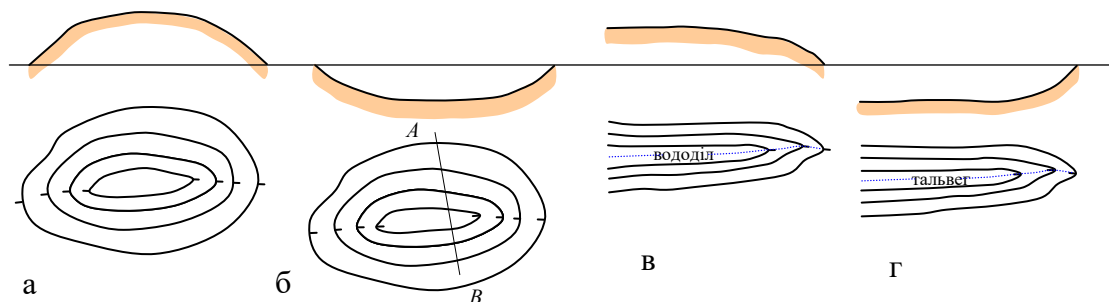


Рис. 7.1. Деякі форми рельєфу:

а – пагорб; б – котловина; в – хребет; г – улоговина

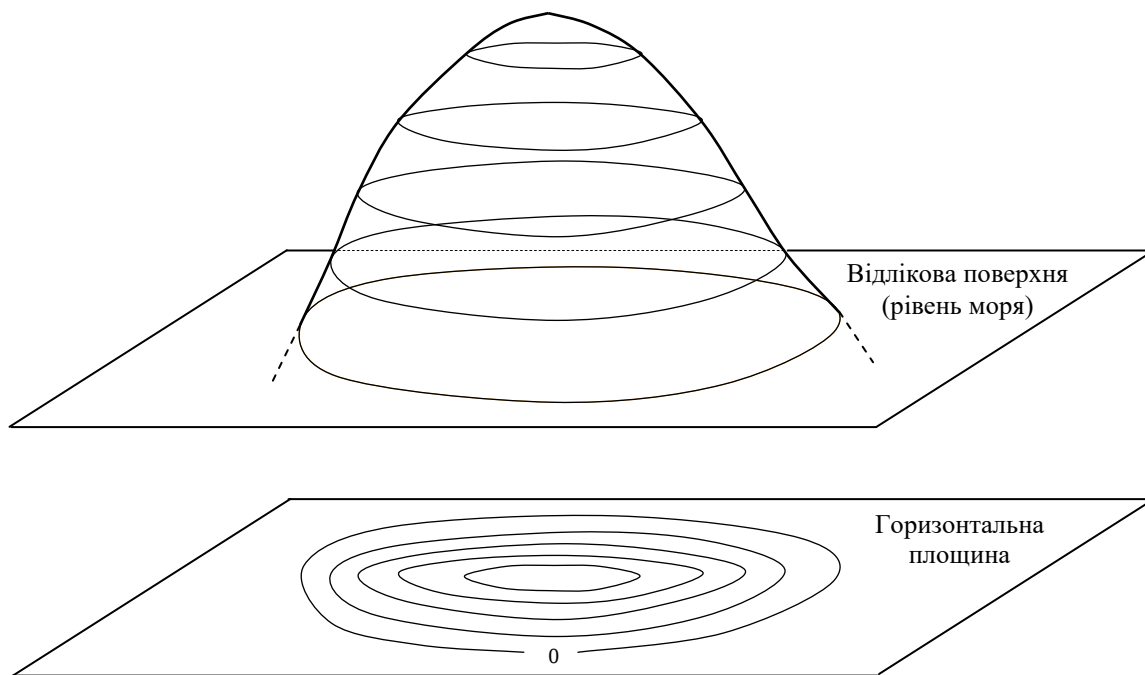


Рис. 7.2. Форма рельєфу – гора, та її відображення на плані горизонталями

Розглянемо принцип утворення горизонталі на прикладі. Нехай деяку гору омиває море. Поверхня води торкається поверхні землі в певних точках (ці точки утворюють лінію розподілу повітряного та водного середовища). Уявно спроектуємо ці точки на горизонтальну площину. Одержимо на горизонтальній площині лінію, що називається горизонталлю.

Піднімемо рівень води на визначену висоту, яка називається висотою перерізу рельєфу. На горизонтальній площині знову одержимо горизонталь.

