

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

БУДІВЕЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**Кафедра вишукувань та проектування шляхів сполучення,
геодезії та землеустрою**

РОБОТА З КАРТОЮ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
для практичних занять і самостійної роботи
з дисципліни

«ТОПОГРАФІЯ»

Харків 2020

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри вишукувань та проектування шляхів сполучення, геодезії та землеустрою 10 лютого 2020 р., протокол № 15.

У методичних вказівках розглянуто загальні відомості про топографічні карти, а також завдання з визначення відстаней на карті, координат точок у плані, висот точок та ухилів ліній по горизонталях, площі водозбірного басейну та кутів орієнтування лінії на карті. Подано приклади оформлення титульного аркуша та аркуша змісту розрахунково-графічної роботи.

Автори щиро дякують доценту Глуценку В.М. за надану можливість у використанні матеріалів, які належать до результатів знімальних робіт, що подані в окремих журналах.

Методичні вказівки рекомендовано для студентів спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» денної форми навчання за освітнім рівнем «бакалавр».

Укладачі:

проф. Є. Б. Угненко,
доц. О. М. Тимченко

Рецензент

доц. Є. Ф. Орел

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Загальні методичні вказівки.....	4
1 Загальні відомості про топографічні карти.....	6
2 Визначення відстаней на карті.....	10
2.1 Визначення відстані L_{MN} з використанням числового масштабу.....	10
2.2 Визначення відстані L_{MN} з використанням лінійного масштабу.....	11
2.3 Визначення відстані L_{MN} з використанням поперечного масштабу.....	12
3 Визначення координат точок у плані.....	13
3.1 Визначення географічних координат φ та λ точки M на карті.....	13
3.2 Визначення прямокутних зональних координат X та Y точки N на карті.....	15
4 Визначення по горизонталях висот точок та ухилів ліній	17
4.1 Підрахунок висоти (позначки) H точки C на карті...	17
4.2 Визначення ухилу i лінії 1-2 на карті.....	19
4.3 Побудова по горизонталях профілю місцевості за напрямком MN	20
5 Визначення площі водозбірного басейну.....	22
6 Визначення кутів орієнтування лінії на карті.....	25
Список літератури.....	32
Додаток А. Зразок оформлення титульного аркуша.....	33
Додаток Б. Зразок оформлення аркуша «Зміст» розрахунково-графічної роботи.....	34

ВСТУП

Методичні вказівки складені відповідно до робочої програми навчальної дисципліни «Топографія». Вони містять у собі загальні методичні вказівки, вказівки з вирішення окремих задач на карті та пояснення щодо оформлення практичних робіт. Мета вказівок – допомогти студентам у самостійній роботі з виконання відповідних практичних робіт та набування навичок у впевненому користуванні картами.

Завдання у вказівках передбачають послідовне використання матеріалів попередніх завдань, наприклад, уміння користуватись масштабами використовують при визначенні прямокутних координат точок, а знання з будови карти – при визначенні кутів орієнтування.

Перед описом завдань для зручності користування у конспектному вигляді наведено відомості, необхідні для виконання роботи, а по тексту вказівок – зразки оформлення завдань.

Загальні методичні вказівки

Розрахунково-графічна робота (РГР) на тему «Робота з картою» виконується згідно з індивідуальними завданнями і рекомендаціями, які надаються у цих вказівках. Кожен студент отримує окрему топографічну карту, яку він повертає викладачеві після захисту роботи. На карті надається розташування точок і ліній, характеристики яких потрібно визначити.

При виконанні практичних завдань необхідно надати вичерпне розв'язання задач, передбачених завданням, та скласти пояснювальну записку з описом змісту та результатів проведених робіт.

Вказівки містять нижченаведені питання.

- 1 Загальні відомості про топографічні карти. Умовні знаки.
- 2 Визначення відстаней на карті.
- 3 Визначення координат точок на карті.
- 4 Визначення по горизонталях висот точок та ухилів ліній.
- 5 Вимірювання площі водозбірного басейну.
- 6 Визначення кутів орієнтування лінії на карті.

Роботу оформляють у вигляді пояснювальної записки, яка складається з титульного аркуша, змісту, тексту записки з ілюстраціями до кожної задачі, списку літератури та додатка – умовних знаків.

Текст, рекомендований студентам при складанні пояснювальної записки, подається в цих методичних вказівках курсивом.

Пояснювальну записку оформляють на однакових за якістю аркушах формату А4. Текст записки пишуть акуратно та близько до шрифту. Ілюстрації, схеми та знаки виконують відповідно до вимог щодо їх кольору та розміру за допомогою креслярських інструментів. Кожен аркуш записки повинен мати рамку. Нумерація аркушів – наскрізна, подається в правому нижньому куті рамки у прямокутнику 10×15 мм.

На карті лінії проводять за допомогою автоматичного олівця. Саму топографічну карту зберігають у вихідному стані до моменту повернення її викладачеві.

Усі завдання підшивають у папку з титульним аркушем. На перевірку та на захист РГР подають разом з картою.

1 Загальні відомості про топографічні карти

Топографічна карта – це побудоване за певними математичними законами зменшене зображення на площині значних частин земної поверхні, розміри яких потребують урахування впливу на них кривизни Землі.

Зображення земної поверхні на картах обмежено на заході і сході меридіанами, на півночі і півдні – паралелями з відомими довготою λ та широтою φ відповідно. Разом вони становлять внутрішню рамку, яка має форму трапеції.

На опорних рамках по контурах нанесені мінутні поділки у вигляді чорних і білих шашок, які чергуються. Кожна мінута довготи і широти поділена точками на шість частин, відстань між якими дорівнює 10". У кожному куті рамки вказані їх довгота і широта.

Прямокутна система координат на топографічній карті зображена лініями кілометрової сітки. Горизонтальні лінії сітки, що паралельні лінії екватора, – осі ординат Y , а вертикальні лінії, паралельні осьовому меридіану, – осі абсцис X . Відстань між сусідніми лініями одного напрямку дорівнює цілій кількості кілометрів.

Висотне положення точок земної поверхні відображається горизонталями, які проведені через відповідну висоту перерізу залежно від масштабу карти і характеру рельєфу місцевості, та додатковими позначками H деяких точок. Висота перерізу рельєфу наведена під південною зовнішньою рамкою. Там наведені також числовий, словесний і лінійний масштаби та графік закладень.

Під південно-західним кутом рамки розміщують пояснювальний підпис відносно схилення магнітної стрілки і середні кути зближення меридіанів. На додаток до цього надано взаємне розташування географічного, осьового і магнітного меридіанів на спеціальному графіку зліва від масштабів.

Номенклатура (позначення) карти вказана над північною зовнішньою рамкою.

У внутрішній рамі карти за допомогою контурних і позамасштабних топографічних знаків відображено **рельєф і ситуацію**.

Рельєф – сукупність різноманітних за формою й розмірами нерівностей земної поверхні. Форми рельєфу класифікують на *вгнуті й опуклі*.

До опуклих належать нижченаведені форми рельєфу.

Курган – це ізольоване, розміщене на рівнині підвищення висотою до 50 м з різко вираженою подошвою.

Горб – це окреме куполоподібне або конічне підвищення висотою до 100 м з різко вираженою подошвою.

Пагорб – окреме невелике конічне або куполоподібне підвищення висотою, що перевищує 200 м з пологими схилами й не різко вираженою подошвою.

Гора – ізольоване підвищення з висотою більше 200 м з явно вираженими й порівняно крутими схилами. Елементами гори є вершина, схили й подошва.

Сідловина – пониження між двома сусідніми гірськими вершинами або підвищеннями, що нагадує сідло.

Хребет – гірське підвищення, що має порівняно значну довжину, з крутими схилами по обидва боки. Елементами хребта є: водорозділ, що проходить по найбільш високих точках хребта; перевал – пониження на профілі водорозділу; два схили хребта.

Плато – плоске широке підвищення, що обмежене крутими схилами.

До вогнутих належать нижченаведені форми рельєфу.

Яр – різко виражене поглиблення на рівнині, витягнуте в одному напрямку з крутими схилами й тимчасово діючими водотоками.

Балка – поглиблення, яке більше ніж яр, з пологими схилами, як правило, вкрите рослинністю.

Лощина – невелике поглиблення з дуже пологими схилами, що поступово переходить в рівнину.

Тальвег – лінія, що з'єднує найнижчі точки лощини й має схил в одному напрямку.

Долина – утворене річкою зниження, що витягнуте в одному напрямку, з явно вираженими схилами.

Ущелина – вузька горбиста долина зі схилами, що сходяться до низу.

Улоговина (западина) – витягнуте зниження на земній поверхні, що обмежене з усіх боків або розміщене між гірськими ланцюгами.

