

# Лінійні вимірювання

## План заняття

1. Методи та прилади лінійних вимірювань
2. Вимірювання довжин ліній мірними стрічками і рулетками
3. Компарування лінійних мірних приладів
4. Обчислення довжин ліній
5. Вимірювання ліній оптичними віддалемірами
6. Вимірювання ліній світло- та радіовіддалемірами.

### 1. Методи та прилади лінійних вимірювань

Залежно від наявності приладів, вимог точності, умов місцевості лінії вимірюють способами:

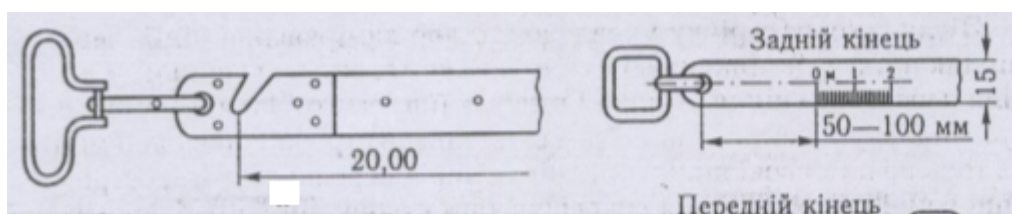
а) прямим або безпосереднім способом за допомогою мірних стрічок, рулеток, підвісних мірних проволоч та інших лінійних приладів;

б) непрямим або посереднім способом за допомогою ниткових віддалемірів та електрооптичних приладів (світло та радіовіддалемірів), геометричних побудов фігур на місцевості.

**Мірні стрічки** штрихові та шкалові являють собою сталеву смужку довжиною 20 м (рідко 24 м) шириною 15-20 мм і товщиною 0,4-0,6 мм (рис. 6.1).

**Штрихова мірна стрічка** (рис. 6.1,а) має на кінцях по одному штриху через 20 м з вирізами для шпильок (рис. 6.1,в), підписані метрові поділки та дециметрові поділки позначені отворами діаметром 2 мм. При вимірюваннях долі дециметра оцінюються на око або за допомогою лінійки з точністю до 1 см.

Штриховою мірною стрічкою вимірюють довжини ліній з відносною точністю 1:1000 – 1:2000.



### Рис. 6.1. Мірні стрічки

*a* – сталеві штрихова; *б* – шкалова; *в* – шпильки; *г* – стрічка на металевому кільці.

*Шкалова мірна стрічка* (рис. 6.1,*б*) на кінцях має шкали довжиною 10 см з міліметровими поділками підписаними через 1 см.

Шкаловою стрічкою довжини ліній можна вимірювати з відносною точністю 1:5000 – 1:10000, з використанням динамометрів та вимірюванні температури.

При виконанні геодезичних робіт на будівельних майданчиках використовують *сталеві та пластикові рулетки* довжиною 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50 і 100 м з сантиметровими та міліметровими поділками (рис.6.2).

При сантиметрових поділках відлік оцінюють на око з точністю до 1 мм, а при міліметрових поділках відлік можна брати з точністю до 0,1 мм.

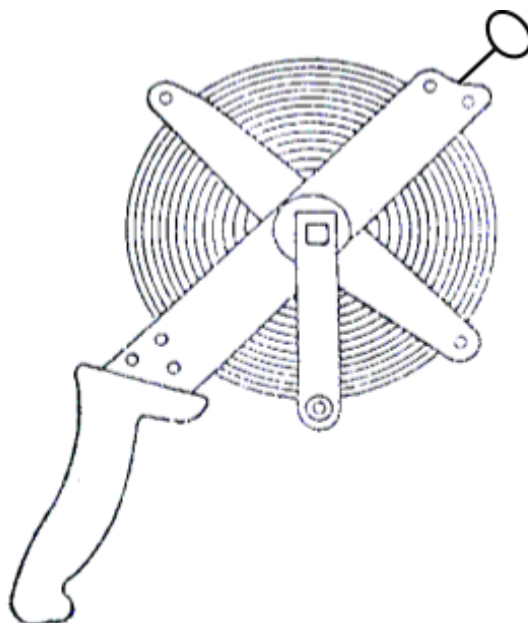


Рис. 6.2. Сталева рулетка типу РК

В комплекс рулеток довжиною 50 і 100 м може входити пружинний динамометр, який забезпечує натяг рулетки з зусиллям до 10 кг.