Таким чином, піднімаючи рівень води на висоту перерізу рельєфу, відобразимо усю гору горизонталями (рис. 7.2).

Позначки горизонталей кратні висоті перерізу рельєфу.

Позначку точки, що лежить між горизонталями, можна обчислити відносно молодшої горизонталі по формулі:

$$H = H_{гор} + \frac{a}{b} h^{\circ}, \quad (7.1)$$

де $H_{гор}$ - позначка молодшої горизонталі;

h° – висота перерізу рельєфу;

b – найкоротша відстань між суміжними горизонталями;

a – відстань від точки до молодшої горизонталі.

Виконати 1. Позначка кожної горизонталі на плані відома. Вона або підписана в розриві горизонталі, або легко визначається з урахуванням висоти перерізу рельєфу. Визначить позначки горизонталей, найближчих до точок *A* і *B*.

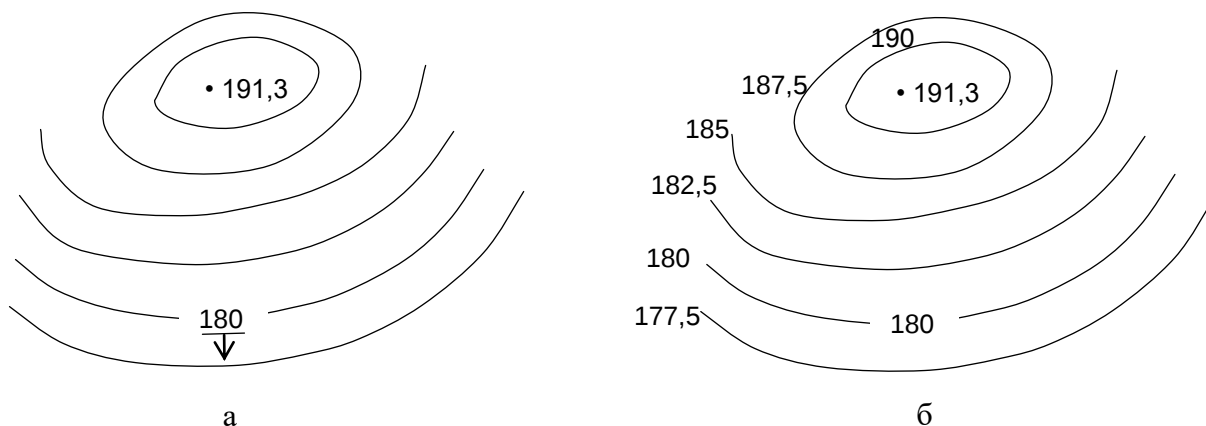


Рис. 7.3. Позначки горизонталей:

a – позначка підписаної горизонталі; *б* – позначки всіх горизонталей

ПРИКЛАД 7.1. На рис. 7.3, *a* показані горизонталі, що відображають схил пагорба. Одна з горизонталей підписана і має позначку 180 м над рівнем моря.

Підписані на рисунку позначки показують, у якому напрямку йде підвищення чи зниження схилу (горизонталі завжди підписані так, що основа числа показує напрямок схилу вниз). Позначка точки на вершині пагорба дорівнює 191,3 м. Вона визначена шляхом геодезичних вимірів на місцевості.

На топографічному плані, на якому виконується завдання, висота перерізу рельєфу дорівнює 2,5 м. Таким чином, легко визначити позначки всіх не підписаних горизонталей. Для цього потрібно до відомої позначки горизонталі додавати (або віднімати) 2,5 м, як це показано на рис. 7.3, *б*.

Виконати 2. Обчисліть позначки точок *A* і *B*, що лежать між горизонталями, по формулі (7.1). Відстані *a* й *b* виміряйте на плані лінійкою з міліметровими поділками.

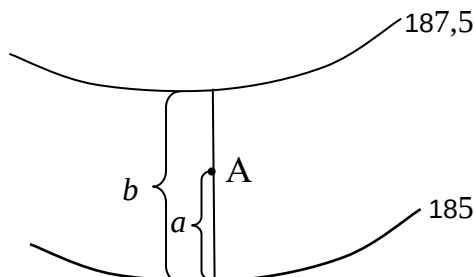


Рис. 7.4. Визначення позначки

ПРИКЛАД 7.2. Точка A лежить між горизонталями з позначками 185 м та 187,5 м. (рис. 7.4). Горизонталь з позначкою 185 вважається молодшою, тому що її позначка менше.

