

## Лабораторна робота 1. (2 год)

### *Визначення координат точок за топографічною картою*

- 1.1. Знайомство з топографічними картами і планами.
- 1.2. Масштаби планів і карт.
- 1.3. Визначення за картою відстані між точками.
- 1.4. Визначення прямокутних координат точок.
- 1.5. Побудова точки за заданими координатами.

**Прилади і обладнання:** топографічний план масштабу 1:2000, калькулятор, вимірник, геодезичний транспортир (лінійка поперечного масштабу), лінійка, олівець, гумка.

**1.1.** За результатами геодезичних вимірів на земній поверхні виготовляють графічні зображення земельних ділянок і існуючої ситуації або всієї Землі на папері, які поділяють на топографічні карти і топографічні плани.

**Картою** називається зменшене, узагальнене, вимірне зображення на площині поверхні Землі, побудоване за певними математичними законами. Карти складаються на значні території, в межах яких рівневу поверхню не можна рахувати площиною. Тому при їх складанні враховуються поправки в довжини ліній за кривизну Землі.

**Планом** називається зменшене, узагальнене, вимірне зображення невеликої ділянки місцевості (розміром до 20×20 км) на площині, яке побудоване без врахування кривизни Землі.

Картографічне зображення місцевості в масштабах 1:500-1:5000 називають планами, а в масштабах 1:10000 і дрібніше – картами.

Карта (план) являє собою наглядну графічну модель фізичної поверхні Землі, за якою можна виконувати різноманітні виміри і вирішувати багато геодезичних задач. Серед основних задач, які можна вирішити за допомогою карти варто виділити наступні:

- визначення віддалей між точками;
- визначення прямокутних координат точки  $x, y$ ;
- визначення географічних координат точки  $\varphi, \lambda$ ;
- нанесення точки на карту за прямокутними та географічними координатами;
- визначення висоти точки  $H$ ;

- визначення крутизни схилу;
- побудова проектної лінії заданого ухилу;
- побудова профілю місцевості за заданою лінією;
- визначення площ ділянок місцевості;
- визначення кутів орієнтування ліній та горизонтальних кутів між лініями.

**Класифікація карт.** Географічні карти, як правило, класифікуються за змістом та масштабами.

За змістом вони діляться на загальногеографічні та тематичні.

За масштабами:

- оглядові (дрібніші 1:1000000);
- оглядово-топографічні (1:200000-1:500000);
- топографічні (1:500-1:100000).

Тобто, можна дати наступне визначення: **топографічна карта** – загальногеографічна карта масштабу 1:100000 або крупніше, виконана в проекції Гаусса-Крюгера, і яка містить елементи ситуації і рельєфу. Якщо на карті показана лише ситуація, без зображення рельєфу, то її називають **контурною** або **ситуаційною**.

**Ситуація** – це сукупність контурів і нерухомих предметів місцевості. Для зображення ситуації на планах і картах використовують умовні знаки. Умовні знаки поділяються на *контурні (масштабні), позамасштабні, лінійні та пояснювальні*.

*Контурні (масштабні) умовні знаки* (рис. 1.1) слугують для зображення предметів, які виражаються в масштабі карти (ліс, луки, будинки). При цьому на карті зберігається подібність форми контуру та його орієнтування.



Рис. 1.1. Приклад контурних (масштабних) умовних знаків для масштабу 1:500 та 1:1000

*Позамасштабні умовні знаки* (рис. 1.2) слугують для зображення предметів, які не виражаються в масштабі карти. Тільки окрема точка в кожному з таких умовних знаків відповідає положенню

предмета на місцевості, *наприклад* середина геометричної фігури (пункти державної геодезичної мережі, оглядові колодязі), вершина прямого кута в основі нижньої геометричної фігури (бензоколонки, кілометрові стовпи), середина нижньої геометричної фігури (ліхтарі електричні на стовпах, заводи і фабрики з трубами).