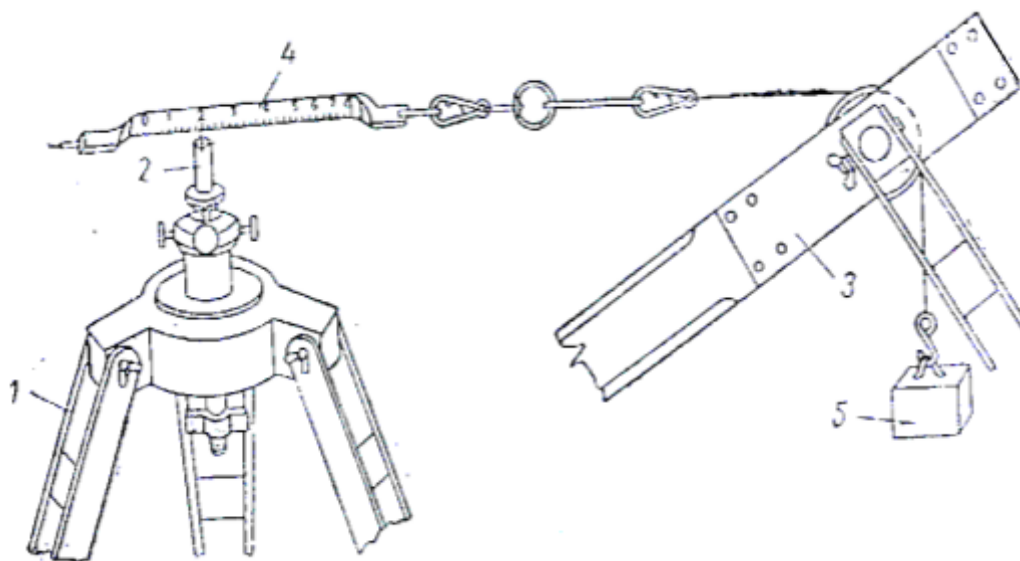


Рис. 6.3. Вимірювання довжин ліній за допомогою мірного дроту

1 – штатив; 2 – цілік; 3 – блок; 4 – шкали відліків; 5 - тягар

## ***2. Вимірювання довжин ліній мірними стрічками і рулетками***

Вимірювання ліній виконується перевіреними мірними стрічками і рулетками шляхом компарування (розділ 6, § 3).

Між закріпленими на місцевості точками *A* і *B* в створі лінії послідовно укладають мірний прилад. Створ лінії утворює прямовисна площина, що проходить через кінцеві точки *A* і *B*. Створ лінії позначають віхами (рис. 5.17).

Встановлення додаткових проміжних віх в створі лінії називають *провішуванням*.

Провішування виконують від кінцевої точки  $B$  на себе до точки  $A$  (рис. 6.4).

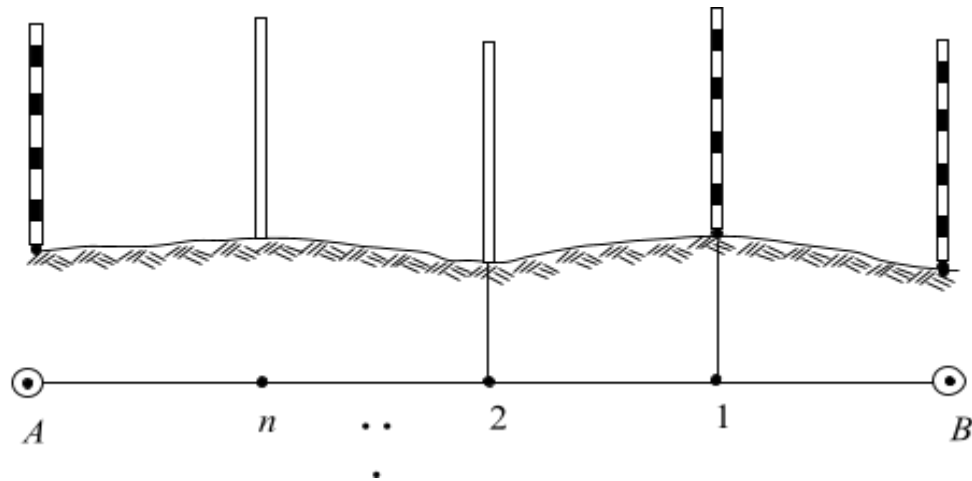


Рис. 6.4. Провішування ліній “на себе”