Залежно від абсолютного значення висот та їх взаємного розміщення місцевість буває рівнинною, гористою та гірською. Остання характеризується сукупністю знижень та підвищень висотою більше ніж 200 м та різко вираженими крутими схилами.

На сучасних картах рельєф зображують горизонталями, що доповнюються абсолютними позначками та бергштрихами.

Горизонталь – це слід від перетину фізичної поверхні Землі рівневою поверхню. Це – замкнута крива лінія, що зображує геометричне місце точок земної поверхні з однаковими висотами (позначками) H відносно рівневої поверхні MN (рисунок 1.1).

Висота перерізу рельєфу – це відстань h_c між сусідніми горизонталями по прямовисній лінії.

Закладення – це відстань d між сусідніми горизонталями в плані.

Горизонталі мають такі властивості: горизонталі – замкнуті, криві лінії; горизонталі не можуть перетинатися; чим менша відстань між горизонталями на карті, тим крутіший схил на місцевості, та навпаки.

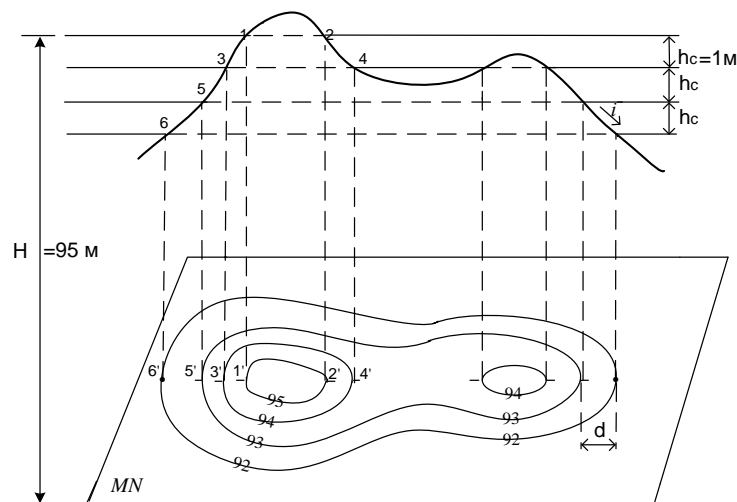


Рисунок 1.1 – Схема зображення рельєфу горизонталями

Залежно від масштабу карти й характеру рельєфу висоти перерізу бувають 0,25; 0,5; 1,0; 2,0; 5,0 та 10 м.

Мірою крутості схилів є ухил лінії, який виражається через тангенс кута нахилу:

$$i = \operatorname{tg} \nu = h / d, \quad (1.1)$$

де v – кут нахилу, град;
 h – висота перерізу, м;
 d – закладення, м.

Крутість схилу визначають за допомогою спеціального графіка, що називається масштабом закладень.

Ситуація є другою частиною змісту карти або плану і являє собою сукупність елементів природного та штучного походження, розташованих у межах зображеної ділянки місцевості.

З точки зору передачі на карті планових геометричних особливостей об'єктів розрізняють позамасштабні, площадні та лінійні умовні знаки.

Позамасштабні умовні знаки використовують для зображення об'єктів, розміри яких не можна виразити в масштабі карти (мости, колодязі, геодезичні пункти, окремі дерева та ін.).

Площадні (контурні) умовні знаки використовують для заповнення площі об'єктів, що виражаються в масштабі карти (рілля, ліси, болота та ін.). При цьому обриси об'єктів на карті зберігаються.

Лінійні умовні знаки використовуються для зображення об'єктів лінійного характеру (дороги, річки, лінії електропередач, кордони та ін.). При цьому зберігається подібність лінійних обрисів, але часто перебільшується їх ширина.

Умовні знаки мають відповідні розміри, форми та колір [7].

Для додаткової характеристики використовуються пояснювальні умовні знаки:

- назви населених пунктів, річок;
- скорочені підписи, перелік яких надається в таблицях умовних знаків;
- числові показники (розміри мостів, висота і товщина дерев у лісі, колійність залізниць, напрямок течії річок та ін.);

Завдання: користуючись таблицями [7]:

- 1) вивчити топографічні умовні знаки;
- 2) визначити головні особливості отриманої топографічної карти, прочитати по ній ситуацію та рельєф;
- 3) накреслити відповідно до вимог та за наведеною формою (пункт 7) такі умовні знаки: 1, 3, 5, 10, 11, 12, 14, 116, 117, 118, 119, 131, 132, 135, 136, 166, 167, 168, 171, 173, 175, 177, 178, 213, 274, 283, 291, 297, 299, 301, 3079, 308, 310, 318, 319, 324, 335, 336, 339, 340, 345, 350, 361, 365, 372, 381, 382.

2 Визначення відстаней на карті

Для зображення на поверхні проекції ділянок місцевості їх зменшують у відповідну кількість разів, тобто використовують так званий масштаб.

Масштаб – відношення довжини відрізка на плані або карті до відповідної йому горизонтальної проекції на місцевості.

Використання масштабу дає змогу також вимірювати на картах та планах відстані між певними точками поверхні.

2.1 Визначення відстані L_{MN} з використанням числового масштабу

Числовий масштаб – це дріб, чисельник якого одиниця, а знаменник t – число, яке вказує на показник зменшення при зображенні на карті або плані.

Наприклад, масштаб 1:10000 вказує, що горизонтальна проекція відрізка лінії місцевості зменшена на карті в 10000 разів, тобто 1 см на карті відповідає 10000 см на горизонтальній проекції місцевості.

Чим менший знаменник числового масштабу, тим крупнішим вважається масштаб, і навпаки.

Завдання: користуючись числовим масштабом, визначити відстань L_{MN} на карті.

Розв'язання: за допомогою лінійки з точністю до 1 мм вимірюємо на карті довжину лінії l_{MN} між точками M та N .

При масштабі карти 1: t відстань між точками M і N на місцевості буде дорівнювати

$$L_{MN} = l_{MN} \cdot t. \quad (2.1)$$

Наприклад: масштаб карти 1:5000, $l_{MN} = 45$ мм, тоді:

$$L_{MN} = 45 \cdot 5000 = 225000 \text{ мм} = 225 \text{ м.}$$

Для того, щоб при користуванні масштабами не виконувати розрахунків, замість числового масштабу використовуємо графічні масштаби, які бувають лінійні та поперечні.

2.2 Визначення відстані L_{MN} з використанням лінійного масштабу

Лінійний масштаб розташований на карті під її південною рамкою.

Лінійний масштаб являє собою шкалу у вигляді відрізка прямої, яка розділена на однакові інтервали d , і чисел, які відображають, скільки метрів вміщується в одному, двох і т.д. інтервалах шкали. Такий інтервал (зазвичай розміром 2 см) називають основою масштабу.

Лінійний масштаб для карт масштабу 1:5000 зображено на рисунку 2.1. Якщо основа дорівнює 2 см, то інтервали лінійного масштабу дорівнюватимуть 100 м. Перший інтервал шкали поділено на 10 або 20 рівних поділок.

Завдання: накреслити лінійний масштаб своєї карти; користуючись лінійним масштабом, визначити відстань L_{MN} на карті.

Розв'язання: отриману на карті циркулем-вимірником відстань між точками M і N переносимо на лінійний масштаб так, щоб права голка вимірника збіглася з якимось штрихом правіше нуля, а по лівій відраховуємо дрібні частки основи масштабу. (рисунок 2.1).

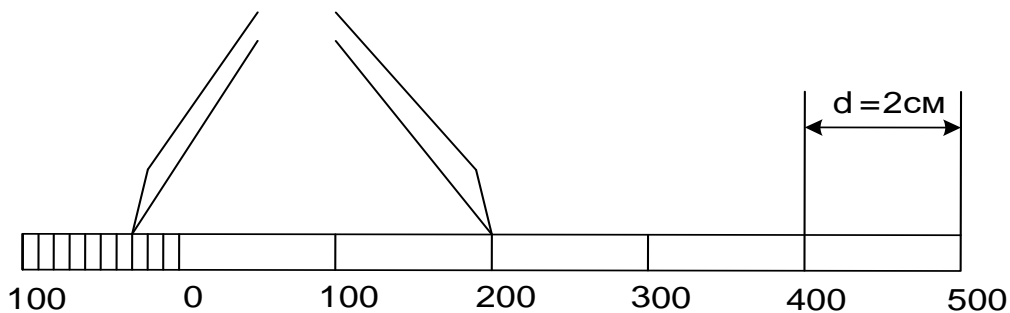


Рисунок 2.1 – Лінійний масштаб

У результаті вимірювань відстань між точками A і B за лінійним масштабом дорівнює 230 м.

2.3 Визначення відстані L_{MN} з використанням поперечного масштабу

Поперечний масштаб – графічне зображення числового масштабу у вигляді номограми, що вигравіювана на металевій пластині.

