

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

М. О. ПЛІЧЕВА,
Л. О. МАСЛІЙ

ОСНОВИ ГЕОДЕЗІЇ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*(для бакалаврів за спеціальністю 191 – Архітектура та
містобудування)*

Харків – ХНУМГ ім. О. М. Бекетова – 2018

Пілічева М. О. Основи геодезії : конспект лекцій (для бакалаврів за спеціальністю 191 – Архітектура та містобудування) / М. О. Пілічева, Л. О. Маслій ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 89 с.

Автори:

канд. техн. наук М. О. Пілічева,
асист. Л. О. Маслій

Рецензент:

С. Г. Нестеренко, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою земельного адміністрування та геоінформаційних систем, протокол № 1 від 30.08.2018.

© М. О. Пілічева, Л. О. Маслій, 2018

© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018

ЗМІСТ

Вступ	5
Змістовий модуль 1 Геодезичні вимірювання.....	6
1 Загальні відомості з геодезії	6
1.1 Предмет і завдання геодезії	6
1.2 Поняття про форму та розміри Землі.....	7
1.3 Системи координат в геодезії.....	10
1.4 Абсолютні та відносні висоти.....	13
1.5 Кути орієнтування.....	15
2 План, карта, профіль.....	17
2.1 Поняття про топографічний план, карту, профіль земної поверхні.....	17
2.2 Види масштабів.....	21
2.3 Умовні позначення карт і планів.....	23
2.4 Рельєф. Його зображення на планах і картах.....	24
2.5 Розв'язування задач на топографічному плані.....	26
2.5.1 Вимірювання довжин ліній.....	26
2.5.2 Визначення прямокутних координат точки.....	28
2.5.3 Вимірювання та обчислення дирекційних кутів.....	29
2.5.4 Розв'язання прямої та оберненої задач.....	29
2.5.5 Визначення висот точок, перевищень, крутості скатів.....	31
2.5.6 Побудова профілю місцевості.....	33
2.5.7 Визначення меж водозбірної площі.....	34
2.5.8 Визначення площ по топографічній карті.....	35
3 Основні геодезичні вимірювання.....	38
3.1 Поняття про геодезичні вимірювання.....	38
3.2 Вимірювання довжин ліній.....	39
3.3 Вимірювання перевищень.....	44
3.4 Вимірювання кутів.....	50
Змістовий модуль 2 Топографічні роботи.....	57
4 Опорні геодезичні роботи.....	57
4.1 Призначення і класифікація опорних геодезичних мереж.....	57
4.2 Способи створення геодезичних мереж.....	58
4.3 Державна геодезична мережа та мережі згущення.....	60
4.4 Математична обробка результатів вимірювань у теодолітному ході.....	64
4.5 Висотні ходи зйомочної основи.....	67
5 Топографічне знімання.....	70
5.1 Види топографічного знімання.....	70

5.2 Способи теодолітного (горизонтального) знімання.....	70
5.3 Тахеометрична зйомка.....	72
5.4 Побудова топографічного плану.....	74
6 Геодезичні методи вимірювань при розміточних і архітектурних обмірюваннях будівель і споруд.....	78
6.1 Геодезичні розмічувальні роботи.....	78
6.2 Підготовка геодезичних даних для виносу проекту будівництва на місцевість.....	80
6.3 Елементи розмічувальних робіт.....	81
6.4 Виконавче знімання.....	84
6.5 Обмірювальні роботи.....	85
Список рекомендованих джерел.....	88

ВСТУП

Геодезичні методи вимірювань і технології їхнього застосування широко використовуються в багатьох сферах життя людини, не виключенням є і архітектура. За результатами геодезичних вимірювань і топографічних планів архітектори розробляють генеральні плани, проекти детального планування і забудови населених пунктів; визначають межі санітарно-захисних зон, зон особливого режиму використання, забудови; виконують проектування архітектурних пам'яток, ландшафтів тощо.

При цьому майбутній архітектор повинен вміти збирати та управляти інформацією про просторове розташування об'єктів, їх властивостей і взаємозв'язків. Таку інформацію отримують з топографічних планів з урахуванням умовних знаків.

Тому, даний конспект лекцій має своєю головною метою ознайомити майбутніх архітекторів, студентів першого курсу, з основами геодезії, а саме: фігура та форм Землі, системи координат та висот, зміст топографічних карт та планів та широке коло задач, які вирішуються з їхнім використанням, методи і прилади кутових, висотних та лінійних вимірювань, технологію виконання топографічних знімків та основними геодезичними методами вимірювань при розмітчастих і архітектурних обмірюваннях будівель і споруд.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1

ГЕОДЕЗИЧНІ ВИМІРЮВАННЯ

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ З ГЕОДЕЗІЇ

План

- 1. Предмет і завдання геодезії.*
- 2. Поняття про форму і розміри Землі.*
- 3. Системи координат в геодезії.*
- 4. Абсолютні та відносні висоти.*
- 5. Кути орієнтування.*

1.1 Предмет і завдання геодезії

Вивченням Землі, як планети, займаються багато природознавчих наук, серед них особливе місце займає наука геодезія.

Геодезія, як поняття, походить від грецьких слів «я ділю Землю».

Але сучасна геодезія являє собою багатогранну наукову дисципліну, яка вирішує складні наукові, науково-технічні і інженерні задачі через геодезичні виміри та їх інтерпретацію. ***Геодезія – наука про методи вивчення фігури, розмірів та гравітаційного поля Землі, зображення її поверхні на планах та картах, а також способах виконання спеціальних вимірів для розв’язання різних задач народного господарства та оборони країни.***

Завдання геодезії поділяють на наукові та практичні.

До наукових завдань відносять:

- визначення форми і розмірів Землі та її зовнішнього гравітаційного поля;
- дослідження горизонтальних та вертикальних деформацій земної кори;
- дослідження переміщень берегової смуги морів і океанів;
- спостереження переміщень земних полюсів.

Практичні задачі геодезії надзвичайно різноманітні. До їх числа відносять:

- визначення положення окремих точок земної поверхні в обраній системі координат;
- складання карт і планів місцевості;
- виконання вимірювань, необхідних для вишукування, проектування, будівництва і експлуатації будівель і споруд.

Різнманітність наукових і практичних завдань, які вирішуються геодезією, призвели до виділення окремих геодезичних дисциплін, таких як,

топографія, картографія, інженерна (прикладна) геодезія, фотограмметрія, вища геодезія, космічна геодезія, супутникова геодезія та ін.

Питання зйомки великих і малих ділянок земної поверхні є предметом вивчення **топографії** – наукової геодезичної дисципліни, яка займається детальним вивченням земної поверхні в геометричному відношенні та розробкою способів її зображення у вигляді топографічних планів і карт.

Методи зображення сферичної поверхні Землі на площині у вигляді карт та технологію їх виробництва розглядає **картографія**.

Інженерна (прикладна) геодезія – це область геодезичної науки, яка займається вивченням методів геодезичних робіт при вишукуваннях, проектуванні, будівництві і експлуатації інженерних споруд, монтажі та експлуатації технологічного устаткування тощо.

Розвиток діяльності, пов'язаної з вивченням форми та розмірів Землі, гравітаційного поля Землі, горизонтальних і вертикальних рухів її кори, створення високоточної гравіметричної та нівелірної мереж складає предмет **вищої геодезії**.

Значних успіхів геодезія досягла завдяки використанню зйомок земної поверхні з літаків, супутників та інших літальних апаратів для створення топографічних карт і планів. Методи та способи отримання топографічних планів та карт за допомогою космічних і аерофотознімків є предметом **фотограмметрії**. Тоді як **супутникова геодезія** розглядає методи вирішення геодезичних задач за допомогою штучних супутників Землі.

Геодезія тісно пов'язана з такими науками про Землю, як астрономія, географія, геологія, геофізика. Методи розв'язання задач геодезії ґрунтуються на широкому використанні математики, фізики, електроніки та інформатики.

1.2 Поняття про форму та розміри Землі

Точні знання про фігуру та розміри Землі необхідні в різних галузях науки і техніки: для зображення земної поверхні на планах та картах, при запуску штучних супутників Землі і космічних ракет, в авіації, морському плаванні, при будівництві крупних інженерних споруд.

В наш час під фігурою Землю розуміють фігуру, обмежену фізичною поверхнею Землі, тобто поверхнею її твердої оболонки на суші і поверхнею морів та океанів у їх спокійному стані.

Тривалий час за загальну фігуру Землі приймалась складна фігура, названа **«геоїдом»**, що в перекладі з грецької мови означає землеподібний.

Для пояснення поняття «геоїд» використовується поняття **«рівнева поверхня»** – це замкнута поверхня, яка в кожній своїй точці перпендикулярна прямовисній лінії, тобто сили тяжіння (рис. 1.1).

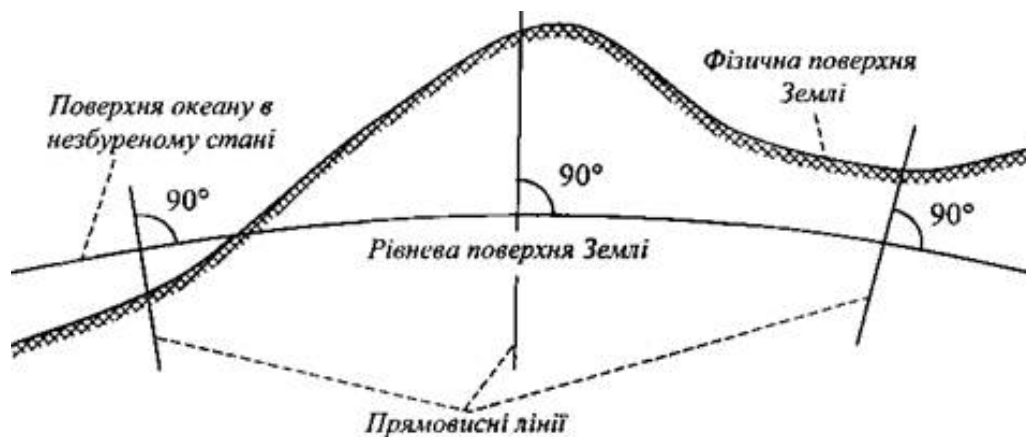


Рисунок 1.1 – Фізична та рівнева поверхні Землі

Рівневих поверхонь, що огинають Землю можна провести безліч, тому за основну рівневу поверхню приймається та, котра співпадає з поверхнею води в океанах і відкритих морях в спокійному стані, тобто з середнім рівнем океану. Якщо основну рівневу поверхню продовжити під континентами, то утворюється замкнута хвиляста поверхня без складок і ребер, що охоплює все тіло Землі. Тіло, обмежене такою поверхнею, називається **геоїдом** (рис. 1.2).

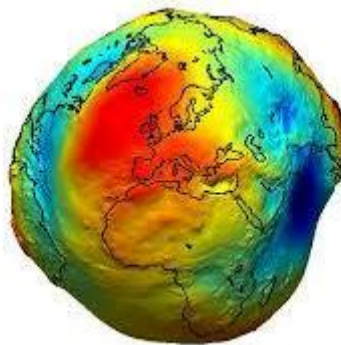


Рисунок 1.2 – Геоїд

Поверхня геоїда в математичному відношенні є складною для вирішення практичних задач. Тому для геодезичних обчислень беруть правильну математичну поверхню тіла, найбільш близького до геоїда – еліпсоїд обертання. Ця фігура утворюється обертанням еліпса навколо його малої осі PP' , яка співпадає з віссю обертання Землі (рис. 1.3). Розміри еліпсоїда

характеризуються довжинами його півосей: a – велика піввісь, b – мала піввісь і полярним стисненням α :

$$\alpha = \frac{a - b}{a}$$

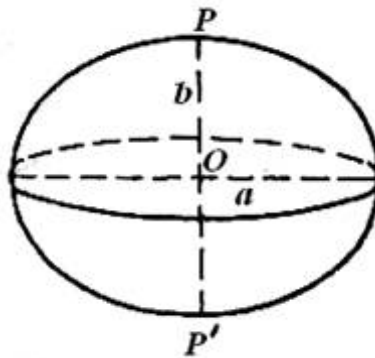


Рисунок 1.3 – Земний еліпсоїд

Лінії перерізу поверхні еліпсоїда площинами, які проходять через вісь обертання, називають **меридіанами** і являються еліпсами. Лінії перерізу поверхні сфероїда площинами, перпендикулярними до осі обертання, називаються **паралелями** і є колами.

Параметри еліпсоїда мають бути такими, щоб він найближче підходив до геоїда. В випадку, коли еліпсоїд найбільш близький до фігури Землі в цілому, його називають загальним **земним еліпсоїдом**. В окремих країнах (або в групі країн) під час обробки геодезичних вимірів використовують еліпсоїди з параметрами, отриманими за результатами геодезичних робіт на території даної країни або декількох країн. Такі «робочі» еліпсоїди називаються **референц-еліпсоїдами**.

Розміри земного еліпсоїда визначали за результатами геодезичних вимірювань неодноразово. В Україні прийнятий референц-еліпсоїд Красовського, параметри якого такі:

$$a = 6\,378\,245 \text{ м,}$$

$$b = 6\,356\,863 \text{ м,}$$

$$\alpha = 1:298,3.$$

У більшості країн світу використовується еліпсоїд WGS-84 (World Geodetic System 1984). Він характеризується параметрами:

$$a = 6\,378\,137 \text{ м,}$$

$$b = 6\,356\,753 \text{ м,}$$

$$\alpha = 1:298,2572236.$$

1.3 Системи координат в геодезії

Положення точок на фізичній поверхні Землі визначається **координатам** – величинами, які характеризують розміщення точок відносно початкових площин, ліній і точок, котрі визначають вибрану систему координат.

Системи координат, які застосовуються в геодезії, можна розділити на просторові (пов'язані з еліпсоїдом) і плоскі. Просторові поділяються на геодезичну (географічну) та геоцентричну системи координат, плоскі – прямокутну та полярну системи координат.

У геодезичній (географічній) системі координат координати належать до прийнятого референц-еліпсоїда і визначаються положенням нормалі до поверхні еліпсоїда (рис. 1.4).

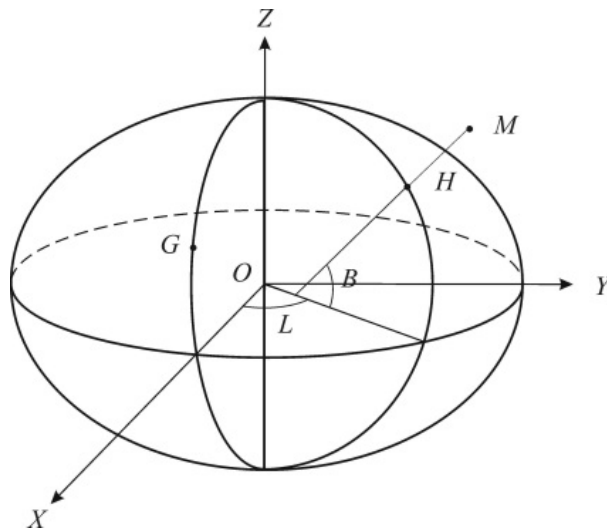


Рисунок 1.4 – Геодезична (географічна) система координат

Координатними площинами в геодезичній системі координат є площина екватора та площина початкового меридіана. В даній системі координат положення точки M на фізичній поверхні Землі визначається трьома координатами: геодезичною широтою B , геодезичною довготою L , геодезичною широтою H .

Геодезичною широтою точки називається гострий кут B між площиною екватора і нормаллю до поверхні еліпсоїда в даній точці (рис. 1.4). Широти відраховуються від площини екватора до полюсів і змінюються від 0° до 90° . Широти точок, розміщених в північній півкулі, називаються північними і мають знак «+», широти точок південної півкулі – південними, мають знак «-».

Геодезичною довготою точки називається двогранний кут L , утворений площиною початкового меридіана і площиною меридіана, який проходить через дану точку. За початковий меридіан прийнято меридіан, який проходить

через цент головного залу Грінвицької обсерваторії (Англія). Довготи відраховують від 0° до 180° до сходу та заходу від початкового меридіана і, відповідно, називаються східними або західними.

Геодезичною висотою точки називається віддаль по нормалі під поверхні еліпсоїда до точки місцевості. Вона відраховується від поверхні еліпсоїда в бік зростання висот. Висоти точок, що розміщуються нижче поверхні еліпсоїда, будуть від'ємним.

В останній час при розв'язанні геодезичних задач велике значення набирає **геоцентрична система прямокутних просторових координат** (рис. 1.5).

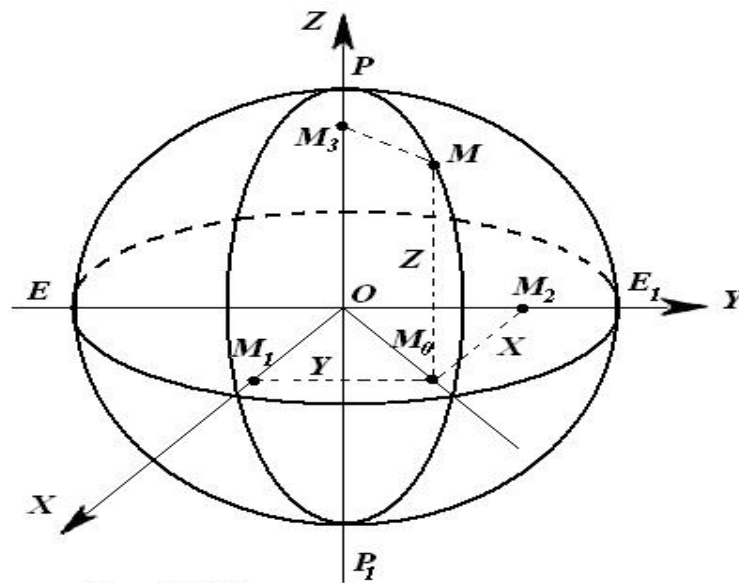


Рисунок 1.5 – Геоцентрична система прямокутних просторових координат

Початок координат даної системи розміщується у центрі мас Землі. Вісь OZ направлена вздовж вісі обертання Землі в напрямку північного полюсу. Вісь OX лежить у площині екватора і пов'язана з Грінвицьким меридіаном. Вісь OY доповнює систему координат до правої. Координати точки M визначаються відрізками:

$$X = OM_1 = OM_2; Y = OM_2 = OM_1; Z = OM_3 = OM.$$

Застосування географічної системи координат при геодезичних обчисленнях створює значні труднощі. Тому в геодезії застосовують спеціальні проекції, які дають змогу перенести точки поверхні Землі на площину за математичними законами. Тоді положення точок стає можливим визначати в найбільш простій **плоскій системі прямокутних координат** X, Y .

В Україні прийнята рівнокутна проекція еліпсоїда на площині й відповідна їй система координат Гауса-Крюгера.

Суть цієї системи полягає в такому:

1. Земний еліпсоїд розбивається меридіанами на зони (протяжністю 3° або 6° за довготою). Нумерація зон ведеться від Грінвіцького меридіана на схід (рис. 1.6, а).

2. Земний еліпсоїд умовно розміщують в поперечному циліндрі (рис. 1.6, б).

3. Кожна зона окремо проектується на площину таким чином, щоб середній (осьовий) меридіан кожної зони був зображений прямою лінією без спотворень (рис. 1.6, в). Екватор також зображується прямою лінією, перпендикулярною до осьового меридіану.

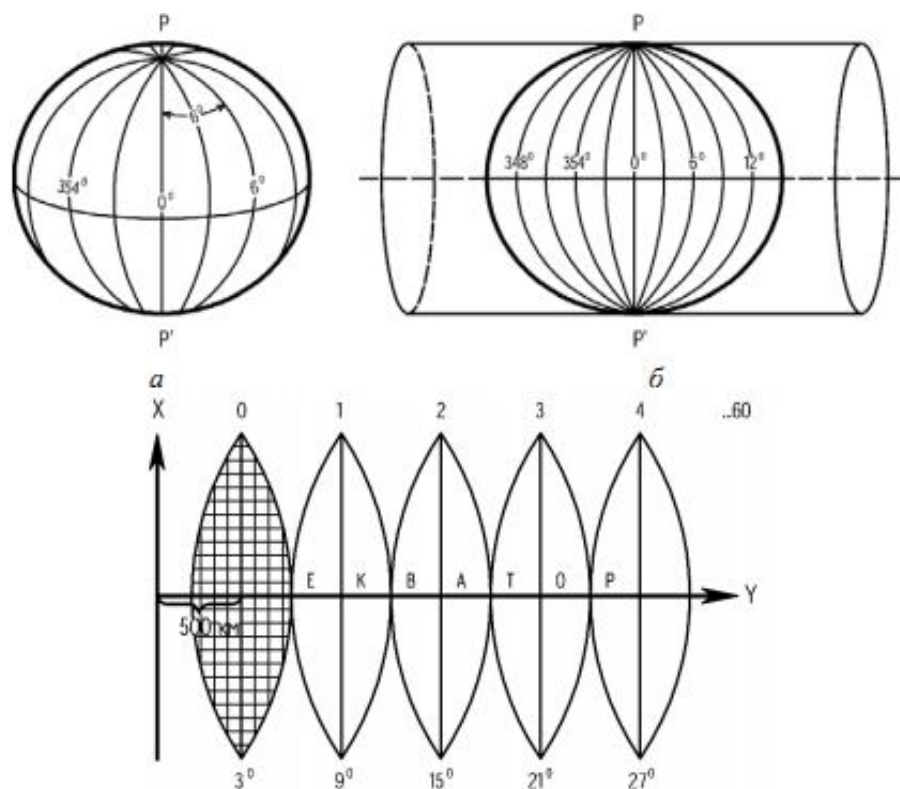


Рисунок 1.6 – Система плоских прямокутних координат Гауса-Крюгера

За початок відліку координат в кожній зоні приймають перетин осьового меридіана – вісь абсцис x і екватора – вісь ординат y . Лінії, які паралельні зображенню осьових меридіанів і екватору, утворюють прямокутну координатну сітку.

Абсциси в системі координат Гауса-Крюгера відраховуються від екватора на північ і південь; на північ від екватора абсциси додатні, а на південь –

від'ємні. Ординати на схід від осьового меридіану мають знак плюс, на захід – мінус.

Система координат в кожній зоні однакова. Для визначення зони, до якої належить точка з даними координатами, до ординати зліва дописують номер зони. Щоб не мати від'ємних ординат, точкам осьового меридіана умовно приписують ординату 500 км. Тоді всі точки на схід і захід від осьового меридіана будуть мати додатні ординати.

Проводячи геодезичні знімання часто користуються **системою полярних координат**. За початок системи координат (полюс) приймають точку, координати якої відомі (точка 1), а за початковий напрям – напрям на іншу точку з відомими координатами (напрямок 1-2). Положення точки А на місцевості визначають кутом θ між початковим напрямом та напрямом на дану точку і відстанню до неї d (рис 1.7). Кути відраховують за годинниковою стрілкою.

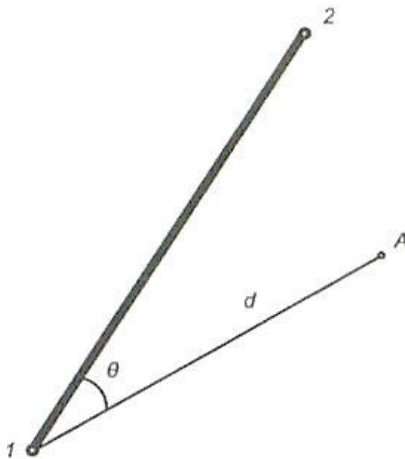


Рисунок 1.7 – Система полярних координат

1.4 Абсолютні та відносні висоти

Взаємне положення точок у вертикальній площині характеризується висотами точок.

Через кожну точку на поверхні Землі можна провести рівневу поверхню. При невеликих віддальх між точками можна вважати, що рівневі поверхні паралельні одна одній (рис. 1.8). **Висотою** точки називається відрізок перпендикулярної лінії від цієї точки до певної рівневої поверхні, прийнятої за початок відліку висот.

Якщо висоту точки визначають відносно основної рівневої поверхні, то такі висоти називаються **абсолютними**, які переважно позначаються буквою H .

За основну рівневу поверхню в Україні прийнята поверхня, яка проходить через нуль Кронштатського футштоку. Футшок являє собою мідну пластину, закріплену в уступі мосту через Обвідний канал в м. Кронштадті. Нанесена на пластині горизонтальна риска відповідає середньому рівню води в Балтійському морі. Тому система висот має назву Балтійська.

Але за початок відліку висот може бути прийнята будь-яка рівнева поверхня, наприклад, рівнева поверхня, яка проходить через точку A (рис. 1.8). Висоти, обчислені відносно деякої умовної рівневої поверхні називаються **умовними** або **відносними**. Умовна висота H' точки A дорівнює нулю, а точки B – відрізку BB'' .

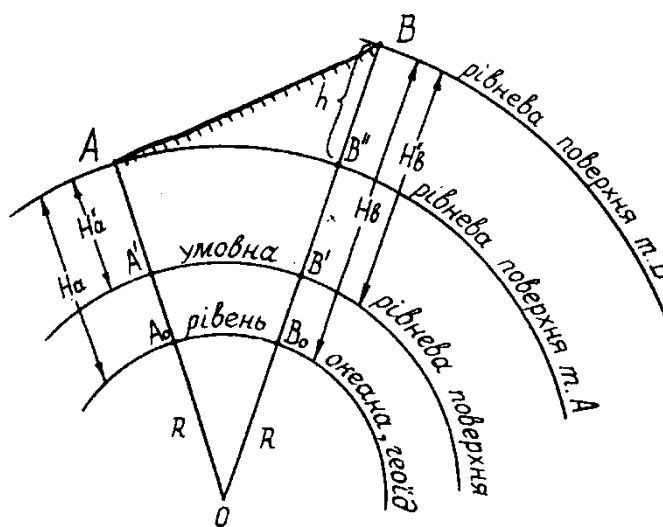


Рисунок 1.8 – Абсолютні та відносні висоти

Висота однієї точки відносно рівневої поверхні іншої точки називається відносною висотою або **перевищенням** h цих точок. Таким чином, перевищення дорівнює різниці абсолютних або умовних висот двох точок. Для точок A і B можна записати:

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A.$$

Геодезичні виміри, в результаті яких визначаються перевищення або висоти точок місцевості, називаються **нівелюванням**.