**Вимірювання ліній** виконується двома вимірювачами. Стрічка або рулетка розмотується і укладається нульовою поділкою від точки  $A$  в сторону точки  $B$ . Задній вимірник прикладає нульовий штрих стрічки (рулетки) до центра початкової точки  $A$  і на око виставляє переднього вимірювача так, щоб його рука, яка тримає передній кінець стрічки (рулетки) знаходилась в створі лінії. Стрічку (рулетку) натягують і передній вимірювач шпилькою фіксує її кінець (кінцеву поділку). Далі задній вимірювач переходить до закріпленої шпильки і аналогічно виконується укладання стрічки (рулетки) в другому прольоті і т.д.

В кінці лінії між останньою шпилькою і кінцевою точкою  $B$  довжину неповного прольоту (залишку  $r$ , рис.4.1) визначають за поділками стрічки (рулетки). По кількості шпильок у заднього вимірювача визначають кількість повних прольотів. Довжину лінії обчислюють за формулою (4.1).

Для контролю лінія *обов’язково* вимірюється в зворотньому напрямку або другий раз в прямому. Розходження між двома результатами вимірювань  $L_{\text{пр}}$  та  $L_{\text{зв}}$  не повинно перевищувати  $\frac{1}{T}$  заданої величини відносної похибки  $\frac{1}{T}$ . Тобто

$$\frac{L_{\text{пр}} - L_{\text{зв}}}{\bar{L}} \leq \frac{1}{T} \quad (6.2)$$

допомогою екліметра (рис. 6.5).

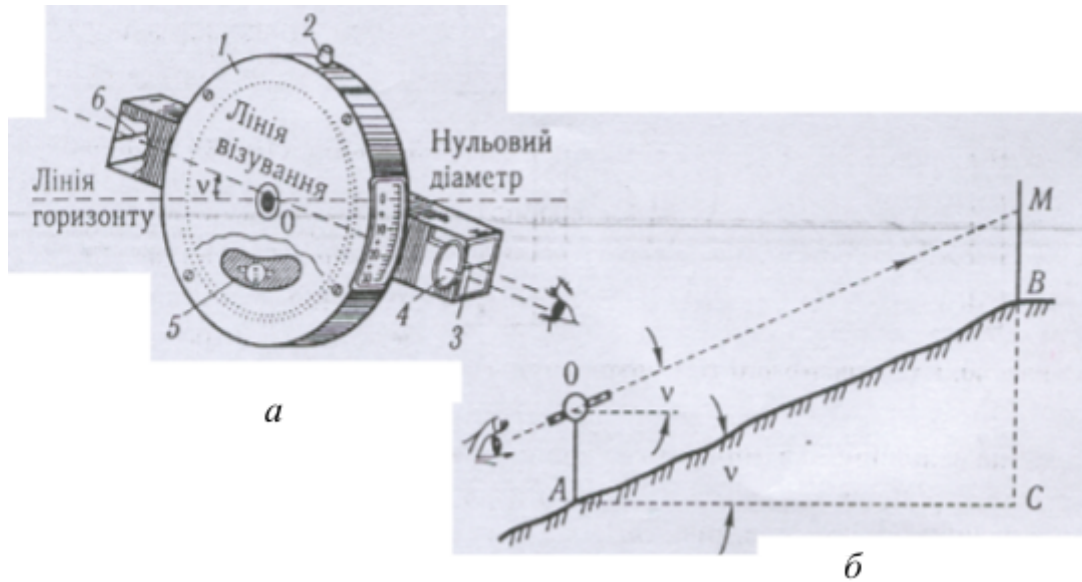


Рис. 6.5. Вимірювання кутів нахилу  $\nu$  екліметром

Якщо лінія  $AB$  має декілька переломів профілю місцевості, то визначають кути нахилу кожного відрізка.