Він забезпечує найточніші вимірювання при визначенні або побудові відрізків прямих на планах та картах. За основу AB поперечного масштабу беруть зазвичай 2 см. Крайній ліворуч двосантиметровий інтервал ділять на десять частин. По вертикалі через 10 однакових довільних відрізків проводять горизонтальні паралельні прямі. У межах лівої основи зі зміщенням на одну поділку проводять похилі лінії – трансверсали.

Таким чином, цей масштаб дає змогу будувати або вимірювати лінії з точністю до $1/100$ його основи найменше.

Завдання: накреслити поперечний масштаб; користуючись поперечним масштабом, визначити відстань L_{MN} на карті.

Розв’язання: поперечний масштаб подано на рисунку 2.2.

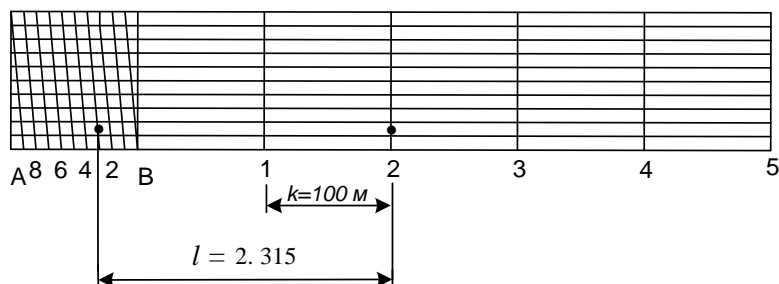


Рисунок 2.2 – Поперечний масштаб

Вимірником на карті фіксуємо відрізок l між точками M і N і переносимо його на поперечний масштаб.

Для цього праву голку встановлюємо на вертикальну лінію так, щоб ліва голка зайняла положення на лівій від нуля основи. Переміщуємо обидві голки паралельно вгору, доти поки ліва голка не збігатиметься з якоюсь трансверсаллю.

Підраховуємо значення l у частинах основи, множимо це значення на k – кількість метрів в основі й одержуємо довжину лінії MN на місцевості.

Значення l в одиницях основи дорівнює 2,315.

Довжина k одиниці основи в масштабі карти (1:5000) дорівнює 100 м. Визначаємо довжину лінії MN :

$$L_{MN} = l \cdot k = 2,315 \cdot 100 = 231,5 \text{ м.} \quad (2.2)$$

3 Визначення координат точок у плані

3.1 Визначення географічних координат φ та λ точки M на карті

Система географічних координат – це єдина для всього земного еліпсоїда система, у якій положення точки на його поверхні визначають за допомогою географічних широти і довготи. Основу системи становлять початковий **меридіан**, який проходить через Гринвіч поблизу Лондона, й **екватор** (рисунок 3.1).

Меридіан – лінія перетину поверхні еліпсоїда площиною, що проходить через вісь його обертання PP' .

Паралель – лінія перетину поверхні еліпсоїда площиною, що проходить перпендикулярно осі обертання PP' .

Екватор – найбільша паралель, площина якої проходить через центр еліпсоїда O .

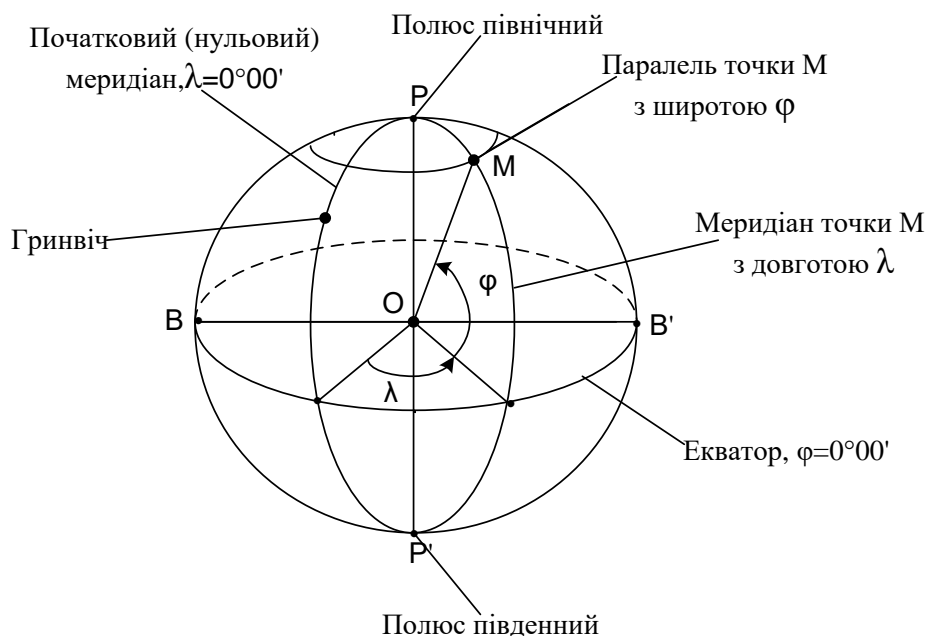


Рисунок 3.1 – Система географічних координат

Довгота λ – двограний кут між площиною нульового меридіана і площиною меридіана, який проходить через задану точку (M).

Довгота, виміряна на схід від нульового меридіана, має назву «східна», виміряна на захід – «західна». Довгота змінюється в межах від 0 до 180°.

Широта φ – кут між площиною екватора і прямою лінією, яка проходить через задану точку (M).

Якщо широту вимірюють на північ від екватора, її називають «північною», якщо на південь – «південною». Широта змінюється в межах від 0 до 90°.

Завдання: визначити координати φ і λ точки M на карті.

Розв’язання: рисуємо фрагмент карти або робимо його копію разом із заданою точкою M (рисунок 3.2).

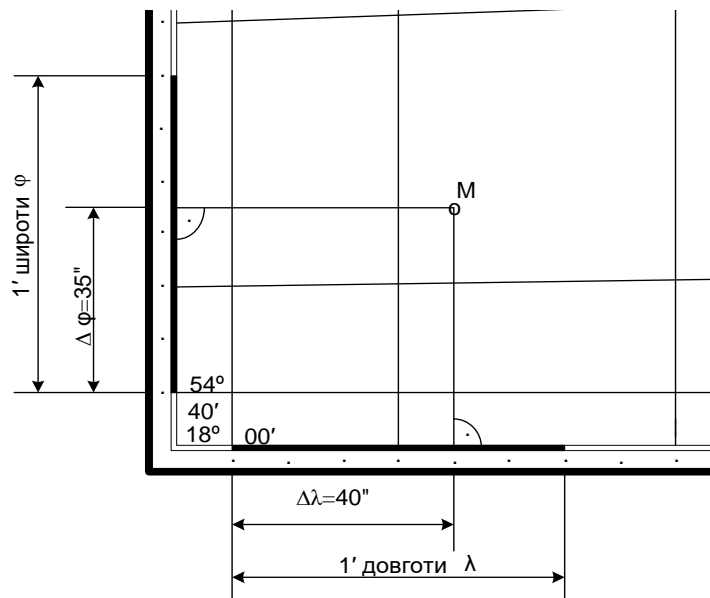


Рисунок 3.2 – Визначення на карті географічних координат

Довготу λ визначаємо вздовж найближчої до точки M південної лінії рамки карти. Для цього із заданої точки проводимо перпендикуляр до вказаної сторони рамки і відлічуємо вздовж неї значення λ за шкалою довготи ($\lambda_M = 18^\circ 00' + 40'' = 18^\circ 00' 40''$ СхД).

Широту φ визначаємо вздовж найближчої до точки M західної лінії рамки карти. Для цього із заданої точки проводимо перпендикуляр до цієї сторони рамки і відлічуємо значення φ за шкалою широти ($\varphi_M = 54^\circ 40' + 35'' = 54^\circ 40' 35''$ ПнШ).

3.2 Визначення прямокутних зональних координат X та Y точки N на карті

У результаті поділу поверхні земної кулі меридіанами через 6° було отримано 60 однакових зон.

Відлік зон здійснювався на схід від нульового меридіана, що проходить через Гринвіч. Потім усі зони були спроектовані на поверхні циліндра та розгорнуті на площині. У середині кожної зони є своя особлива (автономна) система координат (рисунок 3.3).