Якщо відома висота точки A та виміряне перевищення h між точками A і B , то висота точки B обчислюється за формулою:

$$H_B = H_A + h_{AB}.$$

1.5 Кути орієнтування

Орієнтування ліній на місцевості полягає в визначенні її напрямку відносно іншого напрямку, прийнятого за початковий. Положення лінії, що орієнтується, визначається горизонтальним кутом від початкового напрямку до напрямку даної лінії за рухом стрілки годинника.

В залежності від того, який напрям обрано початковим, для орієнтування користуються: істинним (географічним) азимутом, магнітним азимутом, дирекційним кутом.

Істинним (географічним) азимутом A називається горизонтальний кут між північним напрямком істинного (географічного) меридіана і напрямом даної лінії по ходу стрілки годинника (рис. 1.9). Азимут може набувати значення від 0° до 360° . Істинний азимут лінії одержують з астрономічних спостережень або за допомогою спеціальних геодезичних приладів – гіротеодолітів та гірокомпасів.

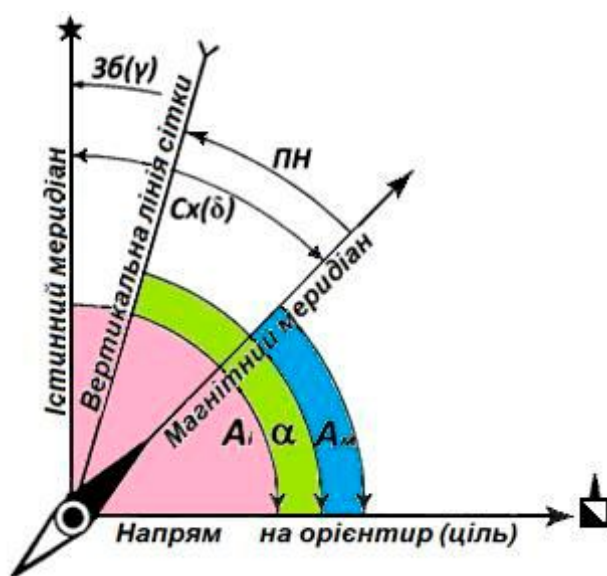


Рисунок 1.8 – Кути орієнтування

Магнітний азимут A_M – це кут між північним напрямком магнітного меридіана та напрямом даної лінії за рухом стрілки годинника (рис. 1.8). Магнітний азимут визначається за допомогою компаса або бусолі.

Магнітний та географічний полюси Землі на співпадають, тому магнітний та істинний меридіани в точці створюють кут δ , який називають магнітним схиленням.

Дирекційним кутом α лінії називають горизонтальний кут, який відраховують за годинниковою стрілкою від північного напрямку осьового

меридіана або лінії, що паралельна йому, до заданого напрямку (рис. 1.8).

Для пов'язування істинного азимуту та дирекційного кута напрямку використовується **зближення меридіанів** γ – кут, утворений північним напрямком істинного меридіана, який проходить через дану точку, і північним напрямком осового меридіана або лінії, що паралельна йому.

Зручність застосування дирекційних кутів полягає в тому, що при орієнтуванні можна використовувати сітку плоских прямокутних координат топографічних карт та планів.

В залежності від розташування лінії на місцевості дирекційні кути, як і азимути, можуть мати величину від 0° до 360° . Розрізняють прямий (α_{AB}) та зворотній (α_{BA}) дирекційні кути, котрі по величині відрізняються на 180° .

$$\alpha_{AB} = \alpha_{BA} \pm 180^\circ; \alpha_{BA} = \alpha_{AB} \pm 180^\circ.$$

При розрахунках дирекційних кутів використовують румби. **Румб** r – гострий кут, який відраховують від найближчого осового меридіана або лінії, що паралельна йому до заданого напрямку (рис. 1.9, а).

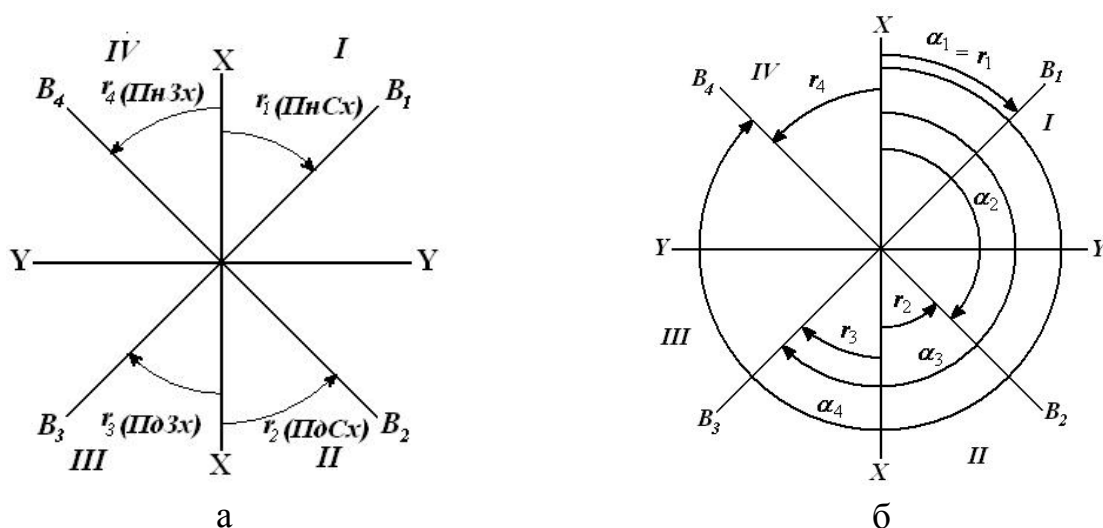


Рисунок 1.9 – Румби та їх геометричний зв'язок з дирекційними кутами

Румби набувають значення в межах від 0° до 90° і мають літерне позначення, яке вказує на чверть, в якій знаходиться румб, наприклад ПдСх: $45^\circ 30'$.

Між дирекційними кутами і румбами існує зв'язок, який дозволяє, знаючи дирекційний кут, обчислювати румб і навпаки (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Зв'язок між дирекційними кутами і румбами

Четверть	I	II	III	IV
Значення дирекційного кута, α°	$0^\circ \leq \alpha_1 \leq 90^\circ$	$90^\circ \leq \alpha_2 \leq 180^\circ$	$180^\circ \leq \alpha_3 \leq 270^\circ$	$270^\circ \leq \alpha_4 \leq 360^\circ$
Значення румба, r	$r_1 = \alpha_1$ (ПнСх)	$r_2 = 180^\circ - \alpha_2$ (ПдСх)	$r_3 = \alpha_3 - 180^\circ$ (ПдЗх)	$R_4 = 360^\circ - \alpha_4$ (ПнЗх)

2 ПЛАН, КАРТА, ПРОФІЛЬ

План

1. *Поняття про топографічний план, карту, профіль земної поверхні.*
2. *Види масштабів.*
3. *Умовні позначення карт і планів.*
4. *Рельєф. Його зображення на планах і картах.*
5. *Розв'язування задач на топографічному плані.*

2.1 Поняття про топографічний план, карту, профіль земної поверхні

Фізична поверхня Землі досить складна. Для її вивчення і розв'язання практичних та інженерних задач фізичну поверхню Землі зображають на планах і картах. Для отримання останніх точки земної поверхні A, B, C, D (рис. 2.1) проєктують на поверхню (площину) перпендикулярами Aa, Bb, Cc, Dd .

Зображення просторового об'єкта опусканням перпендикулярів із характерних його точок на поверхню (площину) називають **ортогональною проєкцією**.

В тих випадках, коли на площині зображують значну територію, неможливо не зважати на кривизну Землі; її слід враховувати. На значних за розмірами територіях проєктування контурів прямовисними лініями виконують вже на сферичну поверхню або поверхню еліпсоїда (рис. 2.1, а). При цьому прямовисні лінії слід вважати не паралельними між собою, а такими, що перетинаються в центрі сфери.

При зображенні великих ділянок земної поверхні, через певні інтервали у вибраній проєкції будують зображення ліній меридіанів і паралелей, які перетинаються, і таким чином утворюють картографічну сітку. Всередині

картографічної сітки розміщують контури місцевості. Така побудова називається картою.

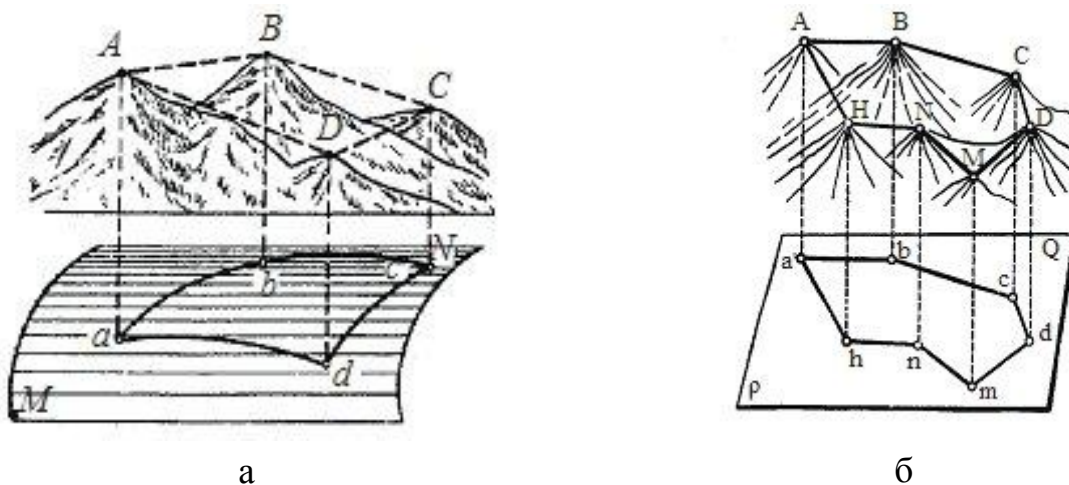


Рисунок 2.1 – Побудова зображення методом ортогональної проекції

Іншими словами, **карта** – це зменшене узагальнене зображення на площині всієї поверхні Землі або значної її частини, складене в прийнятій картографічній проекції з урахуванням кривизни рівневої поверхні.

Карти поділяють на загальногеографічні, тематичні й топографічні.

На **загальногеографічних картах** зображають як фізико-географічні елементи місцевості у вигляді рельєфу, гідрографії, ґрунтово-рослинного покриття, так і соціально-економічні елементи, як населені пункти, кордони, дороги тощо.

До тематичних карт відносять:

- карти, на яких один із елементів загальногеографічної карти (наприклад, рельєф) зображується з особливою повнотою і детальністю, порівняно з іншими елементами, частина яких може бути навіть пропущена;
- карти, на яких всі елементи загальногеографічної карти зображені не повно і спрощено, але додатково нанесені дані, які характеризують, наприклад, клімат, ґрунти, рослинність, корисні копалини або будь-які економічні та екологічні відомості.

Загальні географічні карти масштабу 1:1000000 і більших називають **топографічними**. Залежно від масштабу топографічні карти поділяють на:

- оглядово-топографічні, масштаб 1:1000000 і 1:500000;
- великомасштабні (1:2000, 1:5000, 1:10000);
- середньомасштабні (1:25000, 1:50000, 1:100000);
- дрібномасштабні (1:200000, 1:500000, 1:1000000).

Загальні вимоги до зображення місцевості на топографічних картах:

1. Карта має бути точною.
2. Карта має бути точною і зрозумілою, тобто повинна легко читатись.
3. Умовні знаки мають бути однаковими і обов'язковими для усіх відомств, які займаються складанням карт.
4. Карта має відображувати дійсну картину місцевості.
5. Необхідно правильно узагальнювати карту (генералізувати).

Якщо необхідно зобразити невелику ділянку місцевості (в межах площі круга діаметром до 20 км), то відповідну їй частину рівневої поверхні можна прийняти за горизонтальну площину. При цьому прямовисні (ортогональні) лінії слід вважати паралельними між собою (рис. 2.1, б). Таким чином, отримаємо план.

Тобто, **планом** місцевості називається зменшене подібне зображення горизонтальної проекції невеликої ділянки місцевості, в межах якого кривизна рівневої поверхні не враховується. Головна особливість плану – це однаковість масштабу у всіх його частинах і геометрична подібність контурів на плані контурам на місцевості.

На планах зображується рельєф і ситуація, тобто природні об'єкти фізичної поверхні Землі та все те, що створено на ній працею людини. **Ситуація** – це сукупність контурів і нерухомих предметів місцевості (будівлі, поля, ліси, яри, дороги тощо). До **рельєфу** відносяться нерівності земної поверхні природного походження. Плани, на яких зображується тільки ситуація, називають **ситуаційними**. Якщо на планах, крім ситуації, умовними знаками показано і рельєф місцевості, то вони називаються **топографічними**.

Листи топографічних карт мають три рамки: внутрішню, мінутну і зовнішню (рис. 2.2).

Внутрішня рамка утворена відрізками паралелей (ліній рівних широт), які обмежують зображення місцевості з півночі і півдня, і відрізками меридіанів (ліній рівних довгот), які обмежують зображення зі сходу і заходу. В кутах карти на продовженні меридіанів вказана їх довгота, а на продовженні паралелей – широта.

Між внутрішніми і зовнішніми рамками побудована мінутна сітка, що являє собою дві паралельні лінії, розділені за широтою і довготою на мінутні інтервали. Кожна мінута довготи і широти поділена точками на шість частин, відстань між якими відповідає десяти секундам.

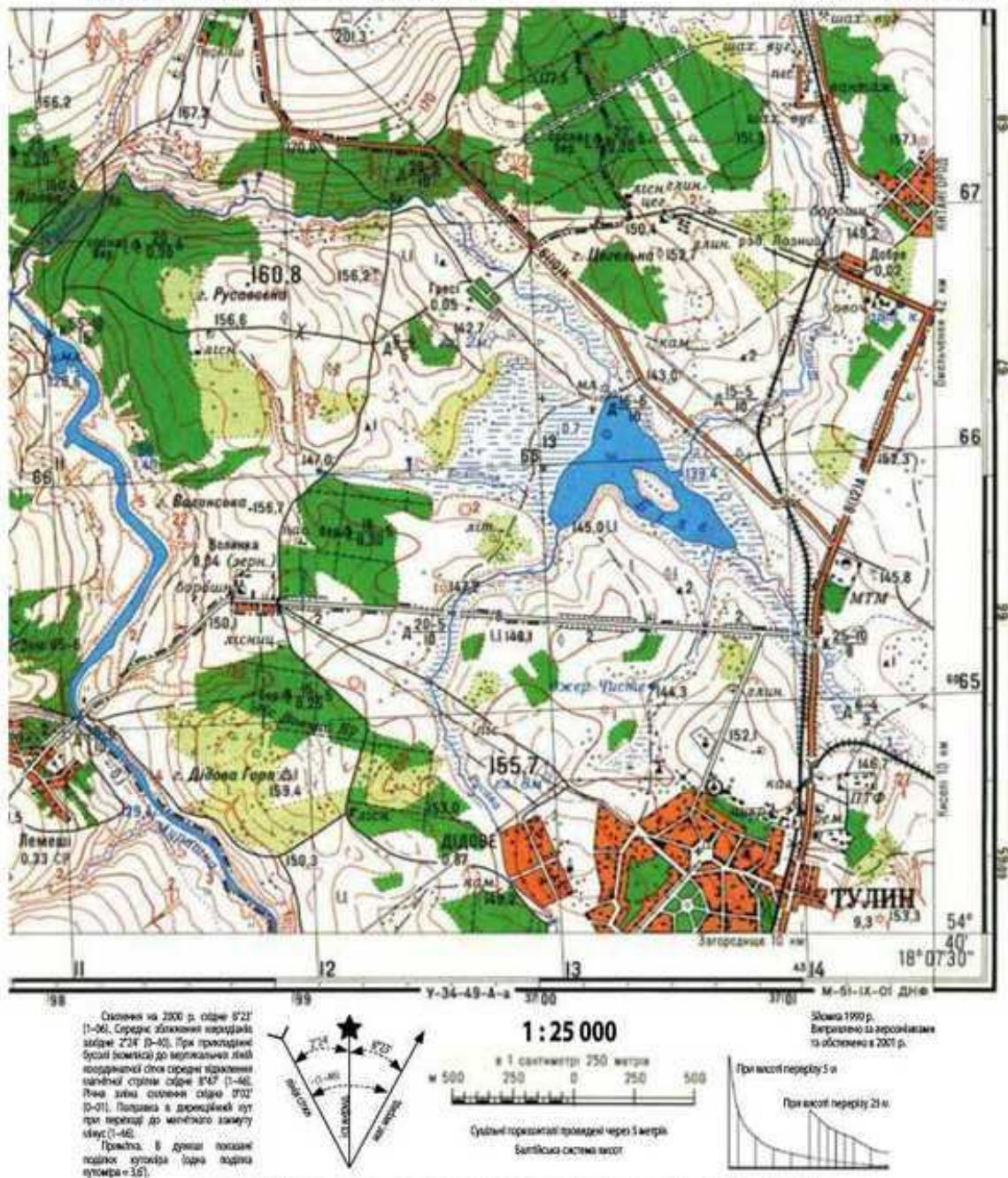


Рисунок 2.2 – Фрагмент аркуша топографічної карти

Крім сітки меридіанів і паралелей на топографічних картах показана прямокутна сітка координат X і Y . Лінії прямокутної сітки проведені через інтервали, що відповідають цілій кількості кілометрів. Кожна лінія кілометрової сітки продовжена за поле карти, де підписані значення X і Y в кілометрах. Повні значення X підписують на крайніх, північній і південній лініях кілометрової сітки, наприклад, 6019 км, на проміжних лініях пишуть десятки і одиниці кілометрів 20, 21 і т. д. Повне значення Y із зазначенням номера зони підписують біля крайніх західної і східної лінії кілометрової сітки,

наприклад, 3452, де 3 – номер зони. У проміжку між крайніми лініями підписують десятки й одиниці кілометрів координати Y .

Посередині лінії зовнішньої рамки в розриві з усіх чотирьох боків указані номенклатури суміжних листів. Над північною рамкою вказана номенклатура листа, а в дужках – назва найбільшого населеного пункту, розміщеного на цій карті.

Під південною рамкою листа карти підписані масштаби карти (чисельний, іменований і лінійний), висота перетину рельєфу, система висот. Під південно-західним кутом рамки знаходиться схема взаємного розміщення істинного, магнітного і осьового меридіанів з приведенням величин середнього наближення меридіанів і магнітного схилення, річного схилення магнітної стрілки. Під південно-східним кутом розміщений графік закладень.

На топографічних планах лінії паралелей і меридіанів та мінутна рамка відсутня. Лінії сітки прямокутних координат проведені через 10 см. Їх виходи за внутрішню рамку підписують у кілометрах (для масштабів 1:5000 і 1:2000) або в метрах (для масштабів 1:1000 і 1:500).

Зображення на площині вертикального перетину поверхні місцевості в будь-якому напрямку, побудоване за певними привалами, називають **профілем місцевості**. Профіль характеризує рельєф по вибраній лінії місцевості. Профілі найчастіше використовують при будівництві лінійних споруд: залізниць, автомагістралей, каналів, тунелів, підземних комунікацій.

2.2 Види масштабів

Масштаб топографічної карти або плану – це відношення довжини відрізка на карті (плані) до довжини відповідного горизонтального відрізка на місцевості.

Масштаб може бути виражений в числовій, іменованій і графічній (лінійній або поперечній) формах.

Числовий масштаб має вигляд простого дробу $\frac{1}{M}$ або співвідношення $1:M$. Число M називається знаменником масштабу і показує, у скільки разів зменшені лінії місцевості при їх зображенні на карті (плані). Так, для масштабу 1:5000, $M = 5000$ одному міліметру на карті відповідають 5000 мм або одному сантиметру на карті відповідають 5000 см на місцевості. Чим менше знаменник чисельного масштабу, тим крупнішим вважається масштаб і, навпаки. Чисельний масштаб величина умовна і не залежить від системи лінійних мір.

Іменований масштаб – це відношення одиниці довжини відрізка на карті

(плані) до відповідної довжини на місцевості, який пишуть словами. Наприклад, для карти масштабу 1:25000 «в 1 сантиметрі 250 метрів».

Лінійний масштаб зображується у вигляді відрізка подвійної лінії, розділеної на однакові інтервали a , які називаються основою масштабу (рис. 2.3).

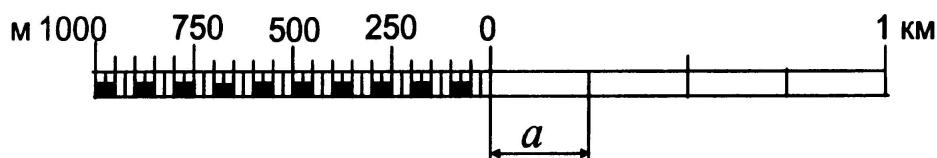


Рисунок 2.3 – Зображення лінійного масштабу на топографічній карті масштабу 1:25000

Зазвичай відрізок a дорівнює одному або двом сантиметрам. Кожну поділку лінійного масштабу цифрують. Ліву основу масштабу від нульового індексу ділять на 10 рівних частин для більш точних вимірювань. Долі ділення оцінюють на око.

Поперечний масштаб зображується у вигляді поперечної шкали, утвореної поділками, довжини яких дорівнюють a , $a/10$, $a/100$. Найбільше застосування знаходять шкали з $a = 2$ см (рис. 2.4).

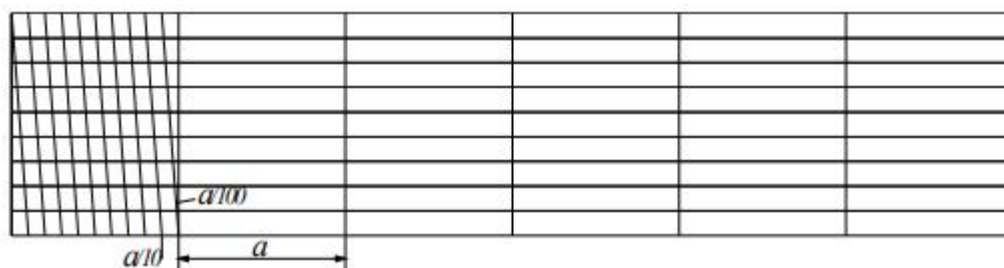


Рисунок 2.4 – Шкала поперечного масштабу

Точність масштабу є важливою його характеристикою. Вважається, що око людини може розрізнити на кресленні дві точки, якщо відстань між ними не менше 0,1 мм. Прийнято вважати величину 0,1 мм **граничною графічною точністю** побудови на картах і планах. Довжина відрізка на місцевості, що відповідає в даному масштабі 0,1 мм на плані чи карті, **називається точністю масштабу (t)**. Так, для масштабу 1:5000 – $t = 0,5$ м; для масштабу 1:25000 – $t = 2,5$ м.

2.3 Умовні позначення карт і планів

На картах і планах місцевість зображують за допомогою умовних знаків. При цьому використовують обов'язкові для всіх установ стандартні умовні знаки (рис. 2.5). Умовні знаки систематизовані і надруковані у вигляді спеціальних довідників.

Умовні знаки поділять на позамасштабні, масштабні (контурні), лінійні й пояснювальні.

Позамасштабні умовні знаки застосовують для зображення об'єктів, невеликі розміри яких не дозволяють виразити їх в масштабі карти (рис. 2.5, а), наприклад, дорожні показники, окремі дерева, стовпи, свердловини та ін. Положення об'єкта на планах і картах при зображенні його поза масштабним знаком фіксується точкою цього знака: центр знака або середина основи знака.

Масштабні (контурні) умовні знаки складаються із зовнішнього контуру, що обмежує даний об'єкт, і умовних знаків всередині контуру (рис. 2.5, б). Масштабні (контурні) умовні знаки застосовують для зображення об'єктів, що виражаються в масштабі карти або плану, наприклад, будівлі, майдани, угіддя, болота, озера та ін. Порядок розміщення умовних знаків всередині контуру точно визначений і залежить від об'єкту.

а	б	в	г
<p>Шурф 2.0 1.5</p> <p>Пляж 5.0</p> <p>Свердловина 2.0 Нафт. 25 152.32 0.4</p> <p>Пункт державної геодезичної мережі 0.2 Норка 277.02 277.60 3.0</p>	<p>Поверхня кам'яна</p> <p>Зарості на болоті</p> <p>Пасовище з групами чагарників</p>	<p>Стінка підпірна кам'яна прямокутна</p> <p>ЛЕП низької напруги на стовпах 8,0-1,0</p> <p>Дорога автомобільна без покриття</p>	<p>Яр</p> <p>Скелясті обриви</p>

Рисунок 2.5 – Умовні знаки

Лінійні умовні знаки застосовують для зображення витягнутих об'єктів, ширина яких не може бути виражена в масштабі карти або плану (рис. 2.5, в), наприклад, інженерні мережі, дороги та інше.

Пояснювальні умовні знаки використовують як додаткову характеристику об'єкта (рис. 2.2), наприклад, назви населених пунктів, позначки, довжина, ширина і вантажопідйомність мостів, матеріал стін, кількість поверхів будинків, напрямок і швидкість течії річок.

Для більшої наочності і кращого читання карти і плани виготовляють різнокольоровими. Ріки, ширина яких показується в масштабі карти, озера, ставки зафарбовуються в голубий колір, береги – в синій або зелений, зелені насадження – в зелений, у коричневий колір – рельєф, дороги – в рожевий або оранжевий, населені пункти – в рожевий і т.д.

2.4 Рельєф. Його зображення на планах і картах

Під **рельєфом місцевості** розуміють сукупність нерівностей земної поверхні.

На топографічних планах необхідно забезпечити не тільки наочне уявлення про топографічну поверхню, але й можливість інженерних розрахунків. Тому на сучасних топографічних планах і картах рельєф зображують горизонталями.

Горизонталь – це умовна замкнена крива лінія, яка з'єднує точки земної поверхні з однаковими абсолютними або умовними висотами. Горизонталь також можна уявити як слід від перетину земної поверхні з горизонтальною площиною (рис. 2.5).

