

Вимірювання відстаней та площ по карті

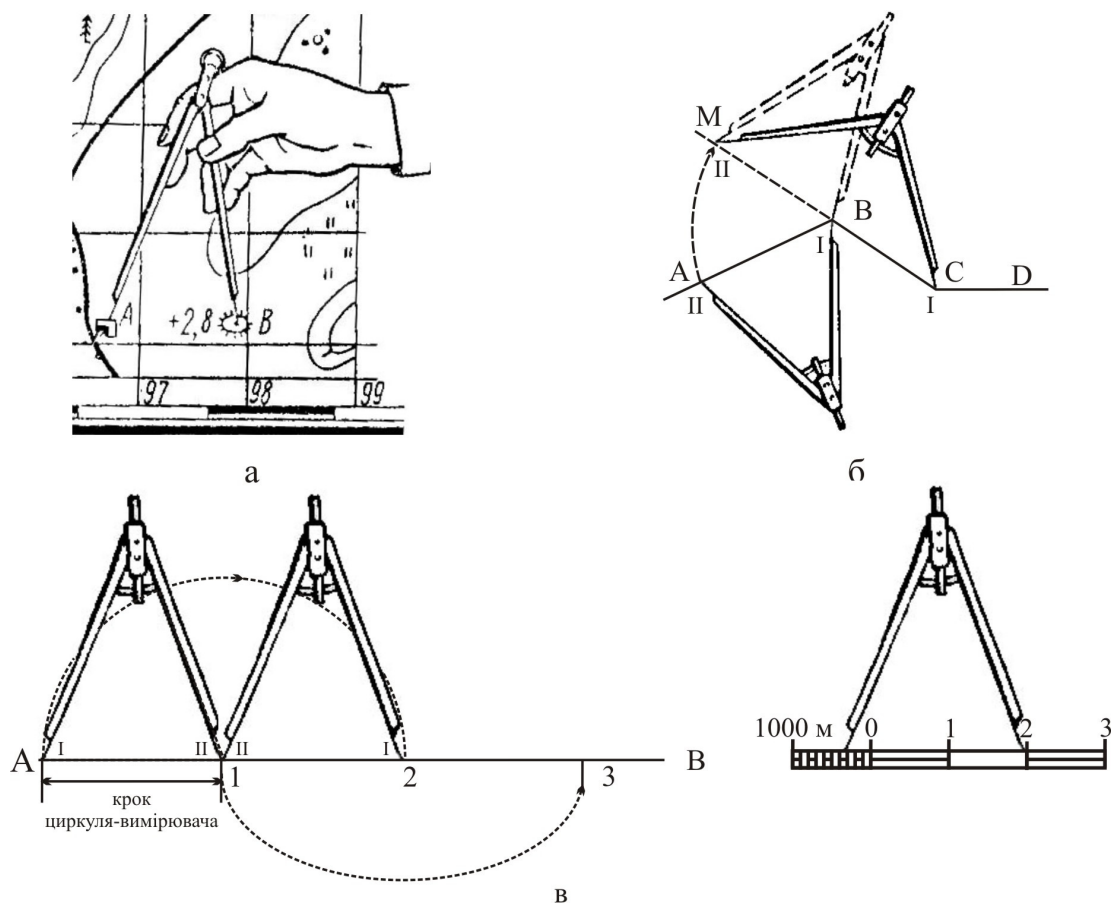
Мета: набути основних навичок вимірювань відстаней та довжин, визначення площ використовуючи топографічні карти.

Обладнання: навчальні топографічні карти, лінійка, циркуль-вимірювач, косинець, олівець, таблиці, методична література.

Теоретичні відомості

Виміряти довжину відрізка на карті – значить визначити довжину горизонтального положення відповідної йому лінії на місцевості s . Зв'язок між ними визначається масштабом карти M і може бути виражений як: $s=l:M$ або $s=lm$

Вимірювання відстаней по карті проводяться різними способами. Короткі прямолінійні відстані вимірюються *одним кроком циркуля-вимірювача*. Величина кроку встановлюється по карті поєднанням голок циркуля-вимірювача з початковою і кінцевою точкою вимірюваної відстані. Після цього циркуль-вимірювач переноситься на лінійний масштаб, так щоб його голки розташувалися по обидві сторони від нульового штриха, а права голка поєдналася з яким-небудь з штрихів, розташованих праворуч від 0. Тоді s дорівнює сумі відліків по правій і лівій голках вимірника (рис. 1 а).



