

## ЛЕКЦІЯ 11. КУТОВІ ВИМІРЮВАННЯ У ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБОТАХ

Кутіві вимірювання виконують для визначення куткових залежностей у розташуванні об'єктів і точок місцевості. Для побудови карт і планів використовують не самі кути між лініями (напрямами), а їхні проєкції на горизонтальну та вертикальну площини. У горизонтальній площині знаходять величину кута між двома лініями напрямків, а у вертикальній – кут нахилу лінії візування та (або) денної поверхні у створі лінії.

### 7.1. Принцип вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів

Нехай на місцевості вибрали три точки А, В, С, розташовані на різних висотах (рис. 41). Перебуваючи у точці В, треба виміряти кут між напрямками ВА і ВС. Лінії цих напрямків лежать у похилій площині, яка проходить через точки А, В і С, і утворюють певний кут  $\beta'$ , відмінний від горизонтального. Щоб мати ортогональну проєкцію цього кута, треба через сторони ВА і ВС провести прямовисні площини  $P_1$  і  $P_2$ . Перетин цих площин із горизонтальною площиною Q дасть горизонтальний кут  $\beta$  між проєкціями  $ba$  і  $bc$ , який відповідає горизонтальному куту між напрямками ВА і ВС та підлягає вимірюванню. Цей кут є також мірою двогранного кута, утвореного вертикальними площинами  $P_1$  і  $P_2$ , які проходять відповідно через сторони ВА і ВС кута на місцевості. Звідси випливає, що горизонтальному куту  $\beta$  буде дорівнювати будь-який інший кут, вершина якого розташована у довільній точці прямовисного ребра  $b'b$  двогранного кута АВС, а сторони лежать у площинах  $P_1$  і  $P_2$ .

Для вимірювання кута  $\beta$  у точку  $b'$  поміщають горизонтально розміщений градуйований круг, центр якого лежить на прямовисному ребрі  $b'Bb$ . Сторони двогранного кута, перетинаючи градуйований круг, намітять на ньому дугу  $a'c'$ , яка і є мірою горизонтального кута.

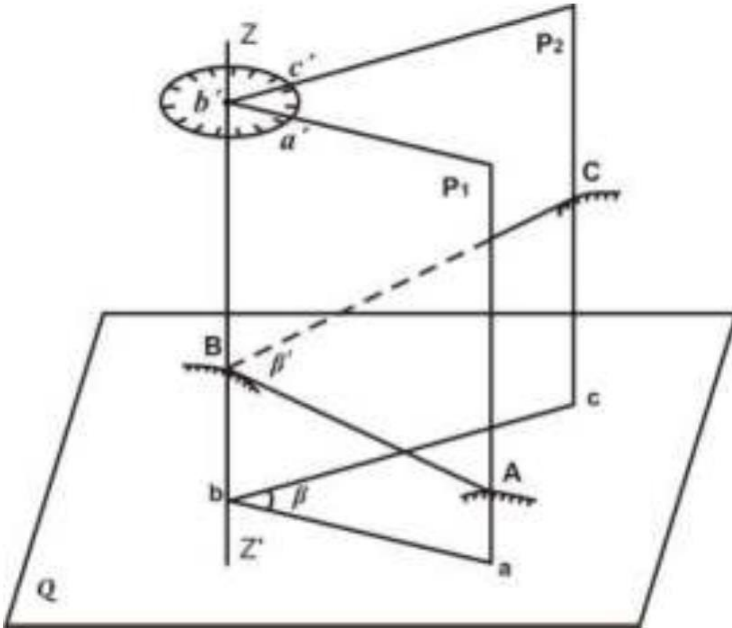


Рис. 41. Принципова схема вимірювання горизонтального кута

Отже, для вимірювання горизонтальних кутів прилад повинен мати у своїй конструкції градуйований горизонтальний круг, який називають **лімбом**, і рухоми вертикальну площину, яка б оберталася навколо прямовисної осі  $ZZ$  – осі приладу (рис. 42). “Лімб” у перекладі з латинської означає “смуга”. У вигляді смуги на периферії лімба нанесено шкалу градусних поділок, які для горизонтального круга підписані від  $0^\circ$  до  $360^\circ$  завжди за ходом годинникової стрілки. Рухому вертикальну площину називають **візирною** (або **колімаційною**). Для її побудови використовують зорову трубу приладу, яка, повертаючись навколо власної горизонтальної осі  $NN_1$ , описує вертикальну площину. Зорову трубу за допомогою її підставок скріплюють з іншим кругом, який повертається навколо вертикальної осі  $ZZ$ . Цей круг називають **алідадою**, що в перекладі з грецької означає “лінійка”. Повертаючи алідаду в горизонтальній площині (лімб нерухомий), послідовно суміщають колімаційну площину зі сторонами двогранного кута і