Виміряні горизонтальні прокладання становлять: $a = 5,3 \text{ мм}$; $b = 8,4 \text{ мм}$. Тоді по формулі (7.1) будемо мати:

$$H_A = 185 \text{ м} + \frac{5,3 \text{ мм}}{8,4 \text{ мм}} 2,5 \text{ м} = 185 \text{ м} + 1,6 \text{ м} = 186,6 \text{ м} .$$

Методичні вказівки та розв'язання задачі № 8

Вертикальний профіль місцевості, побудований по заданому напрямку на топографічному плані, показує вертикальний розріз земної поверхні по даному напрямку. Вертикальний профіль необхідний для вирішення багатьох задач. Наприклад, він дозволяє встановити чи є взаємна видимість між певними точками місцевості. По профілю можна обчислити, на яку величину треба підняти або опустити деякі з точок, щоб взаємна видимість з'явилася.

Виконати 1. На топографічному плані відзначити точки перетину лінії $A-B$ з горизонталями. Визначити позначки цих точок та вибрати з них найменшу позначку ($H_{\min}$). Позначки точок A і B взяти із задачі № 7. Перенести цю лінію з усіма позначеними точками на аркуш паперу, зберігаючи масштаб 1:10000, і позначити її як вісь d (горизонтальне прокладання). Провести лінію з міліметровими поділками, яку позначити як вісь H (позначки). За нульове значення цієї осі прийняти позначку:

$$H_0 = H_{\min} - \sim 10 \text{ м}, \quad (8.1)$$

де 10 метрів - це приблизне число, тобто можна взяти число в межах десяти метрів.

В кожній точці лінії $A-B$ по перпендикуляру до осі d відкласти позначки в масштабі 1:1000 і таким чином побудувати профільні точки. Поєднати профільні точки прямими відрізками.

ПРИКЛАД 8. 1. На рис. 8.1, a показана лінія $A-B$ на плані, яка перетинає горизонталі в точках 1, 2, ..., 7 (на фоні рельєфу місцевості вона показана на рис. 7.3). Одна горизонталь підписана і має позначку 180 м. Позначки точок A і B відомі із задачі № 7. Висота перерізу рельєфу

дорівнює 2,5 м, тому позначки всіх не підписаних горизонталей легко обчислюються.

Для побудови профілю лінія $A-B$ окремо показана на рис. 8.1, а і прийнята за вісь d , на якій в горизонтальному масштабі $M_{гор}=1:10000$ представлені горизонтальні прокладання між точками.

Лінія, яка прийнята за вісь позначок, розмічена у вертикальному масштабі $M_{верт}=1:1000$ (для наочності профілю). По ній відкладені позначки всіх точок профілю. При цьому за нульову позначку прийнято $H_0 = 166$ м (по формулі 8.1).