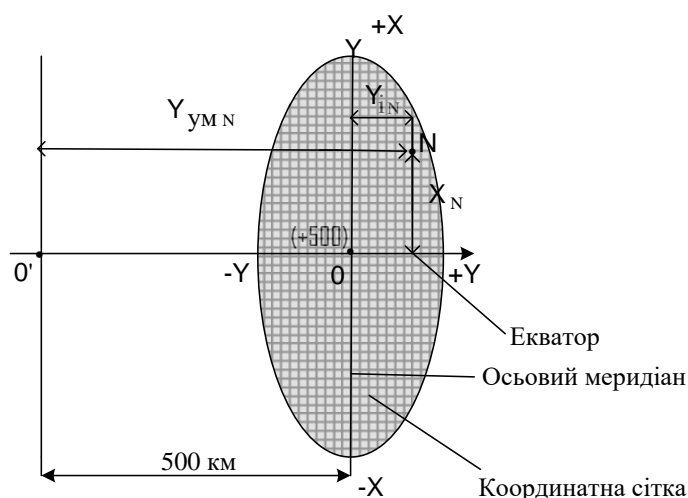


Рисунок 3.3 – Зональна прямокутна система координат

За вісь абсцис приймають зображення середнього (осьового) меридіана зони, за вісь ординат – зображення екватора, за початок системи координат – точку перетину O осьового меридіана і екватора.

Абсциси X відлічують від екватора на північ (додатні) та на південь (від'ємні).

Істинні ординати Y_i відлічують від осьового меридіана зони на схід (додатні) та на захід (від'ємні).

Для того, щоб не мати на картах від'ємних значень ординат, початок кожної зони умовно переносять на захід на 500 км. Унаслідок цього ординати всіх точок у межах зони будуть додатними і збільшені на 500 км. Такі ординати називаються «умовними» – $Y_{ум}$.

Для отримання істинної ординати точки потрібно її умовну ординату зменшити на 500 км, тобто

$$Y_i = Y_{ум} - 500 \text{ км.} \quad (3.1)$$

Для зручності роботи в межах зони та на картах наносять координатну сітку, лінії якої розташовані через певний інтервал і позначені цифрами. Ці цифри для горизонтальних ліній (Y_0) вказують відстань у кілометрах до них від екватора, для вертикальних (X_0) – номер зони та їх умовну, тобто збільшену на 500 км ординату.

Завдання: визначити координати X та Y точки N на карті.

Розв'язання: рисуємо фрагмент карти або робимо його копію разом із заданою точкою N (рисунок 3.4).

При визначенні прямокутних координат точки використовуємо кілометрову сітку карти. Для цього із заданої точки N проводимо перпендикуляри до ближніх сторін квадрата кілометрової сітки, у масштабі карти вимірюємо їх довжину (ΔX , ΔY) і додаємо до абсциси X_0 та ординати Y_0 ліній сітки відповідно.

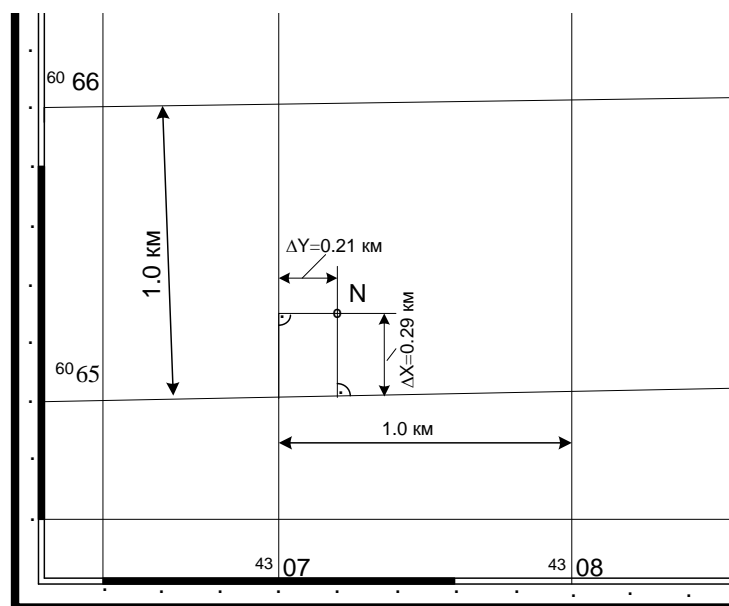


Рисунок 3.4 – Визначення на карті прямокутних координат

Абсцису точки N визначаємо за формулою

$$X_N = X_0 + \Delta X, \quad (3.2)$$

де X_0 – абсциса горизонтальної, ближньої до точки N лінії кілометрової сітки, розташованої на південь від неї ($X_0=6065$ км);

ΔX – відстань від точки N до ближньої на південь горизонтальної лінії кілометрової сітки ($\Delta X=0,29$ км).

Знаходимо $X_N = 6065 + 0,29 = 6065,29$ км.

Умовну ординату точки визначаємо за формулою

$$Y_{N_{ум}} = Y_o + \Delta Y, \quad (3.3)$$

де Y_o – умовна ордината вертикальної, ближньої до точки N лінії кілометрової сітки, розташованої на захід від неї ($Y_o = 4307$ км);

ΔY – відстань від точки N до ближньої на захід вертикальної лінії кілометрової сітки ($\Delta Y = 0,21$ км).

Знаходимо $Y_{N_{ум}} = 4307 + 0,21 = 4307,21$ км, де 4 – номер зони, частина якої зображена на карті.

Знаходимо істинну ординату точки N за формулою

$$Y_{Ni} = Y_{N_{ум}} - 500; \quad (3.4)$$

маємо $Y_{Ni} = 4307,21 - 500 = - 4192,79$ км.

4 Визначення по горизонталях висот точок та ухилів ліній

4.1 Підрахунок висоти (позначки H) точки C на карті

Висота (позначка) точки – відстань по прямовисному напрямку до неї від рівневої поверхні (рисунок 4.1).

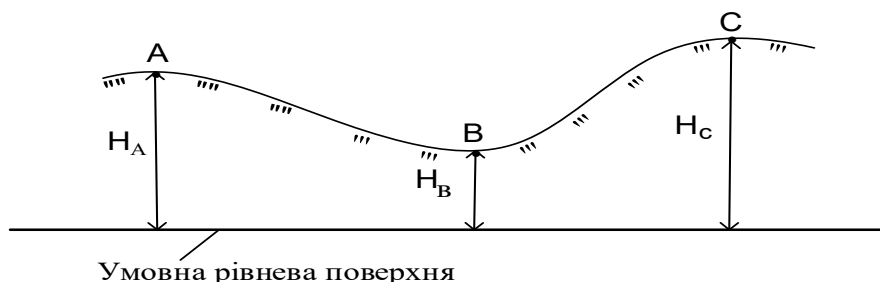


Рисунок 4.1 – Висота точок земної поверхні

Якщо точка лежить на горизонталі поверхні рельєфу, то її позначка дорівнює позначці горизонталі. Якщо точка лежить між горизонталями, то її позначка розміщена в інтервалі позначок суміжних (нижньої і верхньої) горизонталей (рисунок 4.2).

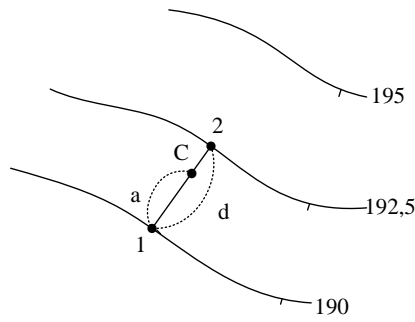


Рисунок 4.2 – Фрагмент рельєфу з точкою С

Завдання: визначити позначку H_c точки С на карті.

Розв'язання: через точку С проводимо відрізок 1-2 як найкоротшу відстань між горизонталями (рисунок 4.3).

Для визначення висоти точки А треба знайти позначки горизонталей, між якими розташована точка.

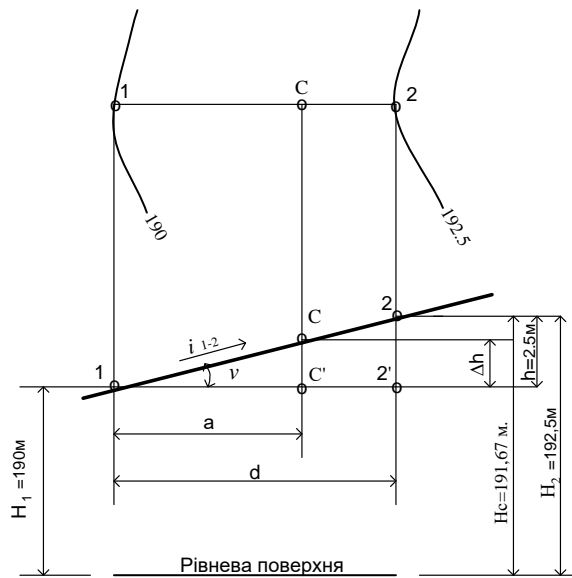


Рисунок 4.3 – Визначення на карті позначки точки

Якщо позначка нижньої горизонталі H_1 , то висоту точки С над рівнем моря визначаємо за формулою

$$H_c = H_1 + \Delta h, \quad (4.1)$$

де Δh – перевищення точки С відносно горизонталі з позначкою H_1 . З подібності трикутників $1CC'$ і $122'$ отримуємо співвідношення

$$\frac{\Delta h}{a} = \frac{h}{d}. \quad (4.2)$$

Тому

$$\Delta h = \frac{a}{d} \cdot h, \text{ м.} \quad (4.3)$$

Вимірюємо відстані на карті $a = 8 \text{ мм}$, $d = 12 \text{ мм}$. Визначаємо на карті позначки горизонталей $H_1 = 190,00 \text{ м}$, $H_2 = 192,50 \text{ м}$.