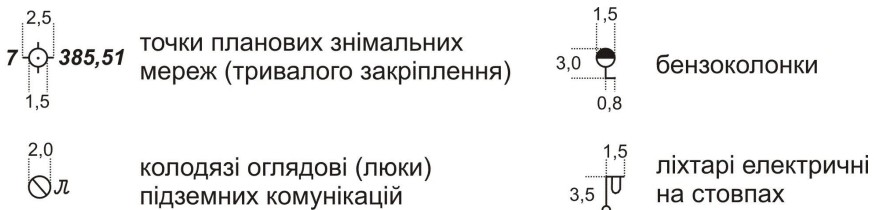


Рис. 1.2. Приклад позамасштабних умовних знаків для масштабу 1:500 та 1:1000

Слід відмітити, що одні і ті ж предмети на картах крупних масштабів можуть бути виражені масштабним умовним знаком, а на картах дрібних масштабів – позамасштабним.

*Лінійні умовні знаки* (рис. 1.3) слугують для зображення лінійних об'єктів – річок, доріг, ліній зв'язку, ЛЕП, огорож, трубопроводів, меж. Масштаб вздовж осі лінійного умовного знаку відповідає масштабу карти, а ширина показується в декілька разів більшою.

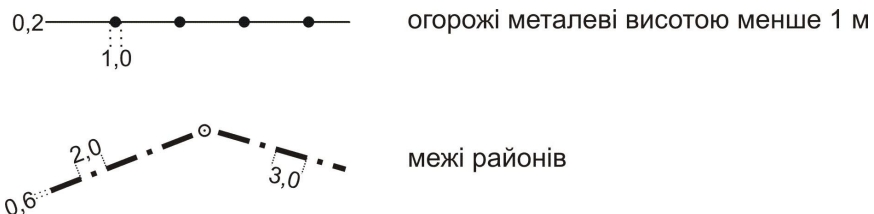


Рис. 1.3. Приклад лінійних умовних знаків для масштабу 1:500 та 1:1000

До пояснюючих умовних знаків належать різноманітні підписи, які слугують для додаткової характеристики об'єктів.

**Схема карти.** Загальна схема оформлення карти показана на рисунку 1.4.

Обвідний важіль зроблений з білого металу і має вигляд такого ж бруска, як і полюсний важіль. На одному кінці обвідного важеля змонтовано обвідний пристрій у вигляді тупого шпиль (6) або обвідного скельця в металевій оправі з точкою у центрі. Шпиль або точку обвідного скельця переміщують на плані (карті) за допомогою ручки (7), обводячи контур ділянки, площу якої необхідно визначити. На іншому боці обвідного важеля розміщується каретка, яка пересувається по ньому. Від відстані між кареткою і обвідним шпилем залежить ціна поділки планіметра.

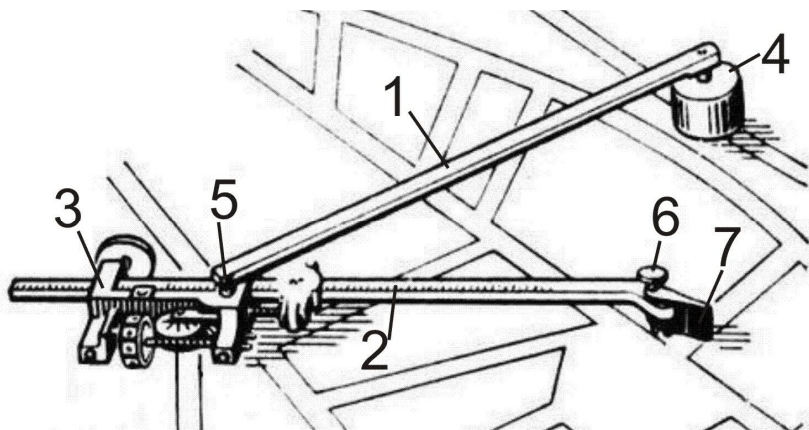


Рис. 3.2. Будова полюсного планіметра

В каретці міститься *відліковий механізм* (рис. 3.3). Він складається з циферблата *A*, лічильного колеса *B* та верньєра *C*. Лічильне колесо переміщуючись на плані (карті) показує кількість поділок, пройдених ним під час обводу контуру фігури. Кількість повних обертів лічильного колеса відраховують за циферблатом, а його частин – за допомогою верньєра. У двохкареткових планіметрів марки ПП-2К (планіметр полярний двохкаретковий) на обвідному важелі змонтовано дві каретки однакової будови. Ціна поділки кожної з них різна. Під час вимірювань можна користуватися або лише однією з кареток, або двома, що робиться для контролю вимірювань.