фіксують на лімбі початок та кінець дуги  $a'c'$ . Елемент, за допомогою якого здійснюють фіксування, називають **відліковим пристроєм**. Найпростіший – це штрих на алідаді, що займає певне положення між градусними поділками лімба. Він дає змогу брати по лімбу відліки у точках  $a'$  і  $c'$ . Під **відліком** розуміють дугу між нульовим штрихом шкали лімба та штрихом алідади, який проектується на шкалу лімба, виміряну в кутових одиницях. Оскільки лімб оцифрований за ходом годинникової стрілки, то горизонтальний кут  $\beta$  визначають як різницю цих відліків, тобто

$$\beta = a' - c'. \quad (7.1)$$

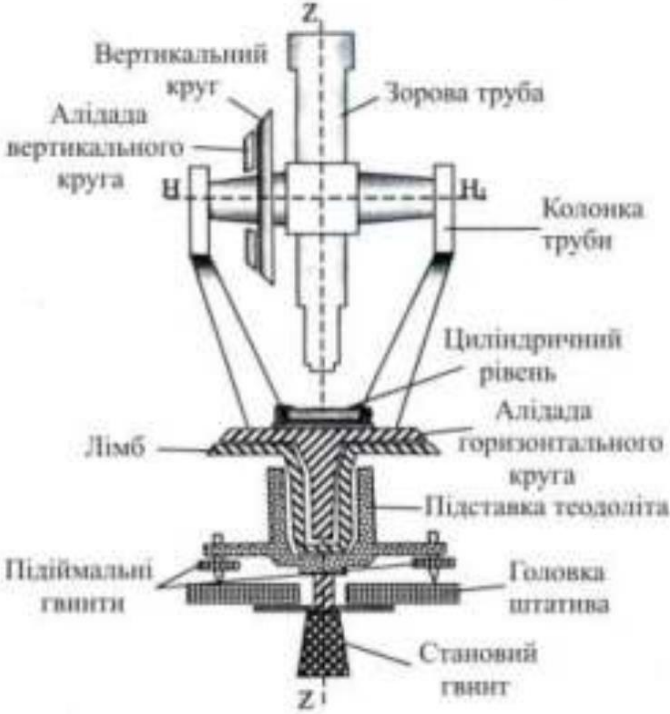


Рис. 42. Схема будови теодоліта

Вертикальні кути напрямів на точки візування лежать у вертикальній площині  $P_1$  (рис. 43). Під вертикальним кутом у геодезії розуміють **кут нахилу**  $v$  між похилою лінією  $BA$  та її проекцією  $ba$  ( $BA_1$ ) на горизонтальну площину або кут  $z$  між  $BA$  і прямовисною лінією  $ZZ'$ , який називають **зенітною відстанню**. Сума цих кутів дорівнює  $90^\circ$ . Якщо точка  $A$  вище  $B$ , то кут нахилу буде додатним, і навпаки. Величина кута не зміниться, якщо трикутник  $BA_1$  перемістити паралельно самому собі уздовж прямовисної лінії у положення  $b_1A_1a_2$ , тобто підняти його на рівень

зорової труби приладу. Якщо у площині  $P_1$  помістити кутомірний круг із центром у точці  $b_1$ , то можна виміряти вертикальний кут нахилу лінії  $b_1A_1$ , який дорівнює значенню кута нахилу напрямку  $BA$  на місцевості за умови, що  $Vb_1=a_1a_2$ . Припустимо, що лінія  $b_1A_1$  може обертатися у площині  $P_1$  навколо горизонтальної осі  $NN$ , яка перетинає під прямим кутом прямовисну лінію  $b_1V$  у точці  $b_1$  і перпендикулярна до площини  $P_1$ .