Коли маємо лінію місцевості, яка розділена перешкодою (річкою, болотом, яром і т.і.), то використовують непрямий (посередній) спосіб вимірювання (рис. 6.6).

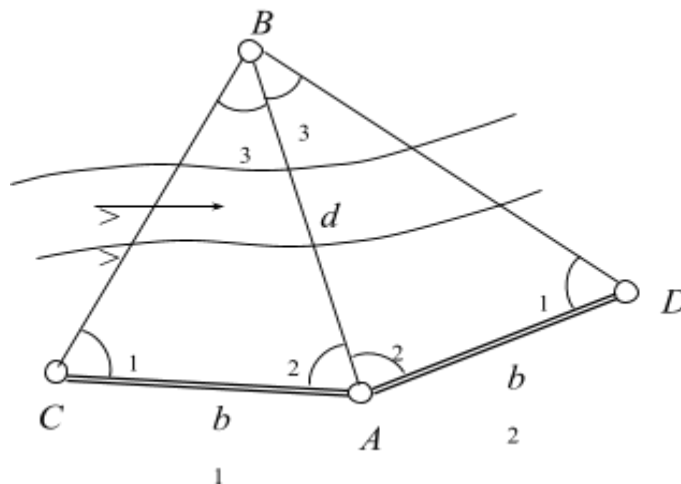


Рис. 6.6. Посередній спосіб визначення неприступної відстані

$$d = b_1 \frac{\sin \beta_1}{\sin \beta_3}, \quad (6.3)$$

де  $b$ ,  $d$  – горизонтальні прокладання базиса та шуканої лінії  $AB$ .

### 3. Компарування лінійних мірних приладів

**Компарування** – це порівнювання довжини мірного приладу з довжиною еталона. Компарування може виконуватись в лабораторних або польових умовах (на місцевості).

За еталони приймають відрізки ліній на місцевості або в лабораторії, довжина яких визначена з високою точністю.

Стаціонарні лабораторні компаратори має Український центр стандартизації і метрології (УкрЦСМ), метрологічний науково-дослідний інститут (м.Харків), відомчі організації.

При компаруванні довжину компаратора  $L_0$  вимірюють стрічкою або рулеткою декілька разів і отримують значення  $L_1, L_2, \dots, L_n$ . Одночасно вимірюють температуру повітря  $t_k$ . За формулою (4.13) обчислюють її середнє значення

$$\bar{L} = \frac{L_1 + L_2 + \dots + L_n}{n}. \quad (6.4)$$

Обчислюють поправку за температуру

$$\Delta L_t = \alpha(t_k - t_0)L, \quad (6.5)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт температурного розширення сталі ( $\alpha = 0,0000125$  для сталі);

$t_k, t_0$  – температура при компаруванні та приведена стандартизована температура компарування ( $t_0 = 20^\circ$ ).

Величина поправки компарування обчислюється за формулою:

- на довжину мірного приладу

$$\Delta L_k = \frac{(\bar{L} + \Delta L_t) - L_0}{n}, \quad (6.6)$$

де  $n$  – кількість відкладень мірного приладу;

- на одиницю виміру (на 1 м)

$$\Delta L_{k_{1\text{м}}} = \frac{(\bar{L} + \Delta L_t) - L_0}{L_0}. \quad (6.7)$$

В лабораторних умовах довжина робочих мірних стрічок або рулеток безпосередньо порівнюється з довжиною робочих еталонів.

## 4. Обчислення довжин ліній

При вимірюванні довжин ліній визначають виміряну довжину лінії місцевості  $D$ , кут нахилу місцевості  $\nu$  та температуру  $t$ .

Для обчислення горизонтального прокладання виміряної лінії обчислюють поправки:

- за компарування мірного приладу

$$\Delta D_k = \Delta L_{k_1} \cdot D, \quad (6.8)$$

або 
$$\Delta D_k = \Delta L_k \cdot n, \quad (6.9)$$

де  $\Delta L_{k_1}$  – поправка компарування на одиницю виміру;

$\Delta L_k$  – поправка компарування на довжину мірного приладу;

$n$  – кількість відкладень мірного приладу.

- за температуру

$$\Delta D_t = D \cdot \alpha(t_b - t_k), \quad (6.10)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт температурного розширення (для сталі  $\alpha = 0.0000125$ );

$t_b, t_k$  – температура при вимірюваннях та компаруванні (стандартизовано  $t_k = +20^\circ\text{C}$ ).