**Відлік на лічильному механізмі складається із 4 цифр** (рис. 3.3): першу цифру читають на циферблаті *A* проти нерухомого покажчика (індекса) *D*, причому знімають меншу з двох (на рис.3.3

– цифра 7). Другу цифру читають на барабані лічильного колеса *B* – це номер меншого підписаного штриха, найближчого до нуля верньєра (на рис.3.3 – *цифра 3*); третю цифру також відлічують на барабані лічильного колеса – це кількість не підписаних поділок від підписаного штриха до нуля верньєра лічильного механізму (*цифра 1*); четверту цифру читають на верньєрі *C* відлікового механізму – це номер поділки верньєра, рахуючи від нуля, яка точно співпадає з будь-якою поділкою на барабані лічильного колеса (*цифра 5*). Отже, остаточний відлік становить 7315.

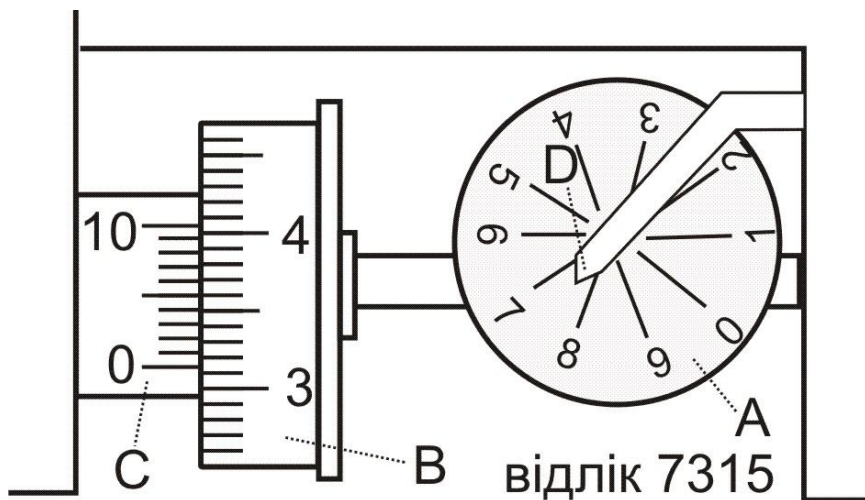


Рис. 3.3. Знімання відліку за планіметром

### **Перевірки планіметра:**

- 1) лічильне колесо повинно обертатися вільно без коливань;
- 2) відстань між барабаном лічильного колеса і дугою верньєра повинна бути мінімальною, не більше товщини листа паперу для записів;
- 3) площина лічильного колеса повинна бути перпендикулярною до осі обвідного важеля.

Перевірка виконується вимірюванням площі ділянки при двох положеннях полюса. Умова виконана, якщо одержані результати не перевищують відносної помилки  $1/250$ . Якщо похибка більша, то треба виконувати вимірювання при двох положеннях полюсу.

ділянку *двічі*. За остаточне значення різниці  $\Delta u$  приймають середнє. Площа фігури  $S$ , у гектарах ( $m^2$ ), буде визначатись за формулою:

$$S = c \times \Delta u_{сер}, \quad (3.6)$$

де  $c$  – ціна поліки планіметра.

Приклад визначення ціни поділки планіметра та площі ділянки на плані масштабу 1:2000 наведений в табл. 3.2.

### **Приклади типових завдань:**

#### **Завдання 1**

Обчислити ціну поділки полюсного планіметра.