Обчислюємо різницю позначок:

$$h = H_2 - H_1 = 192,50 - 190,00 = 2,50 \text{ м.} \quad (4.4)$$

Підраховуємо перевищення точки С відносно точки 1:

$$\Delta h = \frac{8}{12} \cdot 2,5 = 1,67 \text{ м.}$$

Висота (позначка) точки А дорівнює $H_c = 190,00 + 1,67 = 191,67 \text{ м}$.

4.2 Визначення ухилу і лінії 1-2 на карті

Ухил – міра крутості схилу за певним напрямком, яка визначається відношенням перевищення h між двома точками рельєфу до горизонтальної відстані (закладення) між цими точками.

Якщо точки 1 і 2 розташовані на двох сусідніх горизонталях, то ухил буде дорівнювати

$$i = \text{tg } \nu = \frac{h}{d}, \quad (4.5)$$

де h – висота перерізу рельєфу;

d – закладення між точками.

Завдання: визначити ухил лінії 1-2.

Розв'язання: використовуємо попередню схему (рисунок 4.3).

Визначаємо на карті перевищення h_{1-2} між точками 1 і 2:

$h_{1-2} = H_2 - H_1 = 192,50 - 190,00 = 2,50 \text{ м}$. Визначаємо закладення

(проекцію відстані між точками 1 і 2 в масштабі карти 1:5000):

$d_{1-2} = 12 \text{ мм} \cdot 5000 = 60000 \text{ мм} = 60 \text{ м}$.

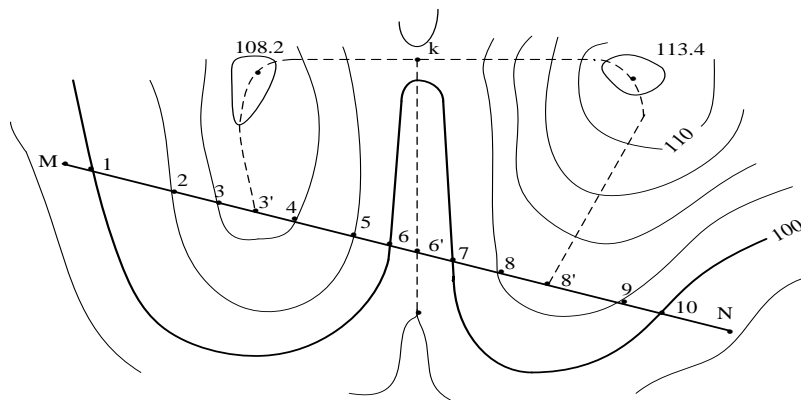
Підраховуємо ухил лінії 1-2: $i_{1-2} = \frac{h_{1-2}}{d_{1-2}} = \frac{2.50}{60} = 0,042 = 4,2 \% = 42 \text{ ‰}$.

4.3 Побудова по горизонталях профілю місцевості за напрямком MN

Профіль – це зменшене зображення вертикального розрізу місцевості за заданим напрямком.

Профіль потрібен для визначення характеру рельєфу за напрямком подальшого проектування споруди лінійного характеру, зокрема автомобільної дороги.

Завдання: побудувати профіль напрямку MN на карті (рисуюнок 4.4).



Рисуюнок 4.4 – Побудова профілю місцевості

Розв’язання: з’єднуємо прямою лінією на топографічній карті задані пункти M та N.

Нумеруємо точки перетину ліній MN з горизонталями (1, 2, 3...10) і переломні точки рельєфу: найвищі – вододільні (3' і 8') та найнижчу – тальвег (6').

Визначаємо позначки всіх означених точок. Позначки точок перетину ліній MN з горизонталями дорівнюють позначкам цих горизонталей ($H_1=100,0$ м; $H_2=102,5$ м; $H_3=105,0$ м і т.д.). позначки точок M і N та переломних визначаємо відповідно до пункту 4.1 ($H_{3'} = 105,7$; $H_{6'} = 98,3$; $H_{8'} = 103,4$; $H_M = 98,3$; $H_N = 97,9$ м) – рисуюнок 4.4.

На міліметрівці за розмірами будуємо боковини профілів з підписами «Позначки», «Відстані» та «Точки» (рисунок 4.5).

За допомогою циркуля-вимірника вимірюємо відстані між точками на карті та переносимо їх у графу «Відстані» в горизонтальному масштабі, який зазвичай дорівнює масштабу карти (1:10000 – в прикладі).

У графу «Точки» записуємо номери точок.

У графу «Позначки» проти відповідних точок записуємо їх позначки.

Креслимо лінію умовного горизонту, яку в прикладі приймаємо на рівні 96,0 м, тобто на 1,9 м нижче мінімальної у заданому напрямку позначки.

Будуємо шкалу вертикального масштабу ($M_B=1:200$), який за рекомендаціями повинен бути більшим від горизонтального в 10 (і більше) разів.

Над усіма точками перетину лінії заданого напрямку з горизонталями, вододілами і тальвегом будуємо перпендикуляри. На перпендикулярах у вертикальному масштабі (1:200 – в прикладі) відкладаємо за допомогою шкали позначки горизонталей і характерних точок рельєфу.

З'єднуємо одержані точки прямими й отримуємо профіль заданого напрямку (рисунок 4.5).

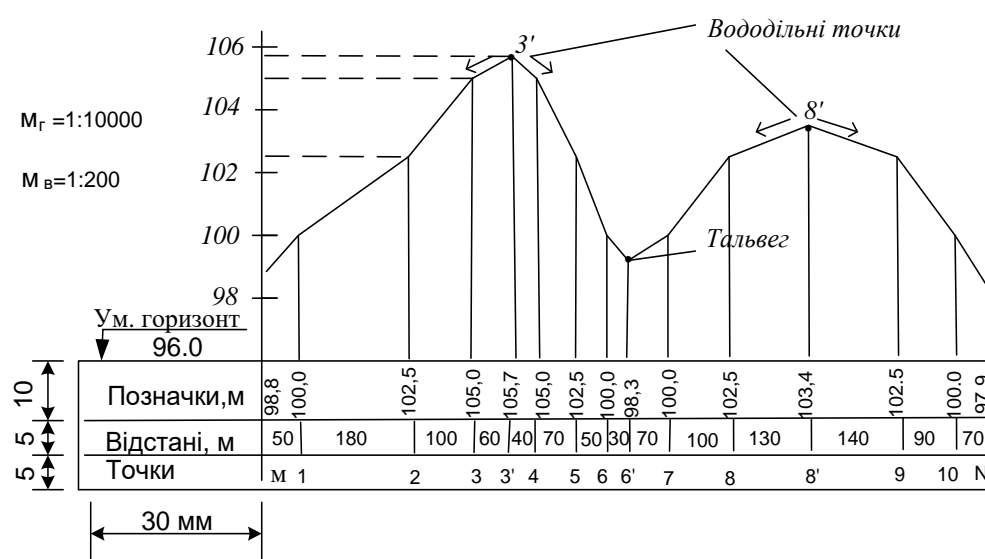


Рисунок 4.5 – Поздовжній профіль заданого напрямку

Усі підписи, цифри на профілі надавати заввишки 2 мм.

5 Визначення площі водозбірного басейну

У місцях перетину шляхами сполучення ярів, балок або ущелин будують мости або споруджують насипи. Щоб уникнути руйнування насипу водою, що стрімко стікає до нього із схилів тальвегу, по дну яру впоперек дороги встановлюють водозливну трубу (рисунок 5.1).

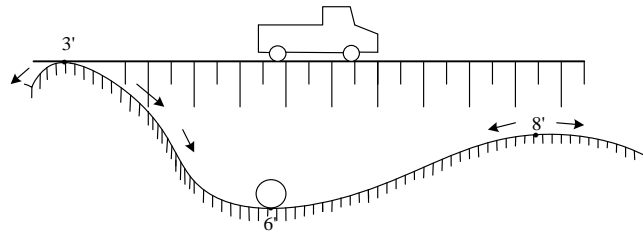


Рисунок 5.1 – Схема насипу автомобільної дороги через яр

Діаметр труби залежить від кількості води, що надходить до неї, яка у свою чергу залежить від площі поверхні рельєфу, з якої стікають дощові і талі води.