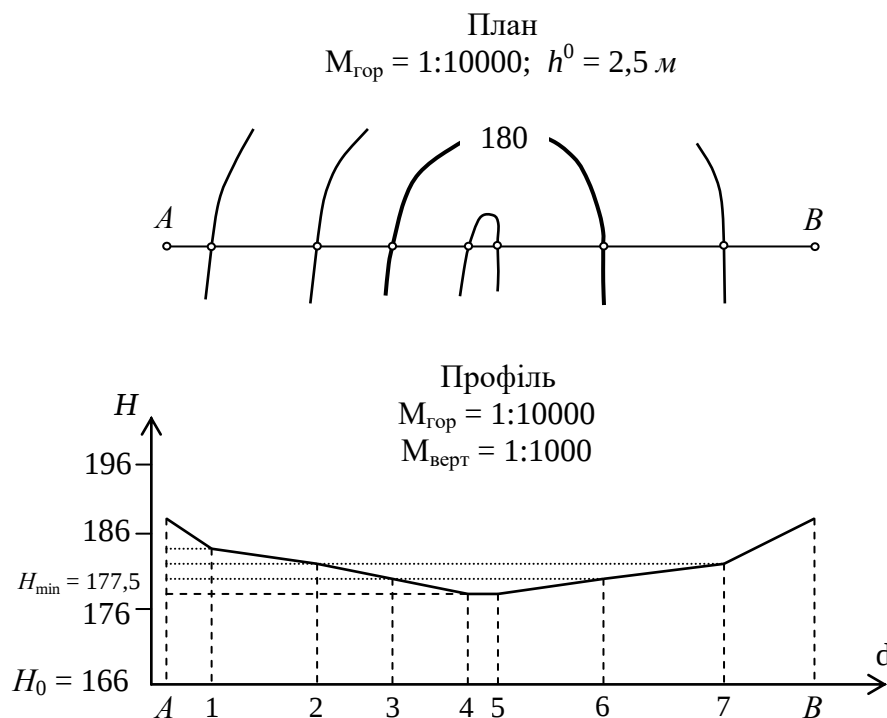


Рис. 8.1. План і профіль місцевості по лінії $A-B$: а - план; б - профіль

1.9. Методичні вказівки та розв'язання задачі № 9

Ухил лінії місцевості – це тангенс кута нахилу. З рис. 9.1 видно, що

$$\operatorname{tg} v = \frac{h_{B-A}}{d_{A-B}}, \quad (9.1)$$

де v – кут нахилу лінії $A-B$;

h_{B-A} – перевищення точки B над точкою A ;

d_{A-B} – горизонтальне прокладання лінії $A-B$.

Позначається ухил буквою i . Він може бути позитивним і негативним, в залежності від кута нахилу (рис. 9.1).

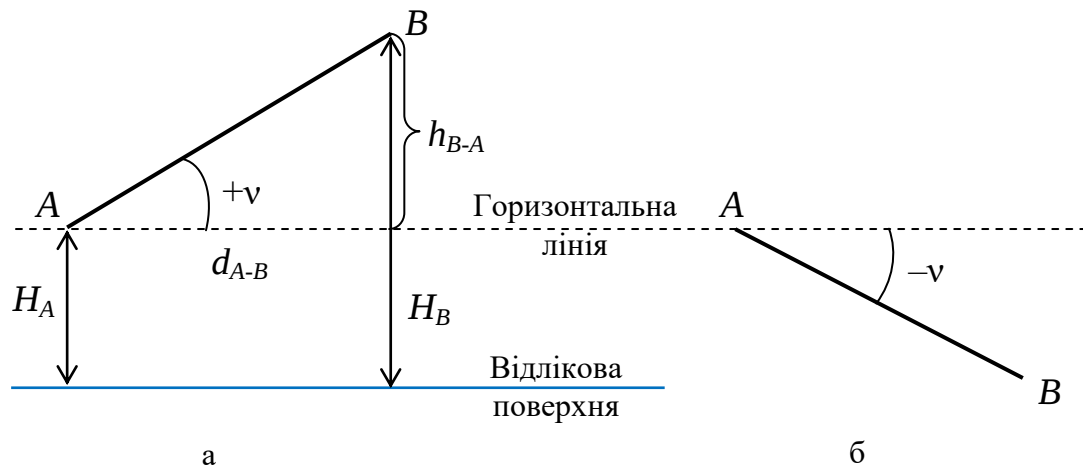


Рис. 9.1. Кути нахилу: а – позитивний; б - негативний

Перевищення обчислюють як різницю позначок точок A і B . Тому формулу (9.1) ухилу можемо записати так:

$$i = \frac{H_B - H_A}{d_{A-B}}. \quad (9.2)$$

Виконати 1. Візьміть із задачі № 7 позначки точок A і B ; із задачі № 5 горизонтальне прокладання лінії $A-B$. Обчисліть по формулі (9.2) ухил лінії $A-B$.

ПРИКЛАД 9.1. Маємо позначки і горизонтальне прокладання:

$$H_A = 186,6 \text{ м}; H_B = 179,3 \text{ м}; d_{A-B} = 1092 \text{ м}.$$

Тоді ухил лінії $A-B$ буде негативним, тому що точка B лежить нижче точки A .

$$i = \frac{179,3 - 186,6}{1092} = \frac{-7,3}{1092} = -0,007 = -0,7 \%$$

Ухил, це безрозмірна величина. Його записують або в тисячних (три цифри після коми), або у відсотках.

1.10. Методичні вказівки та розв'язання задачі № 10

Площу багатокутника по координатах вершин можна визначити по формулі:

$$S = 0,5 \sum_{i=1}^n [x_i (y_{i+1} - y_{i-1})], \quad (10.1)$$

де n – кількість вершин багатокутника.

Для контролю площу можна обчислити по формулі:

$$S = 0,5 \sum_{i=1}^n [y_i(x_{i-1} - x_{i+1})],$$

де $x_i; y_i$ – координати i -го пункту;

$x_{i-1}; y_{i-1}$ – координати попереднього пункту;

$x_{i+1}; y_{i+1}$ – координати наступного пункту.