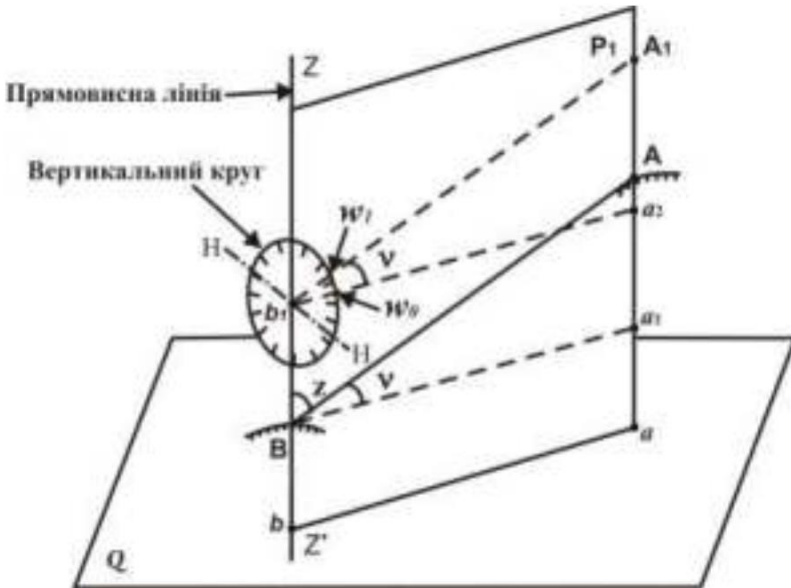


Рис. 43. Принципова схема вимірювання кута нахилу

Це припущення дає змогу вимірювати кути нахилу різних напрямків у площині  $P_1$ . Якщо відлік по вертикальному кутомірному кругу при візуванні на точку  $A_1$  дорівнює  $w_1$ , а горизонтальному положенню лінії відповідає відлік  $w_0$ , то кут нахилу лінії напрямку визначають як

$$v = w_1 - w_0. \quad (7.2)$$

Описаний геометричний принцип вимірювання кутів реалізовано у кутомірному приладі – *теодоліті*. Інструменти цього типу використовують для розгортання державної геодезичної мережі, для прокладання теодолітних ходів опорної знімальної сітки, а також для знімань ділянок місцевості.

За конструктивними особливостями будови теодоліти бувають:

- *механічні* – мають металеві горизонтальні та вертикальні вимірювальні круги;



▪ *оптичні* – зі скляними кругами. Нанесення штрихів на прозоре скло дає змогу за допомогою лінз і призм передавати зображення цих штрихів у поле зору відлікових пристроїв;

▪ *кодові*, градусні вимірювальні круги яких також скляні, а кругові шкали таких теодолітів замінені кодовими знаками, що дає змогу автоматизувати процес вимірювання кутів.

Найважливішою характеристикою теодолітів є точність. Теодоліти за точністю поділяють на три класи:

- високоточні (можна вимірювати горизонтальний кут одним прийомом з точністю до 1,0 секунди);
- точні (до 10,0 секунд);
- технічні (до 30 секунд).

За призначенням серед кутомірних приладів розрізняють:

1. Теодоліти, призначені для вимірювання горизонтальних кутів. Вертикальні круги таких приладів мають або значно меншу точність порівняно з горизонтальними, або їх немає зовсім.

2. Вертикальні круги – для вимірювання вертикальних кутів. Горизонтальні круги таких приладів мають невелику точність. Використовують вертикальні круги тільки в астрономічних спостереженнях.

3. Теодоліти-тахеометри – мають однакову точність горизонтального та вертикального кругів, їхні зорові труби переводяться через зеніт і обладнані пристроями для визначення відстані. Тахеометри широко використовують у топографічних і геодезичних роботах.

4. Гіртеодоліти – слугують для визначення на місцевості напрямку істинного меридіана й азимутів наземних об'єктів.

5. Електронні тахеометри – автоматизовані оптико-електронні прилади, які використовують програмне забезпечення і дають змогу вимірювати горизонтальні та вертикальні кути, й віддалі, а також обчислювати просторові координати точок.