Таким чином, з'являється необхідність виміру такої площі.

Водозбірний басейн – площа поверхні рельєфу, з якої зливові й талі води надходять до труби.

Межею водозбірного басейну є **вододільні лінії**, що з'єднують найвищі точки рельєфу, прилеглого до водопропускної споруди. Вододільні лінії збігаються з осями хребтів гір, горбів, пагорбів.

Завдання: побудувати межу водозбірного басейну.

Розв'язання: на осі дороги MN (рисунок 4.4) по горизонталях знаходимо найнижчу точку – тальвег (точка б'), де повинна бути встановлена труба. Рухаючись від точки б' у напрямках до точки М та точки N по осі дороги, знаходимо за горизонталями найвищі – вододільні точки 3' та 8'. Також за горизонталями визначаємо верховий бік рельєфу відносно лінії MN, з якого вода стікає до дороги.

Від вододільних точок 3' та 8' на плані в напрямку верхового боку проводимо криві лінії, перпендикулярні до кожної наступної горизонталі: від точок 3' – до вершини з позначкою 108,2, від точки 8' до вершини з позначкою 113,4. Інші найвищі вододільні

точки, крім згаданих (рисунок 4.4), відсутні, тому з'єднуємо обидві лінії через сідловину (точка k).

Завдання: визначити площу водозбірного басейну палеткою.

Палетка – це сітка квадратів зі стороною 0,2; 0,5 або 1 см, накреслена на прозору основу (кальку, лавсан або ін.). Такі квадрати називають **основою палетки**.

Сторона квадрата залежить від площі басейну, в середину контуру якого повинно входити не менше 30 її квадратів.

Розв'язання: палетку накладаємо довільно на контур водозбірного басейну і переводимо його на палетку (рисунок 5.2). Підраховуємо кількість вузлових точок палетки n , що увійшли в середину контуру, і кількість точок n' , що потрапили на контур.

Обчислюємо площу фігури за формулою

$$S = (n + \frac{n'}{2}) \cdot \Delta S, \quad (5.1)$$

де ΔS – площа основи палетки в масштабі карти. При масштабі карти 1:25000 (в 1 см – 250 м) та основі стороною 1 см площа основи буде дорівнювати $\Delta S = 250 \cdot 250 = 62500 \text{ м}^2$.

Кількість вузлових точок у прикладі (рисунок 5.2) дорівнює: $n_1 = 76$; $n_1' = 3$. Тоді $S_1 = (76 + 3/2) \cdot 62500 = 4843750 \text{ м}^2 = 4,844 \text{ км}^2$.

Для контролю і підвищення точності результатів вимірювання повторюємо. При другому накладанні палетки контур басейну розвертаємо на $30-60^\circ$ відносно першого положення (рисунок 5.2). При цьому $n_2 = 75$, $n_2' = 4$. Тоді $S' = (75 + 4/2) \cdot 62500 = 4812500 \text{ м}^2 = 4,813 \text{ км}^2$.

Різниця між площами фігури S_1 і S_2 при двох накладаннях палетки не повинна перевищувати 2 %:

$$\delta_s = \frac{|S_1 - S_2|}{S_1} \cdot 100\% = \frac{4,844 - 4,813}{4,844} \cdot 100\% = 0,64\% < 2\%. \quad (5.2)$$

Умова виконується, тому визначення площі водозбірного басейну можна вважати задовільним. За остаточне значення площі приймаємо середнє з двох обчислених:

$$S_{нал} = \frac{S_1 + S_2}{2} = \frac{4,844 + 4,813}{2} = 4,829 \text{ км}^2. \quad (5.3)$$

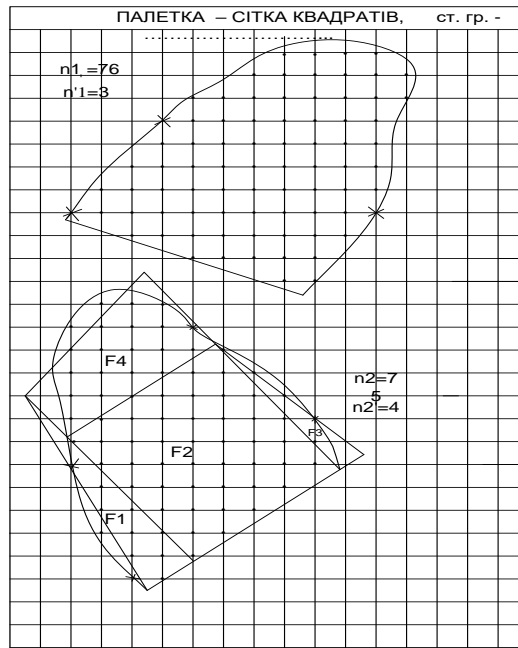


Рисунок 5.2 – Визначення площі водозбірного басейну

Завдання: визначити площу водозбірного басейну за допомогою геометричних фігур.

Складність визначення площі басейну обумовлена криволінійністю її контуру. Сутність цього способу вимірювання – в заміні окремих ділянок кривої прямими лініями, які створюють прості геометричні фігури – трикутники, прямокутники, трапеції та ін., площу яких легко підрахувати. При цьому прямі лінії спрямовують максимально наближено до кривої, створюючи рівність ділянок, відрізаних прямою від фігури басейну, і ділянок до неї доданих.

Розв’язання: на одному із зображень басейну (рисунок 5.2) послідовно замінюємо криві ділянки на прямі, зберігаючи площу басейну незмінною. У результаті отримано чотири геометричні фігури, які помічаємо як F_1 , F_2 , F_3 та F_4 . Вимірюємо з точністю до 1 мм розміри фігур і обчислюємо площу всього басейну:

$$S_{геом} = \sum F_i \cdot \Delta S, \quad (5.4)$$

де F_i – площі окремих геометричних фігур, $см^2$,

ΔS – площа 1 см² в масштабі карти.

$$\begin{aligned} \text{Маємо } S_{\text{геом}} &= \left(\frac{9 \cdot 2,1}{2} + 7,1 \cdot 6,2 + \frac{7,1 \cdot 1,4}{2} + \frac{2 + 3,8}{2} \cdot 6,2 \right) \cdot 62500 = \\ &= (9,5 + 44,0 + 5,0 + 18,0) \cdot 62500 = 4781250 \text{ м}^2 = 4,781 \text{ км}^2. \end{aligned}$$

Різниця між площами фігури $S_{\text{пал.}}$ і $S_{\text{геом}}$ не повинна перевищувати 2 %.

$$\delta_s = \frac{|S_{\text{пал.}} - S_{\text{геом}}|}{S_{\text{пал.}}} \cdot 100 \% = \frac{4,829 - 4,781}{4,829} \cdot 100 \% = 0,99 < 2 \%. \quad (5.5)$$

Умова виконується, тому визначення площі водозбірного басейну можна вважати задовільним. За кінцеве значення площі приймаємо середнє з двох обчислених

$$S_{\text{сер}} = \frac{S_{\text{пал.}} + S_{\text{геом}}}{2} = \frac{4,829 + 4,781}{2} = 4,805 \text{ км}^2 \quad (5.6)$$

6 Визначення кутів орієнтування лінії на карті

Орієнтувати напрямок – це визначити його положення на місцевості або кресленні відносно іншого напрямку, що прийнятий за початковий.

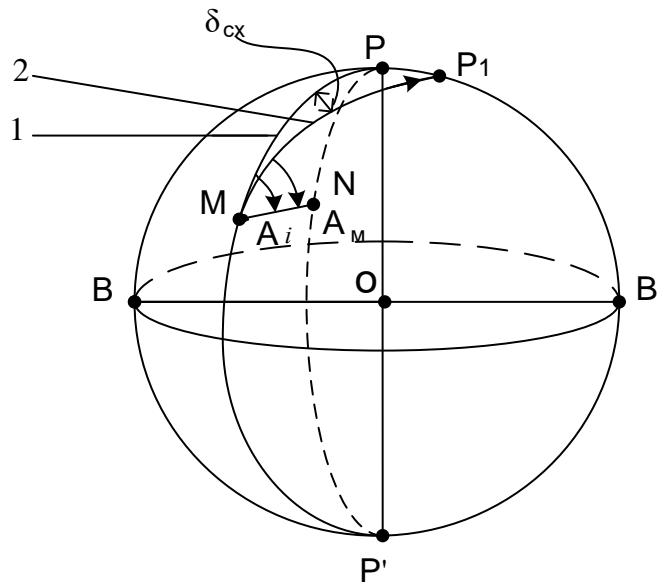
При орієнтуванні в топографії за початковий напрямок приймають напрямок меридіана: істинного (географічного), магнітного або осьового (рисунок 6.1).