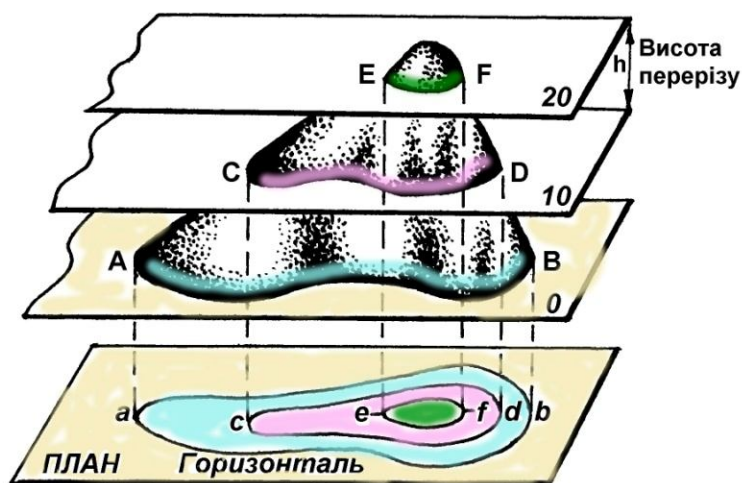


Рисунок 2.5 – Зображення рельєфу горизонталями

Відстань між сусідніми горизонталями вздовж прямовисної лінії називають **висотою перетину рельєфу** (h), її підписують на кожному аркуші карти під чисельним масштабом. Вона може приймати значення 0,25; 0,5; 1,0; 2,0; 5,0; 10,0; 20,0; 50,0; 100,0, залежно від рельєфу та масштабу карти (плану).

Позначки горизонталей кратні висоті перетину рельєфу. Для полегшення читання рельєфу кожен п'яту горизонталь проводять потовщеною лінією і підписують її висоту в розриві горизонталі згідно з напрямом схилу місцевості (верх підпису вказує напрямок підвищення схилу). В деяких випадках для більш детального відображення рельєфу застосовують напівгоризонталі (позначаються штриховими лініями), висоти яких кратні половині висоти перетину рельєфу. На відміну від основних горизонталей, напівгоризонталі можна обривати, як тільки в них минає потреба.

Горизонтальна відстань d між сусідніми горизонталями називається **закладенням**. Закладення характеризує величину нахилу рельєфу місцевості. Чим нахил більше, тим менше закладення. Для візуального визначення напрямку схилів перпендикулярно до горизонталі проставляють бергштрихи, направлені в бік зниження схилу.

Крім горизонталей для характеристики рельєфу підписують висоти характерних точок (наприклад, вершини, колодязя, перехрестя доріг).

Форма горизонталей дозволяє судити про форму рельєфу. При всій різноманітності рельєфу розрізняють деякі основні форми рельєфу: гора, улоговина, лощина, хребет та сідловина (рис. 2.6).

Гора, пагорб – куполоподібне підвищення земної поверхні. Найвища точка – вершина, бокова поверхня – схили, нижня частина – основа або підосва гори.

Улоговина, котловина – це чашоподібне заглиблення земної поверхні, яке не має стоку води. Найнижча точка – дно, бокові поверхні – схили, лінія перетину з рівнинною місцевістю – бровка.

Гора і улоговина на карті (плані) зображують замкнутими кривими. Але вони мають різні бергштрихи, які на горизонталях гори спрямовані від її вершини до основи, на горизонталях улоговини – в напрямку до дна.

Хребет – витягнута в одному напрямку опукла форма земної поверхні. Хребет зображується на картах та планах випуклими від вершини горизонталями. Умовна лінія, що з'єднує найвищі точки хребта, є **вододільною лінією**, або водорозділом (вододілом). Вона проходить перпендикулярно горизонталям і точках їх найбільшої випуклості.

Лощина – це витягнуте з нахилом заглиблення земної поверхні, що зображується на картах і планах угнутими до вершини горизонталями. Вісь

лощини називають **тальвегом** (або **водостоком**, або **лінією водозбору**). Лінія водозбору на карті або плані проходить перпендикулярно горизонталям у місцях їх найбільшої увігнутості.

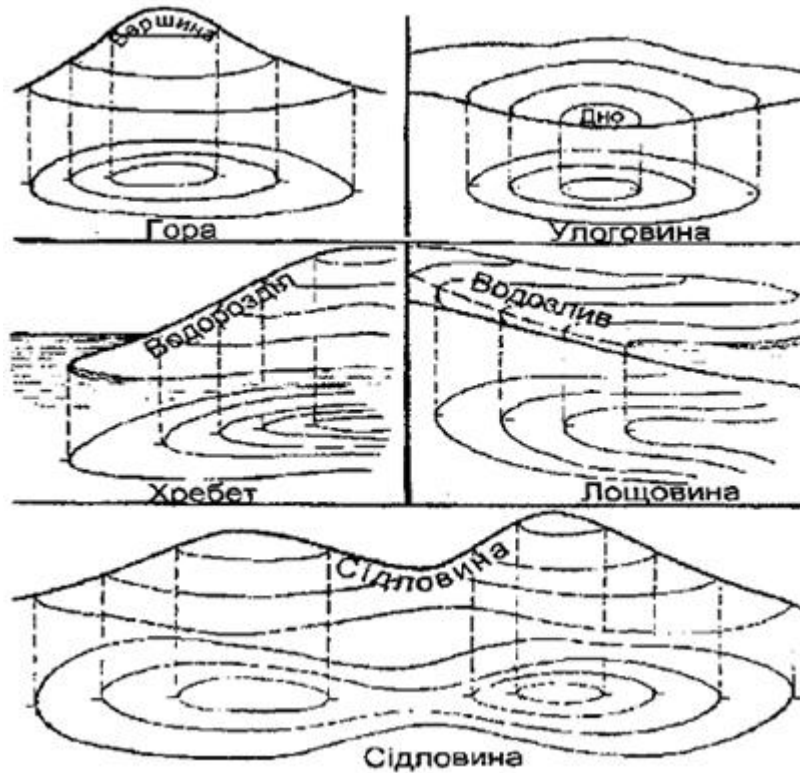


Рисунок 2.6 – Основні форми рельєфу

Сідловина – пониження між двома сусідніми гірськими вершинами або підвищення, що нагадує за своєю формою сідло.

2.5 Розв’язування задач на топографічному плані

2.5.1 Вимірювання довжин ліній

Для вимірювання прямих відрізків ліній на карті або плані використовують масштаби: чисельний, лінійний, поперечний.

Відрізки ліній вимірюють за допомогою лінійок або вимірників. Шукане горизонтальне прокладення на місцевості S обчислюють як добуток довжини відрізка l , вимірюваного на плані, й знаменника масштабу M за формулою:

$$S = l \cdot M.$$

Наприклад, на плані масштабу 1:2000 накреслена пряма лінія АВ, довжина

якої виміряна лінійкою і складає $l = 35,2$ мм. Тоді горизонтальне лінії АВ на місцевості буде дорівнювати:

$$S_{AB} = l \cdot M = 35,2 \cdot 2000 = 70400 \text{ мм} = 70,4 \text{ м.}$$

Щоб не зосереджуватися на обчисленнях, довжину лінії можна визначити за допомогою лінійного масштабу. Наприклад, довжина основи масштабу, зображеного на рисунку 2.6, складає 40 м. Ціна найменшої поділки крайньої лівої основи масштабу дорівнює 4 м.

Відрізок беруть в розхил циркуля-вимірника і прикладають до лінійного масштабу, як показано на рисунку 2.6.

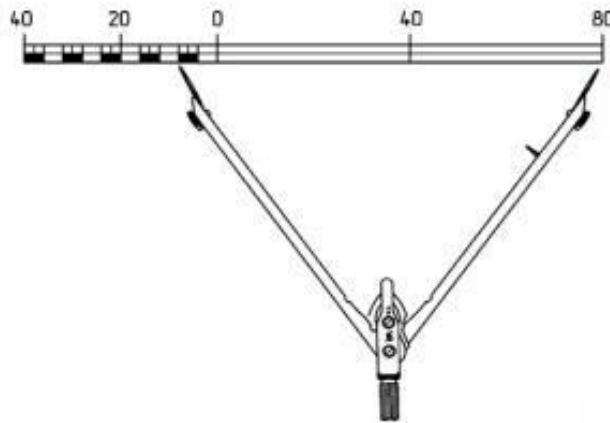


Рисунок 2.6 – Вимірювання довжини лінії за допомогою лінійного масштабу

Довжина лінії на місцевості буде дорівнювати числу метрів, підписаних над поділкою, з якою співпала права ніжка циркуля-вимірника (80 м), і числу метрів, які вміщуються між нулем і лівою ніжкою циркуля-вимірника (8 м).

$$S_{AB} = 80 \text{ м} + 8 \text{ м} = 88 \text{ м.}$$

З метою підвищення точності вимірювань використовують поперечний масштаб (рис. 2.7). Для масштабу 1:2000 основа поперечного масштабу (2 см) буде дорівнювати 40 м. Одна десята частина основи дорівнює 4 м, одна сота частина основи – 0.4 м. Взявши в розхил циркуля-вимірника відстань між точками А і В, переносять її на поперечну шкалу так, щоб права голка вимірника знаходилася на перпендикулярі, а ліва голка – на похилій лінії.

Потім слід підрахувати n_1 – число поділок a , n_2 – число поділок $a/10$, n_3 – число поділок $a/100$. Довжину лінії визначають так:

$$S = l_1 + l_2 + l_3 = n_1 \cdot a + n_2 \cdot a/10 + n_3 \cdot a/100.$$

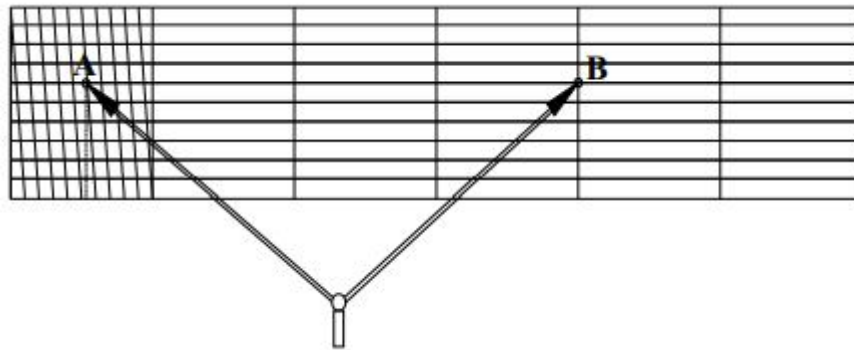


Рисунок 2.7 – Вимірювання довжини лінії за допомогою поперечного масштабу

Довжина лінії АВ (рис. 2.7) буде такою:

$$S_{AB} = 3 \cdot 40 + 4 \cdot 4 + 6 \cdot 0,4 = 138,4 \text{ м.}$$

2.5.2 Визначення прямокутних координат точки

Прямокутні координати точок (x, y) визначають відносно ліній координатної сітки. Для цього спочатку визначають координати x_i та y_i південно-західного кута квадрата, в якому знаходиться точка. З даної точки опускають перпендикуляри на західну та південну сторони квадрата і за допомогою чисельного або поперечного масштабу визначають їх довжину, отримуючи таким чином прирости Δx і Δy (рис. 2.8).

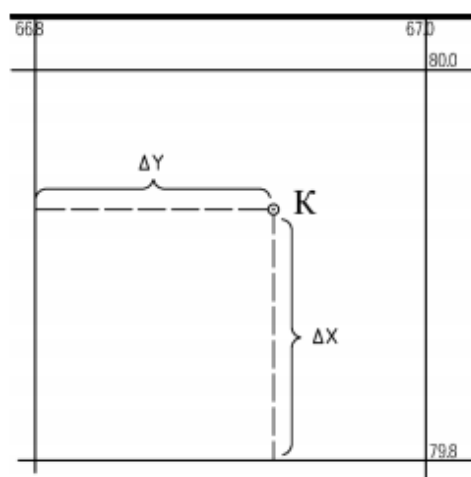


Рисунок 2.8 – Визначення приростів координат

Тоді прямокутні координати x, y заданої точки визначаються за

формулами:

$$x_K = x_i + \Delta x,$$

$$y_K = y_i + \Delta y,$$

де x_i, y_i – координати південно-західного кута координатної сітки;

$\Delta x, \Delta y$ – прирости координат заданої точки відносно південно-західного кута.

2.5.3 Вимірювання та обчислення дирекційних кутів

Для вимірювання дирекційного кута лінії через її початкову точку проводять пряму, паралельну до осі абсцис. Вимірюють дирекційний кут геодезичним транспортиром за годинниковою стрілкою від північного напрямку осі абсцис до напрямку заданої лінії. При цьому центральну позначку транспортера суміщають з початковою точкою лінії (рис. 2.9).

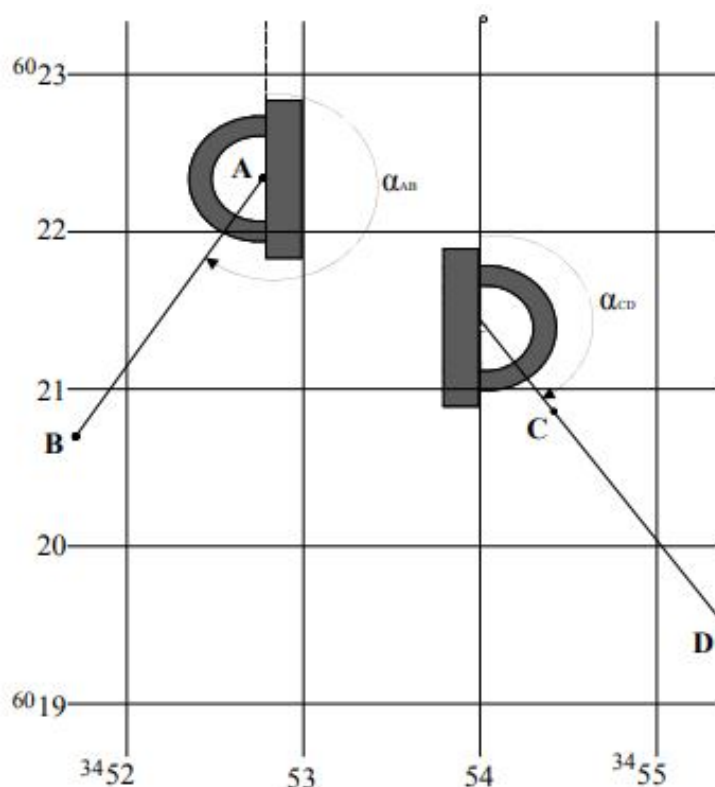


Рисунок 2.9 – Вимірювання дирекційного кута

2.5.4 Розв’язання прямої та оберненої задач

При прокладанні полігонів та вирішенні інших інженерно-геодезичних задач потрібно передати координати з одних точок на інші. Якщо відомо

координати однієї точки і потрібно визначити координати іншої, то для вирішення задачі знімають горизонтальну відстань між точками і дирекційний кут. Такий процес називають прямою геодезичною задачею.

Пряма геодезична задача полягає у визначенні координат кінцевої точки лінії за довжиною її горизонтального прокладання, напрямком та координатами початкової точки (рис. 2.9).

Координати точки B можна обчислити за формулами:

$$x_B = x_A + \Delta x,$$

$$y_B = y_A + \Delta y.$$

Прирости координат Δx та Δy визначають:

$$\Delta x = S \cdot \cos \alpha,$$

$$\Delta y = S \cdot \sin \alpha.$$

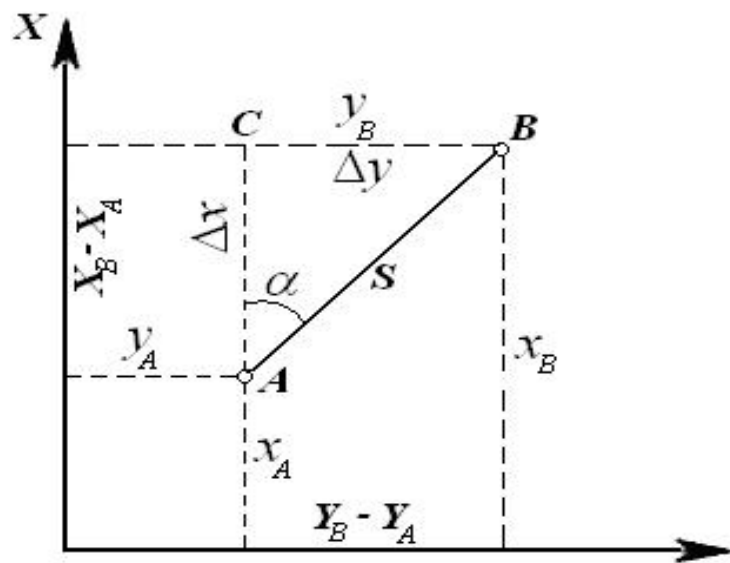


Рисунок 2.9 – Сутність прямої та оберненої геодезичних задач

Обернену геодезичну задачу вирішують під час прив'язки полігонів до опорних пунктів геодезичної мережі, при будівництві тунелів, метрополітену, інших інженерних споруд.

Обернена геодезична задача полягає у визначенні довжини горизонтального прокладання і дирекційного кута напрямку лінії за відомими координатами її початкової і кінцевої точок.

$$r = \operatorname{arctg} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \operatorname{arctg} \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}.$$

Далі за знаками приростів координат визначають четверть, в якій знаходиться румб (табл. 2.1), і за формулами, наведеними у таблиці 1.1, обчислюють дирекційний кут.

Таблиця 2.1 – Знаки приростів координат

I четверть	II четверть	III четверть	IV четверть
$+\Delta X$	$-\Delta X$	$-\Delta X$	$+\Delta X$
$+\Delta Y$	$+\Delta Y$	$-\Delta Y$	$-\Delta Y$

Довжину лінії обчислюють за теоремою Піфагора:

$$S = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2} = \frac{\Delta x}{\cos \alpha} = \frac{\Delta y}{\sin \alpha}.$$

2.5.5 Визначення висот точок, перевищень, крутості скатів

Висоти точок місцевості можна встановити за горизонталями на карті (плані). Якщо точка лежить на горизонталі, то висота її дорівнює висоті даної горизонталі.

Якщо точка лежить між горизонталями, то для визначення її висоти необхідно провести через цю точку лінію схилу AB між горизонталями (рис. 2.10).

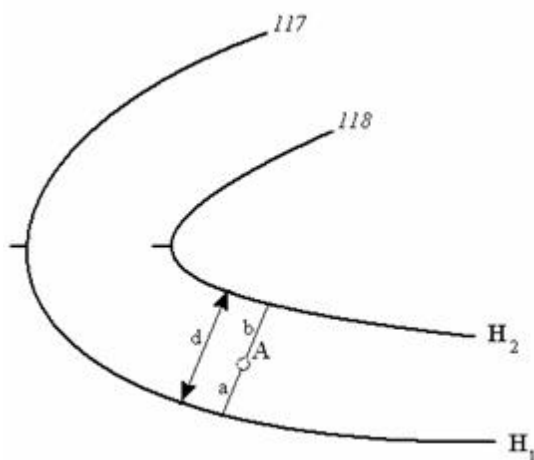


Рисунок 2.10 – Визначення висот точок по горизонталям

Висота точки A дорівнює:

$$H = H_0 + h,$$

де H_0 – відмітка найближчої до точки горизонталі з меншою висотою;

h – перевищення точки над горизонталлю.

Враховуючи, що висота між сусідніми горизонталями змінюється пропорційно закладенню, для обчислення перевищення (h) використовують формулу:

$$h = \frac{a}{d} h_1,$$

де d – закладення;

a – відстань від точки до найближчої горизонталі з меншою висотою;

h_1 – висота перетину рельєфу.

За перевищенням h між початковою і кінцевою точками лінії і горизонтальним прокладенням d між ними можна визначити крутість ската.

Мірою крутості скату лінії виступає її **ухил** i , який визначається тангенсом кута нахилу v .

Із рисунка 2.11 маємо наступне:

$$i = \operatorname{tg} v = \frac{h}{d}.$$

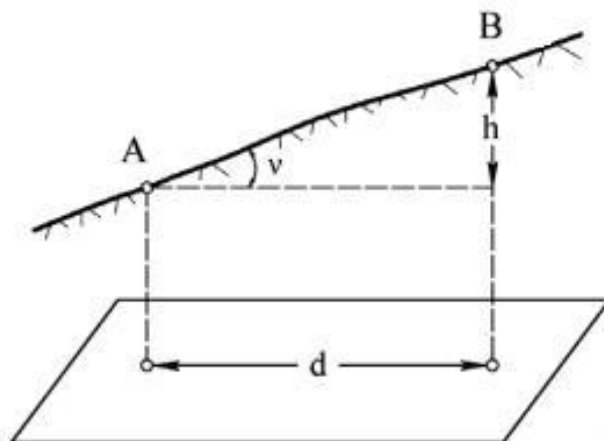


Рисунок 2.11 – Ухил лінії

Ухил – це перевищення, яке припадає на одиницю горизонтального прокладення. Ухил виражається в процентах (%) або проміле (‰).

2.5.6 Побудова профілю місцевості

Лінія AB , вздовж якої необхідно побудувати профіль місцевості, називається профільною лінією (на рис. 2.12).

На профільну лінію накладають смугу міліметрового паперу, і на ній позначають виходи всіх горизонталей і їх відмітки.

Потім цю смугу переносять на сітку профілю, підписують відмітки горизонталей і проводять перпендикуляри з усіх точок. В масштабі профілю відкладають висоти точок на відповідних перпендикулярах.

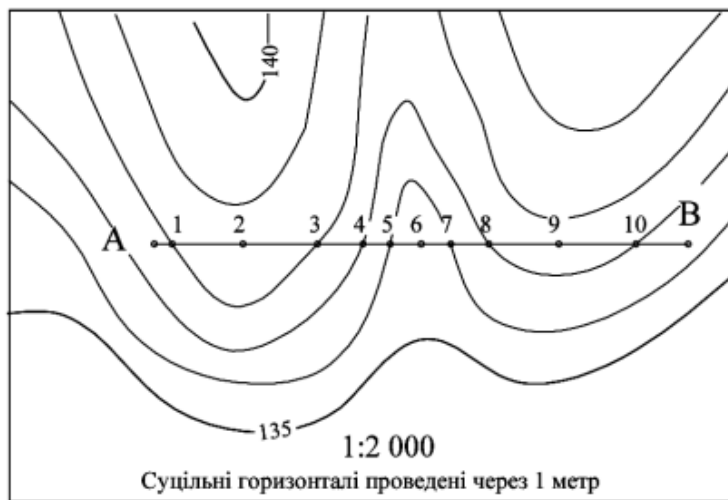


Рисунок 2.12 – Профільна лінія

Кінці перпендикулярів з'єднують ламаною лінією, яка є зображенням профілю місцевості (рис. 2.13). Для кращого сприйняття і підвищення точності вертикальний масштаб беруть в 10 разів крупніший за горизонтальний.

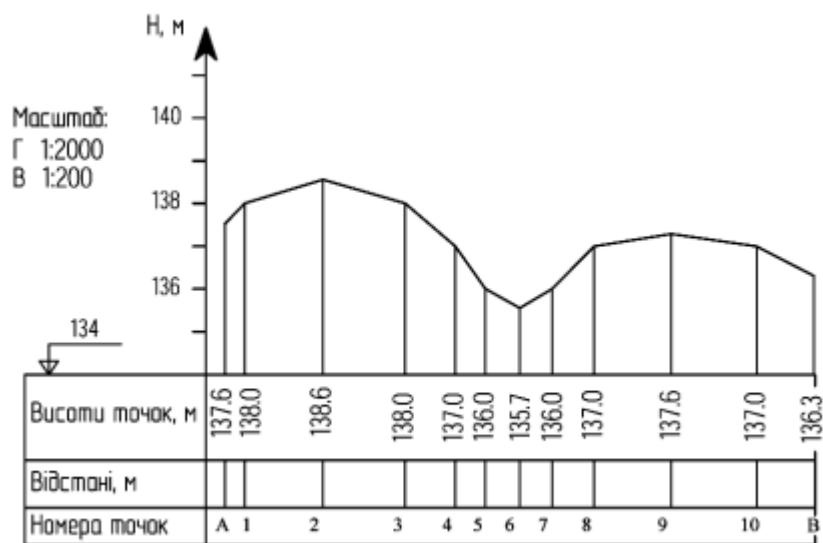


Рисунок 2.13 – Профіль місцевості за напрямом AB

2.5.7 Визначення меж водозбірної площі

Водозбірною площею називається територія, з якої вода за умовами рельєфу збирається в даний водостік (річку, лощину, ярок і т.д.). Межами водозбірної площі служать вододільні лінії. Вони проходять по перпендикулярах до випуклих горизонталей, по лініях хребтів, через вершини і середини сідловин. Цими лініями басейн обмежується у верхній частині і з боків, а у нижній частині – греблею, земляним полотном автомобільної дороги або залізниці.

Отже, для визначення водозбірної площі на карті визначають положення ліній вододілу, що її обмежують. Межа водозбірної площі повинна бути замкненою.

На рисунку 2.14 горизонталями утворена лощина, поверхня якої поступово знижується в напрямі до залізниці. Лінія, що проходить по найнижчих точках лощини, утворює водостік або тальвег. Потрібно визначити водозбірну площу, з якої буде стікати вода до точки *K* лощини.

Лінія, що проходить по найнижчих точках лощини, утворює водостік або тальвег. Потрібно визначити водозбірну площу, з якої буде стікати вода до точки *K* лощини.