а - одним розтвором циркуля-вимірювача; б - наращуванням розтвору;
в - кроком циркуля-вимірювача

Рис. 1 - Вимірювання ліній

Якщо вимірювана відстань є ламаною лінією, крок циркуля-вимірювача, відповідним його довжині, встановлюють *способом нарощування* (рис. 1 б).

При значній протяжності відрізків їх довжину можна виміряти по частинах – *кроком циркуля-вимірювача*. Крок циркуля-вимірювача – ця встановлена відстань між його голками, що зберігається незмінним в процесі вимірювання й виконує роль підстави масштабу. Доцільно при цьому вибрати такий крок, щоб його ціна була виражена круглим числом. Кількість кроків n_k на вимірюваній відстані визначається шляхом перестановок голок циркуля-вимірювача і їх підрахунку (рис. 1 в). При отриманні в кінці вимірювання неповного кроку визначають його величину в частках цілого кроку $n_1/10_k$ і додають до основного результату. Точність вимірювань, відстаней за допомогою лінійного масштабу складає 0,5-1 мм в масштабі карти.

При вимірюванні дуже звивистих ліній, наприклад річок, застосовують вдосконалений різновид способу вимірювання кроком – спосіб Ю.М. Шокальського. Основу його складають вимірювання річки малим кроком вимірника в 1 або 2 мм й врахуванням коефіцієнта звивистості, встановлюваного по розроблених еталонах (рис. 2).

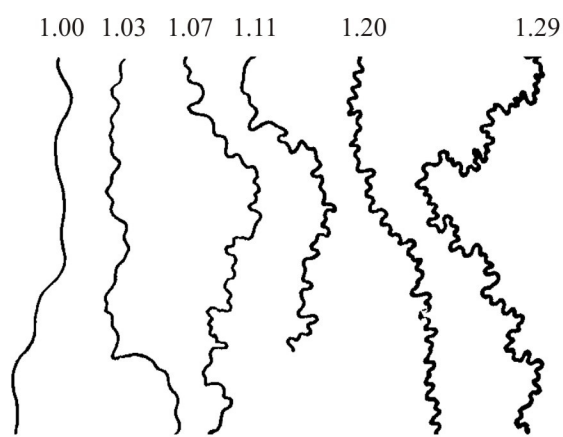
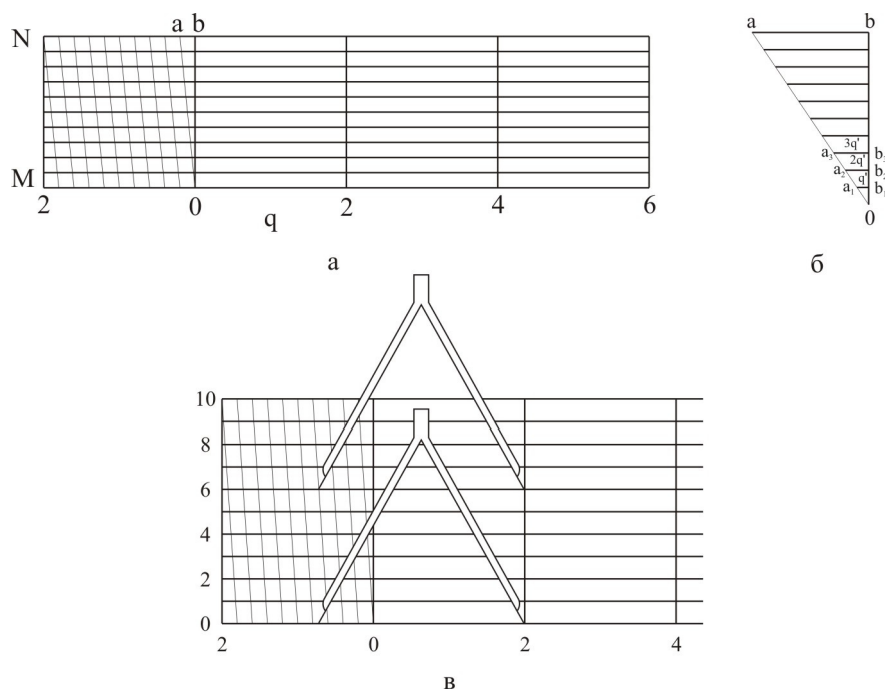


Рис. 2 - Еталони коефіцієнтів хвилястості

Спочатку зображення річки розмічається на ділянки з приблизно однаковою звивистістю, для кожного з них визначається кількість кроків, яка потім множиться на встановлену ціну кроку, а також на коефіцієнт звивистості k . Таким чином, $s=n_k c_k k$. Точність методу складає 2-3 % від вимірюваної довжини.