#### **Розв'язок:**

На плані масштабу 1:2000 будуємо квадрат із стороною *10 см* сполучивши вершини квадрата кілометрової сітки. Встановлюємо шпиль (або центр обвідного скельця) планіметра на одну з вершин квадрата і виконуємо швидке обведення контуру. Повернувшись у початкову точку знімаємо початковий відлік  $u_1=3054$  (записуємо його в відомість обчислення площ планіметром (табл. 3.2) біля (1)), обводимо контур квадрата і дійшовши до початкової точки, знімаємо другий відлік  $u_2=4043$  (2). Після цього обводимо квадрат ще раз для контролю і знімаємо відлік  $u_3=5030$  (3).

Обчислюємо різницю відліків:

$$\Delta u_1=989 \quad (4)=(2)-(1);$$

$$\Delta u_2=987 \quad (5)=(3)-(2).$$

Знаходимо середнє з різниць відліків:

$$\Delta u_{сер}=988 \quad (6) = \frac{(4) + (5)}{2}$$

Знаходимо площу обведеного квадрата на місцевості у масштабі плану  $200 \times 200 = 40000 m^2$  – (7).

Знаходимо ціну поділки планіметра  $c=40,5 m^2$  (8) за формулою (3.5).

#### **Завдання 2**

Визначити площу ділянки механічним способом.

#### **Розв'язок:**

Встановлюємо шпиль (або центр обвідного скельця) планіметра на будь-яку позначену олівцем точку контуру та виконуємо швидке

обведення. Після повернення у початкову точку знімаємо початковий відлік  $u_1=8081$  (9), обводимо контур і дійшовши до початкової точки знімаємо другий відлік  $u_2=9138$  (10). Після цього обводимо контур ще раз для контролю і знімаємо відлік  $u_3=10193$  (11). В даному випадку циферблат планіметра пройшов повний оберт, тому до останнього відліка ми додали 10000.

Обчислюємо різницю відліків (12), (13) та знаходимо середнє з різниць відліків (14).

Знаходимо площу контуру (15) за формулою (3.6).

Таблиця 3.2

Відомість обчислення площ планіметром

Планіметр №2457

№ контуру	Назва угіддя	Відліки $u_1$ $u_2$ $u_3$	Різниця відліків $\Delta u_1$ $\Delta u_2$	Середнє з різниць відліків $\Delta u_{\text{сер}}$	Площа, м <sup>2</sup>	Схема
Визначення ціни поділки планіметра					$c = \underline{40,5}$ (8) м <sup>2</sup>	
1	квадрат кілометрової сітки	3054 (1) 4043 (2) 5030 (3)	989 (4) 987 (5)	988 (6)	40000,0 (7)	
Обчислення площ ділянок						
2	озеро Біле	8081 (9) 9138 (10) 10193 (11)	1057 (12) 1055 (13)	1056 (14)	42768,0 (15)	

Позначеннями (1)-(15) показана послідовність запису відліків та обчислень.

**Контрольні запитання:**

1. Аналітичний спосіб визначення площі ділянки на карті.
2. Графічний спосіб визначення площі ділянки на карті.
3. Механічний спосіб визначення площі ділянки на карті.  
Будова полярного планіметра.
4. Знімання відліків за полярним планіметром.
5. Визначення ціни поділки планіметра  $c$ .
6. Визначення площі ділянки планіметром.

## Лабораторна робота 7. (2 год)

### *Нанесення проектної лінії на профіль*

- 7.1. Нанесення проектної лінії на профіль.
- 7.2. Обчислення ухилів на ділянках з однаковим ухилом.
- 7.3. Обчислення проектних висот траси.
- 7.4. Викреслення прямих і кривих на профілі.

**Прилади і обладнання:** червона, чорна, синя ручки, лінійка, калькулятор.

**7.1.** На *поздовжній профіль* наносять проектну лінію, яка відповідає положенню майбутньої споруди і задовольняє наступним умовам:

- 1) об'єм земляних робіт при побудові споруди повинен бути мінімальним;
- 2) проектна лінія не повинна перевищувати максимальний ухил;
- 3) об'єми земляних робіт по насипах і виїмках повинні бути приблизно рівними, тобто, щоб ґрунт із виїмки можна було використати для сусіднього насипу.