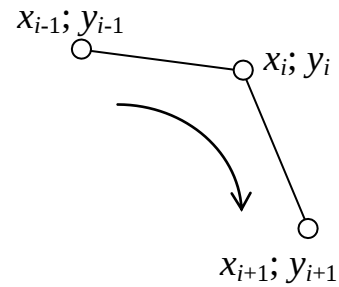


Рис. 10.1. Порядок нумерації вершин

Виконати 1. Обчисліть площу земельної ділянки, яка на топографічному плані представлена у формі трикутника з вершинами в точках A , B і C . Координати точок A і B візьміть із задачі № 4, а координати точки C із задачі № 6.

ПРИКЛАД 10.1. Обчислена площа земельної ділянки у вигляді п'ятикутника, показаного на рис. 10.2. Координати вершин багатокутника записані в таблиці.

Нехай $i = 1$, тоді (див. рис. 10.1) вираз у квадратних дужках прийме вигляд:

$$x_1(y_2 - y_5);$$

Якщо $i = 2$, то будемо мати: $x_2(y_3 - y_1);$ (10.2)

$i = 3;$ $x_3(y_4 - y_2);$

$i = 4;$ $x_4(y_5 - y_3);$

$i = 5;$ $x_5(y_1 - y_4).$

Підставивши у формули (10.2) значення координат, просумувавши і розділивши навпіл, одержимо **геодезичну** площу земельної ділянки місцевості.

З таблиці видно, що по контрольній формулі отриманий такий самий результат.

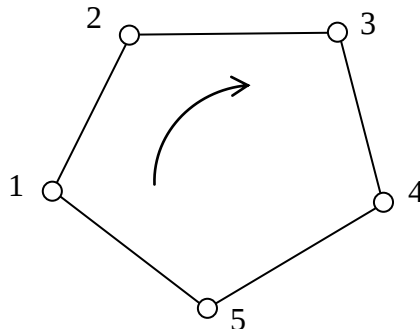


Рис. 10.2 Конфігурація земельної ділянки

Визначення площі

№ пунк- тів	КООРДИНАТИ (у кілометрах)		$y_{i+1} - y_{i-1}$	$x_i(y_{i+1} - y_{i-1})$
	x_i	y_i		
1	6020,25 7	4350,51 1	-0,512	-3,079
2	6021,32 5	4350,76 0	+1,287	+27,445
3	6020,45 4	4351,79 8	+1,074	+21,968
4	6019,86 7	4351,83 4	-0,886	-17,602
5	6019,21 8	4350,91 2	-1,323	-25,425
		Σ	0,000	3,306
			$2S=3,306 \text{ км}^2 ; S=1,653 \text{ км}^2$	

Закінчення таблиці

№ пунктів	$x_{i-1} - x_{i+1}$	$y_i(x_{i-1} - x_{i+1})$
1	-2,107	-106,427
2	-0,197	-10,000
3	+1,458	+75,521
4	+1,236	+64,067
5	-0,390	-19,856
Σ	0,000	3,306
	$2S=3,306 \text{ км}^2 ; S=1,653 \text{ км}^2$	

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Геодезія: підручник / за заг. ред. С.Г. Могильного, С.П. Войтенко. Ч.І. 2-ге вид., переробл. і допов. – Донецьк: [б.в.], 2003. – 458 с.
2. Тельнов В.Г. Геодезія: навч. посіб. – Дніпро: НТУ «Дніпровська політехніка». – 2019. – 316 с.

Для нотаток

РОБОТА З ТОПОГРАФІЧНИМ ПЛАНОМ ЩОДО ЗАВДАНЬ ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОДЕЗІЇ

Методичні вказівки
до виконання розрахунково-графічних робіт
для здобувачів першого (бакалаврського)
рівня вищої освіти спеціальності
192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Укладачі: **ІСАЄВ** Олександр Павлович,
АННЕНКОВ Андрій Олександрович,
ДЕМ'ЯНЕНКО Роман Анатолійович
та ін.

Випусковий редактор *Ю. М. Долгополова*
Комп'ютерне верстання *Ю. М. Долгополової*

Підписано до друку 03.04.2024. Формат 60 x 84_{1/16}
Ум. друк. арк. 1,63. Обл.-вид. арк. 1,75.
Електронний документ. Вид. № 54/III-24

Видавець і виготовлювач:
Київський національний університет будівництва і архітектури
Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03037

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002