- за нахил місцевості

$$\Delta D_v = -(D - D \cos \alpha) = -2D \sin^2 \frac{\nu}{2}, \quad (6.11)$$

де  $\nu$  – кут нахилу місцевості.

Довжина виміряної нахиленої лінії обчислюється за формулою

$$D_v = D + \Delta D_k + \Delta D_t. \quad (6.12)$$

Горизонтальне прокладання лінії (рис. 6.7) обчислюється за формулою

$$d = D + \Delta D_k + \Delta D_t + \Delta D_v. \quad (6.13)$$

або 
$$d = D_v \cdot \cos \nu. \quad (6.14)$$

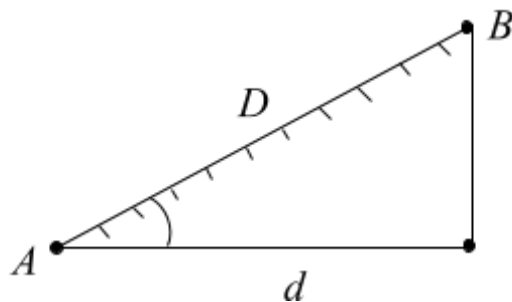


Рис. 6.7. Визначення горизонтального прокладання лінії  $AB$

При вимірюваннях технічної точності поправку за нахил місцевості не вводять, коли  $\nu \leq \pm 2^\circ$ , а за температуру – коли  $(t_b - t_k) \leq \pm 8^\circ\text{C}$ .

## 5. Вимірювання ліній оптичними віддалемірами

**Віддалеміри** – це геодезичні прилади для непрямого визначення довжин ліній. Вимірювання ліній виконується за геометричним способом або з використанням електромагнітного випромінювання.

За конструкцією їх поділяють на два типи:

- а) оптичні віддалеміри;
- б) світловіддалеміри та радіовіддалеміри.

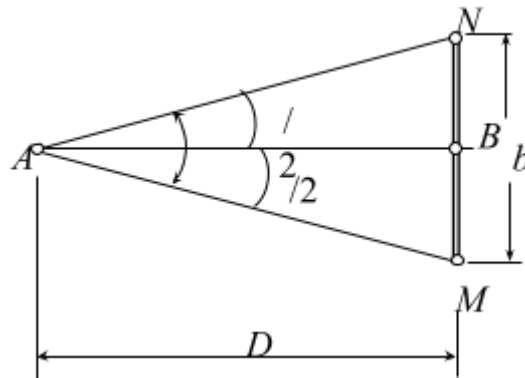


Рис. 6.8. Принцип оптичного віддалеміра

Шукана довжина лінії  $AB$  визначається за формулою

$$D = \frac{b}{2} \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2} \quad (6.16)$$

Розрізняють два типи оптичних віддалемірів:

- 1) з постійним паралактичним кутом  $\beta$  і змінною базою  $b$ ;
- 2) з постійною базою  $b$  (горизонтальною або вертикальною) і перемінним паралактичним кутом  $\beta$ .

Другий тип оптичних віддалемірів подвійного зображення морально застарілий і уже практично не використовується.

Перший тип **ниткових віддалемірів** має широкі застосування. Конструктивно зорові труби геодезичних приладів (теодоліти, нівеліри та інш.) мають нитковий віддалемір (рис. 6.9).



Рис. 6.9. Принципова схема ниткового віддалеміра

За геометричною схемою (рис.6.91) відстань  $D$  визначиться за формулою

$$D = D_1 + f_{\text{об}} + \delta, \quad (6.17)$$

де  $f_{\text{об}}$  – фокусна відстань об'єктива зорової труби;

$\delta$  – постійна відстань від осі обертання теодоліта  $ZZ$  до осі симетрії об'єктива.