Залежно від вибору меридіана, користуються відповідними кутами орієнтування: азимутом істинним (географічним) A_i , азимутом магнітним A_m , дирекційним кутом α і румбами – r_i , r_m та r_o .

Азимут лінії MN у точці M – це кут, що відрахований за ходом стрілки годинника від північного напрямку меридіана, який проходить через цю точку до напрямку цієї лінії.

Від північного напрямку істинного меридіана відраховують азимут істинний A_i , від напрямку магнітного меридіана – азимут магнітний A_m .

За абсолютним значенням азимуту змінюються від 0 до 360°.



1 – географічний меридіан; 2 – магнітний меридіан; P – полюс північний географічний; P₁ – полюс північний магнітний; δ_{сх} – магнітне схилення (схилення магнітної стрілки) – східне

Рисунок 6.1 – Азимути лінії MN

Між напрямками меридіанів географічного та магнітного існує кут δ (магнітне схилення), яке залежить від розташування точки M на еліпсоїді та змінюється в часі. Тому існує зв'язок

$$A_i = A_M + \delta_{сх} \quad (6.1)$$

або

$$A_i = A_M - \delta_{зх}, \quad (6.2)$$

де δ_{сх}, δ_{зх} – магнітне схилення – східне та західне відповідно.

Меридіани, що перетинають лінію MN у різних її точках M та N, між собою не паралельні, тому й азимути лінії в цих точках мають різні значення ($A_1 \neq A_2$).

Для зручності вимірювань використовують дирекційний кут α – кут, що відрахований за ходом годинникової стрілки від північного напрямку осьового меридіана зони або лінії, що йому паралельна, до напрямку лінії MN.

За абсолютним значенням дирекційні кути змінюються від 0 до 360°. Вони однакові в якій завгодно точці лінії MN.

Зв'язок між азимутом A_i та дирекційним кутом α (рисунок 6.2)

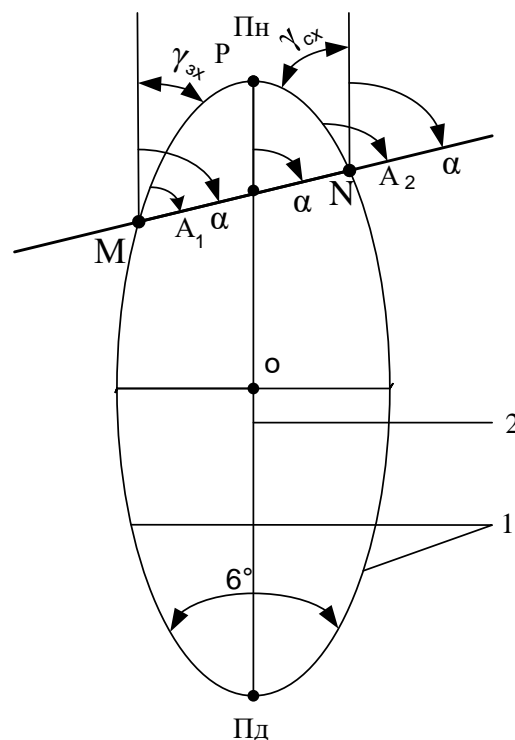
$$A_i = \alpha + \gamma_{cx} \quad (6.3)$$

або

$$A_i = \alpha - \gamma_{zx}, \quad (6.4)$$

де γ_{cx} , γ_{zx} – зближення меридіанів східне та західне відповідно.

Значення γ залежить від розташування точки M та N на еліпсоїді (широти φ та істинної ординати Y_i точки).



1 – істинні меридіани, що обмежують шестиградусну зону; 2 – осьовий (середній) меридіан зони; A_1 , A_2 – азимути лінії в точках M та N , різні за розміром; α – дирекційний кут лінії MN

Рисунок 6.2 – Дирекційний кут α та азимути A

Вимірювання дирекційного кута лінії MN

Дирекційний кут α – це кут, що відрахований за ходом годинникової стрілки від північного напрямку осьового меридіана зони або лінії, що йому паралельна, до напрямку лінії.

Завдання: виміряти на карті дирекційний кут α лінії MN .

Розв'язання: на карті продовжуємо лінію від точки M до перетину з ближньою до точки M лінією координатної сітки (точка M') (рисунок 6.3). Ця лінія є паралельною до осьового меридіана зони.

Можна також змістити паралельно лінію сітки до перетину з точкою M .

Прикладаємо в точці перетину (M або M') центр транспортира, а його штрихи 0 і 180 спрямуємо по вертикальній лінії сітки відповідно на північ та на південь (рисунок 6.3).

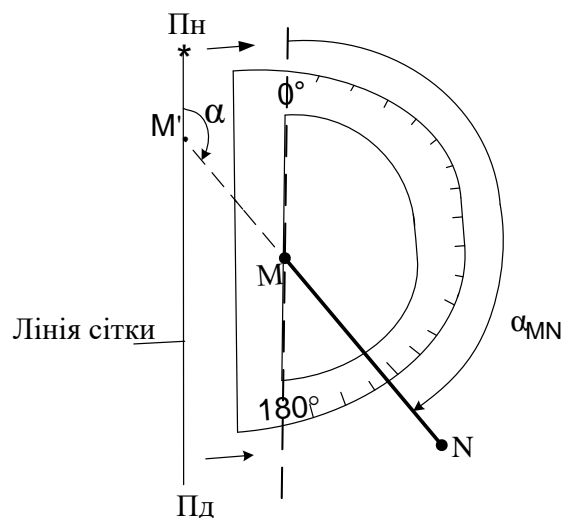


Рисунок 6.3 – Схема вимірювання кута α

Якщо лінія MN спрямована в III або IV чвертях ($\alpha > 180^\circ$), транспортир розташуємо зліва від вертикальної лінії сітки відліком 0° на південь, беремо відлік по шкалі транспортира та додаємо до нього 180° .

Вимірюємо дирекційний кут напрямку MN за допомогою транспортира: $\alpha_{mn} = 143^\circ 45'$.

Обчислення істинного азимута A_i лінії MN

Істинний азимут лінії в точці M – це кут, що відрахований за ходом стрілки годинника від північного напрямку істинного меридіана, який проходить через цю точку, до напрямку цієї лінії в межах від 0 до 360° .

Завдання: обчислити істинний азимут A_i лінії MN .

Розв'язання: підраховуємо кут зближення меридіанів γ за формулою

$$\gamma = \frac{\rho}{R} \cdot Y_i \operatorname{tg} \varphi, \quad (6.5)$$

де ρ – кутова міра радіана, $\rho = 3438'$;

R – середній радіус земної кулі, який дорівнює 6371,11 км;

Y_i – істинна ордината точки M ;

φ_M – географічна широта точки M .

З попередніх завдань для точки M : $Y = -192,79$ км;
 $\varphi = 54^\circ 40' 35''$.

$$\text{Тоді } \gamma' = \frac{3438'}{6371,11} \cdot (-192,79) \cdot \operatorname{tg} 54^\circ 40' 35'' = -146,80' = -2^\circ 26' 48''.$$

Зближення меридіанів γ від'ємне, тобто західне, тому схема кутів має вигляд як на рисунку 6.4.

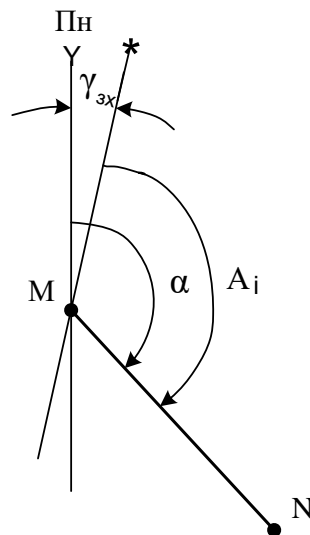


Рисунок 6.4 – Схема визначення кута A_i

За схемою істинний азимут A_i заданого на карті напрямку MN дорівнює

$$A_i = \alpha + \gamma_{zh} = 143^\circ 45' 00'' + (-2^\circ 26' 48'') = 141^\circ 18' 12''. \quad (6.6)$$

Обчислення магнітного азимута A_M лінії MN

Магнітний азимут лінії MN в точці M – це кут, що відрахований за ходом стрілки годинника від північного напрямку магнітного меридіана, який проходить через цю точку, до напрямку цієї лінії в межах від 0 до 360° .

Завдання: обчислити магнітний азимут A_M лінії MN .