Для підвищення точності вимірювання відстаней застосовують поперечний масштаб, який будується у вигляді паралельних рівновіддалених розділених прямих, так само, як і лінійний масштаб, на рівні відрізки (рис. 3).

Довжина підстави a може дорівнювати 1, 2, 4 або 5 см (рис. 3). Крайня ліва частина масштабу по лініях M_0 і N_b ділиться зазвичай на 10 рівних частин, а точки розподілу з'єднуються похилими лініями (*трансверсальми*). В результаті такої побудови відрізки прямих між перпендикуляром O_b і першою трансверсаллю будуть різної довжини. Найменший з них $a_1 b_1 = b$ – є найменшим розподілом поперечного масштабу (рис. 3 б). Його величину можна визначити на підставі властивості подібних трикутників. Кількість розподілів на перпендикулярі O_b складає 10. Отже, відрізок $O_b b_1$ складає $1/10$ перпендикуляра O_b . Оскільки в подібних трикутниках зменшення одного катета в n раз веде до зменшення іншого катета в стільки ж разів ($b=1/10 a b$). Але $a b = 1/10 a$, тому $b = 1/10 \cdot 1/10 b = 1/100 b$.



а - загальний вид; б - збільшене зображення його частини;
в - вимірювання за допомогою лінійних відрізків

Рис. 3 - Поперечний масштаб

Нескладно довести, що $a_2b_2=2/100b$, $a_3b_3=3/100b$ тощо. Довжина вимірюваної за допомогою поперечного масштабу відстані складає:

$$s=(n_a+n_{1/10a}+n_{1/100a})c_a, \text{ де}$$

c_a – ціна підстави

n_a , $n_{1/10a}$, $n_{1/100a}$ – кількість відповідно цілих підстав, десятих й сотих його часток.

Для вимірювання ліній за допомогою поперечного масштабу необхідно циркуль-вимірювач із встановленим по карті кроком переносять на нижню лінію масштабу так, щоб одна його голка поєдналася з одним з перпендикулярів праворуч від нульової відмітки, а інша виявилася в межах крайньої лівої підстави (рис. 3в). Потім циркуль-вимірювач переміщують вгору до тих пір, доки ліва голка не співпаде з перетином однієї з трансверсалей, при цьому обидві голки повинні бути на одній горизонтальній прямій. Тепер достатньо підрахувати кількість підстав, десятих й сотих його часток та помножити на заздалегідь встановлену ціну підстави. Наприклад, растровим вимірником складає 1,35 підстави, для карти масштабу 1:50 000 ціна підстави поперечного масштабу завдовжки 2 см дорівнює 1000 м, отже, довжина вимірюваного відрізка буде $1,35 \cdot 1000 \text{ м} = 1350 \text{ м}$.

Точність вимірювання за допомогою поперечного масштабу дорівнює половині найменшого поділу (для масштабу з підставою 2 см найменший поділ – 0,2 мм, а його половина 0,1 мм). Середня погрішність вимірювання на десятисантиметровому відрізку сягає 0,3-0,4 мм.

Вимірювати відстані також можна за допомогою *курвіметра* – механічного приладу. Схематично він є двома колесами різного діаметра, сполученими між собою шестерінкою. Малим колесом курвіметр прокочується по вимірюваній

лінії; пройдений ним шлях показує стрілка на шкалі великого колеса в см і в масштабі карти. Точність вимірювань курвіметром залежить від звивистості ліній і коливається від 2 до 10%.

Під визначенням площі ділянки за топографічною картою розуміється сукупність вимірювальних і обчислювальних робіт, в результаті яких обчислюється площа ділянки в земельній мірі (м^2 , га тощо). Причому визначається площа не фізичної поверхні ділянки місцевості $P_{\text{ф}}$, а її проекції P на горизонтальну площину. Залежно від необхідної точності результатів застосовують різні способи визначення площі: за допомогою палетки, графічний, механічний, зважуванням, аналітичний, фотоелектронний. Кожний із способів може застосовуватися самостійно або в комбінації з іншими.

Палетки – це графічні побудови у вигляді сітки квадратів, паралельних рівновіддалених ліній і інших, виконаних на якій-небудь прозорій основі (рис. 4). Для визначення площі ділянки палетку накладають на вимірювану ділянку і підраховують кількість її розподілів (повних і неповних), укладених усередині контуру ділянки.