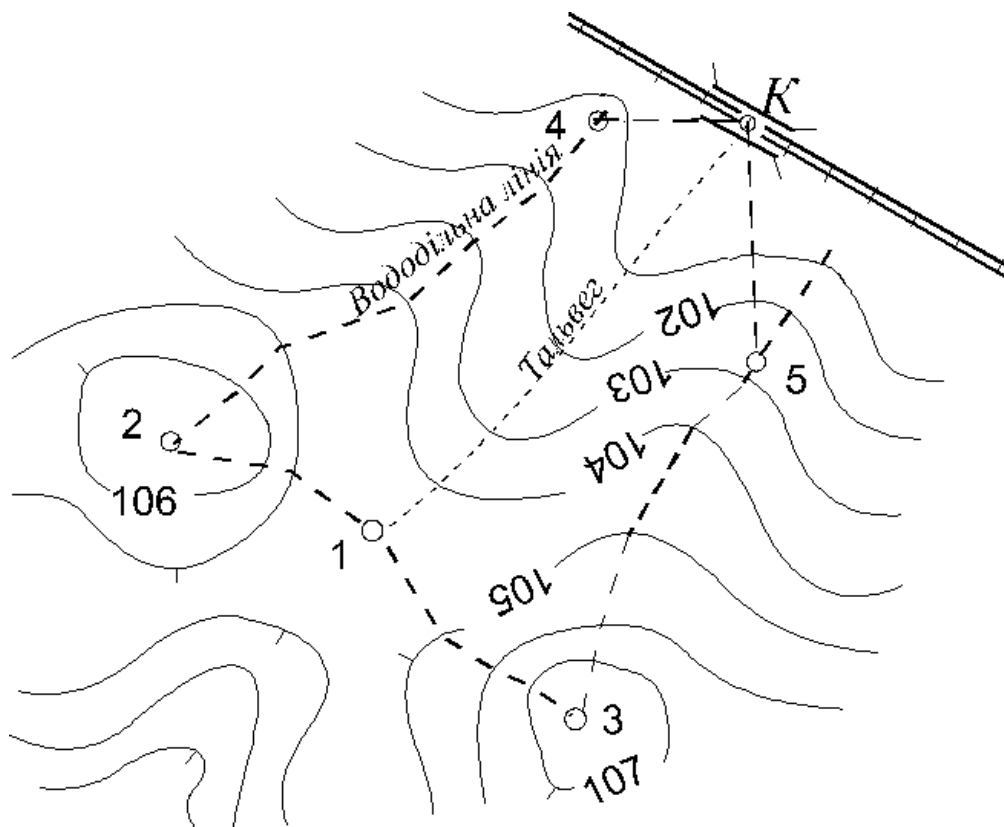


Рисунок 2.14 – Межі водозбірної площі

Для розв'язання цієї задачі знаходять у верхів'ї лощини сідловину (точку 1) і найближчі до неї вершини (точки 2 і 3). Проводять між ними лінію вододілу 2-1-3. Лінії вододілу з обох боків лощини (2-4) та (3-5) проводять по нормалі до випуклих горизонталей. Від точки *K* до точок 4 і 5 лінії вододілу проводять лінії найбільшого нахилу рельєфу місцевості. Отримана таким чином лінія $K - 4 - 2 - 1 - 3 - 5 - K$, перпендикулярна у всіх своїх точках до горизонталей, обмежує водозбірну площу для точки *K* лощини.

2.5.8 Визначення площ по топографічній карті

Визначення площ ділянок по топографічних картах засноване на геометричній залежності між площею фігури і її лінійними елементами. Масштаб площ дорівнює квадрату лінійного масштабу.

Графічний спосіб полягає у розмітці даної на топографічному плані ділянки на прості геометричні елементи, частіше усього трикутники, трапеції, прямокутники (рис. 2.15).

За допомогою циркуля-вимірювача визначають довжини сторін геометричних фігур, вираховують їх площу, складають і одержують площу ділянки. Що дрібніший масштаб топографічної карти, то меншою буде точність визначення площі ділянки.

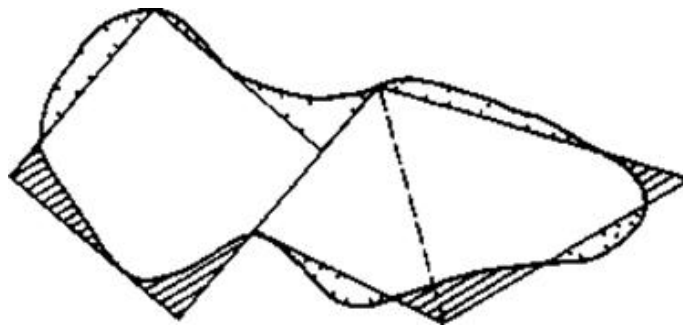


Рисунок 2.15 – Випрямлення криволінійних кордонів ділянки і розбивка його площі на прості геометричні фігури

Вимірювання площ ділянок, що мають складну неправильну конфігурацію, частіше роблять за допомогою палеток, що дає найбільш точні результати. **Сіткова (квадратна) палетка** являє собою прозору пластину з сіткою квадратів (рис. 2.16).

Палетку накладають на вимірюваний контур і по ній підраховують кількість клітин і їх частин, які опинилися всередині контуру. Частки неповних квадратів оцінюються на око, тому для підвищення точності вимірювань

застосовуються палетки з дрібними квадратами (зі стороною 2–5 мм). Перед роботою на даній карті визначають площу одного квадрату.

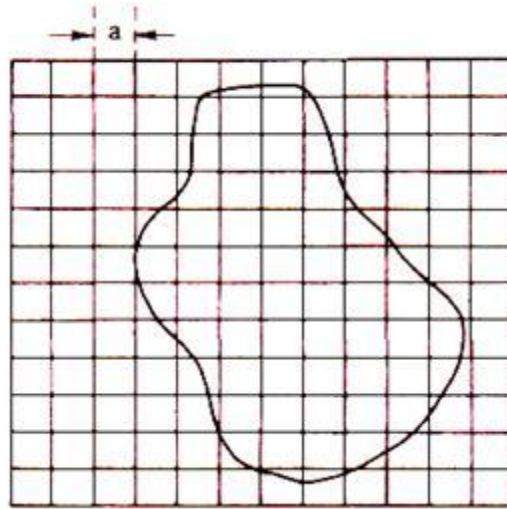


Рисунок 2.16 – Квадратна палетка

Площа ділянки розраховується за формулою:

$$P = n \cdot a^2,$$

де a – сторона квадрата, виражена в масштабі карти;

n – кількість квадратів та їх частин, що потрапили в межі контуру вимірюваної ділянки.

Для підвищення точності площа визначають кілька разів з довільною перестановкою використовуваної палетки в будь-яке положення, в тому числі і з поворотом щодо її початкового положення. За остаточне значення площі приймають середнє арифметичне з результатів вимірювань.

На **лінійній (паралельній) палетці** нанесено рівновіддалені паралельні прямі (рис. 2.17). Вимірюваний ділянку, при накладенні на нього палетки, виявиться розділеним на ряд трапецій з однаковою висотою h . Відрізки паралельних ліній всередині контуру (посередині між лініями) є середніми лініями трапецій. Для визначення площі ділянки за допомогою цієї палетки необхідно суму всіх вимірних середніх ліній $\sum l$ помножити на відстань між паралельними лініями палетки h (з урахуванням масштабу).

$$P = \sum l \cdot h.$$

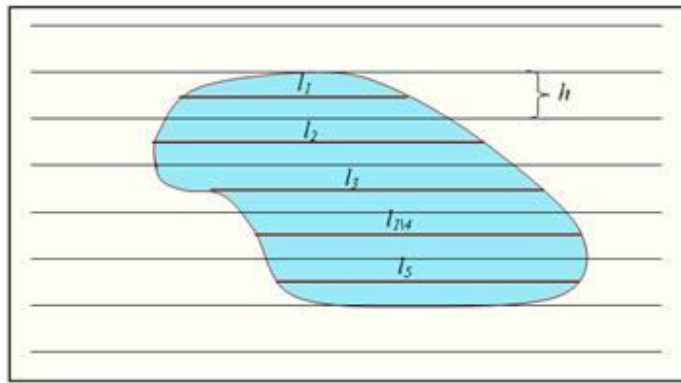


Рисунок 2.17 – Лінійна палетка

Аналітично площу визначають за координатами x , y кутових точок контуру (рис. 2.18).

Площа цієї фігури дорівнює алгебраїчній сумі площ трапецій, основами яких є ординати точок, а висотами – різниці абсцис. Площа трапеції дорівнює добутку півсуми основ на висоту. Сума різниць абсцис та ординат повинна бути рівною нулю. Враховуючи це, маємо:

$$P = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n x_i (y_{i-1} - y_{i+1});$$

$$P = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n y_i (x_{i+1} - x_{i-1}).$$

де n – число вершин полігону;

i – номер вершини, який зростає по ходу часової стрілки.

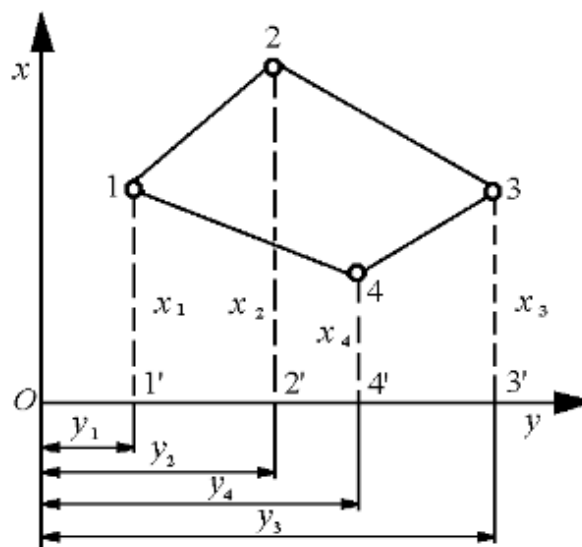


Рисунок 2.18 – Аналітичний спосіб визначення площі

3 ОСНОВНІ ГЕОДЕЗИЧНІ ВИМІРЮВАННЯ

План

1. *Поняття про геодезичні вимірювання.*
2. *Вимірювання довжин ліній.*
3. *Вимірювання перевищень.*
4. *Вимірювання кутів.*

3.1 Поняття про геодезичні вимірювання

Вимірюванням називають процес порівняння даної фізичної величини з іншою фізичною величиною, прийнятою за одиницю вимірювання. Будь-яке вимірювання виконують при наявності таких факторів:

1. об'єкт вимірювання;
2. суб'єкт вимірювання;
3. прилад для вимірювання;
4. метод вимірювання;
5. зовнішнє середовище.

Вимірювання поділяють за фізичним виконанням на: прямі й непрямі; за кількістю вимірів: на необхідні і надлишкові; за точністю: на рівноточні й нерівноточні.

Геодезичні вимірювання виконуються на земній поверхні, під землею, на морі й з космосу. При цьому, в більшості випадків, вимірюються кути між лініями, відстань між точками, перевищення.

Геодезичні вимірювання в обов'язковому порядку супроводжує надійний контроль. **Контроль** – це невід'ємна частина геодезичних вимірювань. На основі контролю геодезист переконується в тому, що отримані результати відповідають вимогам і нормам точності.

В нашій країні основною одиницею вимірювання кутів є *градус*. Крім цього, кути можуть вимірюватись в градах і радіанах. Град дорівнює сотій частині прямого кута. **Радіан** – центральний кут, який спирається на дугу окружності, що дорівнює радіусу. Один радіан дорівнює $\rho = 57,296^\circ = 3\ 438' = 206\ 265''$.

За одиницю вимірювання довжини прийнятий **метр**. Нині за еталон метра беруть відстань, яку долає світло у вакуумі за 1:299 792 458 с.

3.2 Вимірювання довжин ліній

Вимірювання ліній проводять практично під час виконання всіх видів геодезичних робіт.

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

1. **Прямим**, або безпосереднім способом за допомогою мірних стрічок, підвісних мірних дротів та інших лінійних приладів.

2. **Непрямим**, або посереднім способом за допомогою ниткових віддалемірів та електрооптичних приладів (світло- та радіовіддалемірів, побудовою геометричних фігур на місцевості).

Мірні стрічки, штрихові та шкалові, – це сталева стрічка довжиною 20 м (рідко 24 м) або 50 м, шириною 15–20 мм і товщиною 0,4–0,6 мм. На кінцях стрічок прилаштовані ручки, які вільно обертаються. У комплект мірної стрічки входить 6, 10 або 11 шпильок для фіксування кінців стрічки в процесі вимірювання.

Штрихова мірна стрічка (рис. 3.1, а) має на кінцях по одному штриху через 20 м з вирізками для шпильок. Полотно стрічки розділене на дециметрові поділки, позначені отворами діаметром 2 мм. Частки дециметра оцінюються «на око» або за допомогою лінійки з точністю до 1 см. Півметрові позначки позначені заклепками, а метрові поділки – латунними пластинками з цифрами числа метрів від початку стрічки. Відносна похибка вимірювання ліній мірною стрічкою залежно від методик і умов вимірювань складає – 1:1000–1:2000.

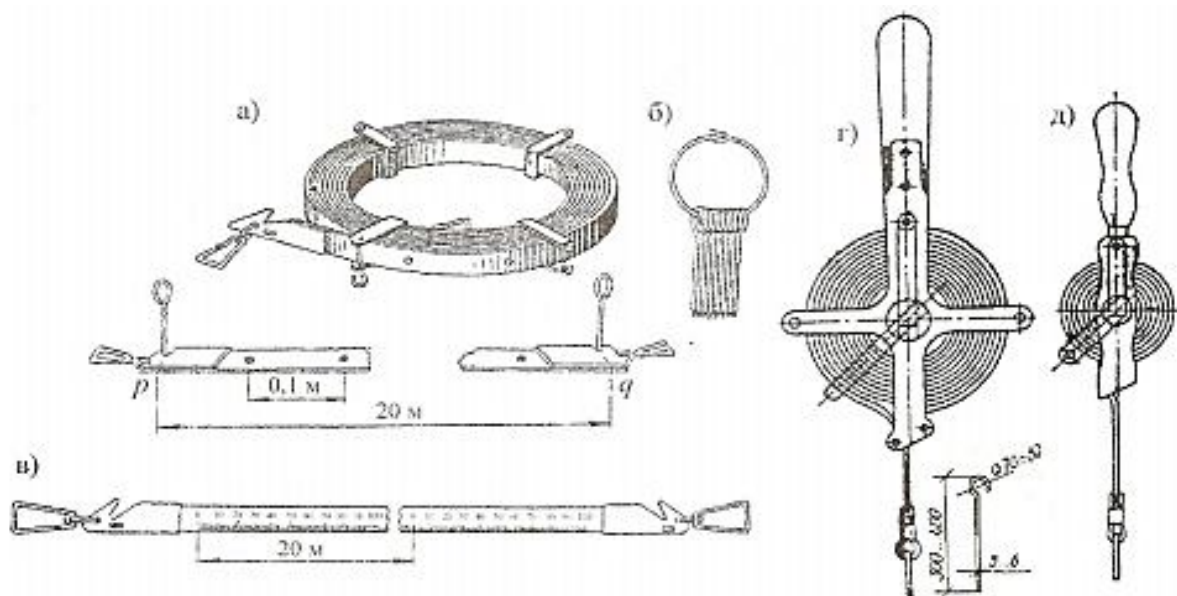


Рисунок 3.1 – Механічні мірні прилади

Шкалова мірна стрічка (рис. 3.1, в) використовується для вимірювання ліній з підвищеною точністю в порівнянні зі штриховою.

Шкалова мірна стрічка відрізняється від штрихової тим, що біля початкового і кінцевого штрихів має шкали із сантиметровими і міліметровими поділками. Довжина шкалової стрічки дорівнює відстані між нульовими штрихами шкал. Розмітка полотна стрічки на метри, півметри і дециметри відсутня. Шкаловою стрічкою можна вимірювати або відкладати відстані в межах 10 см від її номінальної довжини. Залишок, що перевищує 10 см, вимірюють сталевую рулеткою. Відлік за шкалами знімають «на око» з точністю 0,2–0,5 мм. Відносна похибка вимірювання ліній залежно від умов вимірювань складає 1:3000–1:5000, а за сприятливих умов – 1:10000.

Рулетки (рис. 3.1, г, д) широко застосовують для вимірювання ліній під час топографічного знімання місцевості, на будівельних майданчиках, у процесі монтажу технологічного обладнання. Рулетки, як правило, виготовляють зі сталеві або пластмасові стрічки шириною 10 мм і товщиною 0,15 мм у відкритому або закритому корпусах. Номінальна довжина рулеток буває 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50 і 100 м з сантиметровими і міліметровими поділками. Відлік по таких рулетках знімається з точністю 0,2–0,5 мм. Відносна похибка вимірювання ліній залежно від класу рулетки, умов та методики вимірювання складає 1:2000–1:20000.

При вимірюванні механічним способом замість прямої – найкоротшої відстані між кінцевими точками лінії – вимірюють деяку ламану лінію. Тому для отримання горизонтального прокладення d вимірюють кут нахилу лінії або її окремих частин (рис. 3.2). Місцевість з кутами нахилу до 2° вважають рівнинною.

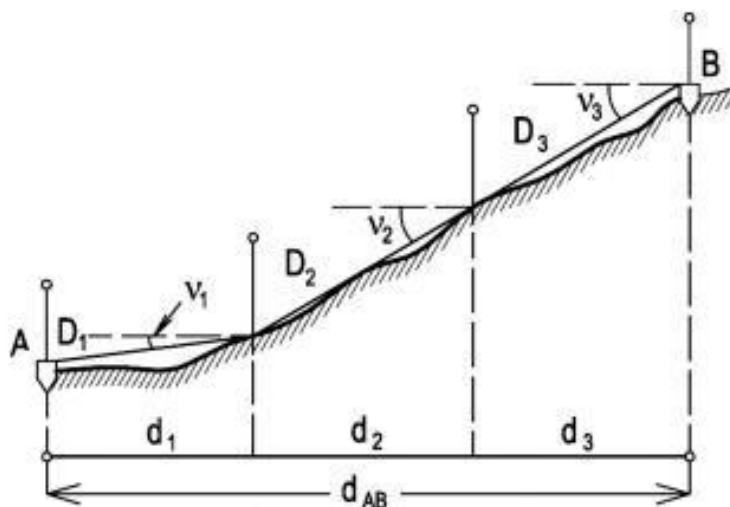


Рисунок 3.2 – Вимірювання довжин ліній механічним способом

На рисунку видно, що горизонтальне прокладення між точками А і В буде дорівнювати сумі відрізків d_1 , d_2 , d_3 , довжина яких обчислюється за формулою:

$$d = D \cdot \cos \vartheta,$$

де D – похила відстань, виміряна на місцевості;

ϑ – кут нахилу.

Щоб вилучити грубі похибки і зменшити випадкові, лінії, вимірюють двічі – у прямому та зворотному напрямках.

Перевагами механічних засобів вимірювання довжин ліній є:

1. висока точність вимірювання ліній, довжина яких не перевищує довжини приладу для вимірювання;
2. простота будови та експлуатації;
3. невисока вартість.

Суттєвим **недоліком** є великі трудові затрати при вимірюванні довжин ліній, обумовлені необхідністю розчищення наземної траси і вимірювання кутів нахилу окремих ділянок лінії.

Ще одним способом вимірювання довжин ліній є вимірювання за допомогою **оптичного віддалеміра**.

Віддалеміри – це геодезичні прилади, призначені для непрямого визначення довжини лінії. Оптичні віддалеміри за конструкцією поділяють на ниткові й віддалеміри подвійного зображення. Віддалеміри подвійного зображення сьогодні практично не використовують. Ниткові віддалеміри застосовують частіше, конструктивно вони виконані у вигляді зорової труби теодоліта чи нівеліра, на сітку якої нанесені два віддалемірних штриха p і q (рис. 3.3). Для визначення відстані в точці А встановлюють теодоліт і візують на рейку, встановлену в точці В.

Промені від віддалемірних штрихів p і q проходять через об'єктив, фокус F і утворюють паралактичний кут β . На рейці відповідно отримуємо проекції променів у точках P і Q . За кількістю поділок між ними можна визначити довжину l .

Згідно з рисунком 3.3 відстань D визначається за формулою:

$$D = D_1 + f_{об} + \delta,$$

де $f_{об}$ – фокусна відстань об'єктива;

δ – стала відстань від осі обертання теодоліта ZZ до осі симетрії об'єктива.

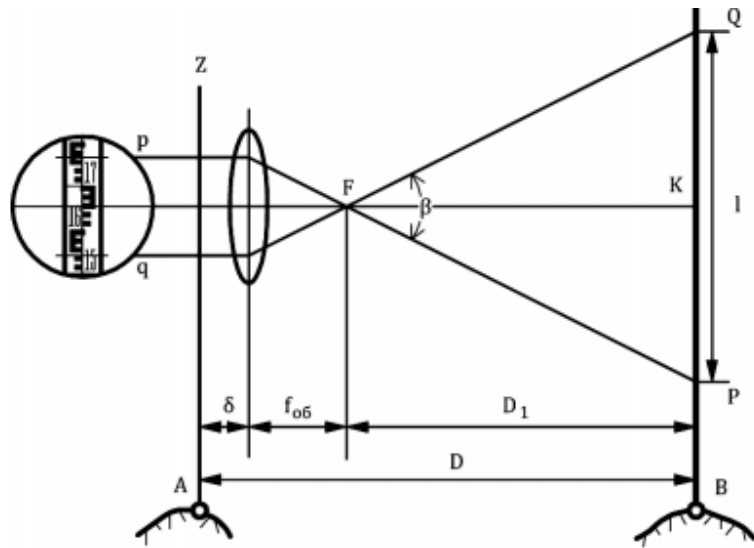


Рисунок 3.3 – Принципова схема ниткового віддалеміра

Складові $f_{об}$ і δ сталі, отже їх позначають як

$$c = f_{об} + \delta.$$

Величину D_1 визначають за формулою:

$$D_1 = \frac{1}{2} l \cdot ctg \frac{\beta}{2}.$$

Кут β сталий, тому позначимо:

$$K = \frac{1}{2} ctg \frac{\beta}{2}.$$

Тоді

$$D = K \cdot l + c.$$

Для зручності відстань між штрихами сітки ниток обирають таку, щоб коефіцієнт $K = 100$. Таким чином, один сантиметр на рейці дорівнює 1 м довжини лінії на місцевості. Відносна точність визначення довжини лінії на місцевості становить 1:300.

Під радіофізичними засобами розуміють прилади для вимірювання довжин ліній за часом розповсюдження електромагнітних коливань між кінцевими точками лінії. Залежно від виду електромагнітних коливань

радіофізичні засоби поділяють на світловіддалеміри і радіовіддалеміри.

Принцип вимірювання довжин ліній радіофізичним засобом закладено у електронних тахеометрах (рис. 3.4, а) та у лазерних рулетках (рис. 3.4, б).



а



б

Рисунок 3.4 – Прилади вимірювання довжин ліній радіофізичним засобом

Під час вимірювання довжини лінії в початковій точці встановлюють прийомопередавач, який випромінює електромагнітні хвилі, а в кінцевій точці – відбивач, який відбиває хвилі в зворотному напрямку (рис. 3.5).

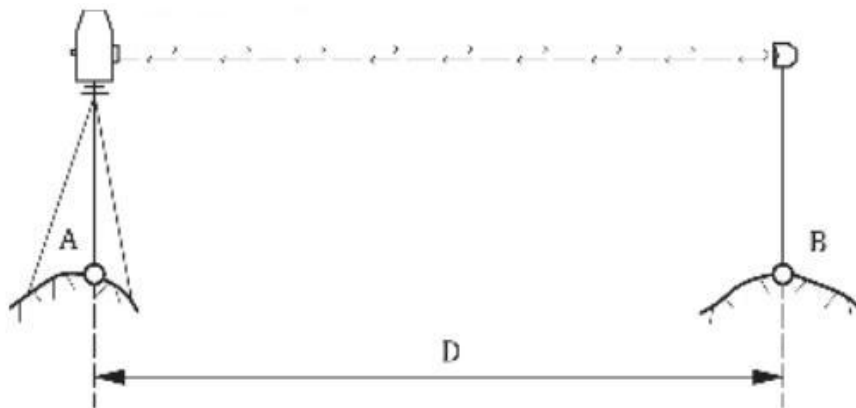


Рисунок 3.5 – Вимірювання довжини лінії світловіддалеміром

В такому випадку шукана відстань D визначається за формулою

$$D = \frac{V \cdot t}{2},$$

де V – швидкість поширення електромагнітних хвиль;

t – інтервал часу проходження електромагнітних хвиль.

Обробка сигналу виконується безпосередньо в світловіддаємірі, а результат вимірювання виводиться на табло.

Електронні тахеометри дозволяють вимірювати відстані до декількох кілометрів з точністю 1 – 10 мм. Для вимірювання відстаней до 150 м з похибкою 2 – 3 використовують лазерні рулетки, які не потребують відбивача.

Перевагами радіофізичних засобів вимірювань є:

1. висока швидкість вимірювань;
2. висока точність;
3. можливість вимірювання великих відстаней без підготовки траси.

До недоліків можна віднести – високу вартість і відносно складну будову.

3.3 Вимірювання перевищень

Нівелюванням називають вид геодезичних робіт, при яких вимірюють перевищення між точками земної поверхні або будівельних конструкцій.

Розрізняють такі види нівелювання:

- геометричне – виконується за допомогою нівеліра і базується на принципі горизонтального променя візування;
- тригонометричне – виконується за допомогою теодоліта і базується на принципі похилого променя візування;
- гідростатичне – базується на властивості поверхні рідини знаходитися на одному рівні в сполучених посудинах;
- барометричне – базується на залежності зміни атмосферного тиску від зміни висоти точки;
- стереофотограмметричне – базується на вимірюванні перевищень за аерофотознімками земної поверхні.

При виконанні інженерно-будівельних робіт найчастіше застосовують геометричне, тригонометричне і гідростатичне нівелювання.

Нівелір – оптико-механічний прилад, призначений для вимірювання перевищень між точками геометричним методом.

За будовою розрізняють:

- нівеліри з циліндричним рівнем на зоровій трубі;
- нівеліри з компенсатором;
- електронні нівеліри.

За точністю нівеліри поділяють на:

- високоточні (Н-05, Н-1, Н-2);
- точні (Н-3);
- технічні (Н-10).

На рисунку 3.6 зображений технічний нівелір Н-10КЛ з компенсатором і лімбом. Оптична система даного нівеліра після попереднього приведення за допомогою круглого рівня осі обертання у вертикальне положення автоматично встановлює візирну вісь зорової труби в горизонтальне положення. Лімб призначений для вимірювання горизонтальних кутів.