Розв'язання: підраховуємо кут магнітного схилення δ_t на даний рік за формулою

$$\delta_t = \delta_o + \Delta\delta \cdot t, \quad (6.7)$$

де δ_o – кут магнітного схилення на рік складання карти (наводиться у південно-західному куті карти), $\delta_{1984} = 6^\circ 12' \text{ Сх}$;

$\Delta\delta$ – зміна кута магнітного схилення за рік (наводиться у південно-західному куті карти), $\Delta\delta = 0^\circ 02' \text{ Сх}$;

t – кількість років, що пройшло з часу складення карти ($t = 2017 - 1984 = 33$ роки).

Визначаємо $\delta_{2017} = 6^\circ 12' + 0^\circ 02' \cdot 33 = 7^\circ 18' \text{ Сх}$.

Схилення магнітної стрілки δ_{2017} східне, тому схема кутів має вигляд як на рисунку 6.5.

За схемою азимут A_M завданого на карті напрямку MN дорівнює

$$A_M = A_i - \delta_{\text{сх}} = 141^\circ 18' 12'' - 7^\circ 18' = 134^\circ 00' 12''. \quad (6.8)$$

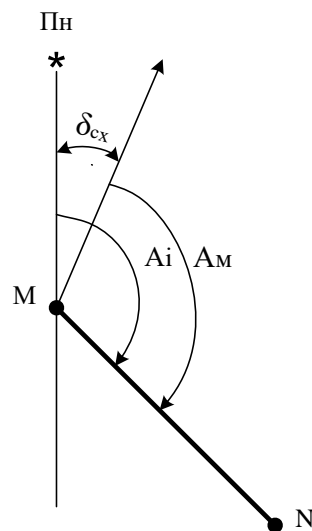


Рисунок 6.5 – Схема визначення кута A_M

Обчислення румбів r лінії MN

Румб r лінії – це гострий кут, що відрахований за або проти ходу стрілки годинника від ближнього (північного або південного) напрямку меридіана до напрямку лінії (рисунок 6.6).

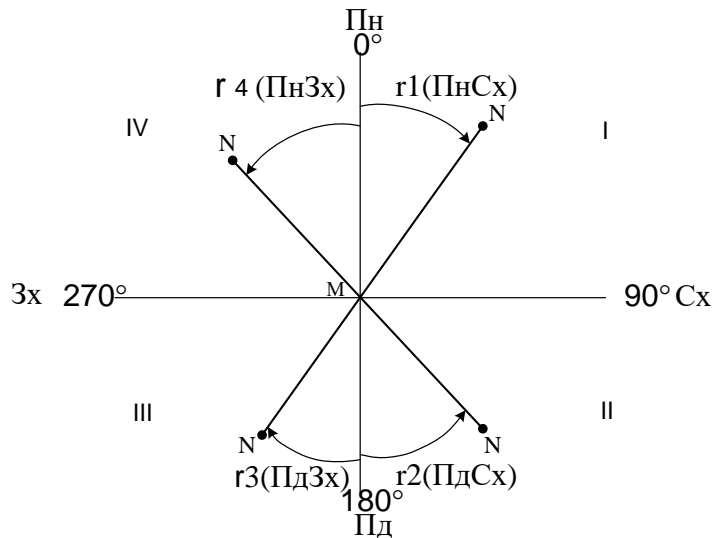


Рисунок 6.6 – Румби ліній у чвертях

При вимірюванні румба обов'язково потрібно вказувати його назву для визначення чверті, у якій розміщена лінія. Наприклад, $r_{MN2} = 41^\circ 34'$ ПдСх (лінія лежить у другій чверті).

Залежно від меридіана (істинного, магнітного чи осьового), від якого відраховують румби, їх відповідно називають істинним r_i , магнітним r_m або осьовим r_o .

Зв'язок між румбами та азимутами наведено в таблиці 6.1.

За даними таблиці 6.1 можна отримати формулу для обчислення дирекційних кутів, істинного та магнітного азимутів, якщо відомі значення відповідних румбів, і навпаки.

Таблиця 6.1 – Зв'язок між румбами й азимутами

Чверть	Назва чверті	Азимут	Румби
I	ПнСх	$0^\circ - 90^\circ$	$r = A$
II	ПдСх	$90^\circ - 180^\circ$	$r = 180^\circ - A$
III	ПдЗх	$180^\circ - 270^\circ$	$r = A - 180^\circ$
IV	ПнЗх	$270^\circ - 360^\circ$	$r = 360^\circ - A$

Завдання: обчислити румби r лінії MN .

Розв'язання: за значеннями α , A_i та A_m лінії MN визначаємо чверть, у якій лінія розміщена. У цьому випадку всі три кути вказують на розташування лінії MN у II чверті. Користуючись таблицею 6.1 знаходимо розрахункову формулу для II чверті, виконуємо розрахунки та зводимо їх результати в таблицю 6.2.

Таблиця 6.2 – Румби r_o , r_i та r_m лінії MN

Кути орієнтування	Значення кута орієнтування	Чверть	Формула визначення румба	Значення румба	Назва румба
Дирекційний кут α	143°45'00"	II	$r_o=180^\circ-\alpha$	36°15'00"	ПдСх (осьовий)
Істинний азимут A_i	141°18'12"	II	$r_i=180^\circ-A_i$	38°41'48"	ПдСх (істинний)
Магнітний азимут A_m	134°00'12"	II	$r_m=180^\circ-A_m$	45°59'48"	ПдСх (магнітний)

Список літератури

1 Ващенко В. І., Літинський В. О., Перій С. С. Топографо-геодезичний практикум: навч. посіб. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018. 428 с.

2 Геодезія. Топографія: навч. посіб. / А. Л. Островський, О. І. Мороз, З. Р. Тартачинська, І. Ф. Гарасимчук. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011. 440 с.

3 Кузьмін В. І., Білятинський О. А. Інженерна геодезія в дорожньому будівництві. Київ: Вища шк., 2006. 278 с.

4 Ратушняк Г. С. Топографія з основами картографії: навч. посіб. Вінниця : ВДТУ, 2002. 179 с.

5 Білокриницький С. М. Геодезія: навч. посіб. Чернівці: Чернівецький нац. ун-т, 2011. 576 с.

6 Артамонов Б. Б., Штангрет В. П. Топографія з основами картографії: навч. посіб. Львів: Новий Світ, 2006. 248 с.

7 Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. Київ: Міністерство екології та природних ресурсів України, 2001. 256 с.

Додаток А
Зразок оформлення титульного аркуша

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра вишукувань та проектування шляхів сполучення,
геодезії та землеустрою

РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА

з дисципліни «Топографія»

на тему «**Робота з картою**»

Виконав: ст. гр.....

Перевірив:.....

Харків 20.....

Додаток Б
Зразок оформлення аркуша «Зміст»
розрахунково-графічної роботи

ЗМІСТ

1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ТОПОГРАФІЧНІ КАРТИ.....	
2. ВИЗНАЧЕННЯ ВІДСТАНЕЙ НА КАРТІ.....	
2.1. Визначення відстані L_{MN} з використанням числового масштабу.....	
2.2. Визначення відстані L_{MN} з використанням лінійного масштабу.....	
2.3. Визначення відстані L_{MN} з використанням поперечного масштабу.....	
3. ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ТОЧОК В ПЛАНІ.....	
3.1. Визначення географічних координат φ та λ точки M на карті.....	
3.2. Визначення прямокутних зональних координат X та Y точки N на карті.....	
4. ВИЗНАЧЕННЯ ПО ГОРИЗОНТАЛЯХ ВИСОТ ТОЧОК ТА УХИЛІВ ЛІНІЙ	
4.1. Підрахунок висоти (позначки) H точки C на карті.....	
4.2. Визначення ухилу i лінії 1-2 на карті.....	
4.3. Побудова по горизонталях профілю місцевості за напрямом AB	
5. ВИЗНАЧЕННЯ ПЛОЩІ ВОДОЗБІРНОГО БАСЕЙНУ.....	
5.1. Побудова водозбірного басейну.....	
5.2. Вимірювання площі басейну за допомогою папетки.....	
5.3. Вимірювання площі басейну за допомогою геометричних фігур.....	
6. ВИЗНАЧЕННЯ КУТІВ ОРІЄНТУВАННЯ ЛІНІЇ НА КАРТІ.....	
6.1. Вимірювання дирекційного кута лінії MN	
6.2. Обчислення істинного азимута A_{iMN} лінії MN	
6.3. Обчислення магнітного азимута A_{mMN} лінії MN	
6.3. Обчислення румбів r лінії MN	
6.5. Загальна схема кутів орієнтування.....	
7. УМОВНІ ЗНАКИ ДЛЯ ТОПОГРАФІЧНИХ ПЛАНІВ.....	
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
для практичних занять і самостійної роботи
з дисципліни
«ТОПОГРАФІЯ»

Відповідальний за випуск Тимченко О. М.

Редактор Еткало О. О.

Підписано до друку 25.02.20 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк. арк. 1,75. Тираж 35. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Український державний університет
залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.