Проектна лінія наноситься на профіль червоним кольором. Вона може складатись з декількох відрізків, на кожному з яких ухил є постійним (рис. 7.1).

Проектну лінію на *поперечний профіль* наносять після завершення викреслювання поздовжнього профілю, оскільки для проектування поперечного профілю необхідні проектні висоти з осі лінійної споруди. Послідовність побудови поперечного профілю залежить від характеру проектної споруди. *Наприклад*, на рис. 7.2 показаний зразок поперечного профілю автомобільної дороги.

Побудова *проектної лінії поперечного профілю* автомобільної дороги виконується в наступній послідовності:

- 1) з рядка „*Проектні висоти*” поздовжнього профілю виписуємо запроєктовану висоту спільної точки поздовжнього і поперечного профілю (в даному випадку спільним є ПК-1);
- 2) задавши ширину смуг руху (*по б м*) та ухилом від центру до краю дороги ( $-0,02$ ) обчислюємо висоти крайніх точок дорожнього полотна;



**Поздовжній профіль по осі лінійної споруди**

від ІК-0 до ІК-8+93,13

Масштаби: горизонтальний 1:1000

вертикальний 1:100

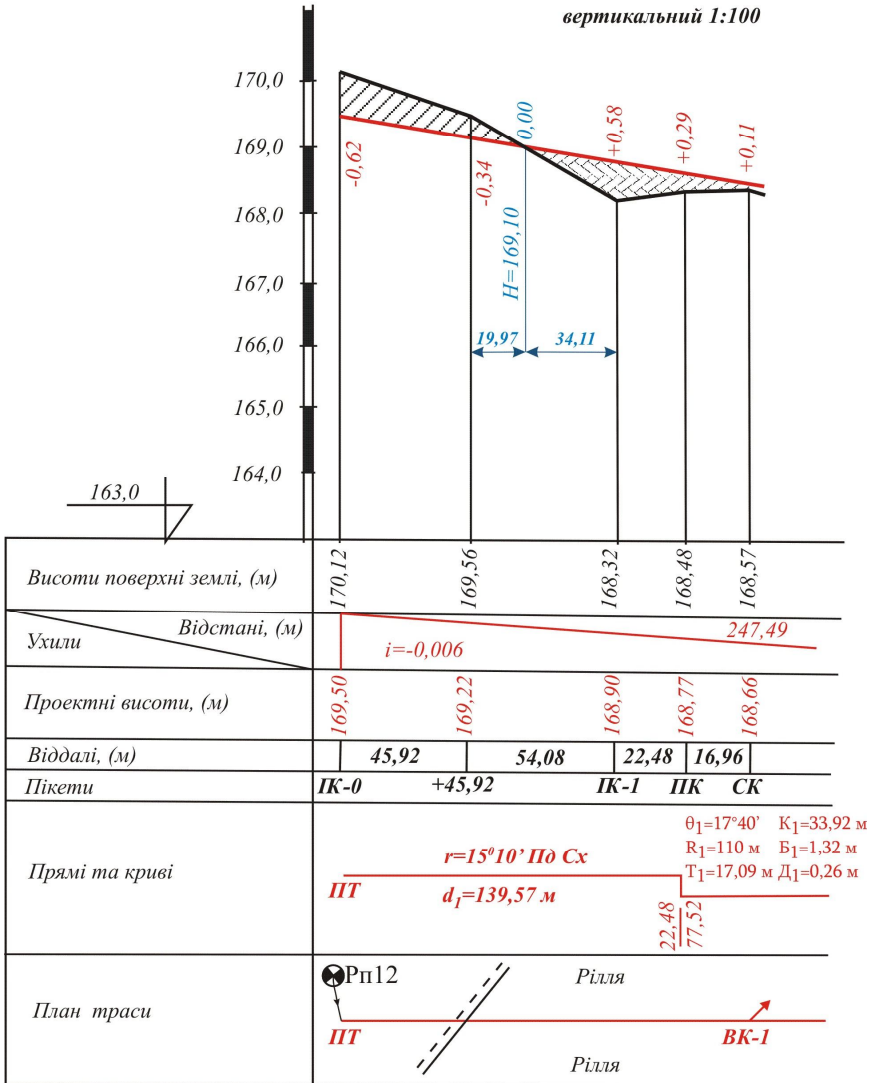


Рис. 7.1. Поздовжній профіль

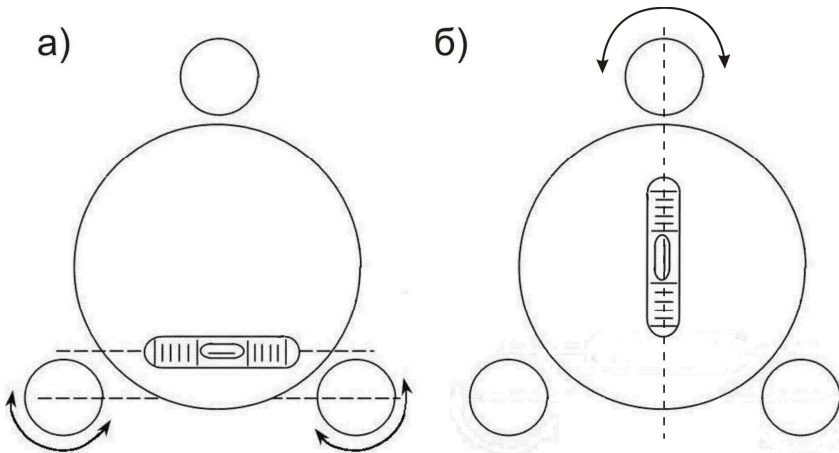


Рис. 9.3. Горизонтування теодоліта за допомогою циліндричного рівня:  
 а) циліндричний рівень встановлений за напрямком двох піднімальних гвинтів; б)  