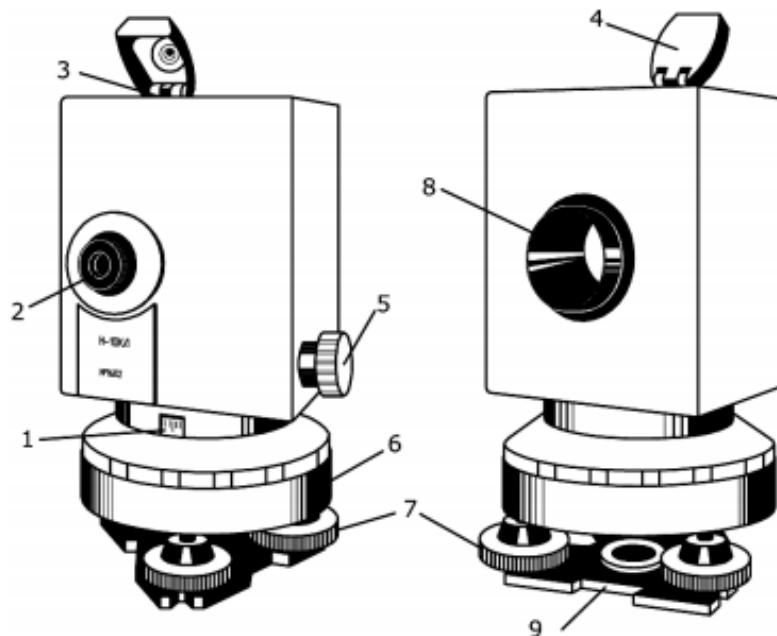


Рисунок 3.6 – Нівелір Н-10КЛ:

1 – лімб; 2 – окуляр; 3 – круглий рівень; 4 – кришка-дзеркало; 5 – гвинт механізму перефокусування; 6 – підставка; 7 – підйомні гвинти; 8 – об'єктив; 9 – пружиниста пластина.

Для встановлення нівеліра на зручну для спостерігача висоту використовують нівелірний штатив. Нівелір кріпиться до штатива за допомогою станового гвинта. Для вимірювання перевищень використовують рейки. Нівелірні рейки можуть виготовлятися з дерев'яних брусків або з алюмінію, можуть бути суцільними або складаними.

Для точного нівелювання, а також при виконанні всіх видів геодезичних і розмічувальних робіт у будівництві застосовують рейку РН-3 (рис. 3.7). Рейка РН-3 – дерев'яна, довжиною 3 метри. Для контролю відліків поділки на рейці нанесені з обох боків. Поділки з інтервалом 1 см. З одного боку чергуються чорні та білі поділки (основна шкала), з іншого – червоні та білі (допоміжна шкала). На основній шкалі відлік поділок починається з нуля, на допоміжній – з довільного числа.



Рисунок 3.7 – Рейка РН-3

На рисунку 3.8 наведено поле зору нівеліра Н-10КЛ під час взяття відліку.

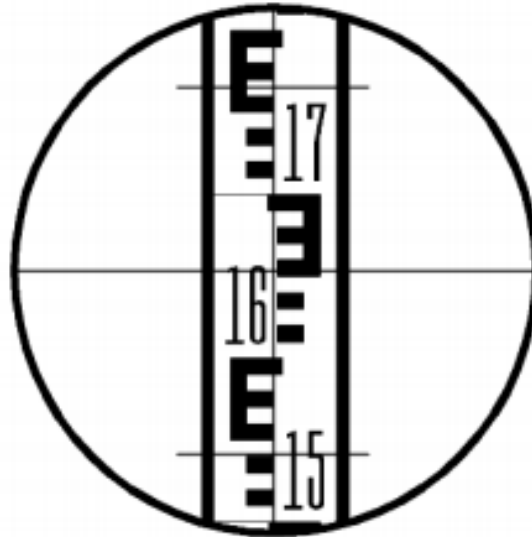


Рисунок 3.8 – Поле зору нівеліра Н-10КЛ

Вертикальний штрих сітки ниток наводять на центр рейки і беруть відлік за горизонтальним штрихом. Спочатку беруть кількість підписаних дециметрів (16), потім повних сантиметрових поділок (5) і на око оцінюють десяті частки сантиметрової поділки (4).

Повний відлік складає $1600 + 50 + 4 = 1654$ мм.

Розрізняють два способи геометричного нівелювання:

- із середини;
- вперед.

Нівелювання із середини. Між закріпленими точками місцевості A і B встановлюють нівелір (місце установки нівеліра називають станцією). В точках A і B вертикально встановлюють рейки. Нівелір приводять в робоче положення. Візують на задню рейку і беруть відлік U_A (рис. 3.9).

Повертають зорову трубу на точку B і беруть відлік U_B . Перевищення між точками h_{AB} обчислюють за формулою:

$$h_{AB} = U_A - U_B.$$

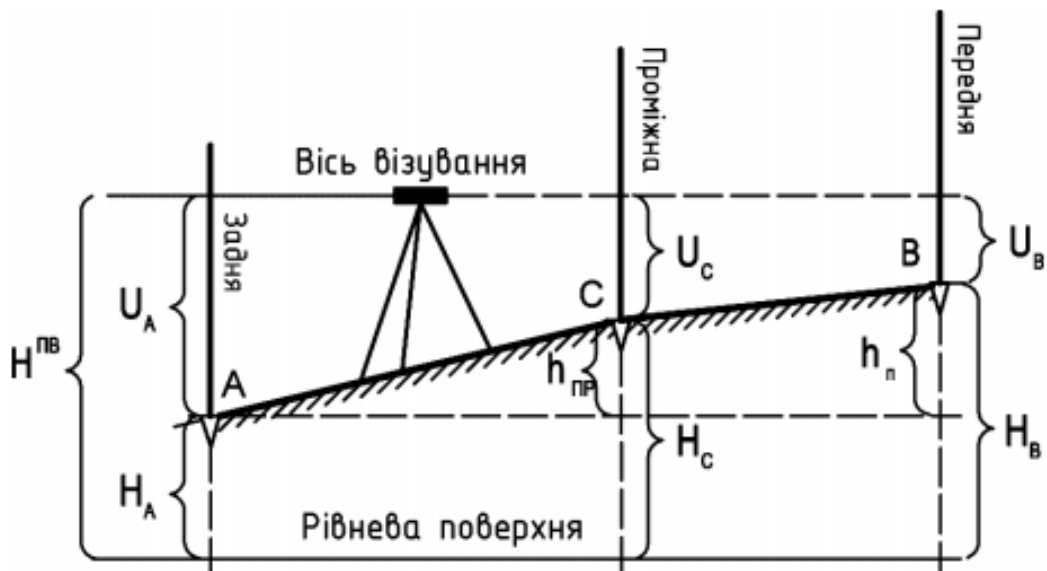


Рисунок 3.9 – Схема геометричного нівелювання із середини

Якщо відома висота H_A точки A , то відмітка точки B буде дорівнювати:

$$H_B = H_A + h_{AB}.$$

Тобто відмітка наступної точки дорівнює відмітці попередньої точки плюс перевищення. Відмітку наступної точки можна також обчислити через висоту променя візування.

Відповідно до рисунка, висота променя візування $H^{ПВ}$ буде дорівнювати

$$H^{ПВ} = H_A + U_A = H_B + U_B,$$

тоді

$$H_C = H^{ПВ} - U_C.$$

Тобто відмітка проміжної точки дорівнює висоті променя візування мінус відлік по рейці, встановленій на цій точці.

Нівелювання вперед. При нівелюванні вперед в точці A встановлюють нівелір, а в точці B – рейку (рис. 3.10).

Приводять нівелір в робоче положення і вимірюють його висоту i . Беруть відлік U_B по рейці, встановленій в точці B .

Шукане перевищення h_{AB} обчислюють за формулою:

$$h_{AB} = i - U_B.$$

Послідовне нівелювання виконується з метою передачі відміток на значні відстані, а також для побудови профілю місцевості.

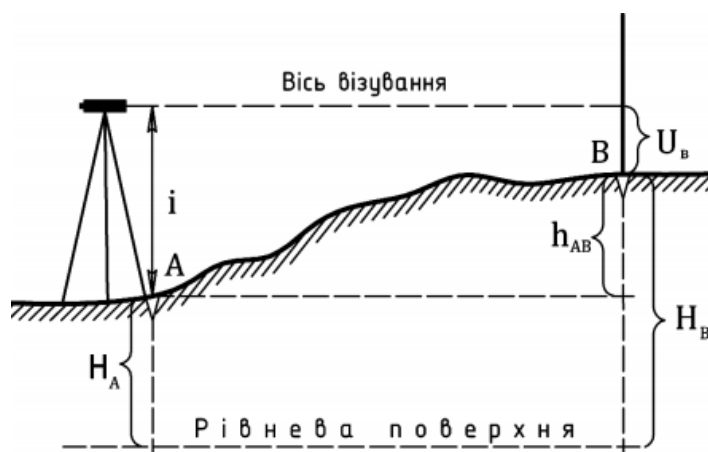


Рисунок 3.10 – Схема геометричного нівелювання вперед

Лінію AB (рис. 3.11) розбивають на частини, кожна з яких нівелюється з однієї станції. Встановивши нівелір на першій станції, отримують перевищення точка A відносно точки I :

$$h_1 = U_A - U_1.$$

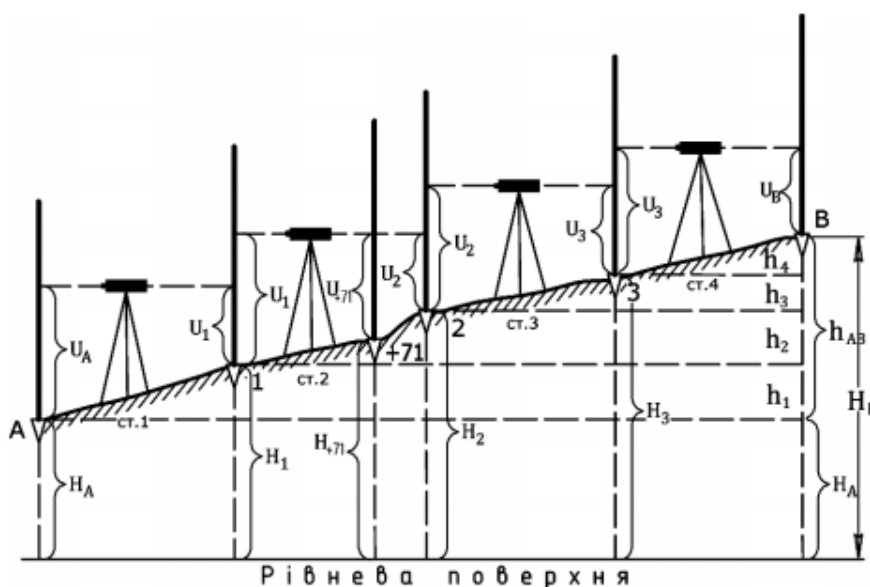


Рисунок 3.11 – Схема послідовного нівелювання

Далі послідовно переставляють нівелір і рейки, аналогічно знаходять перевищення h_2, h_3, h_4 між точками I і $2, 2$ і $3, 3$ і B . Таким чином прокладають нівелірний хід. Перевищення кінцевої точки над початковою h_{AB} дорівнює сумі

перевищень, отриманих з усіх станцій:

$$h_{AB} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = \sum_{i=1}^4 h_i.$$

Відмітка H_B кінцевої точки буде дорівнювати відмітці початкової точки плюс сума усіх перевищень:

$$H_B = H_A + \sum_{i=1}^4 h_i.$$

Якщо нівелювання виконують з метою побудови профілю місцевості, то визначають висоти всіх задніх і передніх точок (1, 2, ...):

$$H_1 = H_A + h_1, H_2 = H_1 + h_2.$$

Через точки 1, 2, ... виконують послідовну передачу відміток нівелірним ходом. Ці точки називають сполучними. Сполучні точки позначають на місцевості через певні інтервали (частіше через 100 м), тому вони можуть не співпадати з точками перегину рельєфу. Проте для побудови профілю місцевості важливо знати відмітки цих точок. Ці точки називають проміжними або плюсовими і позначають числом метрів, яке відповідає відстані від задньої точки (на рисунку 3.11 це точка +71 на станції 2).

Відмітки проміжних точок обчислюють через висоту променя візування. Відліки по рейкам, встановленим на проміжних точках, в підрахунку відміток сполучних точок не приймають участі.

Вимірювання перевищень при технічному нівелюванні виконують у такій послідовності.

1. Нівелір встановлюють посередині між точками A і B (рис. 3.9) і приводять його в робоче положення. В журналі технічного нівелювання (табл. 3.1) фіксують номер станції (1), задньої (A), передньої (B) і проміжної (C) точок.

2. Візують на задню рейку, встановлену в точці A , і беруть відлік за чорною шкалою (2190). Результат заносять до колонки №3.

3. Візують на передню рейку, встановлену в точці B , і так само беруть відлік за чорною шкалою (0550). Результат записують у колонку №4.

4. Перевертають передню рейку червоним боком і беруть відлік за шкалою (5202).

5. Візують на задню рейку, встановлену в точці A , і беруть відлік за червоною шкалою (6840).

6. Візують на проміжну точку (C) і беруть відлік тільки за чорною шкалою (1166). Результат записують в колонку №5 журналу технічного нівелювання.

Таблиця 3.1 – Журнал технічного нівелювання

Дата: 15.08.1990 г. Погода: сонячна Спостерігач: Цой В.Р.

№ станції	№ точки	Відлік за шкалою, мм			Перевищення, мм		Висота променя візування $H^{ПВ}$, мм	Відмітка точки H , мм
		задній	передній	проміжний	виміряне	середнє		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	A	2190					102.190	100.000
		6840			1640	1639		
	B		0550		1638			101.639
			5202					
	C			1166				101.024

3.4 Вимірювання кутів

Кутові вимірювання виконують з метою визначення у просторі або на горизонтальній площині взаємного розташування точок місцевості. Для визначення положення точок на плані вимірюють горизонтальні кути. Для визначення їх положення за висотою вимірюють вертикальні кути (кути нахилу). Вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів на місцевості виконується спеціальним приладом – *теодолітом*.

При вимірюванні *горизонтального кута* β між напрямками AB і AC (рис. 3.11), які виходять з вершини вимірюваного кута – точки A , дані напрямки проєктують на горизонтальну площину, і між їх проєкціями Ab і Ac утворюється горизонтальний кут β , який вимірюють теодолітом. Роль горизонтальної площини у теодоліта виконує круг, який називають лімбом. На нього нанесена шкала градусних поділок. Градусні поділки лімба підписані від 0° до 360° за годинниковою стрілкою.

Центр лімба має знаходитись на одній прямовисній лінії з вершиною вимірюваного кута – точкою A . Щоб позначити на лімбі проєкції напрямків AB і AC , над нерухомим під час вимірювання кута, лімбом обертається другий круг, який називають *алідадою*.

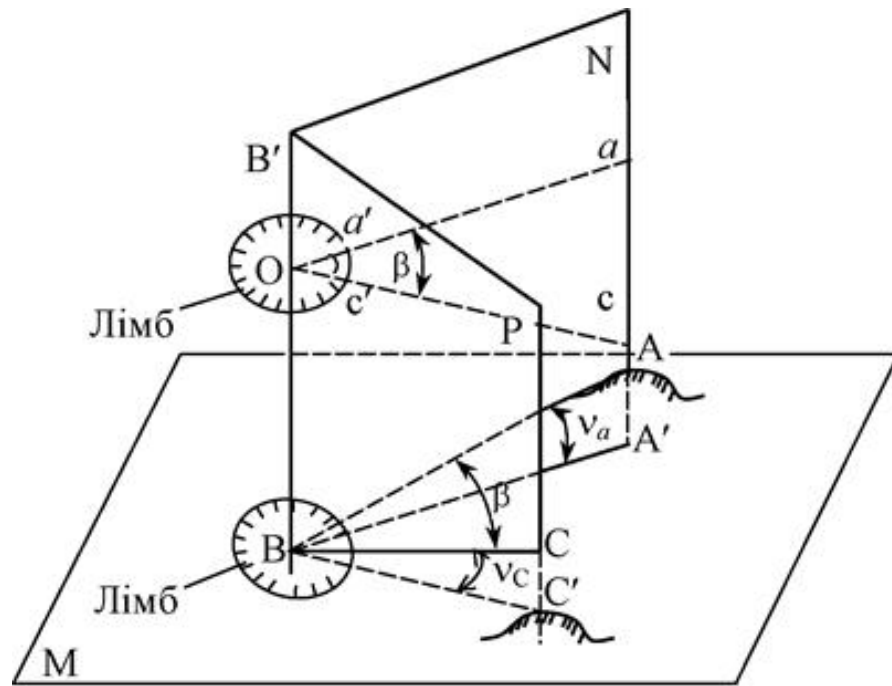


Рисунок 3.11 – Схема вимірювання кутів теодолітом

На алідаді нанесений відліковий пристрій у вигляді штриха або шкали, за допомогою яких беруть відлік по лімбу.

Лімб і алідада складають горизонтальний круг теодоліта (рис. 3.11). Для вимірювання кута β (рис. 3.11) наводять зорову трубу на праву точку (C), і навпроти штриха, який є на алідаді, беруть відлік $U^{ПР}$ по лімбу. Потім, не обертаючи лімб, обертають алідаду, зорову трубу наводять на ліву точку (A) і навпроти того ж штриха алідади, який опиниться в точці B, беруть відлік $U^{ЛВ}$ по лімбу.

Так як поділки на лімбі підписані за ходом годинникової стрілки, то відлік $U^{ПР}$ буде більший за відлік $U^{ЛВ}$, і горизонтальний кут β буде дорівнювати:

$$\beta = U^{ПР} - U^{ЛВ}.$$

Якщо при цьому відлік $U^{ПР}$ виявиться меншим за відлік $U^{ЛВ}$, то до відліку $U^{ПР}$ треба додати 360° . А формула обчислення горизонтального кута, відповідно, матиме вигляд:

$$\beta = U^{ПР} + 180^\circ - U^{ЛВ}.$$

Незалежно від конструкції, модифікації і класу точності, будь-який теодоліт має такі геометричні елементи (рис. 3.12):

- Вертикальна вісь обертання теодоліта (ZZ') – основна вісь, біля якої здійснюється поворот приладу в горизонтальній площині.
- Візирна вісь зорової труби (VV') – уявна лінія, що сполучає перехрестя сітки ниток і оптичний центр об'єктиву.
- Горизонтальна вісь обертання зорової труби (HH') – уявна лінія, навколо якої відбувається обертання зорової труби.
- Вісь циліндричного рівня (UU') – це дотична до дуги подовжнього перетину внутрішньої поверхні ампули в нуль-пункті.

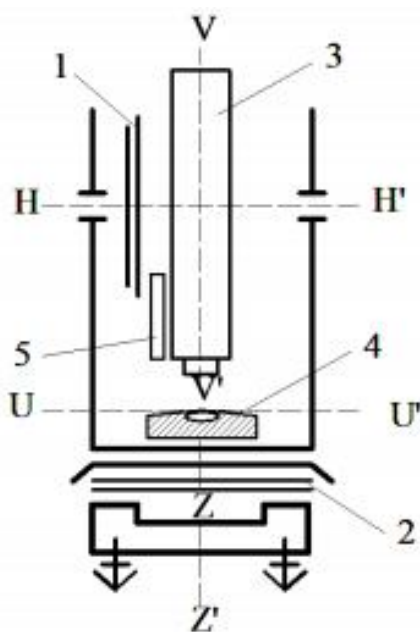


Рисунок 3.12 – Конструктивна схема теодоліта:

1 – вертикальний круг; 2 – горизонтальний круг; 3 – зорова труба; 4 – циліндричний рівень; 5 – відліковий пристрій

На рисунку 3.13 зображений загальний вигляд теодоліта технічної точності 2Т30М.

При вимірюванні кутів беруть відліки по лімбу. На рисунку 3.14 зображене поле зору відлікового шкалового мікроскопа теодоліта 2Т30М. Верхня частина поля зору дає зображення шкали і поділок лімба вертикального круга, нижня – горизонтального.

Ціна поділки лімба дорівнює 1° . Довжина шкали, за допомогою якої роблять відлік, дорівнює одній поділці рівня. Вона розділена на 60 поділок, отже ціна поділки шкали дорівнює $1'$. Десяті частки поділки шкали оцінюють на око, отже відлік виконують до $0,1'$.

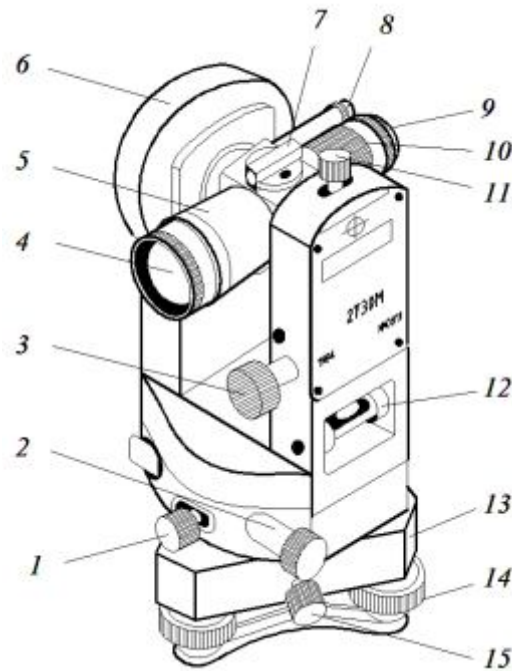


Рисунок 3.13 – Теодоліт 2Т30М:

1 – закріпний гвинт горизонтального круга; 2 – навідний гвинт горизонтального круга; 3 – навідний гвинт зорової труби; 4 – об’єктив; 5 – зорова труба; 6 – вертикальний круг; 7 – оптичний візир; 8 – трубка відлікового мікроскопа; 9 – окуляр (діоптрійне кільце); 10 – кільце фокусуючої лінзи; 11 – закріпний гвинт зорової труби; 12 – циліндричний рівень; 13 – підставка; 14 – підйомні гвинти; 15 – закріпний гвинт підставки

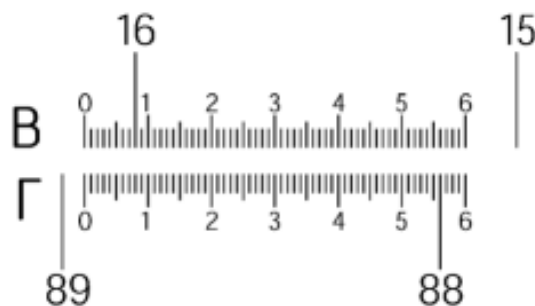


Рисунок 3.14 – Поле зору шкалового мікроскопа:
відлік за ВК дорівнює $16^{\circ}08'$, ГК дорівнює $88^{\circ}56'$

Вимірювання горизонтальних кутів виконується способом прийомів.

Перед початком вимірювань теодоліт приводять в робоче положення. Для цього встановлюють штатив над вершиною вимірюваного кута. Прикріплюють теодоліт до штатива за допомогою станового гвинта. Далі виконують такі дії:

1. **Центрування** – сполучення центру горизонтального круга з прямовисною лінією, яка проходить через вершину вимірюваного кута.

Центрування виконують за допомогою виска (ниткового, оптичного, лазерного). Допустиме відхилення виска від точки $3 \div 4$ мм.

2. **Горизонтування** – приведення площини лімба у горизонтальне положення. Горизонтування виконується за допомогою циліндричного рівня та підйомних гвинтів.

Після приведення теодоліта в робоче положення вимірюють горизонтальний кут між напрямками на дві точки при двох положеннях вертикального круга. Такий спосіб вимірювання горизонтального кута називається способом прийомів.

Вимірювання виконуються в такій послідовності.

Перший напівприйм.

– При положенні вертикального круга, наприклад, зліва, зорову трубу наводять на праву точку. В мікроскопі беруть відлік $U^{ПР}$ по шкалі горизонтального круга.

– Відкріплюють алідаду, візують на ліву точку і беруть відлік $U^{ЛВ}$.

– Обчислюють значення горизонтального кута за формулою:

$$\beta_{\text{кл}} = U_{\text{кл}}^{\text{ПР}} - U_{\text{кл}}^{\text{ЛВ}}.$$

Результати записують до журналу (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Журнал вимірювання горизонтального кута

№ точки		Положення ВК	Відлік по ГК	Горизонтальний кут		Схема розташування точок
стояння	візування			З полу-прийому β°'	Середній $\beta_{\text{ср}}^{\circ}'$	
1	2	3	4	5	6	
	8	КЛ	$100^{\circ}30.5'$	$90^{\circ}20.5'$		
16	2	КЛ	$10^{\circ}10.0'$		$90^{\circ}21.0'$	
	8	КП	$280^{\circ}31.5'$	$90^{\circ}21.5'$		
	2	КП	$190^{\circ}10.0'$			

Другий напівприйм.

Виконується для контролю вимірювань.

– Трубу переводять через zenit і змінюють, таким чином, положення вертикального круга на протилежне – КП.

- Повторюють дії першого напівприйому.
- Обчислюють значення горизонтального кута, виміряного при крузі праворуч за формулою:

$$\beta_{\text{КП}} = U_{\text{КП}}^{\text{ПР}} - U_{\text{КП}}^{\text{ЛВ}}.$$

Порівнюють результати: $\Delta\beta = |\beta_{\text{КЛ}} - \beta_{\text{КП}}| \leq 1'$. Якщо умова виконується, обчислюють середнє значення кута. Результат записують до журналу (табл. 3.2).

Принцип вимірювання кутів нахилу ν , які знаходяться у вертикальній площині, полягає у визначенні кута між горизонтальною лінією і напрямком на точку візування (рис. 3.11).

Для вертикального круга теодоліта має виконуватись умова: при сполученні нуля лімба зі штрихом відлікового пристрою візирна вісь зорової труби має бути у горизонтальному положенні. Ця умова не завжди виконується. А відлік по вертикальному кругу при горизонтальному положенні візирної осі зорової труби називається **місцем нуля (МО)** вертикального круга (рис. 3.15).