Оскільки складові  $f_{\text{об}}$  та  $\delta$  конструктивно постійні, то їх позначають як

$$C = f_{\text{об}} + \delta. \quad (6.18)$$

Величина  $D_1$  визначається за формулою (6.16) або

$$D_1 = \frac{1}{2} l \cdot \text{ctg} \frac{\beta}{2}. \quad (6.19)$$

Кут  $\beta$  постійний (не змінюється), тому позначимо

$$\frac{1}{2} \text{ctg} \frac{\beta}{2} = K \quad (6.20)$$

Тоді

$$D = K \cdot l + C. \quad (6.21)$$

При  $K = 100$  один сантиметр по рейці буде дорівнювати 1 м довжини лінії на місцевості. Відліки беруть до 0,1 сантиметрової поділки, що дорівнює відстані на місцевості 0,1 м.

Відносна точність визначення довжин ліній нитковим віддалеміром складає 1/200 – 1/500.

## **6. Вимірювання ліній світло- та радіовіддалемірами**

При вимірюванні довжини лінії на початковій точці встановлюють прийомопередавач, який випромінює електромагнітні хвилі, а на другому, в кінцевій точці, відбивач, який віддзеркалює їх в бік прийомопередавача. Якщо зафіксувати інтервал часу  $t$ , за який проходить електромагнітна хвиля в прямому і зворотньому напрямках, то довжина лінії визначиться за формулою

$$D = \frac{1}{2} vt,$$

де  $v$  – швидкість розповсюдження електромагнітних хвиль ( $v = 299792456$  м/сек.);

$t$  – виміряний інтервал часу проходження електромагнітних хвиль.

У відповідності з ДСТ 19223-90 світловіддалеміри мають буквенні позначення:

СГ – геодезичні для вимірювання відстаней до 15-20 км з точністю  $\pm (10 \text{ мм} + 2 \text{ мм на } 1 \text{ км відстані})$ ;

СТ – топографічні – для вимірювання відстаней до 15 км з похибкою до 2 см;

СТД – топографічні, що працюють за дифузним відбиттям і вимірюють відстані до предметів без відбивача, використовуючи відбивні властивості самих предметів;

СП – підвищеної і найвищої точності для вимірювання відстані 0,3-5 км з похибкою 2 мм і менше.

Після цих букв додаються цифри, що вказують на дальність дії приладу.



Рис. 6.10. Світловіддалемір СТ-5

Випускаються світловіддалемірні насадки до електронних теодолітів. Наприклад, насадка Wild DISTOMAT (Швейцарія) (рис. 6.11), яка дозволяє вимірювати відстані від 1,5 м до 7000 м з точністю  $\pm (3 \text{ мм} + 2 \text{ мм на відстані в км})$ .

Для вимірювання відстаней до 50-150 м з похибкою 2-3 мм на будівельних майданчиках в приміщеннях споруд використовують лазерні рулетки (рис. 6.12), які не потребують відбивача

Для вимірювання довжин ліній ефективно використання сучасних електронних тахеометрів (розділ 5, §3). Вони забезпечують вимірювання відстаней від декількох метрів до сотень метрів і декількох кілометрів з високою точністю. В інженерно-будівельній справі застосовують електронні тахеометри, які забезпечують точність лінійних вимірювань в межах  $1 \div 10 \text{ мм}$ .

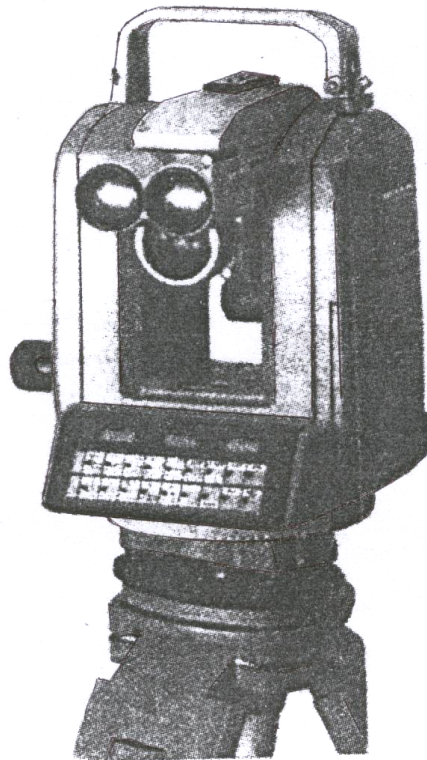


Рис. 6.11. Світловіддалемірна насадка на теодоліт Wild DISS  
DISTOMAT



Рис. 6.12. Лазерна рулетка