 циліндричний рівень встановлений за напрямком третього піднімального гвинта

**9.3.** При вимірюванні кутів теодолітом треба вміти правильно прочитати відлік на лімбі. У теодоліта 2Т30 коло лімба поділене на *360 поділок*, кожна з яких відповідає  $1^\circ$ . Градусна величина однієї поділки лімба називається **ціною поділки лімба**. Відліки в теодоліті 2Т30 знімають за допомогою *відлікового шкалового мікроскопу*, в поле зору якого передаються зображення відліків з лімбів горизонтального і вертикального кругів. Окуляр відлікового мікроскопу знаходиться поряд з окуляром зорової труби. Верхня частина поля зору передає зображення вертикального круга (позначено літерою *В*), а нижня – горизонтального (позначено літерою *Г*). Поле зору відлікового мікроскопу теодоліту 2Т30 при крузі праворуч (*КП*) та крузі ліворуч (*КЛ*) показане на рис. 9.4.

Відліки в теодоліті 2Т30 складаються з двох частин – *градуси* (знімаються за підписаним штрихом лімба) та *хвилини* (знімаються за шкалою від „0” до підписаного штриха лімба). Ціна найменшої нанесеної поділки шкали –  $5'$ . Відліки хвилин за шкалами знімають на око, з точністю до  $1'$ . Отже, на рис. 9.4 відлік за *ГК* при *КП* =  $125^\circ 13'$ ; відлік за *ГК* при *КЛ* =  $305^\circ 13'$ .