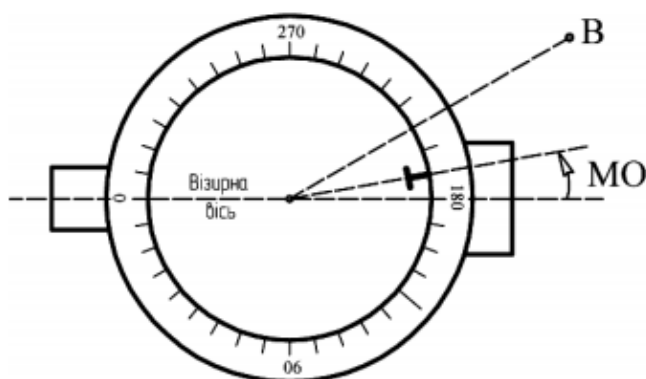


Рисунок 3.15 – Поле зору шкалового мікроскопа

Кут нахилу вимірюють двічі (при двох положеннях вертикального круга). Спочатку обчислюють $МО$ за формулою:

$$МО = \frac{U_{\text{КП}}^{\text{ВК}} - U_{\text{КЛ}}^{\text{ВК}} \pm 180^\circ}{2}$$

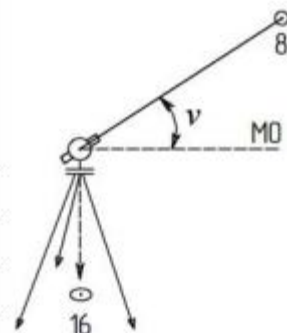
Обчислюють значення кута нахилу за однією з формул:

$$\nu = U_{\text{КЛ}}^{\text{ВК}} - МО = МО - U_{\text{КП}}^{\text{ВК}} \pm 180^\circ.$$

Результати вимірювань заносять до журналу (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Журнал вимірювання вертикального кута

№ точки		Положення ВК	Відлік по ВК	МО	Кут нахилу, v	Схема розміщення точок
стояння	візування					
1	2	3	4	5	6	
16	8	КЛ	$9^{\circ}05.5'$	$0^{\circ}01.0'$	$9^{\circ}04.5'$	
	8	КП	$170^{\circ}55.5'$			



ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2

ТОПОГРАФІЧНІ РОБОТИ

4 ОПОРНІ ГЕОДЕЗИЧНІ РОБОТИ

План

1. Призначення і класифікація опорних геодезичних мереж.
2. Способи створення геодезичних мереж.
3. Державна геодезична мережа та мережі згущення.
4. Математична обробка результатів вимірювань у теодолітному ході.
5. Висотні ходи зйомочної основи.

4.1 Призначення і класифікація опорних геодезичних мереж

Геодезичні роботи виконують з метою побудови топографічних карт і планів, а також для вирішення інженерно-геодезичних завдань при вишукуванні, проектуванні й будівництві споруд.

Щоб з'єднати карти, складені для різних ділянок місцевості, в загальну топографічну карту району, області або країни необхідно, щоб всі вимірювання виконувались в єдиній системі координат. Система закріплених на місцевості постійними знаками пунктів, для яких визначені із заданою точністю координати X , Y , H , утворює **державну геодезичну мережу**.

Геодезична мережа є основою (опорою) для проведення топографічних зйомок. Тому такі мережі називаються, також, опорними, а пункти у її складі – опорними пунктами.

Розрізняють:

- планові геодезичні мережі (якщо для складових їхніх пунктів визначене планове положення на земній поверхні);
- висотні геодезичні мережі (якщо визначені значення висоти пунктів над вихідною поверхнею);
- планово-висотні геодезичні мережі (пункти мережі мають як планові, так і висотні координати).

За таким принципом в Україні геодезичну мережу ділять на:

- державну геодезичну мережу;
- мережі згущення;
- зйомочні мережі.

4.2 Способи створення геодезичних мереж

Традиційними способами визначення планових координат пунктів, які застосовуються геодезистами вже на протязі кількох століть, є астрономічний та геодезичний. В останні роки все ширше впроваджуються нові способи (супутникові та інерційні).

Астрономічний спосіб полягає у визначенні широти і довготи кожного пункту та астрономічних азимутів напрямів геодезичної мережі за спостереженнями небесних світил. У подальшому від астрономічних координат, використовуючи відхилення прямовисних ліній, переходять до планових координат x, y .

Геодезичний спосіб полягає у тому, що із астрономічних спостережень знаходять координати тільки окремих (вихідних) пунктів мережі, а координати інших пунктів обчислюють за виміряними сторонами і кутами геометричних фігур, вершини яких є опорні точки. Цей спосіб є більш точний в порівнянні з попереднім.

До геодезичних методів створення планових опорних геодезичних мереж слід віднести методи тріангуляції, трилатерації, полігонометрії.

Тріангуляція – це метод побудови геодезичної мережі у вигляді прилеглих один до одного трикутників, в яких вимірюються всі кути і довжина початкової сторони $I-II$, яка називається базисом (рис. 4.1, а). Розв'язуючи послідовно трикутники за теоремою синусів знаходять довжини решти сторін. Маючи вихідний дирекційний кут α_0 сторони $I-II$ (базису) та координати X і Y початкової точки I , спочатку обчислюють дирекційні кути сторін трикутників, а потім шляхом послідовного розв'язування прямої геодезичної задачі отримують координати решти пунктів геодезичної мережі.

Трилатерація – це метод побудови геодезичної мережі у вигляді системи прилягаючих трикутників, в яких безпосередньо вимірюють довжини всіх сторін (рис. 4.1, б). Розв'язуючи трикутники за теоремою тангенсів половинних кутів або за теоремою косинусів, отримують значення кутів трикутників, а потім, як і в попередньому випадку, обчислюють дирекційні кути сторін трикутників і координати вершин трикутників.

Полігонометрія – це метод побудови геодезичної мережі у вигляді систем замкнутих або розімкнутих ломаних ліній, в яких безпосередньо вимірюють всі кути в точках повороту і довжини всіх сторін (рис. 4.1, в). Використовуючи вихідний дирекційний кут α_0 сторони $I-II$ та координати X і Y початкового пункту I , обчислюють дирекційні кути подальших сторін ходу і координати пунктів.

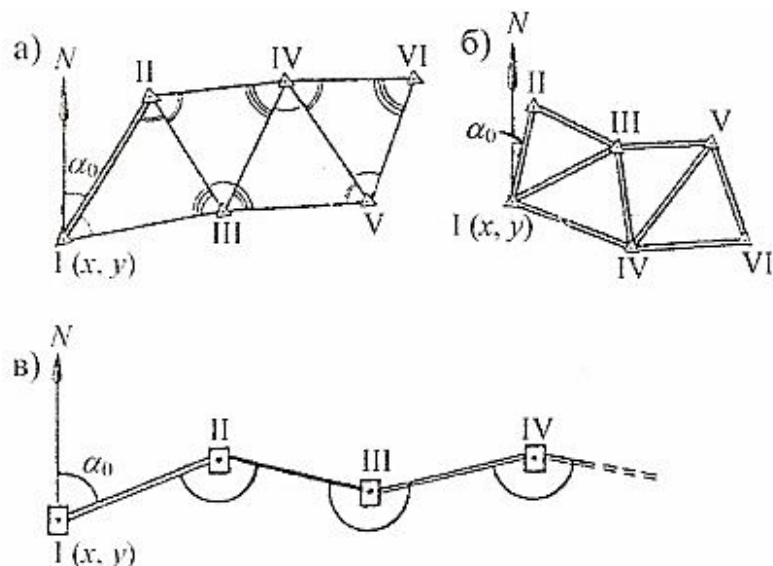


Рисунок 4.1 – Геодезичні методи побудови геодезичних мереж:
а – триангуляція; б – трилатерація; в – полігонометрія

Супутниковий спосіб полягає у визначенні координат пунктів за радіосигналами спеціальних штучних супутників Землі систем GPS і ГЛОНАС з використанням супутникових приймачів (рис. 4.2).

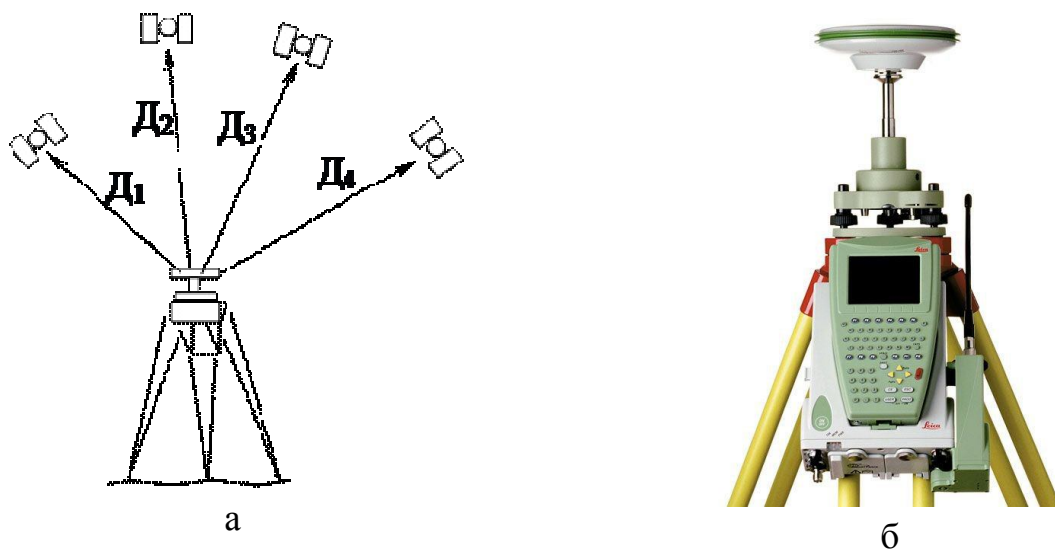


Рисунок 4.2 – Супутниковий метод побудови геодезичних мереж:
а – схема визначення координат приймача; б – супутниковий приймач

З кожного супутника постійно випромінюються радіосигнали, які містять інформацію про його координати в навколоземному просторі в даний момент часу. Приймаючи сигнали не менше 4 супутників, що обертаються по різних орбітах, можна з високою точністю (до кількох сантиметрів) визначити координати точки і будь-якій точці земної кулі. Невід'ємною частиною

супутникових систем є спеціальні приймачі (рис. 4.2), котрі містять вмонтовані мікропроцесори, які за прийнятими радіосигналами обчислюють координати пункту спостереження. Перевага супутникового способу полягає в незалежному визначенні координат окремих пунктів, тому мережі виходять однаковими за точністю.

4.3 Державна геодезична мережа та мережі згущення

Державна геодезична мережа України складається з мережі геодезичних пунктів, рівномірно розміщених на території держави, що забезпечує поширення систем координат і висот та гравіметричної системи і є вихідною для створення інших мереж.

Побудова Державної геодезичної мережі включає такі основні види робіт:

- проектування будівництва;
- рекогносцирування місця зведення геодезичних пунктів;
- побудова геодезичних пунктів;
- вимірювання елементів геодезичної мережі;
- математичне оброблення результатів вимірювань;
- внесення даних до бази даних геодезичних пунктів та банку геодезичних даних;
- проведення обстеження стану геодезичних пунктів;
- проведення відновлення геодезичних пунктів;
- складення каталогів геодезичних пунктів;
- ведення банку геодезичних даних;
- проведення моніторингу Державної геодезичної мережі.

Складовими Державної геодезичної мережі є геодезична (планова), нівелірна (висотна) та гравіметрична мережі, пункти яких повинні бути розміщені або між якими встановлено надійний геодезичний зв'язок.

Геодезична (планова) мережа включає українську постійно діючу (перманентну) мережу спостережень глобальних навігаційних супутникових систем та геодезичні (планові) мережі 1, 2 і 3 класу (рис. 4.3) у системі координат УСК-2000.

Нівелірна (висотна) мережа включає нівелірні (висотні) мережі I, II, III і IV класу (рис. 4.4) в Балтійській системі координат.

Гравіметрична мережа включає фундаментальну гравіметричну мережу та гравіметричну мережу 1 класу.

Середня щільність геодезичних пунктів повинна становити не менше

одного пункту на 30 квадратних кілометрів. Подальше збільшення щільності геодезичних пунктів Державної геодезичної мережі здійснюється за результатами обґрунтованих розрахунків виходячи з конкретних завдань топографо-геодезичної та картографічної діяльності на конкретній території.

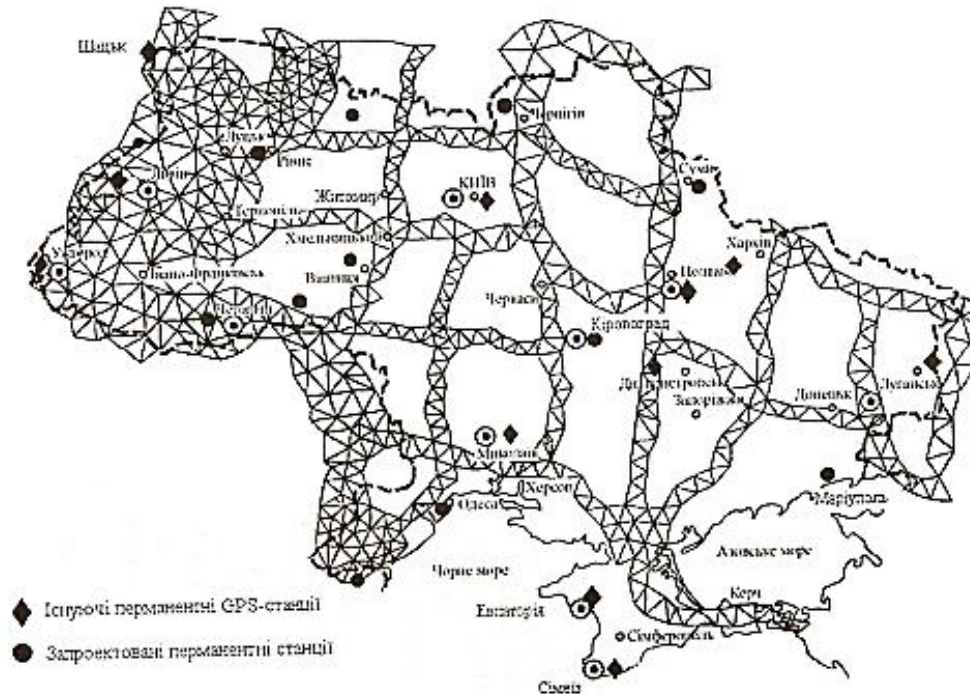


Рисунок 4.3 – Схема планової державної мережі України

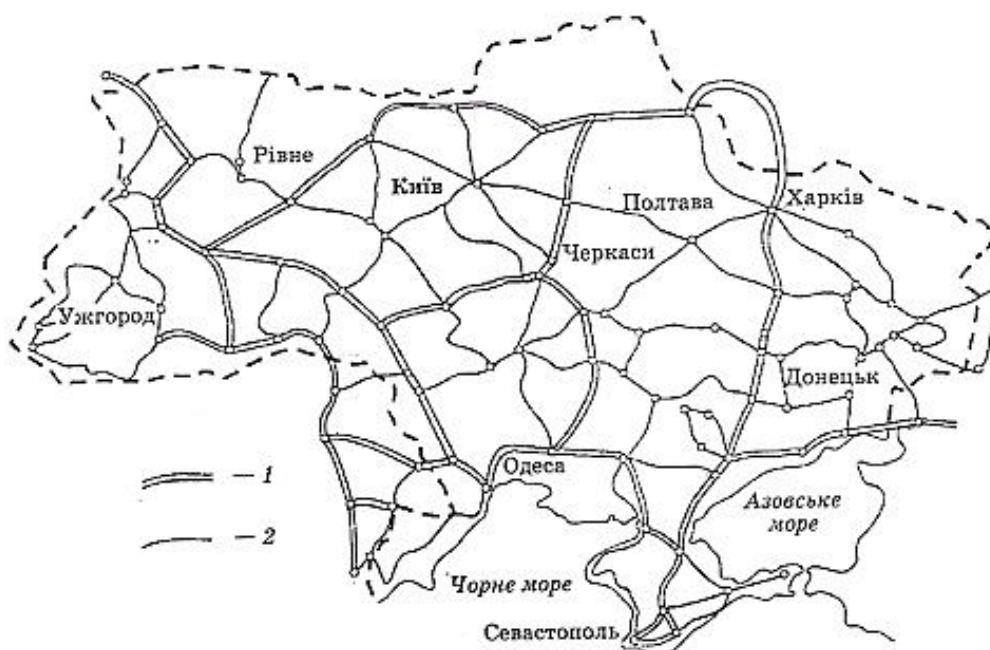


Рисунок 4.4 – Схема висотної державної мережі України

Для геодезичного забезпечення топографічної зйомки встановлюються такі норми щільності геодезичних пунктів та реперів Державної геодезичної мережі:

- у масштабі 1:25000 та 1:10000 - один пункт на 30 кв. кілометрів та один репер на трапецію масштабу 1:10000;
- у масштабі 1:5000 - один пункт на 20-30 кв. кілометрів та один репер на 10-15 кв. кілометрів;
- у масштабі 1:2000 і більше - один пункт на 5-15 кв. кілометрів та один репер на 5-7 кв. кілометрів.

Для топографічної та кадастрової зйомки в масштабі 1:2000 і більше на доповнення до геодезичних пунктів Державної геодезичної мережі визначаються пункти геодезичних мереж згущення та знімальних геодезичних мереж.

Пункти геодезичних мереж закріплюються на місцевості підземними центрами, які повинні забезпечувати незмінність положення і збереження пункту протягом тривалого часу.

Типи підземних центрів встановлюються в залежності від фізико-географічних умов регіону, складу ґрунту і глибини сезонного промерзання ґрунту (рис. 4.5, а).

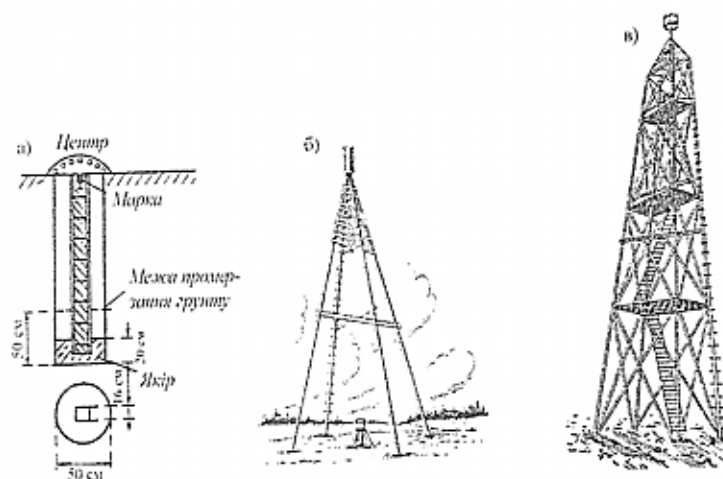


Рисунок 4.5 – Геодезичні пункти:

а – центр пункту; б – проста піраміда; в – складний сигнал

Найчастіше підземний цент складається із залізобетонного пілона і бетонного якоря. Пілон цементується в якір. Основа центру має розташовуватися нижче глибини сезонного промерзання ґрунту не менше 0,5 м і не менше 1,3 м від поверхні землі. У верхній частині знака на рівні поверхні землі бетонується чавунна марка. Над маркою в радіусі 0,5 м насипається ґрунт

шаром 10-15 см. У 1,5м від центру встановлюється розпізнавальний стовп з охоронною плитою.

Зовнішні геодезичні знаки (рис. 4.5, б, в) служать для проведення кутових та лінійних вимірювань при побудові мережі. Вони обов'язково містять візирний пристрій, необхідний для вимірювання кутів, а також можуть містити пристрої для установки приладів (інструментальний столик) та платформу для спостерігача.

Геодезичні пункти Державної геодезичної мережі є вихідними пунктами для побудови геодезичних мереж спеціального призначення.

До геодезичних мереж спеціального призначення належать:

- геодезичні мережі згущення 4 класу та 1 і 2 розряду, які будуються для забезпечення кадастрової та містобудівної діяльності, створення місцевих систем координат;
- геодезичні мережі для інженерно-геодезичних вишукувань об'єктів будівництва, гірничої справи, формування інженерної та транспортної інфраструктури;
- геодезичні мережі для геодинамічних досліджень на основі геодезичних вимірювань.

Геодезичні мережі спеціального призначення будуються методами супутникових геодезичних спостережень, а також традиційними геодезичними методами.

Теодолітний хід слугує зйомочною основою для виконання топографічних зйомок, і є традиційним методом побудови зйомочної мережі. Теодолітні ходи проєктують на існуючих картах та планах крупного масштабу у вигляді замкнених полігонів і розімкнених ходів (рис. 4.6).

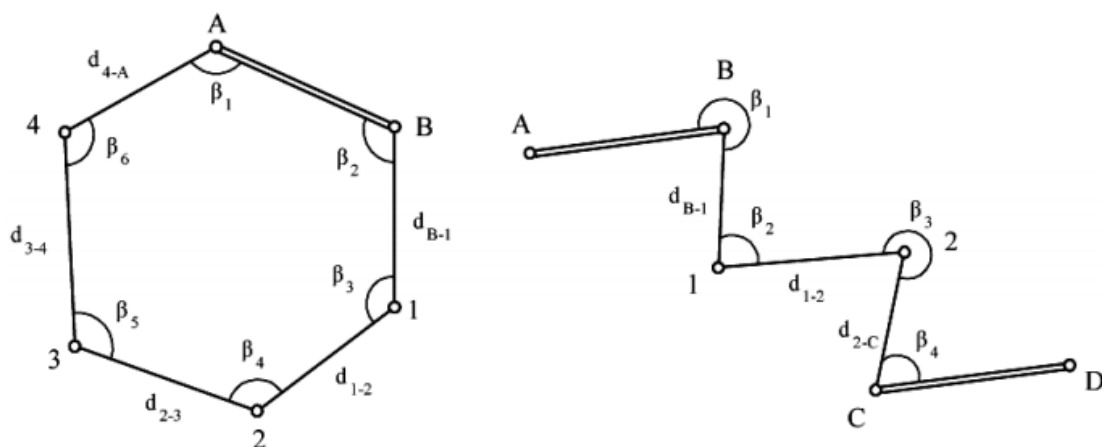


Рисунок 4.6 – Теодолітний хід:
а – замкнений; б – розімкнений

Вибір точок теодолітного ходу виконують у польових умовах. При цьому дотримуються наступних вимог:

1. Потрібно забезпечити гарну видимість суміжних точок ходу і якомога більшої кількості об'єктів місцевості в радіусі 100 – 150 м.
2. Місце навколо станції має бути зручним для встановлення теодоліта.
3. Необхідно потурбуватись про довгострокове збереження точки.
4. Довжини ліній теодолітного ходу мають бути в межах 40 – 350 м.
5. Лінії між точками мусять проходити по місцевості, найбільш зручній для виконання лінійних вимірювань.

Просторове положення (координати) станцій теодолітного ходу визначають на основі кутових і лінійних вимірювань. Горизонтальні кути вимірюють теодолітом повним прийомом, кути нахилу вимірюють при одному положенні вертикального круга. Довжини ліній вимірюють мірними стрічками в прямому і зворотному напрямках.

При камеральних роботах обчислюють координати точок теодолітного ходу.

4.4 Математична обробка результатів вимірювань у теодолітному ході

Математична обробка результатів вимірювань у теодолітному ході полягає у визначенні допустимих нев'язок кутових і лінійних вимірювань, введенні поправок в результати вимірювань та обчисленні координат точок теодолітного хода. Математичну обробку виконують в координатній відомості (табл. 4.1) в такій послідовності.

1. Обчислюють суму виміряних кутів за формулою:

$$\sum \beta_{вим} = \beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n.$$

2. Обчислюють теоретичну суму кутів замкненого ходу:

$$\sum \beta_T = 180^\circ \cdot (n - 2).$$

де n – кількість кутів у полігоні.

3. Обчислюють кутову нев'язку:

$$f_\beta = \sum \beta_{вим} - \sum \beta_T.$$

4. Обчислюють гранично допустиму кутову нев'язку за формулою:

$$f_{\beta_{дон}} = \pm 2 \cdot t \cdot \sqrt{n}.$$

де t – точність вимірювання кутів теодолітом.

Якщо кутова нев'язка не перевищує гранично допустиму, то виконують зрівнювання результатів вимірювань.

5. Обчислюють поправки до кожного виміряного кута за формулою:

$$v_{\beta_i} = -\frac{f_{\beta}}{n}.$$

6. Обчислюють зрівняні кути за формулою:

$$\beta_{зп_i} = \beta_{вим_i} + v_{\beta_i}.$$

7. Обчислюють дирекційні кути сторін теодолітного ходу:

$$\begin{aligned} \alpha_{i+1} &= \alpha_i + \beta_{л} \pm 180^\circ \text{ (для лівих зрівняних кутів),} \\ \alpha_{i+1} &= \alpha_i - \beta_{пр} \pm 180^\circ, \text{ (для правих зрівняних кутів).} \end{aligned}$$

Знак «+» застосовується, якщо $(\alpha_i + \beta_{зп})$ або $(\alpha_i - \beta_{зп})$ менше 180° , у протилежному випадку використовується знак «-».

8. Обчислюють прирости координат за формулами:

$$\begin{aligned} \Delta x_i &= d_i \cdot \cos \alpha_i, \\ \Delta y_i &= d_i \cdot \sin \alpha_i. \end{aligned}$$

9. Обчислюють нев'язки в приростах координат за формулами:

$$\begin{aligned} f_x &= \sum \Delta x_i, \\ f_y &= \sum \Delta y_i. \end{aligned}$$

10. Обчислюють абсолютну нев'язку:

$$f_{абс} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}.$$

11. Обчислюють відносну нев'язку:

$$f_{відн} = \frac{f_{абс}}{\sum d}.$$

Обчислена відносна нев'язка ходу не має перевищувати величини, яка дорівнює 1:2000.

12. Обчислюють поправки до приростів координат:

$$v_{x_i} = -\frac{f_x}{\sum d} \cdot d_i,$$
$$v_{y_i} = -\frac{f_y}{\sum d} \cdot d_i.$$

13. Обчислюють зрівняні прирости координат:

$$\Delta x_{зр_i} = \Delta x_i + v_{x_i},$$
$$\Delta y_{зр_i} = \Delta y_i + v_{y_i}.$$

14. Обчислюють координати точок теодолітного ходу:

$$x_{i+1} = x_i + \Delta x_{зр_i},$$
$$y_{i+1} = y_i + \Delta y_{зр_i}.$$

4.5 Висотні ходи зйомочної основи

Висотні ходи зйомочної основи проектують за точками теодолітного ходу з прив'язкою кінцевих точок до марок і реперів державної геодезичної мережі або мережі згущення (рис. 4.7). Вимірювання перевищень між точками виконують методом геометричного або тригонометричного нівелювання.

Камеральна обробка результатів геометричного нівелювання.

1. Обчислюють суму виміряних перевищень

$$\sum h_{вим} = h_1 + h_2 + \dots + h_n.$$

2. Обчислюють теоретичну суму перевищень за формулою:

$$\sum h_m = H_{Rp_k} - H_{Rp_n},$$

де H_{Rp_k} , H_{Rp_n} – відмітки кінцевого і початкового реперів.

Для замкненого ходу:

$$\sum h_m = 0.$$

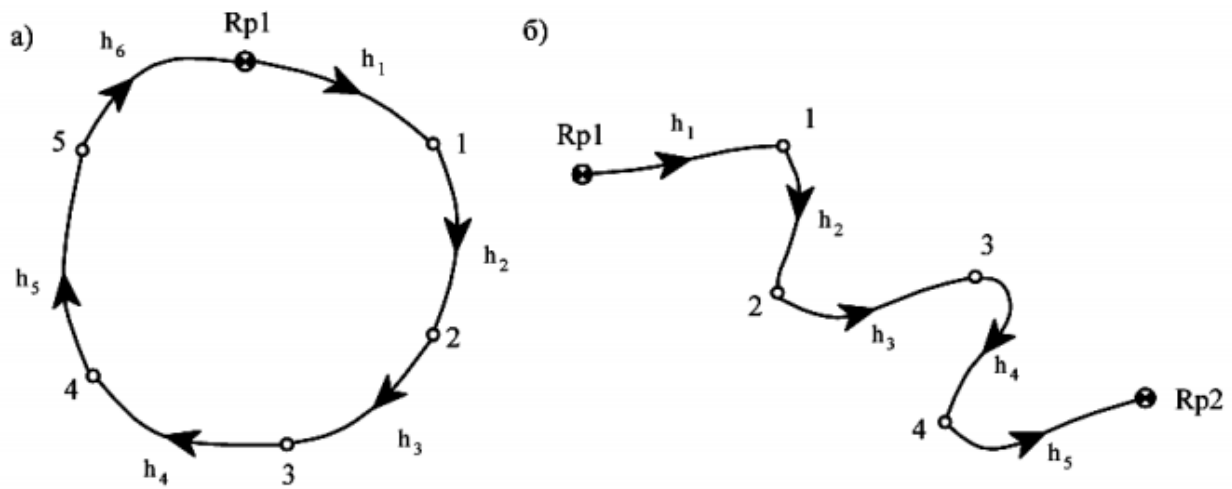


Рисунок 4.7 – Нівелірний хід:
а – замкнений; б – розімкнений

3. Обчислюють нев'язку в перевищеннях за формулою:

$$f_h = \sum h_{вим} - \sum h_m.$$

Допустиму нев'язку в перевищеннях для технічного нівелювання обчислюють за формулою:

$$f_{h_{дон}} = \pm 50\sqrt{L}.$$

де L – довжина нівелірного ходу в кілометрах.

Якщо $f_h \leq f_{h_{дон}}$, то математичну обробку продовжують. В протилежному випадку виконують повторне вимірювання перевищень h_i .

4. Обчислюють поправки до виміряних перевищень за формулою:

$$v_h = -\frac{f_h}{n}.$$

5. Обчислюють зрівняні перевищення за формулою:

$$h_{зр} = h_{вим} + v_h.$$

6. Обчислюють відмітки точок за формулою:

$$H_{i+1} = H_i + h_i.$$

В таблиці 4.2 наведено приклад математичної обробки замкнутого нівелірного ходу.

Таблиця 4.2 – Журнал технічного нівелювання

№ станції	№ точки	Відлік за рейкою, мм		Перевищення, мм		Поправка v_h , мм	Виправлене перевищення, мм	Відмітка точки H , мм
		зад-ньою	перед-ньою	вимі-ряне	серед-нє			
1	1	2190						100.000
		5202		1640	1639	-2	1637	
	2		0550	1638				101.637
			6840					
2	2	2045						101.637
		5098		0295	0296	-2	294	
	3		1750	0296				101.931
			5394					
3	3	1980						101.931
		4802		-0583	-0584	-2	-0586	
	4		2563	-0585				101.345
			5387					
4	4	1455						101.345
		4335		-1345	-1344	-1	-1345	
	1		2800	-1343				100.000
			5678					
	$L=$	348 м	$f_h=7$	$\sum h_{\text{рум}}=$	7 мм			
			$f_{\text{дон}}=29$	$\sum h_m=$	0			

5 ТОПОГРАФІЧНЕ ЗНІМАННЯ

План

1. Види топографічного знімання.
2. Способи теодолітного (горизонтального) знімання.
3. Тахеометрична зйомка.
4. Побудова топографічного плану.

5.1 Види топографічного знімання

Топографічним зніманням називають сукупність геодезичних вимірювань, які виконують з метою побудови карт і планів місцевості.

Залежно від методів і приладів, які застосовують, розрізняють такі види знімання:

1. теодолітне (горизонтальне) знімання,
2. тахеометричне знімання,
3. мензульне знімання,
4. фототеодолітне знімання,
5. аерофотознімання,
6. космічне знімання.

Процес теодолітного (горизонтального) і тахеометричного знімання місцевості можна розділити на такі етапи:

1. **Підготовчий етап.** Вивчають існуючі плани та карти для певної території. Закріплюють точки планово-висотної знімальної основи. Складають схеми ходів і їх прив'язки до пунктів геодезичної мережі.
2. **Польові роботи.** Виконують необхідні вимірювання на місцевості з обов'язковим контролем.
3. **Камеральні роботи.** Виконують зрівнювання результатів польових вимірювань. Обчислюють шукані величини. Креслять план місцевості в заданому масштабі.

5.2 Способи теодолітного (горизонтального) знімання місцевості

Теодолітне знімання виконується відносно точок і ліній планово-висотної зйомочної основи наступними способами (рис. 5.1).

1. **Спосіб перпендикулярів.** Застосовують при зніманні предметів і контурів місцевості, розташованих вздовж та поблизу ліній теодолітного ходу. Положення точок визначається абсцисою X і ординатою Y (рис. 5.1, а), які

вимірюють рулеткою з точністю 0,01 м до твердих контурів і 0,1 м – до нетвердих контурів (контур лісу, болота, берег річки і т. п.).

2. **Полярний спосіб.** Застосовують на відкритій місцевості. Положення точок визначається кутом β і полярною відстанню d (рис. 5.1, б). Кут вимірюють теодолітом при одному положенні вертикального круга, відстань вимірюють рулеткою.

3. **Спосіб кутових засічок.** Застосовують при зніманні віддалених і важкодоступних об'єктів. Для визначення положення точки з двох станцій вимірюють два кути β між лінією теодолітного ходу і направленням на дану точку (рис. 5.1, в).

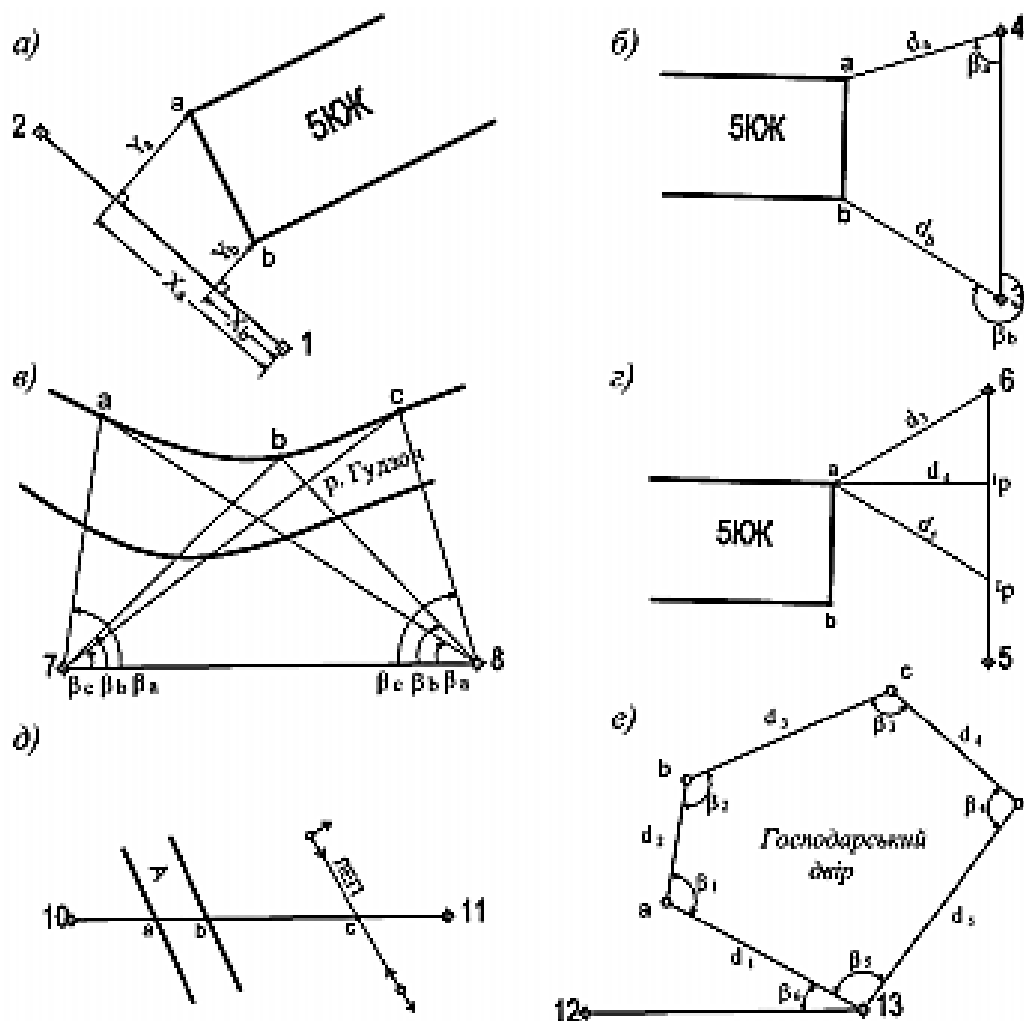


Рисунок 5.1– Способи теодолітного знімання:

а – спосіб перпендикулярів; б – полярний спосіб; в – спосіб кутових засічок; г – спосіб лінійних засічок; д – спосіб створів; е – спосіб обходу

4. **Спосіб лінійних засічок.** Застосовують при зніманні об'єктів з чіткими контурами, коли відстань до точок не перевищує довжини приладу для

вимірювання. Для визначення положення точки а (рис. 5.1, г) рулеткою вимірюють відстані d_1, d_2, d_3, d_4, d_5 .

5. **Спосіб створів.** Застосовують при зніманні забудованих територій. Суть даного способу полягає у визначенні за допомогою теодоліта і мірної стрічки положення контурів об'єктів, які знаходяться в створі двох точок теодолітного ходу (рис. 5.1, д).

6. **Спосіб обходу.** Застосовують при зніманні недоступних об'єктів, значних за розмірами територій: лісів, боліт і т.д. (рис. 5.1, е).

5.3 Тахеометрична зйомка

Тахеометрія – в перекладі з грецької означає швидкі вимірювання.

Тахеометричне знімання застосовують при складанні планів невеликих територій із зображенням предметів, контурів і форм рельєфу місцевості в масштабах 1:500 – 1:5000.

При тахеометричному зніманні визначають планове і висотне положення точок місцевості відносно пунктів зйомочної основи. Планове положення визначають полярним способом, а висотне – тригонометричним нівелюванням (рис. 5.2).

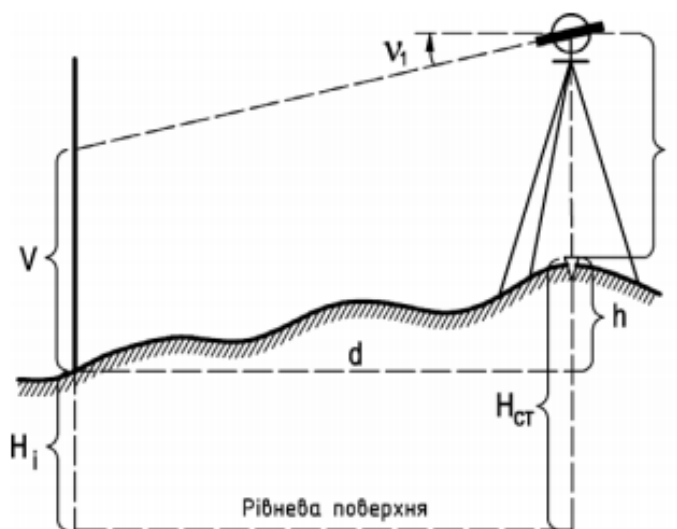


Рисунок 5.2 – Схема тригонометричного нівелювання

При цьому послідовність **роботи на станції наступна**:

1. Теодоліт встановлюють над точкою знімальної основи (станцією), приводять його в робоче положення, тобто центрують і горизонтують.
2. Нуль лімба горизонтального круга орієнтують (встановлюють) на початковий напрямок, тобто на суміжну точку знімальної основи.
3. Рулеткою вимірюють з точністю 0,01 м висоту приладу i .

4. На схематичному кресленні (абрисі) позначають знімальні пікети, відстань між якими для М 1:500 не має перевищувати 15 м.

5. На нівелірній рейці позначають висоту приладу i .

6. Рейку встановлюють на пікет і наводять перехрестя сітки ниток на відмічену на рейці висоту приладу i .

7. При положенні вертикального круга зліва визначають віддалемірну відстань L і беруть відлік за горизонтальним і вертикальним кругом теодоліта.

8. Результати вимірювань заносять до журналу тахеометричного знімання.

Математичну обробку результатів тахеометричного знімання виконують у такій послідовності.

1. Обчислюють кути нахилу v за формулою:

$$v = U^{BK} - MO,$$

де U^{BK} – відлік за вертикальним кругом теодоліта;

MO – місце нуля теодоліта.

2. Обчислюють горизонтальне прокладення d за формулою:

$$d = L \cdot \cos^2 v,$$

де L – віддалемірна відстань;

v – кут нахилу.

3. Обчислюють перевищення знімальних пікетів над станцією h_i за формулою:

$$h = d \cdot \operatorname{tg} v + i - V,$$

де d – горизонтальне прокладення;

v – кут нахилу;

i – висота приладу;

V – висота наведення променя візування.

4. Обчислюють висоти пікетів H_i за формулою:

$$H_i = H_{cm} + h_i,$$

де H_{cm} – висота станції;

h_i – перевищення знімального пікету над станцією.

Результати обчислень заносять до відповідних колонок журналу тахеометричного знімання (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Журнал тахеометричного знімання

№ знімального шксту	Відстань за віддалеміром L , м	Відлік за ГК β , °	Відлік за ВК α , °	Кут нахилу ν , °	Горизонтальна відстань d , м	Перевиснення h , м	Висота знімального шксту H , м	Примітка
Ст.1	$i=1.50$ м		$MO=360^{\circ}07'$		$H = 49.15$ м	$KL=13^{\circ}02'$ $KP=347^{\circ}11'$		
Ст.2		$0^{\circ}00'$						
1	56,0	$32^{\circ}10'$	$355^{\circ}35'$	$-4^{\circ}32'$	55,65	-4,41	44,74	$\nu = i$
2	40,4	$50^{\circ}35'$	$355^{\circ}56'$	$-4^{\circ}11'$	40,19	-3,94	45,21	$\nu = 2.5$
3	28,2	$87^{\circ}40'$	$352^{\circ}50'$	$-7^{\circ}17'$	27,75	-2,55	46,60	$\nu = 0.5$
4	20,5	$42^{\circ}10'$	$354^{\circ}05'$	$-6^{\circ}02'$	20,27	-2,14	47,01	$\nu = i$
5	54,3	$10^{\circ}30'$	$356^{\circ}36'$	$-3^{\circ}31'$	54,1	-3,32	45,83	$\nu = i$
6	46,0	$356^{\circ}30'$	$356^{\circ}37'$	$-3^{\circ}30'$	45,83	-2,80	46,35	$\nu = i$
7	22,0	$1^{\circ}20'$	$355^{\circ}42'$	$-4^{\circ}25'$	21,87	-1,69	47,46	$\nu = i$

5.4 Побудова топографічного плану

Побудова топографічних планів має таку послідовність.

1. Побудова координатної сітки.

Координатну сітку креслять на аркуші креслярського паперу за допомогою лінійки Дробишева (рис. 5.3).

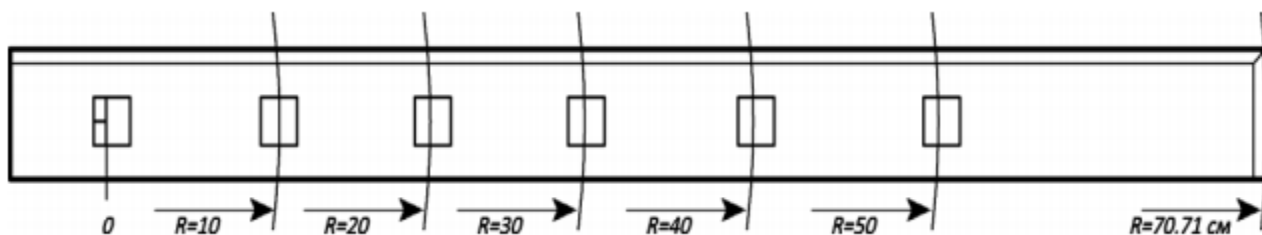


Рисунок 5.3 – Загальний вигляд лінійки Дробишева

Спочатку на папері (рис. 5.4, а) проводять лінію, на якій за скошеними краями лінійки позначають рисками точки А і В за $R=50$ см.

Потім приблизно перпендикулярно від точки А з радіусом $R=50$ см проводять штрих біля точки С.

Лінійкою з точки В радіусом $R=70,71$ см роблять засічку по штриху і отримують точку С. Кут $CAB = 90^{\circ}$, а відповідні відстані – $L_{AB} = 50$ см, а $L_{AC} = 50$ см. Так само з точок В і А визначають положення точки D. Отримують

чотирикутник $ABCD$.

Послідовно за допомогою лінійки Дробишева за скошеними краями віконець роблять штрихи через кожні 10 см. З'єднавши їх протилежні позначки, отримують сітку прямокутних координат (рис. 5.4, б).

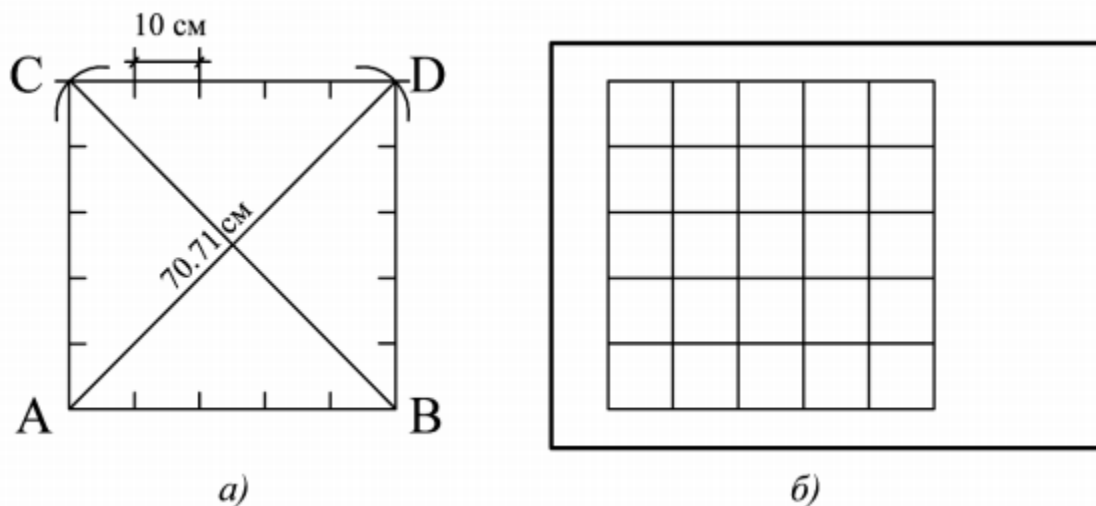


Рисунок 5.4 – Побудова координатної сітки:
а – схема побудови; б – побудована координатна сітка

2. Нанесення точок теодолітного ходу за прямокутними координатами.

Спочатку визначають квадрат, в якому повинна знаходитись дана точка. Наприклад, необхідно нанести на план точку I з координатами: $X_I = 488,18$ м, $Y_I = 615,77$ м (рис. 5.5). Ця точка розміститься в квадраті зі сторонами: нижня $X_H = 450$ м; верхня $X_B = 500$ м; ліва $Y_L = 600$ м; права $Y_P = 650$ м.

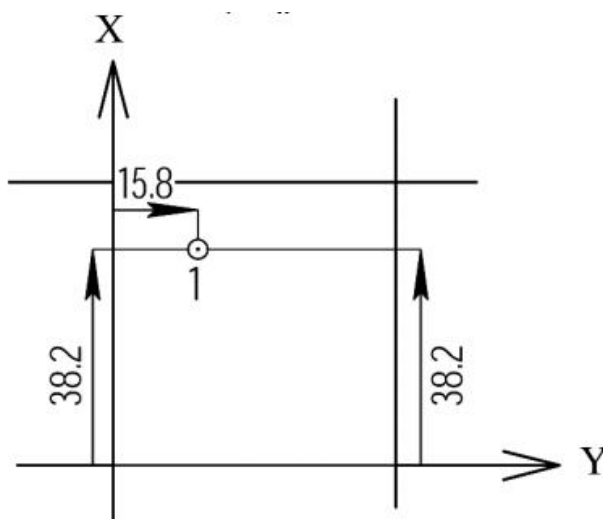


Рисунок 5.5 – Нанесення на план точок теодолітного ходу

З двох боків цього квадрата за допомогою циркуля-вимірника відкладають уверх залишок абсциси точки 1 над абсцисою нижньої сторони квадрата:

$$X_I - X_H = 38.18 \approx 38,2 \text{ м.}$$

Отримані точки з'єднують за допомогою лінійки тонкою лінією. Потім уздовж цієї лінії вправо відкладають залишок ординати точки 1 над ординатою лівої сторони квадрата:

$$Y_I - Y_L = 15.77 \approx 15,8 \text{ м.}$$

Таким чином визначають положення точки 1 на плані. Її позначають наколом голки циркуля-вимірника і обводять колом діаметром 1.5 мм. Підписують номер точки теодолітного ходу.

3. Нанесення ситуації.

Нанесення точок тахеометричного знімання виконують за допомогою лінійки і геодезичного транспортира. Центр транспортира сполучають зі станцією знімання. Нульову поділку орієнтують на вихідний напрямок. Відраховують вимірний при зніманні горизонтальний кут між вихідною лінією і напрямком на точку тахеометричного знімання (рис. 5.6) і вздовж отриманого напрямку в масштабі плану відкладають горизонтальне прокладення d . Таким чином отримують положення шуканої точки. Підписують її номер і відмітку.

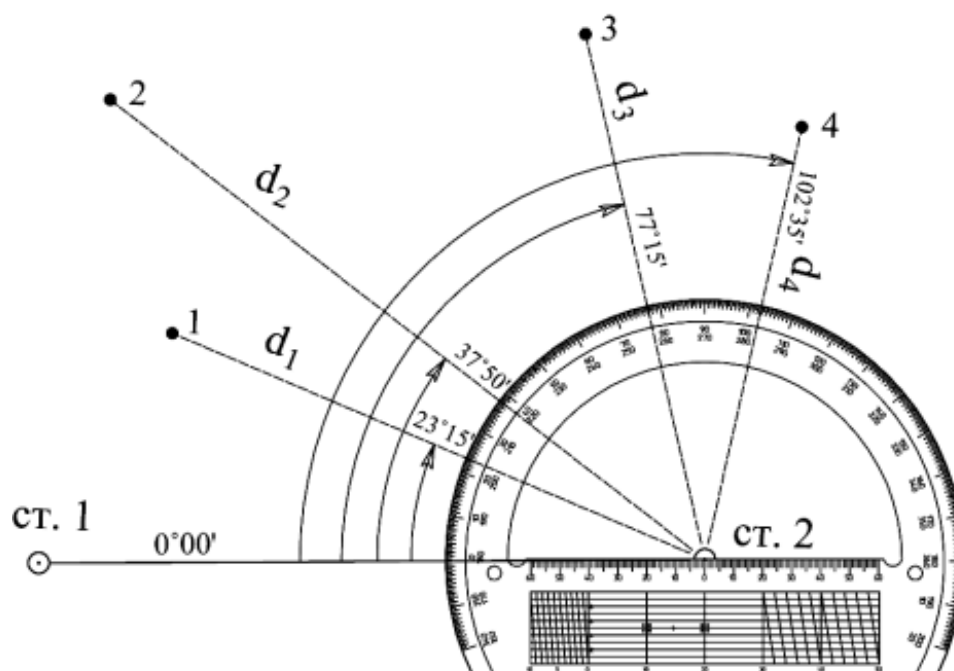


Рисунок 5.6 – Нанесення точок тахеометричної зйомки

При нанесенні ситуації, знятої способом перпендикулярів, від лінії знімальної основи відкладають відстані X та Y до кожної точки у масштабі плану. Перпендикуляри будують прямокутними трикутниками.

За способом кутових засічок на плані транспортиром будують виміряні кути від лінії знімальної основи і на перетині отриманих напрямків знаходять положення шуканої точки.

За способом лінійних засічок циркулем роблять засічку довжинами виміряних ліній у масштабі плану і на перетині отримують шукану точку.

За способом створів у масштабі плану відкладають за створом лінії виміряні відрізки.

4. Побудова горизонталей.

Визначають (інтерполюють) значення позначок горизонталей відповідно до позначок точок тахеометричного знімання і висоти перерізу рельєфу. Інтерполяцію виконують за допомогою палетки (прозорої плівки (кальки), на якій нанесені через однакову відстань горизонтальні паралельні лінії). Лінії палетки підписують згідно з відмітками горизонталей.

Накладають палетку на точки плану і розвертають так, щоб вони знаходились на відповідних відмітках (рис. 5.7, а). На перетині лінії, якою з'єднані точки з підписаними лініями палетки, отримують відмітки горизонталей. Таким чином визначають положення горизонталей між усіма суміжними точками. Точки з однаковими відмітками з'єднують плавними кривими лініями – горизонталями (рис. 5.7, б).

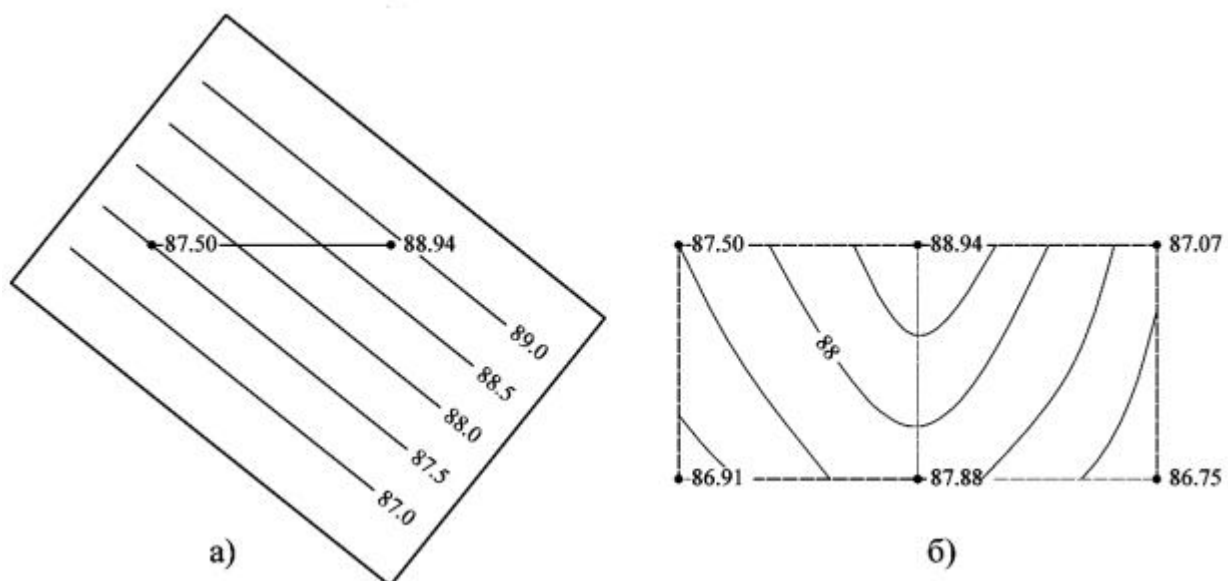


Рисунок 5.7 – Побудова горизонталей:

а – інтерполяція за допомогою палетки; б – проведення горизонталей на плані

5. Оформлення плану.

Під час нанесення точок на план згідно з абрисами, креслять предмети й контури місцевості та заповнюють їх умовними позначеннями. Відповідно роблять позарамкове оформлення.

6 ГЕОДЕЗИЧНІ МЕТОДИ ВИМІРЮВАНЬ ПРИ РОЗМІТОЧНИХ І АРХІТЕКТУРНИХ ОБМІРЮВАННЯХ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

План

1. *Геодезичні розмічувальні роботи.*
2. *Підготовка геодезичних даних для виносу проекту будівництва на місцевість.*
3. *Елементи розмічувальних робіт.*
4. *Виконавче знімання.*
5. *Обмірювальні роботи.*

6.1 Геодезичні розмічувальні роботи

Геодезичні розмічувальні роботи – це комплекс геодезичних робіт, які виконують з метою визначення положення на місцевості осей споруди та її деталей, які містяться в проекті.

Головними осями є дві перпендикулярні одна до одної осі симетрії *I-I* і *II-II*, а основними осями є лінії *A-A*, *B-B*, *1-1*, і *2-2*, які утворюють контур споруди (рис. 6.1). В межах цього контуру проводять паралельні до основних осей поздовжні та поперечні проміжні осі, які визначають положення внутрішніх частин споруди.

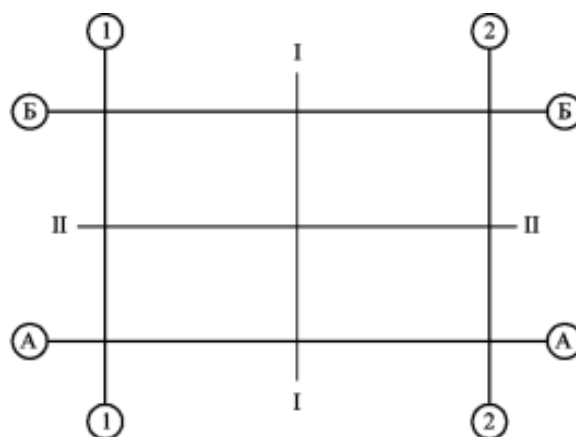


Рисунок 6.1 – Головні та основні осі споруди

Геодезичною розмічувальною основою під час будівництва промислових об'єктів найчастіше є будівельна сітка (рис. 6.2), яка являє собою систему опорних пунктів, що рівномірно вкривають територію будівельного майданчика і дають можливість з необхідною точністю перенести проект споруди на місцевість.

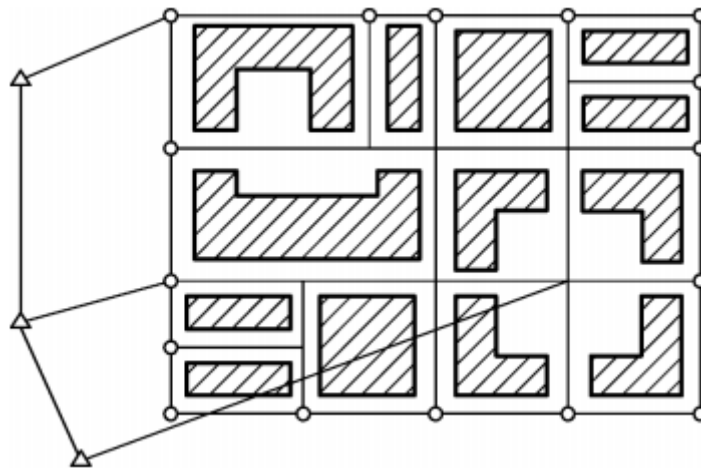


Рисунок 6.2 – Будівельна сітка

Будівельні сітки створюють у вигляді квадратів та прямокутників зі сторонами 50, 100 або 200 м. Будівельну сітку проектують таким чином, щоб її сторони були паралельними основним осям проектних споруд. За початок координат приймають пункт сітки, розташований в південно-західному куті будівельного майданчику. Це дозволяє уникнути від'ємних значень абсцис і ординат. Від початкового пункту обчислюють координати інших пунктів за прийнятими в проекті довжинами сторін фігур сітки. Висотну основу на будівельному майданчику створюють шляхом прокладання нівелірних ходів.

Етапи виконання розмічувальних робіт на будівельному майданчику:

1. розбивка основних осей – на місцевості визначають положення головних (вихідних) розмічувальних осей від пунктів геодезичної основи (згідно даних розмічувального креслення) і закріплюють їх знаками;

2. детальна розбивка споруди – від закріплених точок головних осей розбивають поздовжні і поперечні осі окремих будівельних блоків і частин споруди з одночасним встановленням точок і площин на рівень проектних відміток. По завершенню нульового циклу будівництва пункти розмічувальної основи переносять на вихідний горизонт споруди – блоки фундаменту, бетонну підготовку або перекриття підвалу, а потім, за ходом будівництва проектують

ці пункти на монтажні горизонти, тобто опорні площадки кожного поверху (ярусу).

Процес будівництва супроводжується геодезичними контрольними вимірами і завершується виконавчим зніманням споруди. Це дозволяє фіксувати відхилення від проекту.

6.2 Підготовка геодезичних даних для виносу проекту будівництва на місцевість

Розмічувальне креслення складають на основі вихідних даних, які можуть бути отримані графічним, аналітичним і графоаналітичним методами. При графічному методі всі необхідні дані (відстані, кути, координати, відмітки) визначають графічно за планами і робочими кресленнями. Аналітичний метод забезпечує більш високу точність вихідних даних. Координати точок існуючих споруд визначають на основі детального знімання, або спеціально прокладених теодолітних ходів. За отриманими координатами і проектними параметрами обчислюють координати точок проектних споруд (пряма геодезична задача). За цими координатами шляхом розв'язання обернених геодезичних задач обчислюють відстані та кути, необхідні для виносу осей споруди на місцевість.

В практиці розмічувальних робіт найчастіше застосовують графоаналітичний метод. При цьому частину вихідних даних отримують графічно з плану, а іншу частину – аналітично.

Наприклад, необхідно підготувати вихідні дані графоаналітичним методом для перенесення на місцевість основних осей будівлі $ABCD$ (рис. 6.3) розміром 25×35 м, поздовжня вісь якої паралельна до сторони теодолітного ходу $I-II$.

Координати точок I (X_I , Y_I) і II (X_{II} , Y_{II}) отримані шляхом прокладення теодолітного ходу і записані у координатну відомість. Координати точки A (X_A , Y_A) визначені графічно за планом.

Необхідними вихідними даними для перенесення на місцевість точки A є значення кута β і відстань d_{I-A} .

З рисунка 6.3 видно, що кут β дорівнює різниці дирекційних кутів, тобто

$$\beta = \alpha_{I-A} - \alpha_{I-II}.$$

Значення дирекційного α_{I-II} кута отримують з координатної відомості. Дирекційний кут α_{I-A} і відстань d_{I-A} визначають шляхом розв'язання оберненої геодезичної задачі за координатами точок I і A .

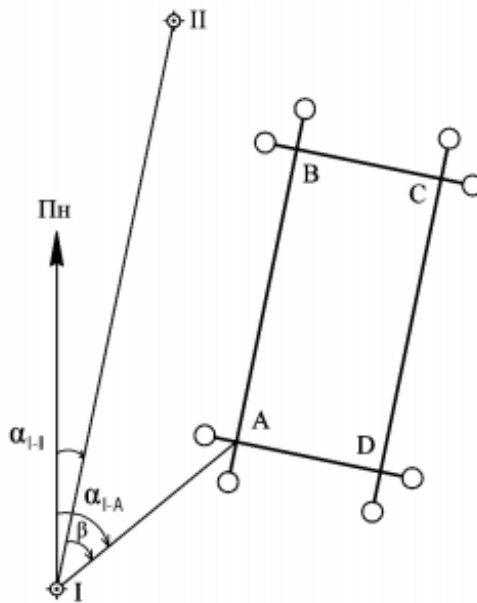


Рисунок 6.3 – Розмічувальне креслення

Отримані значення β і d_{I-A} підписують на розбивчому кресленні. Щоб отримати дані для перенесення на місцевість точок B , C і D , спочатку обчислюють координати цих точок шляхом розв'язання прямої геодезичної задачі з урахуванням розмірів споруди і орієнтування осі AB паралельно стороні теодолітного ходу $I-II$, потім виконують розрахунки подібно до того, як це зроблено для точки A .

6.3 Елементи розмічувальних робіт

Розмічувальні роботи являють собою, в основному, побудову на місцевості кутів і ліній, які лежать переважно в горизонтальній і вертикальній площинах.

Побудова проектного горизонтального кута на місцевості. Над вершиною кута O встановлюють теодоліт (рис. 6.4) і орієнтують його за вихідним напрямком OA .

Обертаючи алідаду, відкладають проектний кут β і фіксують отриманий напрямок на відстані d металевою шпилькою (віхою) у точці P' . Побудований у першому наближенні кут вимірюють повним прийомом. Результат виміру β' використовують для обчислення кутової поправки за формулою:

$$\delta_\beta = \beta' - \beta,$$

і відповідної їй величини перпендикуляра l :

$$l = d \cdot \frac{\delta_\beta}{\rho}.$$

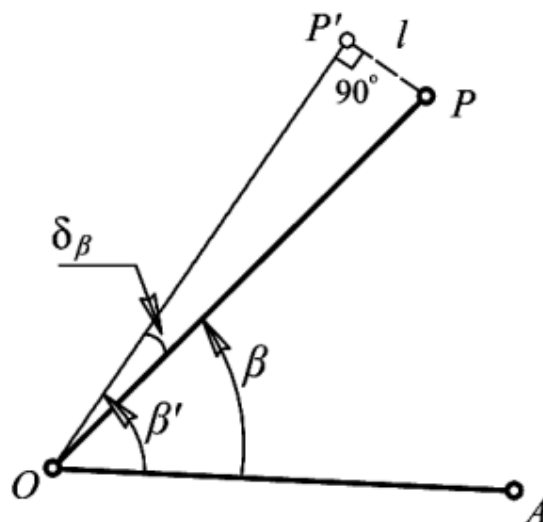


Рисунок 6.4 – Побудова проектного горизонтального кута

Винос на місцевість проектної відмітки. Між репером або точкою з відомою висотою A і проектною точкою B встановлюють нівелір (рис. 6.5). За рейкою, встановленою на вихідній точці A , беруть відлік U_A . Потім обчислюють відлік U_{np} , який повинен бути на рейці в точці B , коли точка буде знаходитися на проектній висоті:

$$U_{np} = H_{вих} - H_{np} + U_A.$$

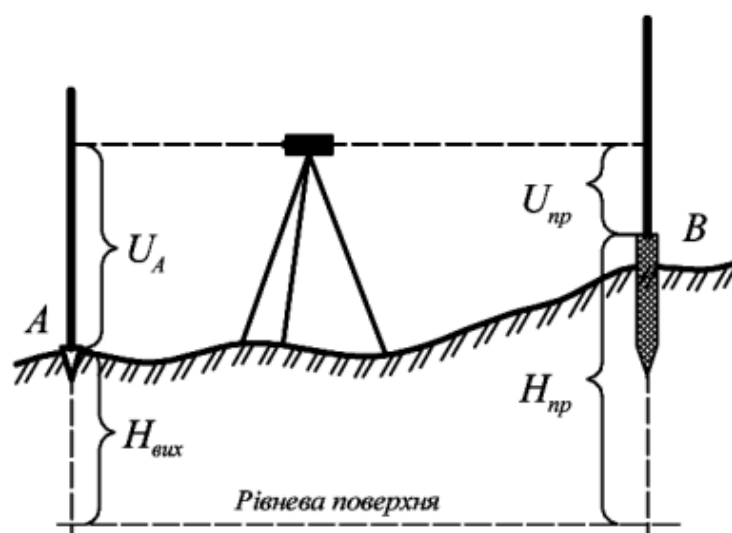


Рисунок 6.5 – Схема виносу на місцевість проектної висоти

При фіксуванні положення точки дерев'яним колом останній забивають доти, поки відлік по рейці, встановленій на кіл, не буде дорівнювати U_{np} .

Отриману в першому наближенні відмітку нівелюють повним прийомом (по двох сторонах рейки при двох горизонтах). Результат виміру H'_{np} зіставляють з проектним значенням H_{np} і одержують величину поправки:

$$\delta_H = H_{np} - H'_{np}.$$

Побудова проектної лінії із заданим ухилом. Поряд із стіною, на якій необхідно побудувати проектну лінію, встановлюють нівелір (рис. 6.6). На початкову точку лінії ставлять рейку, і беруть відлік за чорною шкалою U_1 .

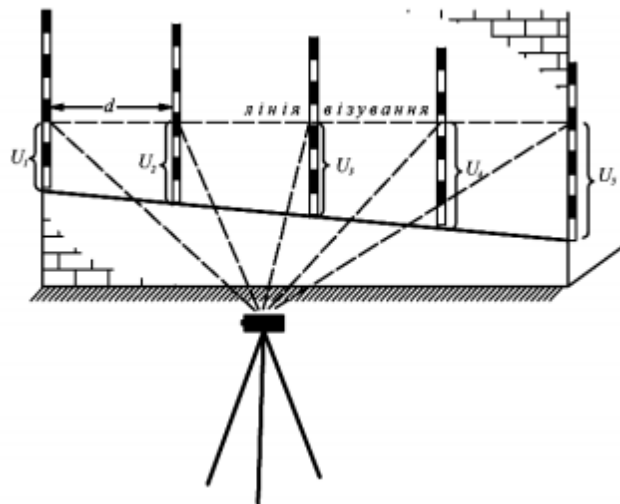


Рисунок 6.6 – Схема побудови проектної лінії із заданим ухилом

Потім рейку переносять на відстань d і обчислюють відлік, який повинен бути на рейці в другій точці за формулою:

$$U_2 = U_1 + d \cdot i,$$

де i – заданий ухил.

Потім за командами нівелювальника двигают рейку вгору або вниз, доки за центральним горизонтальним штрихом сітки ниток не буде взято розрахований за формулою відлік. Після цього відразу відмічають на стіні крейдою п'ятку рейки. Аналогічно будують третю точку лінії, і так далі.

Перенесення на місцевість проектної відстані. Для побудови на місцевості проектної лінії від вихідної точки відкладають проектне

горизонтальне прокладення D . Виміри виконують компарованим мірним приладом. В процесі побудови лінії вводять поправки:

- *за нахил*

$$\Delta D_v = D \cdot \frac{\sin^2 v}{2},$$

де v – кут нахилу місцевості, який вимірюють теодолітом;

- *за компарування*

$$\Delta D_K = D \cdot \frac{l_0 - l_K}{l_0},$$

де l_0 – номінальна довжина мірного приладу,

l_K – фактична довжина мірного приладу, отримана за результатами компарування;

- *за температуру*

$$\Delta D_t = D \cdot \varepsilon \cdot (t_K - t_{вим}),$$

де ε – коефіцієнт лінійного розширення металу,

t_K – температура під час компарування,

$t_{вим}$ – температура під час вимірювання.

6.4 Виконавче знімання

Виконавче знімання виконують з метою встановлення фактичного положення елементів і конструкцій відносно осей і проектних відміток, а також для визначення розмірів і фактичного положення будівель і споруд на місцевості після їх зведення. Залежно від етапу будівництва виконавче знімання поділяють на поточне і завершальне.

Поточним виконавчим зніманням завершують кожен вид будівельно-монтажних робіт. Його результати є основним технічним документом, який дозволяє перевірити якість виконаних робіт та підрахувати їх об'єм.

Виконавчому зніманню підлягають ті елементи будівлі, від правильного положення яких залежать міцність і стійкість всієї будівлі. Особливу увагу приділяють виконавчому зніманню частин і конструкцій споруди, які підлягають засипанню ґрунтом і не будуть доступними для вимірів. Виконавче знімання ведуть тими ж методами і приладами, що і детальну розбивку осей

споруди. Точність вимірів має бути не меншою ніж точність розмічувальних робіт.

Завершальне виконавче знімання виконують в масштабах 1:500 – 1:1000 після завершення будівництва об'єкта. За результатами завершального виконавчого знімання складають виконавчий генеральний план, яким користуються при експлуатації промислового або житлового комплексу, а саме: для подальшого розширення підприємства, при виконанні ремонтних робіт, швидкої ліквідації пошкоджень підземних мереж.

6.5 Обмірювальні роботи

Архітектурні обміри виконуються з метою фіксації існуючого стану споруд та ансамблів, які розвивається, зазнають постійних змін. В залежності від того яка мета досягається, обміри виконуються з різним ступенем точності і поділяються на три категорії: схематичні, архітектурні та архітектурно-археологічні.

Схематичні обміри проводяться при інвентаризації будівель, при підрахунку техніко-економічних показників і для визначення обсягів робіт при ремонті будинків. Креслення схематичних обмірів мають юридичне значення як частина документації по будівлі (при здачі в експлуатацію і для фіксації в БТІ), а також господарсько-практичне значення. При цьому обміряють основні розміри будівель для складання схематичних креслень плану, розрізу і головного фасаду. Точність схематичних обмірів 1:100 лінійних вимірювань.

Архітектурні обміри виконуються при фіксації пам'яток архітектури, що мають мистецькі та культурно-історичне значення, а також об'єктів, які підлягають реставрації або реконструкції. У комплект креслень входять обміри планів усіх поверхів та ярусів, розрізів, фасадів, інтер'єрів, а також і всіх деталей. Точність архітектурних обмірів 1:2000 – 1:5000 горизонтальних і 1:5000 вертикальних вимірів.

Архітектурно-археологічні обміри проводяться при обміру античних і середньовічних пам'ятників архітектури і при археологічних розкопках. Фіксуються все архітектурно-будівельні особливості будівель, деформації, викликані осадкою або з'явилися в результаті експлуатації будинків. Відзначаються всі відхилення від вертикальних і горизонтальних напрямків, від прямих кутів і кіл, враховуються всі нерівності кладки.

При обміру проводяться **два види робіт** – натурне вимірювання і камеральне креслення обмірних креслень у вигляді ортогональних проекцій

будівлі.

Всі існуючі методи обміру поділяються на *дві групи*: класичні і фотограмметричні.

У першому випадку при обміру використовується малогабаритний інструментарій – рулетка, висок, екер, рівень, геодезичні прилади. Вимірами визначаються місця розташування найбільш характерних точок будівлі. Точність обміру залежить від кількості вимірюваних точок, більш детальний обмір вимагає більше часу на проведення і натурних і камеральних робіт.

Фотограмметричних метод дає можливість науково обґрунтувати розміри і просторове положення об'єктів по їх фотограмметричних зображень, які обробляються спеціальною апаратурою. Обмірні креслення будуються у результаті безперервного креслення графоаналітичних системами, які передають реальну форму споруд, з усіма архітектурними особливостями. Цей метод дає самий точний результат, що задовольняє вимогам наукової реставрації.

Класичні методи об'єднують групу традиційних прийомів ведення робіт. Вимірювання ведуться щодо геометричній опорної мережі обмірів – системи з прямих ліній, всі елементи якої взаємопов'язані жорсткими прив'язками. Така мережа обмірів тимчасово вноситься в структуру будівлі і після закінчення обмірних робіт розбирається. Створюється у всіх площинах обміру – в горизонтальній площині для обміру плану, у вертикальній для обміру фасадів та побудови розрізів.

Прямі лінії геометричній опорної мережі виконують певні функції: **Нульова лінія** – встановлює місце горизонтальній площині обміру і виявляє план будинку на рівні віконних прорізів. Якщо віконні прорізи розташовані високо або зовсім відсутні, нульову лінію проводять на висоті витягнутої руки - $1,20 \div 1,30$ м над рівнем підлоги. Рівнем визначають точки, що лежать в одній площині, відзначаючи олівцем або крейдою позначки – репери на стінах і на всіх структурних елементах будівлі – колонах, стовпах. Через віконні та дверні отвори нульова лінія виноситься на зовнішній контур будівлі.

Базис – відстань між двома точками, положення яких в даній мережі обмірів зафіксовано прив'язками. Від базисів ведуться всі вимірювання.

Причілки – прямі лінії, окреслюючи будівлю і простягнуті через віконні і дверні отвори, жорстко пов'язані між собою. Для причілок використовується сталевий дріт, натягнута на штативах або закріплена іншим способом. Для обміру контуру стін причілки поділяються на базиси, для чого використовуються кольорові нитки, липка стрічка та ін. Мітки повинні бути

тонкі, міцно зафіксованими і відповідати поділу. Величина і кількість базисів на одній причілки визначається числом характерних точок будівлі, які необхідно зафіксувати трьома зарубками щодо однієї причілки. Бажано використовувати базиси кратні 10 см, для зручного відкладення в масштабі креслення.

При обмірі класичними методами, слід дотримуватися правил:

- вимірювання робити тільки в площинах проекцій – горизонтальної для плану і вертикальною для розрізів і фасадів;
- вибрати сувору систему визначення положення кожної точки відносно іншої або щодо геометричній опорної мережі;
- системно вести запис вимірювань на ескізних малюнках обмірних креслень (кроках).

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Войтенко С.П. Інженерна геодезія: підручник // С.П. Войтенко. – К: Знання, 2009.
2. Геодезія. Частина перша: Підручник / За заг. ред. Могильного С.Г. і Гавриленка Ю.М. – Донецьк: Технопарк ДонНТУ «УНІТЕХ», 2009.
3. Перфилов В.Ф. Геодезия: Учеб. для вузов / В.Ф. Перфилов, Р.Н. Скогорева, Н.В. Усова – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2006.
4. Кулешов Д.А., Стрельников Г.Е. Инженерная геодезия для строителей: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1990.
5. Курс инженерной геодезии: Учебник для вузов / Под ред. В.Е. Новака – М.: Недра, 1989.
6. Лабораторный практикум по инженерной геодезии: Учеб. пособие для вузов/ В.Ф. Лукьянов, В.Е. Новак, Н.Н. Борисов и др. – М.: Недра, 1990.
7. Романчук С.В., Кирилюк В.П., Шемякін М.В. Геодезія. Навчальний посібник. – К.: Центр учбової літератури, 2008.
8. Інженерна геодезія : навч. посіб. / С.Г. Вилка. – К. : Аграрна освіта, 2014. – 371 с.
9. Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. – К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, 2001.
10. ДСТУ 2756-94. Геодезія. Терміни та визначення. К.: Держстандарт України, 1994.
11. ДСТУ 2757-94. Картографія. Терміни та визначення. К.: Держстандарт України, 1994.
12. Шаульський Д.В. Конспект лекцій з дисципліни «ОСНОВИ ГЕОДЕЗІЇ» (для студентів 1 і 3 курсів денної форми навчання, напряму підготовки 6.060102 «Архітектура» спеціальності «Містобудування»). /Д. В. Шаульський; Харк. нац міськ. гос-ва. – Х.: ХНАМГ, 2012. – 55 с.
13. Шаульський Д. В. Конспект лекцій з дисципліни «ІНЖЕНЕРНА ГЕОДЕЗІЯ» (для студентів 1 курсу денної форми навчання, напряму підготовки 6.060101 «Будівництво» спеціальності «Теплогазопостачання і вентиляція») / Д. В. Шаульський; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; – Х. : ХНУМГ, 2013. – 64 с.
14. Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність : Закон України // Відомості Верховної Ради України. – 1999. – № 5-6 – Ст. 46.
15. Деякі питання реалізації частини першої статті 12 Закону України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» : Постанова Кабінету міністрів України [Електронний ресурс]. – Режим доступу :

<http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/646-2013-%D0%BF> – Дата звернення: 13.05.2018. – Загол. з екрана.

16. Про затвердження Порядку охорони геодезичних пунктів : Постанова Кабінету міністрів України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/836-2017-%D0%BF> – Дата звернення: 13.05.2018. – Загол. з екрана.

17. Інструкція з обстеження та оновлення пунктів Державної геодезичної мережі України : Наказ Головного управління геодезії, картографії та кадастру [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://gki.com.ua/files/uploads/documents/Norms/Ukrgeodesykart_norms/Inst_z_obstezh_DGM_23.pdf – Дата звернення: 13.05.2018. – Загол. з екрана.

Навчальне видання

ПІЛІЧЕВА Марина Олегівна,
МАСЛІЙ Любов Олексіївна

ОСНОВИ ГЕОДЕЗІЇ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

(для бакалаврів спеціальності 191 – Архітектура та містобудування)

Відповідальний за випуск *О. Є. Поморцева*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *М. О. Пілічева*

План 2018, поз. 27 Л

Підп. до друку 27.06.2018. Формат 60 × 84/16.

Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 2,63.

Тираж 50 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.