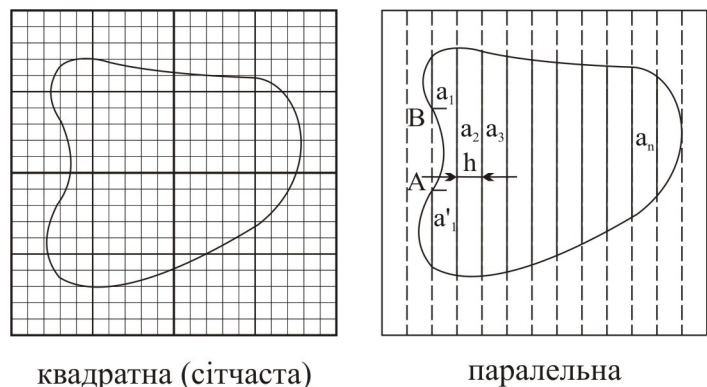


Рис. 4 - Палетка

Щоб виразити вимірювану площу ділянки P в земельній мірі (м^2 , га, км^2), обчислюють ціну розподілу палетки c_p в мм^2 або см^2 . Тоді площа вимірюваної ділянки буде складати: $P = n_p c_p$.

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

Квадратні палетки рекомендується застосовувати для визначення площ малих ділянок (до 3 см^2) з криволінійними межами. При приблизних підрахунках їх використовують і для визначення площ значних за розмірами територій. Основний недолік таких палеток – можливість грубого прорахунку у визначенні кількості розподілів.

Вірогідність грубих прорахунків зменшується при використуванні паралельної (лінійчатої) палетки. Контур, вимірюваний такою палеткою, виявляється розчленованим на фігури, близькі формою до трапецій з підставами $a_1, a_2, \dots, a_n$, висота яких h постійна (рис. 4). Сума площ цих трапецій складе площу контуру, тобто

$$P = [h(a_1 + a_2 + \dots + a_n)]c_p = c_p \left(h \sum_{i=1}^n a_i \right), \text{ де}$$

c_p – ціна 1 мм^2 (1 см^2) залежно від одиниці вимірювання a та h .

При використуванні паралельної палетки вимірюють ті, що відсікаються

контуром ділянки відрізки ліній палетки. Результати обчислень виражають в масштабі карти. Паралельною палеткою не рекомендується вимірювати площу ділянок більшу за 10 см^2 .

Графічний спосіб. Доцільно застосовувати для обчислення площ ділянок розміром до 15 см^2 . Ділянка, що має форму багатокутника, розбивається на прості фігури, площа яких може бути обчислений за відомими формулами. Доведено, що найточніші результати виходять при розбитті ділянки на трикутники, особливо якщо у них рівні підстава a і висота h . Є на ділянці криволінійні відрізки межі замінюють близькими до них відрізками прямої. Результати обчислень переводять в масштаб карти.

Механічний спосіб. Заснований на використанні *планіметра* – приладу, що дозволяє порівняно швидко і достатньо точно виміряти площу ділянки будь-якої конфігурації. При безпосередньому вимірюванні планіметром будь-якої ділянки його площа виходить в розподілах планіметра. Теоретично один розподіл планіметра є деяким прямокутником, площа якого виражена в мм^2 або см^2 (це залежить від підготовки приладу до роботи). Щоб виразити площу ділянки в земельній мірі, необхідно встановити ціну розподілу планіметра c_n . У такому разі площа ділянки визначається по формулі

$$P = n_n c_n$$

Ціна розподілу планіметра – це відповідна йому в масштабі карти площа ділянки місцевості в земельній мірі. Задача визначення c_n розв'язується встановленням кількості розподілів планіметра n'_n , що доводяться на ділянку, площа якої P' наперед відома (звичайно це квадрати кілометрової сітки карти): $c_n = P' : n'$.

Спосіб зважування заснований на використанні точних аналітичних терезів. Вимірювану ділянку переносять на прозорий пластик, що не деформується, вирізують по контуру і зважують. З отриманого контуру вирізують еталонну фігуру (квадрат, круг), площа якої обчислюється по відомих формулах, і теж зважують. Тоді

$$P = V_k P_e V_e$$

V_k – маса цілого контуру,

V_e – маса еталона,

P_e – площа еталона.

Точність цього способу не поступається точністю механічного.

Аналітичний спосіб. Це спосіб обчислення площі ділянки по відомих координатах точок контуру, які визначаються на підставі польових вимірювань.

Хід роботи

Завдання 1. Визначити відстань по прямій між запропонованими об'єктами.

Завдання 2. Визначити довжину річки.

Завдання 3. Визначити масштаб площ для карт запропонованих масштабів.

Завдання 4. Обчислити площу запропонованого об'єкта за вказаними конфігурацією та розмірами на картах різних масштабів.