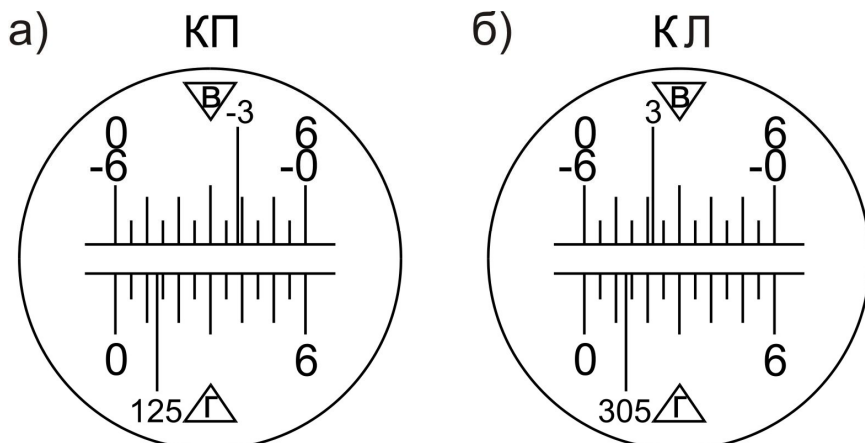


Рис. 9.4. Поле зору відлікового мікроскопу теодоліта 2Т30:  
а) при крузі праворуч; б) при крузі ліворуч

Слід зауважити, що відліки за вертикальним кругом знімаються за таким же принципом, але залежності від знаку кута нахилу необхідно використовувати різні шкали, які мають відповідне оцифрування. *Наприклад* на рис. 9.4, а – відлік на лімбі =  $-3^\circ$ , тому використовуємо шкалу від „-0” до „-6” відраховуючи кількість мінут з *права на ліво*. Отже остаточні відліки на рис. 9.4: за *БК* при *КП* =  $-3^\circ 22'$ ; за *БК* при *КЛ* =  $+3^\circ 22'$ .

**9.4.** Горизонтальні кути можна вимірювати наступними способами:

- 1) спосіб прийомів;
- 2) спосіб кругових прийомів.

*Спосіб прийомів* використовується, коли необхідно виміряти один кут на точці (рис. 9.5, а), а *спосіб кругових прийомів* – коли необхідно виміряти два або більше кутів з однієї вершини (рис. 9.5, б).

Кути *способом прийомів* вимірюють дотримуючись такої послідовності:

- 1) теодоліт встановлюють над вершиною кута і приводять у робоче положення;
- 2) визначають, яка точка буде правою, а яка лівою. Для цього стають у вершині обличчям до кута – за правою рукою буде *права точка*, за лівою – *ліва*;

## Лабораторна робота 12. (2 год)

### *Камеральна обробка матеріалів тахеометричного знімання. Складання топографічного плану*

- 12.1. Обчислення вертикальних кутів.
- 12.2. Обчислення горизонтальних закладень.
- 12.3. Визначення перевищень і висот точок.
- 12.4. Побудова топографічного плану.

**Прилади і обладнання:** журнал тахеометричного знімання, калькулятор.

**12.1. Тахеометрія** – швидкий спосіб одночасного визначення планового та висотного положення точок місцевості. В основі тахеометричного знімання лежить ідея визначення просторового положення точки місцевості одним наведенням зорової труби приладу на рейку, встановлену в цій точці. Точка над якою встановлений прилад називається **станцією**, а точка положення якої визначається під час знімання – **рейковою (пікетною) точкою**.

Суть тахеометричного знімання полягає в тому, що зі станції, просторові координати якої відомі, визначають положення рейкових точок способом полярних координат – за кутом  $\beta$  між орієнтирним напрямком і вибраною точкою та відстанню  $D$  від станції до цієї точки (рис. 12.1). Перевищення  $h$  та горизонтальне прокладання  $d$  визначають за виміряною відстанню  $D$  та вимірним вертикальним кутом  $v$ . Всі польові вимірювання заносять в журнали відповідної форми. Одночасно з цим ведуть **абрис**, на який наносять контури місцевості, а також наближене розташування на місцевості всіх рейкових точок. В результаті тахеометричного знімання складають топографічний план місцевості із зображенням на ньому ситуації та рельєфу.

*Послідовність роботи на станції* при виконанні тахеометричного знімання із застосуванням теодоліта-тахеометра наступний:

- 1) встановлюють прилад над точкою геодезичного обґрунтування і приводять його в робоче положення;

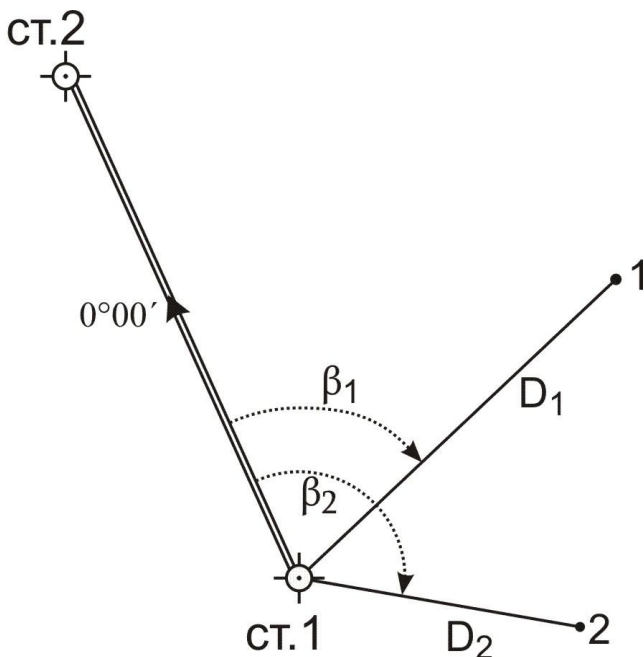


Рис. 12.1. Положення рейкових точок при тахеометричному зніманні

- 2) орієнтують лімб горизонтального круга на один із суміжних пунктів геодезичного обґрунтування:
  - відкріплюють закріпний гвинт аліади горизонтального круга та встановлюють на горизонтальному крузі відлік  $0^{\circ}00'$ ;
  - закріплюють закріпний гвинт аліади горизонтального круга і відкріплюють закріпний гвинт лімба;
  - наводять зорову трубу на точку орієнтування та закріплюють закріпний гвинт лімба (для точного наведення користуються мікрометричним гвинтом лімба);
- 3) вимірюють висоту приладу з точністю до  $1\text{ см}$  (від верху закріпленої точки на місцевості, над якою встановлений теодоліт, до візирної осі труби теодоліта);
- 4) наводять зорову трубу на рейку, встановлену в рейковій точці (пікеті) та знімають відліки (лише при одному положенні круга – КП або КЛ):
  - висота наведення на рейку (за середнім штрихом сітки ниток);
  - за горизонтальним кругом;

- за вертикальним кругом;
  - за верхнім і нижнім віддалемірними штрихами сітки ниток (в журнал записується лише обчислена віддалемірна віддаль  $D$  – див. питання 3 лабораторної роботи 13);
- 5) виконують дії зазначені в *пункті 4* у всіх характерних точках місцевості, після чого переходять на наступну станцію, де повторюють роботи наведені в *пунктах 1-5*.

*Послідовність обробки результатів вимірювань* на станції наступна:

- 1) обчислюють кут нахилу  $v$ ;
- 2) обчислюють горизонтальну проекцію віддалі  $d$  до рейкової точки;
- 3) обчислюють попередні перевищення  $h'$ ;
- 4) обчислюють кінцеві перевищення  $h$  та висоти рейкових точок  $H$ ;
- 5) виконують побудову топографічного плану.

*Вертикальні кути нахилу* за лініями візування на рейковій точці обчислюють в залежності від місця нуля  $MO$  та відліків за вертикальним кругом. Оскільки вимірювання можна виконувати при крузі ліворуч або крузі праворуч, то відповідно маємо дві формули (для теодоліта 2Т30):

$$v = KL - MO, \quad (12.1)$$

або

$$v = MO - KP, \quad (12.2)$$

де  $KL$  і  $KP$  – відліки за вертикальним кругом.

**12.2.** При тахеометричному зніманні віддалі визначаються за допомогою *ниткового віддалеміра* – двох штрихів нанесених на сітку ниток. Визначені таким чином віддалі називаються **віддалемірними** і позначаються  $D$ .

*Горизонтальне прокладання  $d$*  в тахеометрії обчислюється на основі віддалемірної віддалі  $D$  та кута нахилу  $v$  за формулою: