

**МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ УКРАЇНИ  
ІЛЛІНЕЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ КОЛЕДЖ**

# **ОСНОВИ ГЕОДЕЗІЇ**

**Курс лекцій**

**для студентів спеціальності**

**5.09010303 «Зелене будівництво і садово – паркове господарство»**

Іллінці- 2014 рік

Укладач: **Алексєнко М.В.** – викладач лісотехнічних дисциплін Іллінецького державного аграрного коледжу.

Рецензенти: **Петренко С.Д.** - кандидат сільськогосподарських дисциплін, викладач Іллінецького державного аграрного коледжу.

### **Анотація.**

У даному навчально-методичному посібнику висвітлені теоретичні і практичні питання з геодезії, пов'язані з вимірами земної поверхні або окремих ділянок, а в лісовому і садово-парковому господарстві виділів та кварталів геодезичними приладами такими як: теодоліти, гоніометри, бусолі, нівеліри, аерофотозйомки та ін..

Вся інформація у лекціях направлена на те щоб вміти виконувати всі геодезичні роботи у лісовому господарстві та лісовпорядкуванні.

Рекомендований для студентів заочної і денної форми навчання за спеціальністю «Лісове та садово-паркове господарство» та відповідає вимогам підготовки техніка лісівника та озеленювача.

Вступ. Предмет і завдання геодезії .....	5
Розділ 1. Загальні відомості про геодезичні зйомки.....	6
Тема 1.1 Фігура Землі.....	6
Тема 1.2 Система висот.....	8
Тема 1.3 Загальні відомості про геодезичні зйомки місцевості. Позначення точок на місцевості геодезичними знаками та їх закріплення. Геодезичні знаки, які встановлюються на місцевості.....	9
Тема 1.4 Способи горизонтальної зйомки.....	10
Тема 1.5 Види вимірювань.....	12
Тема 1.6 Прилади для вимірювання ліній на місцевості та їх перевірка.....	16
Тема 1.7 Одиниці мір, що використовуються в геодезії.....	23
Тема 1.8 Топографічні плани і карти. Поняття про план карту і профіль місцевості.....	24
Тема 1.9 Умовні знаки на планах і картах.....	25
1.10. Масштаби і їх види. ....	27
Тема 1.11 Рельєф земної поверхні, його форми та елементи. ....	28
Тема 1.12 Орієнтування ліній. Азимут і румб, їх види.....	32
Тема 1.13 Зйомка місцевості найпростішими інструментами. ....	35
Розділ 2. Кутові вимірювання. Кутомірні прилади. ....	37
Тема 2.1 Теодолітна зйомка.....	37
Тема 2.2 Основні частини теодоліта. Установлення теодоліта в робоче положення.....	38
Тема 2.3 Польові роботи при теодолітній зйомці. Методи зйомки ситуацій. Зйомка методом обходу, полярним, перпендикулярів, засічок.....	41
Розділ 3. Методи і прилади вертикальної зйомки. Геометричне нівелювання. .....	44

Тема 3.1 Нівелювання.Перевищення. Прилади для геометричного нівелювання. Основні умови нівелювання. Тригонометричне нівелювання. Вертикальне планування місцевості.....	44
Тема 3.2. Устрій, перевірка та застосування приладів нівелювання. Устрій нівелірних рейок.....	46
Тема 3.3 Нівелювання поверхні. Складання профілю траси.....	49
Тема 3.4 Поздовжнє нівелювання річок, каналів та ін.....	50
Тема 3.5 Окомірна зйомка, її проведення.....	52
Тема 3.6 Організація геодезичних робіт, їх контроль виконання.....	54
Тема 3.7 Геодезичне забезпечення земельного кадастру.....	54
Тема 3.8 Геодезичні роботи при лісовпорядкуванні.....	56
Тема 3.9 Організація інженерно – геодезичних робіт.....	58
Список використаної літератури.....	59

## Вступ.

### Предмет і завдання геодезії

**Геодезія** – наука, яка вивчає фігуру та гравітаційне поле Землі, а також методи і засоби геометричних вимірювань земної поверхні з метою з метою

зображення її на планах і картах для вирішення завдань народного господарства і 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.

Всі завдання геодезії вирішуються за допомогою спеціальних вимірювань, які називають – геодезичними.

В процесі свого розвитку геодезія розділилась на ряд окремих науково-технічних дисциплін.

**Вища геодезія**, яка вивчає фігуру та гравітаційне поле Землі, а також займається визначенням координат окремих точок земної поверхні в єдиній системі.

**Топографія** розглядає способи вивчення в деталях земної поверхні й відображення її на картах і планах.

**Фотограметрія** розглядає методи отримання топографічних планів за допомогою космічних і аерофотознімків.

**Картографія** розглядає методи складання, видавництва і шляхи використання різноманітних карт і планів.

**Супутникова геодезія** розглядає методи вирішення геодезичних задач за допомогою штучних супутників Землі.

**Інженерна геодезія** розглядає методи геодезичних робіт, які виконують під час вишукувань, проектування, будівництва і експлуатації інженерних споруд.

## Розділ 1. Загальні відомості про геодезичні зйомки.

### Тема 1.1 Фігура Землі.

Якщо б Земля була нерухомим однорідним тілом і піддавалась лише дії внутрішніх сил тяжіння, вона мала б форму кулі. Під дією відцентрової сили,

яка викликана обертанням навколо осі з постійною швидкістю, Земля набула б

форми, стиснутої за напрямком полюсів, тобто форму еліпсоїда обертання.

Однак насправді, внутрішня будова Землі неоднорідна. У зовнішньому шарі Землі – земній корі (товщиною від 6 до 70 км, в середньому 40 км) закономірностей в розподілі щільностей немає; її будова дуже складна.

Це

пояснюється тим, що в ній без перешкод відбувається переміщення порід під

дією внутрішніх і зовнішніх сил. Так утворюється зовнішня, або, як кажуть

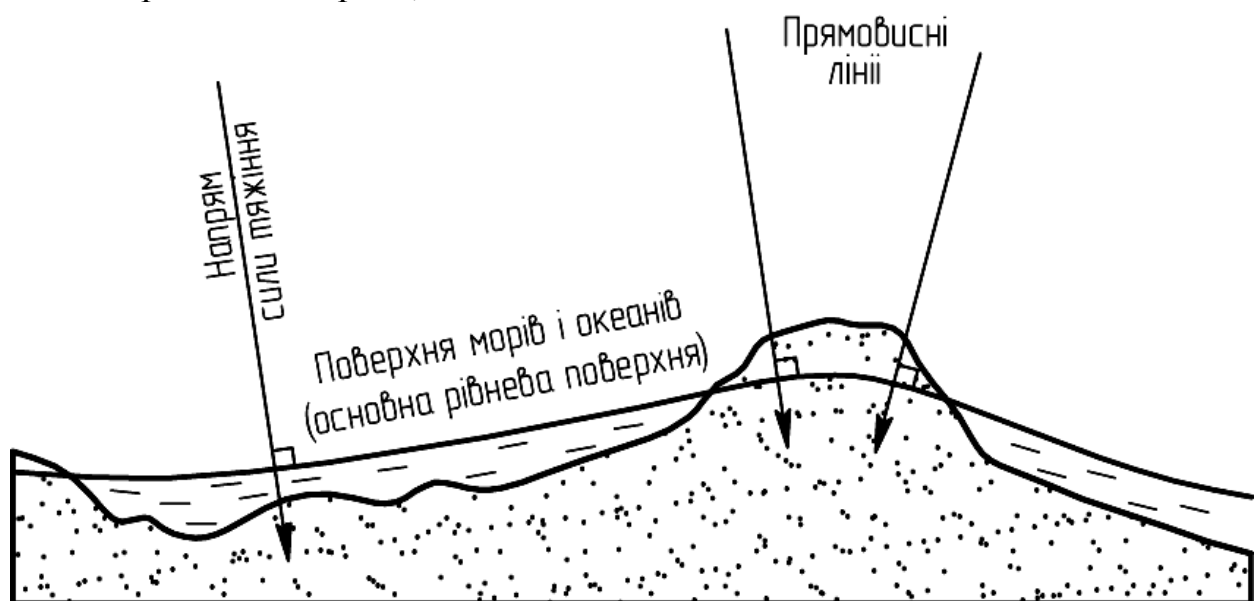
фізична поверхня Землі, яка являє собою з'єднання материків та океанічних

западин зі складними геометричними формами.

Загалом, земну поверхню можна уявити як фігуру, утворену поверхнею морів і океанів, яка продовжена під материками (рис. 1). Таку поверхню називають **основною рівневою поверхнею**. Рівнева поверхня перпендикулярна

в кожній точці напрямку сили тяжіння (прямовисній лінії). Тіло, яке утворює

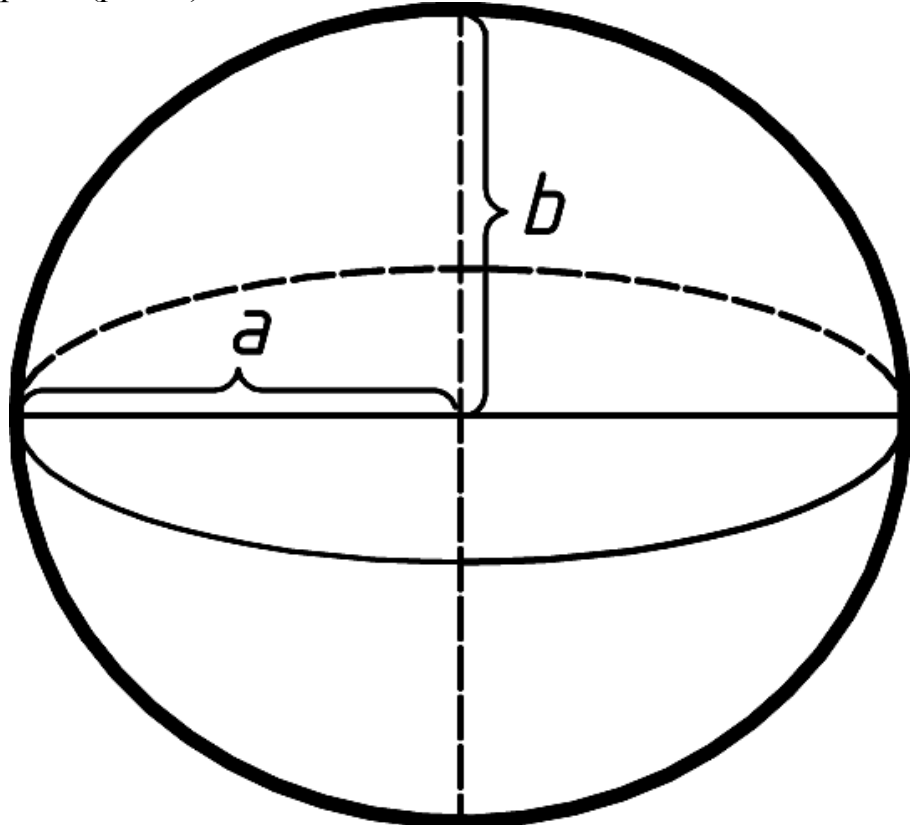
основна рівнева поверхня, називають **геоїдом**.



Мал. 1 – Геоїд

Геоїд не є правильним геометричним тілом, і не виражається кінцевим

математичним рівнянням. Тому для геодезичних обчислень беруть правильну математичну поверхню тіла, найбільш близького до геоїда – **еліпсоїд обертання**. Розміри і форма земного еліпсоїда характеризуються наступними параметрами (рис. 2):



Мал. 2 – Земний еліпсоїд

- велика напіввісь (екваторіальний радіус),  $a$ ;
- мала напіввісь (полярний радіус),  $b$ ;
- полярне стиснення,  $f$ .

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

Розміри земного еліпсоїда визначали за результатами геодезичних вимірювань неодноразово. Наприклад, розміри загальноземного еліпсоїда *WGS-84* (World Geodetic System 1984), який застосовуються в системі супутникової навігації GPS, характеризується параметрами:

$$a = 6\,378\,137 \text{ м,}$$

$$b = 6\,356\,753 \text{ м,}$$

$$f = 1/298.2572236$$

## Тема 1.2 Система висот.

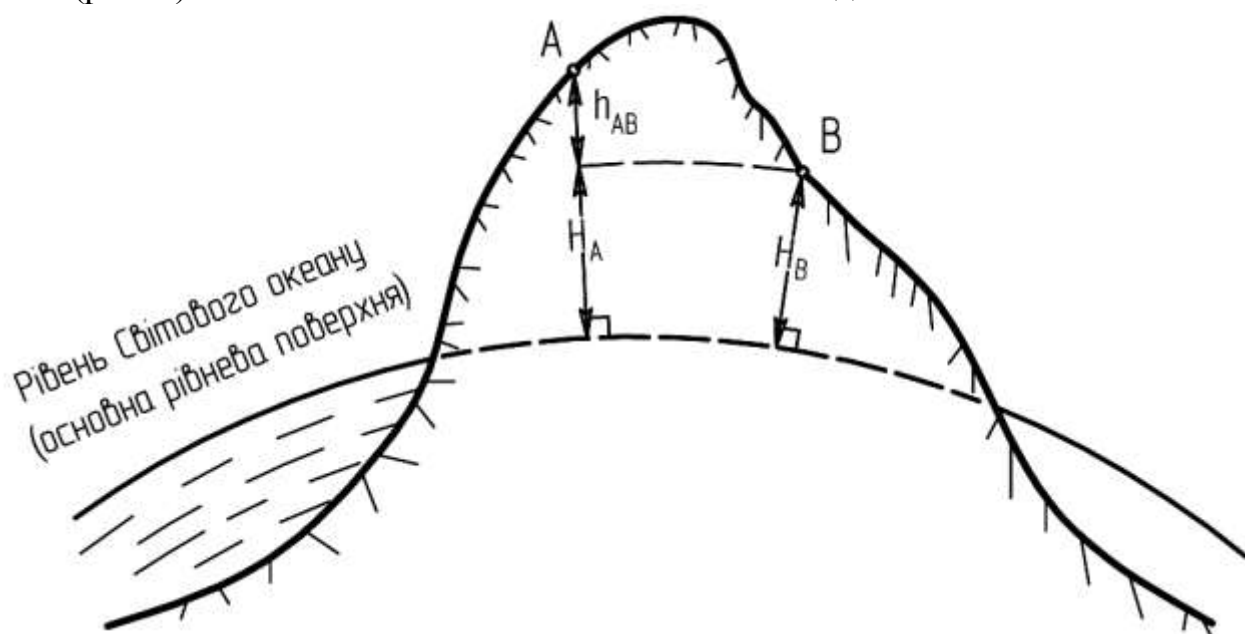
### Абсолютні та відносні висоти

Для опису просторового положення точок земної поверхні необхідна третя

координата. В геодезії такою координатою є висота точки  $H$ . **Висотою точки**

називають відстань від рівневої поверхні до даної точки вздовж прямої

лінії (рис. 6). Кількісне значення висоти називають **відміткою**.



Мал. 3 – Висота точки. Перевищення

За початкову відлікову поверхню для визначення висот в геодезії приймають основну рівневу поверхню (геоїд), яку також називають рівнем

моря. Висоти, які відраховують від основної рівневої поверхні, називають **абсолютними**. В межах будь-якого району або об'єкту будівництва за вихідну

для відліку висот можна вибрати будь-яку іншу постійну точку, наприклад,

рівень підлоги першого поверху житлового будинку. Такі висоти називають

**умовними або відносними**. Різницю висот двох точок називають **перевищенням** ( $h$ ) і вираховують за формулами

$$AB \text{ B A } h = H - H ,$$

$$BA \text{ A B } h = H - H , \quad (1)$$

де  $H_A$ ,  $H_B$  – висоти точок  $A$  і  $B$  відповідно.

**Орієнтування ліній**

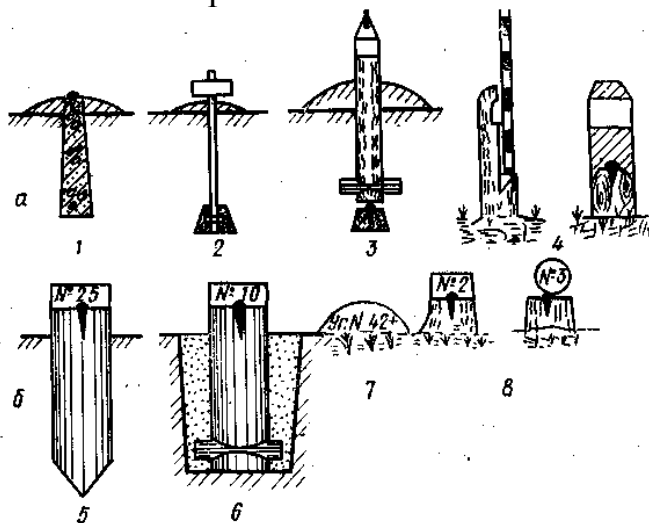


Орієнтувати лінію місцевості – означає знайти її

### Тема 1.3 Загальні відомості про геодезичні зйомки місцевості.

Позначення точок на місцевості геодезичними знаками та їх закріплення. Геодезичні знаки, які встановлюються на місцевості.

Пункти знімального обґрунтування лісових зйомок закріплюють на місцевості лісовпорядними знаками встановленої форми і іншими знаками довготривалого і тимчасового закріплення.



Мал. 4. Знаки довготривалого (а) і тимчасового (б) закріплення пунктів знімального обґрунтування:

1 — залізобетонний пилон; 2,3 — металева труба і дерев'яний стовп з внутрішніми залізобетонними центрами; 4 — оброблена підстава стовбура дерева; 5 — свайка; 6' — стовп; 7 — валун; в — пні

Знаки довготривалого закріплення (мал. 4,9, а) використовуються як при зйомці, так і при подальших лісогосподарських і лісопромислових роботах. Їх ставлять на межах суміжних землекористуванні, в лісових селищах і на промислових майданчиках.

Знаки тимчасового закріплення (мал. 4, б) використовують тільки під час зйомки. Їх розміщують у вершинах триангуляційних побудов і геодезичних ходів, не співпадаючих з точками установки лісовпорядних знаків. На знаках фіксують крапки, до яких відносять вимірювання: загострену вершину квартального стовпа, хрест (фарбою) на валуні, капелюшок цвяха, вбитого у верхній зріз кола або стовпа. Знаки обкопують круглою канавкою діаметром 0,6—0,8 м. На час вимірювань на пунктах ставлять переносні віхи, а при необхідності — зовнішні знаки у вигляді пірамід і високих віх. На ділянці, що знімається, всі знаки ставлять завчасно, до початку вимірювань. Їх нумерують так, щоб в межах ділянки номери не повторювалися. Квартальні і інші лісовпорядні стовпи нумерують відповідно

до встановлених положень.

Щоб зобразити на плані тим або іншим не масштабним умовним знаком об'єкт місцевості, потрібно в полі визначити положення головної точки об'єкту щодо точок знімального обґрунтування. Для нанесення лінії місцевості на план встановлюють положення її поворотних крапок. Таким чином, суть зйомки подробиць місцевості полягає у визначенні положення окремих її крапок щодо пунктів знімальної основи. З цією метою виконують кутові і лінійні вимірювання. За часом вони звичайно співпадають з вимірюваннями, виконуваними для визначення положення точок знімального обґрунтування. Залежно від характеру місцевості і розташування об'єктів, що знімаються, по відношенню до пунктів знімальної сіті застосовують різні способи зйомки.

#### **Тема 1.4 Способи горизонтальної зйомки.**

Зйомки виконують різними приладами із застосуванням різних матеріалів для реєстрації одержаних вихідних даних. Традиційно зйомки поділяють, перш за все, залежно від місця знаходження знімального обладнання під час зйомок на наземні та повітряні з використанням фотографічних приладів (аерофототопографічна зйомка). Однак становлення й розвиток наземного знімання із застосуванням фотографій місцевості дає підставу класифікувати зйомки на топографічні та фототопографічні з подальшим поділом на наземні та повітряні. Можна також виділити зйомки суші і зйомки шельфу.

Найчастіше зйомки класифікують за приладами, які застосовують під час їх виконання. У практиці геодезичних досліджень поширені такі види зйомок: теодолітна, що виконується за допомогою теодолітів, тахеометрична, яку виконують за допомогою тахеометрів і мензульна, яку здійснюють за допомогою мензульного комплекту. В окремих випадках використовують бусольну зйомку, при якій основним геодезичним приладом є бусоль, та окомірну зйомку, суть якої становить визначення відстаней на місцевості “на око”. На місцевості з нечітко вираженими формами рельєфу застосовують нівелювання поверхні.

Наземні топографічні зйомки потребують значних затрат часу і зусиль на безпосередні вимірювання на місцевості, тому їх проводять лише тоді, коли інші види зйомок недоцільні з економічних міркувань (мала площа ділянок, ділянки у вигляді вузької смуги тощо). Разом з тим мензульна і тахеометрична зйомки – дійовий метод навчання розумінню карти, зв'язків графічного зображення з реальними об'єктами.

Тепер основним видом знімання є аерофототопографічна зйомка, застосування якої дуже скорочує обсяг польових робіт і підвищує продуктивність праці.

Розрізняють також горизонтальну, вертикальну та топографічну зйомку.

Горизонтальна зйомка. Суть горизонтальної зйомки полягає у вимірюванні горизонтальних кутів за допомогою кутомірних приладів – теодолітів. Тому таку зйомку ще називають теодолітною зйомкою. За результатами теодолітного знімання будують контурний план місцевості, на якому зображують контури (горизонтальні проекції обрисів) населених пунктів, річок, озер, лісів, полів, доріг і інших об'єктів і ситуації.

Контурний план не відображає рельєфу, висотних позначень точок, тому є плоским зображенням місцевості, а теодолітне знімання – плановим, тобто таким, що не визначає висотного положення точок, які знімають.

Теодолітне знімання виконують з метою отримання плану місцевості у великому масштабі (1:2000 – 1:10 000) для складання проектів будівництва інженерних споруд, будівель, автомобільних доріг тощо.

Під час теодолітного знімання виконують такі види робіт:

1) Рекогносціювання місцевості, вибір місць закладання і закріплення вершин теодолітного полігона.

2) Вимірювання довжин ліній полігона.

3) Вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів на точках полігона.

4) Прив'язка полігона до опорних пунктів державної або місцевої геодезичної мережі.

5) Знімання ситуації місцевості.

6) Камеральні роботи – опрацювання лінійних і кутових вимірів, обчислення координат точок, побудова плану.

Вертикальна зйомка. Суть вертикальної зйомки полягає у визначенні висот точок місцевості шляхом нівелювання. Нівелюванням називають визначення перевищень між окремими точками земної поверхні з наступним обчисленням їх висот. Якщо висоти точок обчислено відносно основної рівневої поверхні, їх називають абсолютними висотами, позначками, альтитудами. Якщо їх обчислено відносно будь-якої іншої, умовно взятої поверхні, їх називають умовними.

Топографічна зйомка. Топографічна зйомка поділяється на тахеометричну, мензульну, бусольну, окомірну, фототопографічну (наземну і повітряну).

Тахеометрична зйомка – один з видів великомасштабної топографічної зйомки, що виконується за допомогою тахеометрів. Слово “тахеометрія” у перекладі з грецької означає “швидке вимірювання”. Швидкість тахеометричної зйомки досягається тим, що при одному наведенні геодезичного приладу на знімальний пікет одержують дані, необхідні для визначення як планового, так і висотного його положення.

Цей вид зйомки має ряд переваг перед іншими видами наземних зйомок, якщо польові роботи необхідно виконати за короткий час або нема сприятливої погоди для виконання зйомки іншими методами. Недолік тахеометричної зйомки в тому, що при складанні карт у камеральних умовах

виконавець не бачить місцевість, внаслідок чого можливе упущення окремих деталей місцевості та пов'язані з цим деякі спотворення в її зображенні.

*Мензульна зйомка* – один з видів топографічної зйомки, при якій за допомогою оптико-механічного приладу кіпрегеля та мензули безпосередньо на знімальній ділянці створюється топографічний план або карта місцевості. Під час мензульної зйомки горизонтальні кути не вимірюють приладом, а одержують шляхом графічних побудов на знімальному планшеті, який закріплений на мензульній дошці, тому мензульну зйомку називають також кутонарисною (графічною). Мензульна зйомка проводиться в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 у разі відсутності матеріалів аерофотозйомки або коли застосовувати її економічно не вигідно.

У тому, що план будується безпосередньо на місцевості, основна перевага мензульної зйомки. Такий спосіб зйомки дає змогу порівнювати картографічне зображення з натурою, більш точно проводити горизонталі, вилучити більшість камеральних обчислювальних робіт. Недоліками мензульної зйомки є залежність її від погоди, низька продуктивність праці, громіздке знімальне устаткування.

Мензульна зйомка може бути виконана за такою схемою: підготовчі роботи; згущення геодезичної основи прокладення теодолітних ходів з вирахуванням координат його точок; підготовка знімального планшета (сюди входять побудова координатної сітки і нанесення точок геодезичної основи з відомими координатами; згущення знімальної основи створенням геометричної сітки, прокладенням мензульних ходів тощо; проведення зйомки з одночасним кресленням плану місцевості; остаточне оформлення плану.

### **Тема 1.5 Види вимірювань.**

Всі величини, з якими ми маємо справу, поділяють на заміряні і обчислені.

Зміряною величиною називають її наближене значення, знайдене шляхом порівняння з однорідною одиницею міри. Так, послідовно укладаючи землемірну стрічку по осі квартальної просіки і підраховувавши число укладень, знаходять наближене значення довжини просіки.

Обчисленою величиною називають її значення, визначене по інших зміряних величинах, функціонально з нею зв'язаним. Наприклад площа кварталу прямокутної форми є добуток його заміряних довжини і ширини. Для виявлення промахів і підвищення точності результатів одну і ту ж величину вимірюють неодноразово. По точності такі вимірювання підрозділяють на рівно точні і не рівно точні. Рівно точні - однорідні багатократні результати вимірювання однієї і тієї ж величини, виконані одним і тим же приладом (або різними приладами одного і того ж класу, точності), однаковиим способом і числом прийомів, в ідентичних умовах.

Нерівноточні — вимірювання, виконані при недотриманні умов рівноточності.

При математичній обробці результатів вимірів велике значення має число заміряних величин. Наприклад, щоб отримати величину кожного кута трикутника, достатньо заміряти лише два з них — це і буде необхідне число величин. Але щоб судити про якість вимірювань, проконтролювати їх правильність і підвищити точність результату, виміряють і третій кут трикутника — надмірний. Взагалі прийнято виміряти не тільки мінімальне число необхідних величин, але і всі можливі надмірні.

### **Похибки вимірів та їх класифікація.**

Для вивчення закономірностей появи похибок останні класифікують по групах. Грубі похибки, які можуть бути викликані промахами або прорахунками спостерігача, несправностями приладу, різким погіршенням зовнішніх умов, виявляють повторними вимірюваннями, а результати, що містять їх, відбраковують. Систематичні похибки виникають через дію якої-небудь однієї істотніше за причину. Наприклад, завжди перебільшена довжина ліній, що вимірюються короткою стрічкою. Частіше за все такі погрішності виникають через неточність приладу, яку можна встановити при його, перевірці. Тому систематичні погрішності можна виключити з результатів вимірювань введених відповідних поправок. Випадкові похибки виникають під впливом багатьох чинників, сприяючих зменшенню або збільшенню результату вимірювання абсолютно непередбаченим чином (випадково). Число чинників, що викликають складові частини випадкової похибки, звичайно велике. Кожна з цих дуже мала в порівнянні із загальною похибкою. Оскільки їх не уловлює прилад при даній методиці вимірювань, їх поява є неминучою.

Чим точніше прилад і досконала методика вимірювань, тим менше величина випадкової похибки.

### **Властивості випадкових похибок.**

Закономірності (властивості) випадкових похибок.

Їх виявляють багаторазовим вимірюваннями якої-небудь однієї величини, істинне значення якої відоме. Обчислені по (10) випадкові похибки  $\Delta$  мають три властивості: за певних умов вони не перевищують по абсолютній величині деякого  $\Delta_0$ ; -позитивні похибки з'являються приблизно так часто, як і рівні їм по абсолютній величині негативні; - малі по абсолютній величині похибки з'являються частіше великих. З цих властивостей витікає наступне: при необмежено великому числі вимірювань однієї і тієї ж величини випадкові похибки компенсуються, а їх середнє арифметичне наближене до нуля, тобто

$$\lim(\Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_n) / n = \lim(\Delta) / n = 0,$$

$$n \rightarrow \infty \quad (1)$$

де,  $(\Delta)$ - сума  $\Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_n$  (по К.Ф Гаусу)

З формули видно, що середнє арифметичне з нескінченно великого числа вимірювань прагне істинного значення величини, що вимірюється. Але оскільки на практиці вимірюють одну і ту же величину лише кілька разів (2 і більш), середнє арифметичне з результатів вимірювань буде не істинним, а близьким до нього; певним значенням заміряної величини, вираховують середнє арифметичне по формулі

$$L = (l_1 + l_2 + \dots + l_n) / n \quad (2)$$

Де,  $l_1, l_2, \dots, l_n$  - результати 1, 2, ..., n-го виміру; n-число вимірів

### Дійсні і ймовірні ,абсолютні та відносні похибки.

дійсна і найімовірніша похибки. Поправки до вимірювань.

В, зв'язки з тим, що є відмінність між дійсним і найімовірнішими значеннями величини, що вимірюється, похибки також розділяють на два види: дійсну і найімовірнішу. Різниця між заміряним і дійсним значеннями величини, обчислену по (10), називають істинною похибкою  $\Delta$ , а різниця між заміряним  $l$  і найімовірнішу (середнім арифметичним)  $L$  значеннями величини

$$v = l - L \quad (3)$$

Найімовірнішу похибку обидві похибки обчислюють за мнемонічним правилом, яке полегшує визначення знака похибки.

Величини  $X - l = \omega_1$  і  $L - l = \omega_2$  називають поправками, до заміряних величин. Поправка рівна похибці, взятій із зворотним знаком.

Розглянемо одну з найважливіших властивостей найімовірніших похибок. Для цього напишемо і підсумуємо почленово рівняння, по яких обчислюють кожен з похибок ряду

$$v_1 = l_1 - L$$

$$v_2 = l_2 - L$$

$$v_n = l_n - L$$

Згідно (2),  $\sum v_i = 0$ . Отже  $\sum v_i = 0$ . Цю властивість використовують для контролю правильності обчислення арифметичного середнього. Якщо сума найімовірніших похибок рівна нулю, найімовірніше значення вимірів величини обчислено вірно

.Абсолютна і відносна похибка. Як істинна так і найімовірніша погрішності можуть бути виражені в абсолютних або відносних величинах. Обчислені по (10) і (12)  $\Delta$  і  $v$  — абсолютні погрішності. Їх виражають в тих же одиницях міри, що і заміряні величини. Відносною похибкою називають відношення відповідної абсолютної погрішності по отриманому значенню вимірів величини.. Її звичайно виражають у вигляді дроби з (чисельником, рівним одиниці. Відносними похибками часто характеризують точність вимірювання відстані, площі і об'єму. Якщо, наприклад, вимірюючи довжину просіки в прямому напрямі отримали 1002,9 м і в зворотному 1003,6 м, то відносна похибка  $(D_{пр} - D_{обр}) / D_{ср} = 0,7 \text{ м} / 1003,2 \text{ м} = 1/1400$ . Цей дріб показує,

що при даному способі вимірювань на кожні 1400 м відстані допускається 1 м похибки. Знаменник відносної похибки звичайно округляють до двох значущих цифр з нулями.

Критерію оцінки точності вимірювань. Середня квадратична похибка. Якщо відомий ряд випадкових похибок вимірів якої-небудь величини, можна оцінити точність вимірювань. Для цього достатньо обчислити, середню похибку  $Q$  отримати її як

середнє арифметичне з абсолютних величин похибок  $Q = \pm (|\Delta_1| + |\Delta_2| + \dots + |\Delta_n|) / n = \pm [|\Delta| / n]$ . Проте надають перевагу оцінювати точність ряду рівно точних вимірювань по середній квадратичній похибці одного (окремого) вимірювання, яку вимірюють по формулі К. Ф. Гауса

$$m = \pm \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2} / n = \pm \sqrt{\sum \Delta_i^2} / n; \quad (4)$$

де  $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$  — випадкові дійсні похибки даного ряду вимірювань.

Оцінка по середній квадратичній похибці більш показова, ніж по середній: по-перше, на величину середньої квадратичної похибки головний вплив надають великі по абсолютній величині випадкові погрішності, тоді як при обчисленні середньої похибки ці відхилення врівноважуються малими; по-друге, середня квадратична похибка володіє достатньою стійкістю, тому навіть при відносно невеликому числі вимірювань її величину одержують з великою точністю.

Теоретичними вимірами і досвідом встановлено, що 67 % випадкових похибок в даному ряду вимірювань не перевищують по абсолютній величині середню квадратичну погрішність  $t$ , 95 % —  $2t$ , а 99,7 % Тому по середній квадратичній похибці судять про допустимість тієї або іншої випадкової погрішності. Якщо випадкова похибка  $3m$  її вважають граничною, а зверху  $3m$  — грубої. Виконання з такими похибки вимірюванню в обробку не приймають. По (4) оцінюють точність вимірювань, якщо відоме істинне значення зміряної величини; звичайно ж воно невідоме. Багатократним "вимірюванням знаходять середнє арифметичне значення величини, а потім і найімовірніші похибки кожного результату. При цій умові середню квадратичну похибку одного вимірювання обчислюють по формулі Бесселя

$$m = \pm \sqrt{(V_1^2 + V_2^2 + \dots + V_n^2) / (n-1)} = \pm \sqrt{[v_2] / (n-1)}, \quad (5)$$

де  $V_1, V_2, \dots, V_n$  — найімовірніші похибки

Точність визначення Самого середнього арифметичного оцінюють, по формулі

$$M = \pm m \sqrt{n} \quad (6)$$

Показуючи, що середня квадратична похибка арифметичного середнього, отриманого з рівно точних вимірювань, в  $\sqrt{n}$  раз менше середньої квадратичної похибки одного вимірювання. Часто поряд (з найімовірнішим значенням величини записують і її середню квадратичну похибку  $M$ , наприклад  $70^\circ 05' \pm 1'$ . Це означає, що точне значення кута може бути більше або менше вказаного на,  $1'$ . Проте цю хвилину не можна ні додати до кута, ні відняти з нього. Вона характеризує лише точність отримання результатів за даних умов вимірювань.

## Тема 1.6 Прилади для вимірювання ліній на місцевості та їх перевірка.

### *Нитковий далекомір.*

При тригонометричному нівелюванні віддалі вимірюють нитковим далекоміром. Це далекомір з постійним паралактичним кутом, який утворює два промені, що проходить через передній фокус об'єктива і два горизонтальні (далекомірні) штрихи паралельні середньому штриху сітки ниток.

На одному кінці відрізка встановлюють теодоліт, на другому - рейку. На сітці ниток в теодоліті нанесені два горизонтальні віддалемірні штрихи а і в. Точність ниткового віддалеміра не перевищує 0,1-0,2 м,

### Лазерний далекомір TruPulse 360.

TruPulse 360 - новий унікальний безвідбивачевий лазерний далекомір компанії Laser Technology, забезпечує вимір відстаней до 2000 метрів до будь-яких об'єктів з точністю 30 див. Вбудований інклінометр дозволяє легко вимірювати не лише похилу відстань, але і горизонтальне проложення або перевищення. У прилад вбудований електронний компас, що дозволяє вимірювати вертикальні гуляй (азимут) і відстані (наприклад ширина крони)



Лазерний далекомір, висотомір, кутомір TruPulse 360 може використовуватися автономно або спільно з електронним дендрометром [Criterion RD 1000i](#) контроллером або КПК як недорого, повністю



автоматична система реєстрації даних. Всі виміри і налаштування показуються в полі зору, що гарантує вам точний вимір саме до потрібного вам об'єкту. Ви легко можете вибирати між режимами виміри похилої відстані, горизонтального проложення, перевищення або азимута і вертикальної відстані, використовуючи лише одну кнопку на приладі.

Основні особливості лазерного далекоміра TruPulse 360:

- Діапазон вимірів від 0 до 2000 метрів.
- Всі виміри і налаштування показуються в полі зору.
- Вбудований екліметр забезпечує точний вимір горизонтального проложення і перевищення.
- Вимір вертикальних кутів (азимут)
- Вимір вертикальних відстаней (наприклад ширина крони)
- Просте управління.
- Вбудовані режими виміру ("Ближній об'єкт", "Далекий об'єкт", "Безперервні виміри" і "Фільтр") дозволяють робити виміри потрібно вам об'єкту не залежачи від умов виміру.
- Функція визначення висоти об'єкту по трьох вимірах дозволяє легко визначати висоту недоступного об'єкту, навіть якщо він частково невидимий. Для цього Вам необхідно спочатку виміряти горизонтальне проложення до мети, а потім зробити ще два виміри, які визначають лише вертикальні кути.
- Вбудований послідовний порт RS232 або Bluetooth (додаткова опція) дозволяють відразу передавати виміри на зовнішній записуючий пристрій.
- Високоякісна оптика із збільшенням 7x забезпечує чітке зображення навіть в поганих умовах видимості.
- Компактний корпус (вага лише 220 грам, повністю уміщається в руці).
- Невидимий і безпечний для очей лазер.
- Міра вологостійкості IP54 (далекомір не боїться попадання вологи на корпус і може використовуватися навіть під дощем).
- Вбудоване кріплення на фотоштатив дозволяє вам легко наводитися і робити точні виміри на великих відстанях.



• Мал.6. Порядок проведення робіт далекоміром

Табл 4.1.1.

Лазерний далекомір TruPulse 360 - технічні характеристики

Розміри	120 x 90 x 50 мм
Вага	220 грам
Елемент живлення	Дві 1.5 В батареї типу AA або 1 батарея типу CRV3
Температура	- 20 до + 60 <sup>0</sup> З
Вимірювана відстань без відбивача	від 0 до 1000 м
Вимірювана відстань з відбивачем	від 0 до 2000 м
Точність виміру	± 0,3 м (стандартно) ± 1,0 м (мета з низьким коефіцієнтом віддзеркалення)
Вимір вертикальних кутів (нахил)	От 0° до 90°
Точність виміру вертикальних кутів	0,25°
Вимір горизонтальних кутів (азимут)	від 0° до 359°
Точність виміру горизонтальних кутів	± 1,0°

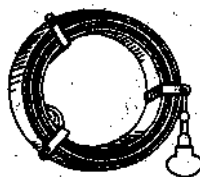
Способи і засоби вимірювання відстаней. Відстані на місцевості вимірюють безпосередньо при допомозі мірних приладів і побічно — далекомірами. На лісових зйомках для безпосереднього вимірювання відстаней використовують землемірні стрічки і рулетки, для непрямого — оптичні далекоміри. В найближчому майбутньому слід чекати застосування також електрооптичних і радіотехнічних далекомірів (світло і радіодалекомірів), що випускаються нашою промисловістю.

*Рулетки і землемірні стрічки.* Для вимірювання коротких відстаней застосовують рулетки — тисьяманні і сталеві. Тисьяманна рулетка може мати довжину 3; 5; 10; 20; 50 і 100 м. На її стрічці нанесені розподіли через 1 см, а підписано кожні 10 см і цілі метри. Сталеві рулетки мають довжину від 20 до

100 м; деякі з них мають ціну розподілу 1 мм. Довгі відстані виміряють землемірними стрічками. Розрізняють землемірні •и землемірні штрихові стрічки.

Землемірні стрічки (ЛЗ) (мал. 39) бувають завдовжки 20; 24 і 50 м. На кінцях стрічки проти штрихів зроблені прорізи, в які вставляють шпильки; на осі кожні 10 см відзначено крізними отворами, пів метри—шайбами, метри — пластинками з написами. В комплект стрічки входять 11 або 6 шпильок. Штрихові землемірні стрічки (ЛЗШ) дозволяють з дещо більшою точністю зміряти відстань. На крайніх дециметрових розподілах їх нанесені штрихи з інтервалом 1 мм. При лісовій зйомці їх застосовують рідко.

Компарування стрічок. До початку роботи із стрічкою її компарують, тобто встановлюють її



Мал 7. Мірна стрічка

дійсну довжину. Найпростіший спосіб компарування — порівняння робочої стрічки з еталонною (контрольною), істинна довжина якої відома. Для цього робочу і контрольну стрічки укладають поряд, натягують з однаковим зусиллям і міліметровою лінійкою виміряють різницю  $\Delta l$  між ними. Ця різниця позитивна, якщо довжина робочої стрічки  $l_p$  більше довжини еталонної  $l_e$ , і негативна при  $l_p < l_e$ . Цілком очевидно, що  $l_p = l_e + \Delta l$ . Поправку за компарування відстань, рівну довжині робочої стрічки, обчислюють по формулі

$$\Delta k = l_p - l_0, \quad (7)$$

а рівне 1 м по формулі

$$\Delta k(1M) = \Delta k \setminus 10. \quad (8)$$

У формулах (20) і (21)  $l_0$  — номінальна довжина стрічки наприклад 20 м. Поправку за компарування враховують тоді, коли довжина стрічки відрізняється від свого номінального значення більш ніж на  $\pm 2$  мм

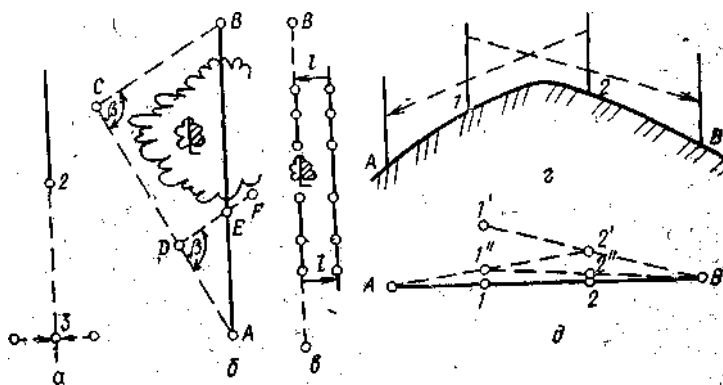
#### 4.2. Підготовка ліній до виміру, способи провішування ліній, техніка вимірювання мірною стрічкою.

Підготовка лінії до вимірювання. Перед вимірюванням лінію закріплюють, провішують і, розчищають. З а-кріплення полягає в установці на кінцях лінії тимчасових або постійних знаків і віх. Довгу пряму позначають проміжними віхами — це так зване вішання лінії. Воно необхідне, для того, щоб в процесі вимірювання можна було укласти стрічку з можливо малими відхиленнями від створу — вертикальної площини, що проходить через кінці лінії. Використовують віхи фабричного виробництва або виготовлені з підручних матеріалів довжина їх 1,5—2,5 м, товщина 4—6 см. Провішування ведуть звичайно способом на себе (мал. 40,

а). Встановивши дві віхи в заданому напрямі, відходять на потрібне расстояние- і приблизно, а потім точно стають в створі лінії, де ставлять третю віху.

Якщо необхідно прокласти пряму між точками Л і В, взаємна видимість, між якими закрита лісом, в стороні від лінії вибирають крапку З, з якої видні крапки А н В. На напрямі АС перед лісовою ділянкою ставлять віху D і виміряють землемірною стрічкою відстані AD, DC і все а бусоллю — кут р в точці С. Такий же кут відкладають в точці D і на його стороні встановлюють віху F. Потім обчислюють відрізок  $DE = BC - AB/AC$  і відкладають його на напрямі DF. Точка E знаходиться в створі лінії АВ і служить орієнтиром при її вішенні.

Провішуючи пряму в лісі крупно мірні дерева на лінії не зрубують а обходять віхами. Для цього десь в 10м



Мал. 8. Провішування ліній:

а — спосіб провішування на себе; б — підготовка даних для провішування лінії в лісі; в — обхід дерева; г, д — провішування через піднесеність (вигляд збоку і верху); А, В — кінці ліній; С, D, E, F — допоміжні крапки;  $\beta$  - допоміжний кут; 1, 2, 3, 1', 1'', 2', 2'', У — віхи; 1 — зсув створу при

на лінії, що прокладається, ставлять три віхи, потім їх переставляють строго по перпендикулярах до лінії вправо або вліво на певну відстань, наприклад 0,5 м, виміряється рулеткою. Створюється новий створ, паралельний заданій лінії. Його продовжують і за деревом, також виставляють три віхи. Останні тим же способом зміщують, на напрям лінії що прокладається і продовжують її вішення.

У разі, коли видимість між кінцями лінії АВ . закрита піднесеністю, створ створюють таким чином. В довільних точках на протилежних схилах піднесеності поблизу її вершини ставлять віхи 1' і 2' (мал. 40, д). Візуючи з точки 2' на віху А, переносять на лінію візування в точку 1'' з точки 1'. Потім, візуючи по лінії 1'' В, виставляють на неї віху 2'', зняту з точки 2'. Ці дії повторюють і закінчують тоді, коли віхи 1 і 2 виявляться точно на лінії АВ.

Розчищаючи лінію, з її прибирають вітролом, вирубують чагарник, скошують високу траву.

Порядок вимірювання лінії. Вимірювання ведуть два мірщика —

передній і задній. Другий бере собі одну шпильку, а перший — всі інші (10 або 5) і, 1 розмотуючи стрічку, йде по лінії. Задній ставить шпильку в початкову точку, зачіпляє за неї кінець стрічки і показує передньому, як укласти її в створ. Виконавши це, передній мірник струшує стрічку, натягує і пришпилює кінець її до землі. Так відкладають першу стрічку. Після цього задній мірник виймає із землі шпильку, а передній акуратно виводить г стрічку з того, що зачіпляє з шпилькою і залишає останню в землі. Узявши стрічку за ручки, мірники йдуть вперед по лінії і зупиняються тоді, коли задній підходить до шпильки, залишеної в землі переднім. Описаним, вище способом відкладають другу стрічку. Надалі мірники повторюють ці дії до, тих пір, поки передній не витратить все шпильки; задній передає йому зібрані шпильки-- окрім однієї; що знаходиться в землі, і вони продовжують вимірювання. Число передач шпильок помічають два мірника.

Підійшовши до кінцевої точки, вони відлічують з точністю до 0,01 м залишок відстані між

останньою шпилькою і кінцем лінії і підраховують довжину лінії по формулі  $D=(10p+n)l_0 + a.$  (9)

де  $p$  — число передач шпильок;  $n$  — число шпильок, що знаходяться в руках у заднього мірника, не рахуючи тієї, яка стоїть в землі;  $l_0$  — номінальна довжина стрічки;  $a$  — залишок.

Якщо використовують 6 шпильок, то в (22) коефіцієнт 10 замінюють на 5.

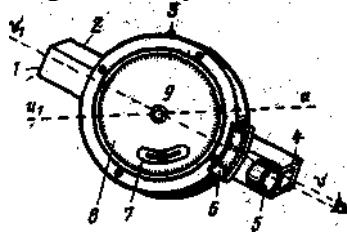
Лінію обов'язково виміряють у зворотному напрямі і з двох результатів, якщо вони знаходяться в межах допуску, обчислюють середню довжину  $D_{cp}$  і додають до неї поправку за компарування стрічки, обчислювану по формулах

$$\Delta D_k = (D_{cp}/l_0)\Delta l_k; \quad \Delta D_k = D_{cp}\Delta l_k(1\text{км}) \quad (10)$$

в яких  $\Delta l_k$  і  $\Delta l_k(1\text{м})$  — поправки за компарування всієї стрічки і її 1 м, обчислені по (20) і (21). Похибки і точність вимірювання ліній стрічкою.

Унаслідок неточного укладання стрічки в створі лінії, що виміряється, непостійність її натягнення, провисання і прогинань, коливання температури і інших причин результат вимірювання відрізняється від істинної відстані. Але оскільки останнє невідомо, про якість вимірювань судять по збіжності прямого  $D_{пр}$  і зворотного  $D_{обр}$  результатів. Вважається, що вимірювання виконано задовільно, якщо відносна похибка  $f_{відн} = (D_{пр} - D_{обр})/D_{cp}$  не перевищує 1:2000 за сприятливих умов вимірювання (рівна місцевість, міцний ґрунт), 1:1500. За середніх умов і 1:1 000 при несприятливих (перетнута або заболочена місцевість, наявність пнів, дрібного чагарника). При вимірюванні довжини просік, візирів і інших ходових ліній (лінії, на яких розташовані пункти таксації) при лісовпорядних роботах вірним рахують такий результат, який відхиляється від контрольного проміру не більше 1:500 при I—II і не більше 1:300 при III розрядах лісовпорядження.

### Екліметр його будова і повірки.



Мал. 9. Екліметр

Останній складається з циліндричної коробки, до якої наглухо прикріплена візирна трубка з діоптрами — очним у вигляді щели і наочним з натягнутою в ньому металевою ниткою. Біля очного діоптра припаяна оправа з лупою. Всередині коробки на осі поміщається колесо, на обід якого нанесені градусні розподіли, по  $60^\circ$  в обидві сторони від нульового штриха. В робочому положенні колеса під дією припаяного до нього вантажу займає одне і те ж положення щодо горизонтальної площини, в неробочому воно притискається пружиною до коробки. Щоб зміряти кут нахилу лінії (мал. 42), стають з екліметром в одному кінці її, а в іншому встановлюють віху з відзначеною на їй заввишки око спостерігача. Навівши нитку наочного діоптра на мітку віхи, натискають стопорну кнопку і в мить, коли колесо

1,4 — наочний і очний діоптри; 2 — трубка; 3 — стопорна кнопка; 5 — лупа; 6 — обод колеса з градусною шкалою; 7 — юстировочна пластинка; 8 — коробка; 9 — вісь обертання колеса;  $uu_1, vv_1$  — лінії горизонтальна до візування заспокоїться, відпускають її, через лупу проти нитки наочного діоптра читають на ободі колеса відлік з точністю до  $0,25^\circ$ . У відрегульованому екліметрі цей відлік уявляє собою кут нахилу лінії.

У відрегульованому екліметрі нульовий діаметр вільно підвішеного колеса займає горизонтальне положення. Перш ніж користуватися екліметром, цю умову перевіряють, виміряючи кут нахилу однієї і тієї ж лінії місцевості в прямому і зворотному напрямках. Якщо відліки,  $v_1$  і  $v_2$  (див. мал. 42) однакові По абсолютному значенню і різні по знаках, екліметр робить тане правильно. Якщо ж їх абсолютні величини різні, нульовий діаметр вільно підвішеного колеса утворює з площиною горизонту кут, званий місцем нуля (МО). Тоді в точці А замість кута  $v$  буде зміряний кут  $v_1$ , а в точці В — кут  $v_2$ .

$$v = v_2 + MO. \quad (11)$$

$$v = v_2 - MO$$

Складаючи рівняння і віднімаючи з першого друге, знаходимо

$$v = (v_2 + v_1) / 2; \quad MO = (v_2 - v_1) / 2.$$

Таким чином, середнє арифметичне з результатів вимірювань є вірним значенням кута нахилу. Отже, можна працювати і невірним екліметром, але вимірювання виконувати в обох кінцях лінії. Щоб одним вимірюванням отримати правильний кут нахилу, слід змінити положення нульового

діаметра на кут  $\nu$ . Для цього, обчисливши з результатів двох вимірювань кут  $\nu$ , знов візують по лінії  $\nu\nu_1$  і, пересунувши юстировочну пластинку, прикріплену до нижнього обода колеса, добиваються того, щоб щілина наочного діоптра встала проти відліку, рівного куту  $\nu$ . В цьому положенні нульовий діаметр колеса лежить в горизонтальній площині.

Заміряна похила відстань  $D$  довше за горизонтальне прокладення  $S$  (див. мал. 42). Тому поправку  $\Delta D\nu$  за нахил лінії  $\nu$  слід вводити із знаком мінус, складаючи її за правилом  $\Delta D\nu = S - D$ . Враховуючи, що  $S = D \cos \nu$ , знаходимо  $\Delta D\nu = D \cos \nu - D = D(\cos \nu - 1) = -D(1 - \cos \nu)$ , або

$$\Delta D\nu = -2D \sin^2(\nu/2). \quad (24)$$

В процесі лісовпорядних робіт ходові лінії при вимірюванні розбивають на пікети завдовжки 100 або 200 м залежно від розряду лісовпорядження. На крутих скатах до відкладеної довжини пікету додають поправку  $\Delta D'\nu$  за нахил, щоб отримати пікет на горизонтальній площині. В цьому випадку поправка має знак плюс і складається за правилом  $\Delta D'\nu = D - S$ . Враховуючи, що  $D = S \sec \nu$ , знаходимо  $\Delta D'\nu = S \sec \nu - S$ , або остаточно

$$\Delta D'\nu = S(\sec \nu - 1). \quad (12)$$

Приклади. 1. На скаті крутизною  $30^\circ$  виміряна лінія завдовжки 115,47 м. Горизонтальне прокладення її  $115,47 - 2 \cdot 115,47 \times \sin^2 15^\circ = 100$  м.

2; При промірі ходової лінії на скаті крутизною  $30^\circ$  відкладено 100 м. Щоб отримати 100-метровий пікет на горизонтальній площині, необхідно лінію продовжити на  $\Delta D'\nu = 100 \cdot (\sec 30^\circ - 1) = 100 \cdot 0,1547 = 15,47$  м і відзначити кінець цього відрізка пікетним колом.

В польових умовах поправки знаходять по спеціальних таблицях.

## Тема 1.7 Одиниці мір, що використовуються в геодезії.

Одиниці вимірювань. Вимірювання на зйомках виконують відповідно до прийнятою в СРСР Міжнародної системи одиниць (СІ).

Одиниця довжини — метр (м); до 1960 р. — це одна десятимільйонна частина четверті Паризького меридіана, визначена геодезичним способом в кінці XVIII століття. В 1960 р. прийнято нове визначення метра через довжину світлової хвилі, як природного і постійного еталона довжини, отриманого з високим ступенем точності. Метр рівний 1650763,73 довжин хвиль у вакуумі для випромінювання, відповідного переходу між рівнями  $2p_{10}$  і  $5d_5$  атомів кріптон-86. Кілометр (км) рівний 1000 м, дециметр (дм) — 0,1 м, сантиметр (см) — 0,01 м, міліметр (мм) — 0,001 м.

За одиницю вимірювання площі прийнятий квадратний метр ( $m^2$ ). Разом з цією одиницею допускається указувати розміри площ в гектарах (га) і квадратних кілометрах ( $km^2$ ):  $1 km^2 = 100 га = 1 000 000 m^2$ ;  $1 га = 10 000 m^2$ .

В системі СІ за основну одиницю плоского кута прийнятий радіан

(радій) — кут, утворений двома радіусами кола, довжина дуги між якими рівна радіусу. Проте в даний час на геодезичних роботах в нашій країні частіше всього кути виміряють в градусній мірі, в якій прямий кут ділять на 90 градусів. Градус містить 60 хвилин ('), хвилина — 60 секунд ("). Для переходу від градусної міри до радіану і назад використовують співвідношення  $1 \text{ радій} = 57,2957795^\circ (57^\circ 17' 44,8")$ . В ньому закруглено 3438 хвилин або 206265 з. Отже,  $\Gamma = \pi/180 \text{ радій} = 1,745329 \cdot 10^{-2} \text{ радій}$ .

## Тема 1.8 Топографічні плани і карти.

### Поняття про план карту і профіль місцевості.

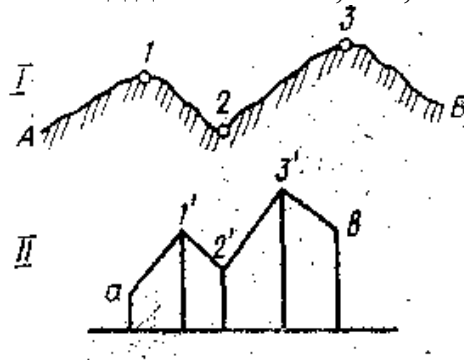
За наслідками зйомки місцевості складають карти, плани і профілі.

Карта — зображення значної ділянки землі з врахуванням кривизни (картографічне проєкціювання);

План — зменшене подібне зображення на площині горизонтальної проєкції земельної ділянки;

Профіль — зменшене зображення вертикального перерізу земної поверхні.

Карта є зображенням великої за розмірами території або всієї планети в цілому, спроектоване на еліпсоїд або кулю, поверхню якого еритем розгорнена на площині. Відрізки ліній місцевості на картах зменшені в десятки тисяч і навіть в мільйони раз. Тому на них показують умовними знаками лише найважливіші об'єкти і явища, спеціально відібрані і узагальнені відповідно до призначення карт. Картам властиві ті або інші спотворення, що викликає необхідність. Введення поправок в заміряні по них відстані, напрями або площі. Топографічні карти, що складаються в крупних масштабах, практично не мають спотворень, лише на краях зон зміряні по них відстані можуть відрізнятись від дійсних на 0,1 %, а площі на 0,2 %.



Мал. 1.8.1. Вертикальний розріз місцевості I- і його профіль II:  
A, 1, 2, 3, B — точки фізичної поверхні Землі; a 1', 2', 3', b — відповідні їм точки профілю



План — зображення на площині в ортогональній проекції обмеженої ділянки місцевості, в межах якої кривизна рівневої поверхні не враховується. На плані місцевість зображають детально, без істотних узагальнень і спотворень.

Для вирішення задач, пов'язаних з проектуванням і будівництвом споруд лінійного типу (дорогий, каналів і ін.), складають профілі місцевості (мал. 1). Профілем називають креслення, розріз місцевості, що зображає, вертикальною площиною. На відміну від карт і планів на профілях зображають не ділянки, а лінії місцевості - прямі і криві.

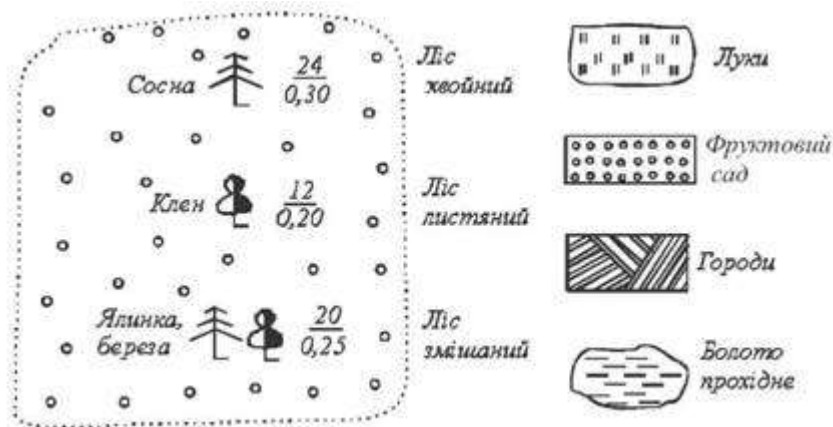
Лісові карти і плани. В порівнянні із загально географічними, лісові карти містять більш повну і докладну інформацію про ліс як природне явище і об'єкт економіки. По них визначають умови користування лісом, проектують лісовідновні і лісомеліоративні заходи, захист лісу від шкідників, протипожежну охорону, а також вирішують багато інших лісогосподарські і лісопромислові задачі.

## **Тема 1.9 Умовні знаки на планах і картах**

Топографічна карта є надійним способом збереження інформації про існуючий стан споруд і ситуації даної місцевості. Для того, щоб не перевантажувати карту відповідною інформацією, то споруди і ситуацію на картах зображають умовними знаками. Такі знаки повинні сприяти легкому читанню карти і давати ясне уявлення про насиченість ситуацією місцевості. Тому вони повинні бути наглядними і відображати характер зображених предметів, та бути єдиними для всіх топографічних карт.

Умовні знаки поділяють на три основних групи: контурні, немасштабні і пояснюючі.

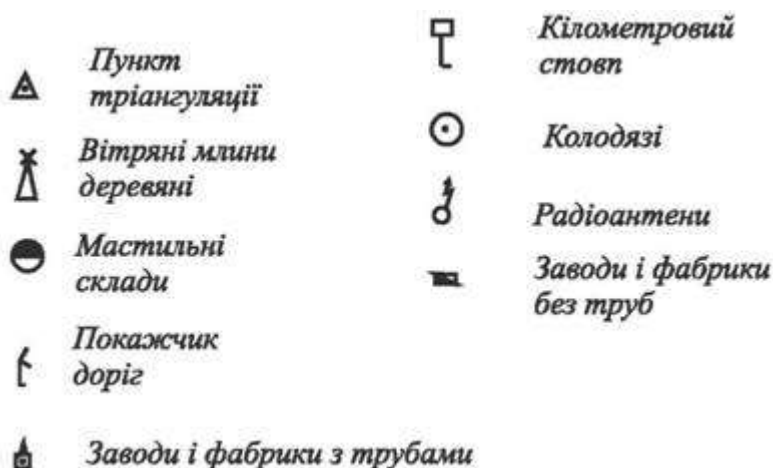
Контурні умовні знаки використовують для зображення місцевих предметів, які вираженні в масштабі карти і зберігають подібність контурів предметів та їх орієнтування мал.1.9.1.



Мал.1.9.1. Контурні умовні знаки

Немасштабні умовні знаки це знаки, які не зображуються в масштабі карти (Мал1.9.2)

За цими знаками неможливо визначити істинні розміри існуючих предметів. Немасштабні умовні знаки наносять на карту за відповідними координатами. Кожен знак має точку, яка відповідає положенню предмета на місцевості. В одних знаках вона розташована в центрі знака (пункти триангуляції, колодязі, склади мастил, заводи і фабрики без труб і т.д.); в інших така точка розташована в середині основи (млини вітряні, дерев'яні і кам'яні, пам'ятники тощо); у вершині прямого кута в основі знака; (кілометрові стовпи, покажчик доріг вітряні двигуни тощо); в центрі нижньої частини знака (заводи з трубами, радіоантени, будівлі баштового типу тощо).



### 1.9.2 Немасштабні умовні знаки

Зустрічаються умовні знаки, які на топографічних планах крупного масштабу зображаються контурним умовним знаком, а на картах мілкового масштабу зображаються немасштабним умовним знаком.

## 1.10. Масштаби і їх види.

Масштаб – ступінь зменшення ліній місцевості при перенесенні на папір. (відношення ліній плану до їх горизонтальних проекцій на місцевості). Масштаби є графічні (виражені простим дробом в знаменнику якого вказано в скільки разів зменшено довжину ліній ) та числові (лінійний та поперечний),

Лінійний масштаб представляє собою відрізок прямої поділений на кілька частин – основ масштабу, на правому кінці лівої основи ставлять 0, потім цю основу ділять на 10 рівних частин – це називається головка масштабу. В усіх геодезичних підприємствах СНД прийнята основа масштабу в 2 см.

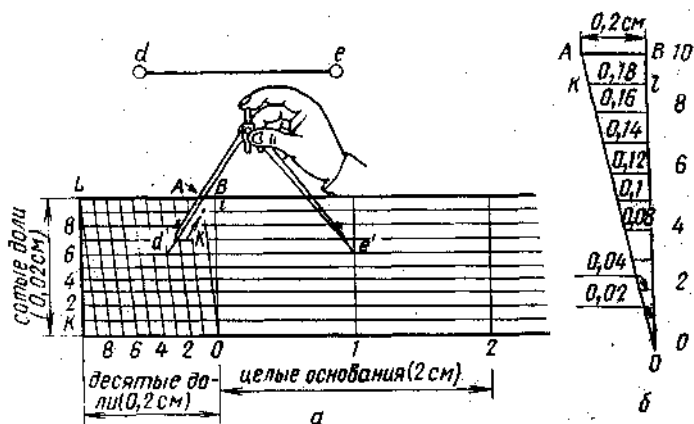
Найменший відрізок сотенної частини поперечного масштабу називається графічною точністю, нижче якої відрізки ліній на місцевості не вимірюються.

Точність масштабу. Об'єкти місцевості зображають на картах і планах з максимально можливою точністю, рівною, як це встановлено досвідченим шляхом, 0,01 м. Ця відстань — та мінімальна величина, яку можна розрізнити неозброєним оком і зміряти циркулем. Її називають граничною графічною точністю, а відповідне їй відстань на місцевості — майже точно (або; просто точністю) масштабу. Таким чином, точність масштабу — ця відстань на місцевості, відповідне 0,01 см на плані (карті).

Точність масштабу враховують при рішенні питання про те, якої величини об'єкти місцевості можуть бути зображені на плані подібною фігурою, а які є порушенням лише не масштабним умовним знаком. Наприклад, на лісовпорядному планшеті, складеному в масштабі 1:25000 по аерофотознімках, між таксаційного виділу показують прямою лінією, якщо в натурі вона відступає від прямої не більше ніж на 2,5 м; в масштабі 1 : 10 000 на планшет наносять і таку звивину. Практичне значення має і зворотна задача: в якому масштабі треба вести зйомку, щоб зобразити об'єкти заданих розмірів. Так, для зображення на плані об'єктів розмірами не менше 0,5 м зйомку ведуть в масштабі 1 : 5000 поперечний масштаб. З граничною графічною точністю відрізки виміряють і відкладають за допомогою графіка, званого поперечним масштабом. Його гравірують на окремих металевих лінійках або на лінійках Деяких геодезичних приладів; ширина підстави графіка 10; 20; 40 або 50 мм Принцип побудови графіка з підставою 20 мм показаний на мал. 10. По побудові видно, що сторона АВ трикутника АВО (див. мал. 10,6) рівна 0,1 підстави, тобто 0,2 см; відрізок k1 на 0,02 см менше; наступний менше ще на 0,02 см і т. д.; якнайменший з них рівний 0,02 см. Оцінюючи на око положення голок циркуля-вимірника щодо горизонтальних ліній, відстані виміряють з точністю до 0,01 см.

Приклад. Хай вимагається визначити відстань на місцевості, відповідне відрізку d на карті масштабу 1 :25000 . Розчин циркуля, рівний цьому відрізку, встановлюють на поперечному масштабі так, щоб обидві ніжки були на одній горизонтальній лінії, причому права на одному з

перпендикулярів до підстави (точка  $e'$ ), а ліва на одній з похилих ліній (точка  $d'$ ). Знаючи, що в масштабі  $1 : 25000$  одній підставі, рівній  $2 \text{ см}$ , відповідає на місцевості  $500 \text{ м}$   $1/100$  частки підстави ( $0,2 \text{ см}$ ) —  $50 \text{ м}$  і  $1/100$  ( $0,02 \text{ см}$ ) —  $5 \text{ м}$ , по цифрових позначеннях ліній поперечного масштабу читають довжину відрізка  $d'e'$ , яка рівна  $500 \text{ м} - 1 + 50 \text{ м} = 3 + 5 \text{ м} = 680 \text{ м}$ .



Мал. 1.10.1. Поперечний масштаб:

а — принцип побудови графіка і приклад вимірювання відстані  $de$ ;  
б — довжина горизонтальних відрізків в трикутнику  $ABO$  (збільшено)

## Тема 1.11 Рельєф земної поверхні, його форми та елементи.

Рельєф місцевості на планах і картах відображають умовними знаками. Існує декілька способів зображення рельєфу. Деякі з них можна розглядати лише в історичному плані, оскільки зараз їх при складанні карт та планів не використовують. Так, наприклад, рельєф можна передати *написами висот характерних точок*, за якими можна судити про форми рельєфу та крутизну схилів, але за великої кількості написів карту чи план важко читати. Наочну уяву про рельєф та крутизну схилів давав спосіб *штрихів*, яким користувались у давнину. Штрихи наносили паралельно схилу за принципом: чим крутіший схил, тим товстіший штрих (мал.1.16.1.). Недоліком цього способу є те, що за штрихами важко судити про величину перевищень між точками земної поверхні. Крім того, велика їх кількість затрудняє читання планів і карт, а саме нанесення штрихів - дуже трудомістка й копітка робота.

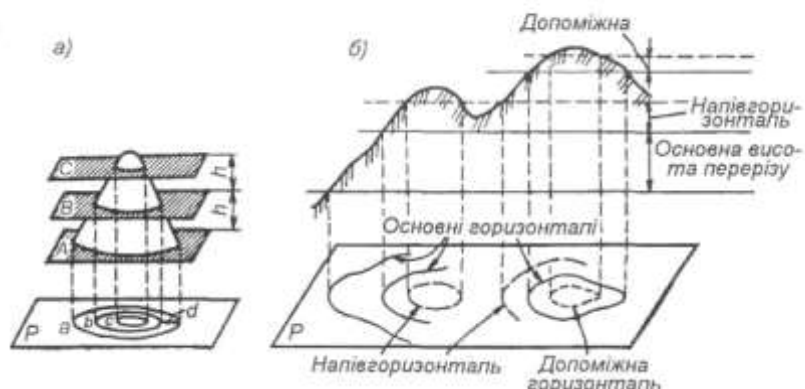


Мал. 1.11.1.. Зображення рельєфу штрихами

Чітке та об'ємне відображення рельєфу місцевості на географічних картах дає спосіб *відмивки схилів*, тобто фарбування схилів коричневою фарбою (чим крутіший схил, тим темніший тон фарби), та спосіб *кольорової пластики*. Метод кольорової пластики передбачає фарбування карт різними тонами в залежності від висот точок місцевості: низини - зеленим кольором, гори та передгір'я - коричневим. Таким способом зображення рельєфу місцевості користуються і зараз для створення географічних карт.

Способи відмивки й кольорової пластики, як і спосіб штрихів, не дають точного уявлення про перевищення між точками земної поверхні, тому вимірювальні роботи за такими картами виконувати дуже важко.

На сучасних топографічних картах і планах рельєф відображають за допомогою горизонталей. Горизонталь можна уявити як слід перетину рельєфу рівневими поверхнями, паралельними між собою (поверхні *A, B, C* на рис. 2, а). Отже, *горизонталь* - це лінія на земній поверхні, що з'єднує точки з однаковими абсолютними висотами. Задану відстань між двома суміжними горизонталями по висоті (сусідніми січними поверхнями) називають *висотою перерізу* рельєфу  $h$ , а відстань між ними на карті - *закладанням*  $d$ .

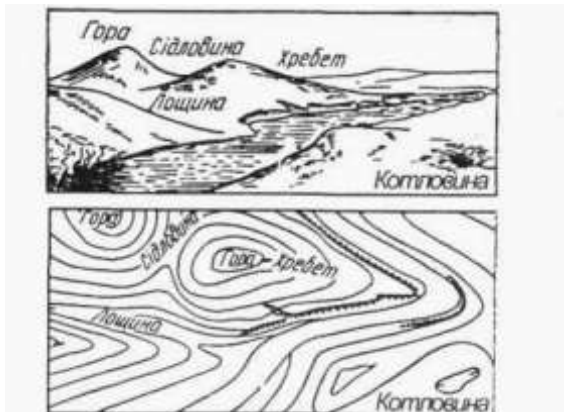


Мал. 1.11.2. Принцип зображення рельєфу горизонталями (а) та види горизонталей на топографічних картах (б)

Щоб передати закономірності зміни форм рельєфу, висоту перерізу приймають постійною для карт певного масштабу. Крім масштабу, значення  $h$  визначає характер місцевості (табл. 1). Вибираючи висоту перерізу

рельєфу, виходять також із необхідної точності та детальності відображення рельєфу, які обумовлюються господарськими потребами.

Рельєф земної поверхні доволі складний за своєю будовою, але все різноманіття його форм може бути зведено до п'яти основних: гора, котловина, лощина, хребет та сідловина (мал.1.16.3.).



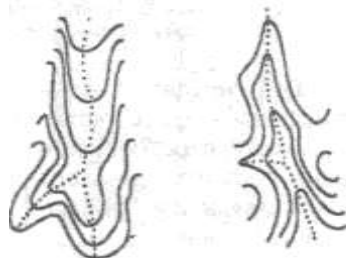
Мал.. 1.11.3.. Основні форми рельєфу

**Гора.** Це височина конічної або куполоподібної форми висотою більше 200 м з добре вираженими й порівняно стрімкими схилами. Вода під час дощу й танення снігу стікає по схилах гори в усі боки. Найвищу точку гори називають *вершиною*. Схили гори у нижній частині закінчуються *підосвою*. Невелику височину, що не перевищує 200 м, з пологими схилами називають *горбом*.

**Котловина** (улоговина) - заглиблення конічної або чашоподібної форми. Вода з усіх боків стікає до найнижчої точки котловини - *дна*, звідки немає виходу. Схили котловини у верхній частині закінчуються *бровкою*.

**Хребет** - витягнуте в одному напрямку підвищення з двома схилами в різні сторони. Лінію, яка сполучає найвищі точки хребта, називають *вододілом* (мал.. 1.16.4, а).

**Лощина** - витягнуте в одному напрямку заглиблення з дном, що поступово знижується. Характеризується вона тим, що вода стікає з трьох сторін всередину лощини і з однієї (четвертої) має вихід. Лінію, яка сполучає найнижчі точки по дну лощини, називають лінією водотоку або *тальвегом* (мал..1.16.4., б). Широкі лощини з пологими схилами називаються долинами, а з крутими кам'янистими - ущелинами. Лощини у вигляді глибоких промоїн з крутими схилами, які утворили потоки води атмосферних опадів, називають ярами. Круті схили яру поступово обвалюються, стають пологими й покриваються травою, чагарником, лісом. Такі зарослі яри називають балками.



*Мал. 1.11.4.. Характерні лінії рельєфу: а - вододіл; б - тальвег*

*Сідловина* - це понижена частина вододілу, розміщеного між двома суміжними вершинами та двома лощинами, що розходяться в протилежні сторони. Найнижчу точку сідловини називають *точкою сідла*. У горах через сідловини проходять дороги й стежки, тому їх називають перевалами.

Вершина гори, дно котловини та найнижча точка сідловини є характерними точками, а вододіл і тальвег - характерними лініями рельєфу.

Горизонталі, якими зображують форми рельєфу у відповідності з прийнятою висотою перерізу називають *основними*. Ці горизонталі креслять тонкими суцільними лініями. Їхні висоти завжди кратні висоті перерізу рельєфу. Наприклад, за висоти перерізу  $h = 2,5$  м позначки основних горизонталей мають значення 2,5; 5; 7,5; 10 м і т.д., за  $h = 10$  м, відповідно, 10; 20; 30 м і т.д.

Основними горизонталями не завжди можна виразити всі деталі рельєфу. Для відображення його характерних особливостей часто через

половину перерізу подовженими штриховими лініями проводять *напівгоризонталі*, а іноді, короткими штрихами, й допоміжні *чвертьгоризонталі*.

Слід зазначити, що самі горизонталі не завжди дають вірне уявлення про рельєф місцевості. Так, гора й котловина за горизонталями мають однакову форму й відрізнити їх можна тільки за напрямком схилів. Для цього на одній або декількох горизонталях проводять *скатитрихи* (*бергитрихи*), які вказують напрям стоку води по схилу.

Читання рельєфу полегшують також вказані на карті висоти характерних точок місцевості та висоти горизонталей. Останні підписують так, щоб основа цифри була направлена до підшви схилу.

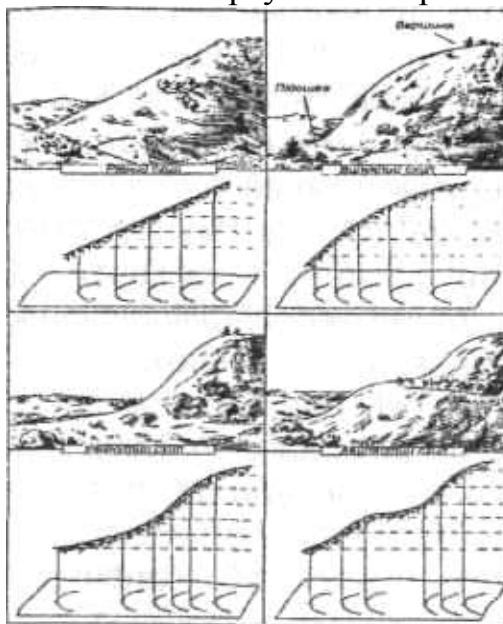
Для зручності підрахунку горизонталей деякі з них проводять потовщеними. Це, як правило, горизонталі, позначки яких кратні 5 або 10 м.

Обриви, промоїни, ями й круті схили ярів зображують на планах і картах зубцями, а насипи та виїмки - рисочками. Природні форми рельєфу показують коричневим кольором, а штучні - чорним.

Читаючи по топографічній карті рельєф місцевості та вирішуючи інженерні задачі, потрібно враховувати властивості горизонталей. Основними з них є такі:

- усі точки місцевості, що лежать на одній горизонталі, мають однакові висоти. Сусідні суцільні горизонталі можуть відрізнитись за своїми позначками тільки на одну висоту перерізу або бути однаковими;
- горизонталі не можуть обриватись або перетинатись (рідке виключення з цього правила - нависаюча скеля в гірській місцевості);
- відстані між горизонталями на плані чи карті характеризують форму і крутизну схилів місцевості: чим вона менша (чим менше закладення), тим стрімкіший схил. Розрізняють чотири форми схилів: рівний,

випуклий, увігнутий і хвилястий (мал.1.16.5). Рівний схил відображають горизонталями, відстань між якими однакова. Якщо схил випуклий, відстань між горизонталями зменшується від вершини до підошви. При увігнутому схилі, навпаки, зменшення відстані між горизонталями йде від підошви до вершини. Хвилястий схил являє собою чергування перших трьох форм



Мал. 1.11.5. Відображення форм схилів Горизонталями

## Тема 1.12 Орієнтування ліній.

### *Азимут і румб, їх види.*

Азимут відраховують від північного напрямку меридіану за ходом годинниковою стрілкою до даного напрямку. Він може мати величину від 0 до 360°. Азимут, що відраховується від істинного (географічного) меридіану, називають істинним (А), від магнітного меридіану – магнітним (Ам), від вертикальної лінії прямокутної сітки карти (плану) – дирекційним кутом ( $\alpha$ ).

Румб відраховують від ближчого (північного або південного) напрямку меридіану за ходом або проти ходу годинникової стрілки. Величина румба не перевищує 90°. Для визначення напрямів румбів перед кутовим значенням його величини вказують скорочену назву координатної чверті. Румби також як і азимуту бувають магнітні, істинні та дирекційні. Румб має назву – Пн.сх; Пд.сх; Пн.зх; Пд.зх

### *Залежність між азимутами та румбами.*

Взаємодія азимутів і румбів.

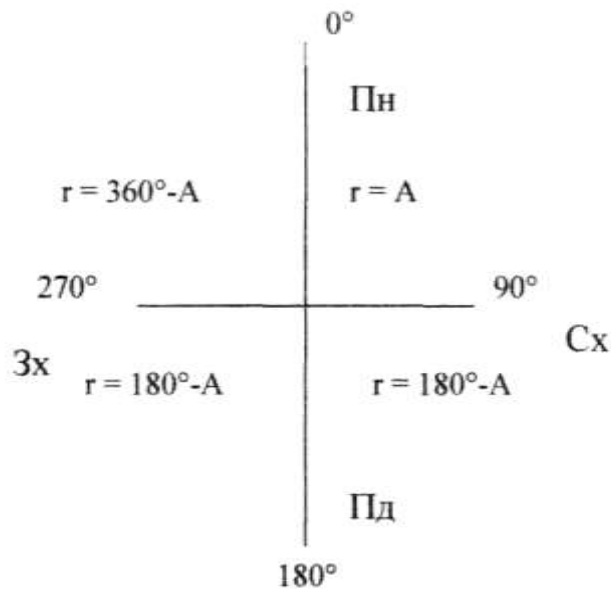
1 чверть  $A_z = r; r = A_z$

2 чверть  $A_z = 180^\circ - r; r = 180^\circ - A_z$

3 чверть  $A_z = 180^\circ + r; r = A_z - 180^\circ$

4 чверть  $A_z = 360^\circ - r; r = 360^\circ - A_z$





### 1.12.1. Вимірювання на карті дирекційних кутів і визначення по них географічних і магнітних азимутів.

Дирекційні кути

$$\text{Аз.м} = \text{Д} - \text{ПН}$$

$$\text{ПН} = (\pm \text{сх. маг. стр.}) - (\pm \text{зближ. мер.})$$

На топографічних картах як правило виміряють дирекційні кути – це кути які заміряють від вертикальної сітки прямокутних координат по ходу часової стрілки до напрямку заданої лінії.

Дирекційний кут не співпадає з азимутом хоча він і подібний, а відрізняється від азимута на величину зближення меридіану.

Зближення меридіанів – це величина відхилення вертикальної лінії сітки прямокутних координат від меридіана. Величина зближення може бути західна «+», та східна «-». Щоб перейти від дирекційного кута до істинного азимута потрібно «+» чи «-» величину зближення меридіанів.

Середня величина зближення меридіанів для даної карти завжди підписується на карті в нижньому лівому куті.

В геодезичному ході, що являє собою ламану лінію зв'язок між азимутом (дирекційним кутом) та горизонтальним кутом виражається за формулами:

$$\alpha_1 = \alpha_0 + 180^\circ - \beta_1$$

$$\alpha_1 = \alpha_0 - 180^\circ + \beta_1'$$

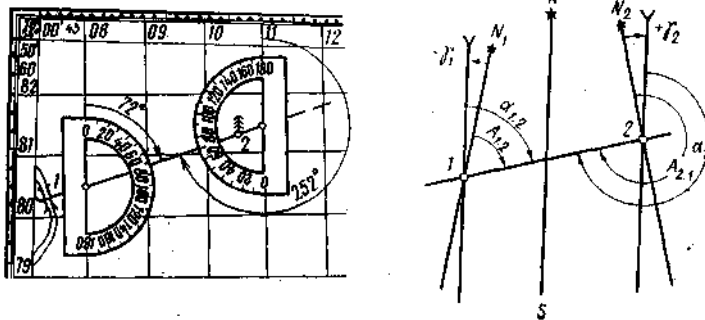
де:  $\beta_1$  – правий,  $\beta_1'$  - лівий за ходом кути, якщо вважати, що хід направлений в сторону зростання нумерації вершин. В основному прийнято вимірювати праві за ходом кути.

Вимірювання по карті кутів дирекцій. З'єднавши прямою лінією кінці заданого напрямку, виміряють кут транспортиром (мал. 1.14.1.). Кут дирекції напрямку з точки 1 (міст) на точку 2 (дерево)— прямою, а з точки 2 на точку

— зворотний; як видно з мал. , вони відрізняються один від одного на  $\pm 180^\circ$ . При побудові на карті (плані) напрямку по заданому дирекційному куту через початкову точку проводять пряму, паралельну вертикальній лінії сітки; від північного напрямлення цієї прямої транспортиром відкладають заданий кут. - s

Визначення по карті істинних азимутів. Якщо через крапку, з якої виходить напрям, провести географічний меридіан, то істинний азимут можна зміряти транспортиром. Проте простіше зміряти дирекційний кут заданого напрямку, а істинний азимут обчислити за даними про зближення меридіанів. Текст і схему з цими відомостями поміщають під південною стороною рамки листа карти і тут же наводять дані про магнітну відміну і поправку напрямку..

Зближення меридіанів, що показується на листі топографічної



Мал. 1.14.1. Вимірювання дирекційних кутів транспортиром на карті: NS — осьовий меридіан зони; IN, — меридіан точки ; 1, 2N2 — меридіан точки 2;  $\gamma_1, \gamma_2$  — зближення меридіанів в точці 1 і 2;  $a_{1,2}$  і  $a_{2,1}$  — прямий і зворотний кути дирекцій;  $A_{1,2}$  і  $A_{2,1}$  — прямий і зворотний азимути (істинні).

карти, є кутом  $\gamma$ , утворений зображенням істинного меридіана крапки і прямої, паралельної осьовому меридіану зони. Величина кута залежить від видалення точки від осьового меридіана і не перевищує  $3^\circ$ . В точках, розташованих на схід від осьового меридіана, зближення має знак плюс, а західніше — мінус. Між зміряним кутом дирекції і обчислюваним істинним азимутом існує залежність  $A = a + \gamma$ . На карті указують величину зближення меридіанів в центральній точці даного листа. Але оскільки точність вимірювання кутів транспортиром не вище  $\pm 15'$ , цілком допустимо відносити вказану величину зближення до будь-якої точки місцевості, зображеної на листі.

Перш ніж обчислити істинний азимут якого-небудь напрямку, необхідно спочатку визначити величину і знак поправки  $\gamma$ , що вводиться в кут дирекції цього ж напрямку. Для цього з вершини кутів на схемі меридіанів потрібно провести в довільному напрямі пряму OM, позначити її кут дирекції  $a$  і істинний азимут  $A$ . По такому кресленню легко встановити, що в даному

випадку  $A = a + \gamma$ . Якщо зміряний транспортиром по цьому листу карти кут дирекції  $a=87^{\circ}15'$ , а підписаний на схемі кут  $\gamma = 2^{\circ}16'$ , то  $A = 87^{\circ}15' + 2^{\circ}16'=89^{\circ}31'$ . По цій же схемі можна перейти від істинних азимутів і кутів дирекцій до магнітних азимутів.

Визначення по карті магнітних азимутів. Виміряють магнітні азимуты на місцевості приладами, що мають магнітну стрілку (компас, бусоль). Вона встановлюється у напрямі магнітного меридіана — лінії, що проходить через дану точку і магнітні полюси Землі. Останні не співпадають з географічними. Внаслідок цього магнітний і географічний меридіани в загальному випадку перетинаються між собою, утворюючи кут  $\beta$ , званий магнітною відміною. Воно може бути східним (позитивним) або західним (негативним) залежно від напрямку відхилення магнітного меридіана від географічного.

Величина магнітної відміни в даній точці не залишається постійною. Це пояснюється тим, що магнітні полюси поволі переміщуються навкруги географічних, роблячи один оборот приблизно за 500 років. Крім того, двічі протягом доби спостерігаються коливання магнітної відміни, що викликаються сонячними і місячними приливами атмосфери. В деяких районах вони досягають  $15'$  і більш. В період сонячної активності виникають магнітні бурі, що є причинами великих змін в магнітному полі Землі, особливо в полярних районах. Таким чином, простий спосіб вказівки напрямку від магнітної стрілки відрізняється невисокою точністю, а в районах магнітних аномалій (Курська, Східносибірська і ін.) взагалі незастосовний. Це треба враховувати при організації зйомки місцевості.

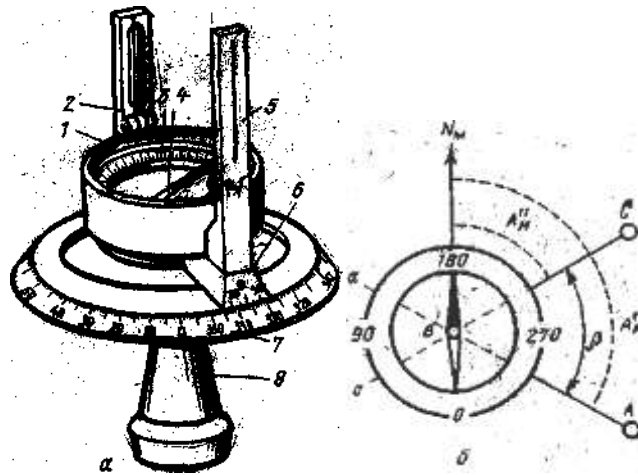
### **Тема 1.13 Зйомка місцевості найпростішими інструментами.**

#### **Бусолі і гоніометри їх будова і повірки.**

Бусоллю виконують роботи, що не вимагають високої точності: зйомку внутрішньо квартальної ситуації, прив'язку пробних площ, відведення лісосік в рубку і ін. За допомогою цього приладу на місцевості виміряють азимуты або румби напрямів і горизонтальні кути між ними.

Основна частина бусолі — магнітна стрілка, вісь якої встановлюється по напрямку магнітного меридіана. Стрілка обертається на вістря шпиль, закріпленого в центрі латунної або пластмасової коробки, прикритої зверху стеклянної кришкою. Щоб вістря шпиль не затупилось, в неробочому положенні стрілку при допомозі арретуючого пристрою притискають до скла коробки. У середині коробки укріплено бусольное кільце з градусними розподілами.

Штативна бусоль БС-2. Коробка (мал. 5.1.1.) прикріплена до горизонтального кутомірного круга. Між, коробкою і кругом обертаємося алідадна лінійка (алідада)



Мал. 1.13.1. Бусоль БС-2:

а — пристрій: 1 — коробка; 2 — предметний і 5 — очний діоптри; 3 — бусольне кільце; 4 — магнітна стрілка; 6 — алідадна лінійка з верньєром; 7 — горизонтальний круг з лімбом; в — втулка; б — схема виміру азимутів і кутів.

з двома вертикальними діоптрами. Край горизонтального круга (лімба) має поділки. Бусольне кільце і лімба круга розбиті через  $1^\circ$ , а оцифровані через  $10^\circ$ . Кільце має румбічну оцифровку (від  $0$  до  $90^\circ$  в кожній чверті), а лімба — азимутну від  $0$  до  $360^\circ$  по ходу годинникової стрілки). На кінцях алідадної лінійки нанесені шкали — верньєри, що дозволяють відлічувати кути на лімбі з точністю до  $5'$ . Різновид БС-2 — лісова бусоль, що має дещо більший діаметр лімба, рівень для приведення осі обертання приладу в прямовисне положення і підставку у вигляді кульової п'яти.

Кутомірне знімання може проводитися і *гоніометром* — приладом для вимірювання горизонтальних кутів на невеликій території. Складається із двох порожніх циліндрів. Нижній циліндр — нерухомий — має градусні поділки (імітує лімба), а верхній — рухомий (імітує алідаду). Для візування призначені діоптри, розташовані на бічних поверхнях обидвох циліндрах, а для визначення азимутів та орієнтування приладу служить бусоль, закріплена у верхній частині алідадного циліндра. Під час знімання прилад встановлюється на легкому штативі.

## Розділ 2. Кутові вимірювання. Кутомірні прилади.

### Тема 2.1 Теодолітна зйомка.

*Роботи при виконанні теодолітної зйомки. Суть теодолітної зйомки.*

#### Теодоліти та їх види. Призначення.

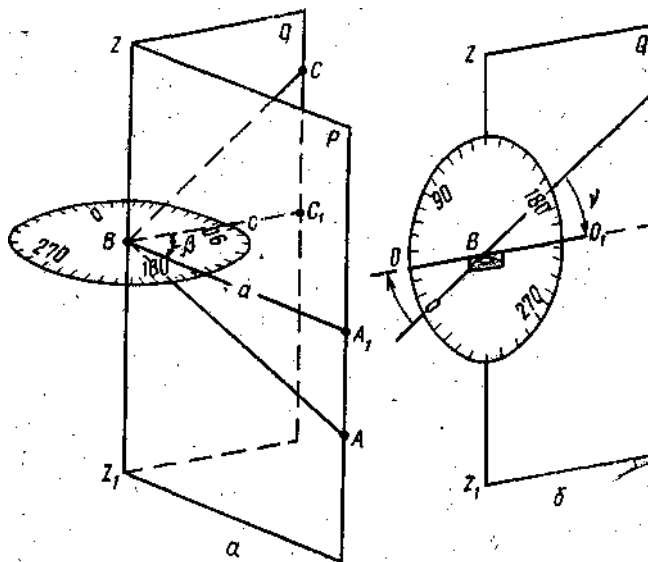
Сучасні теодоліти є оптичними, з прозорими скляними кругами. В даний час у нас випускають теодоліти типів Т1 (високоточні)

Т2 і Т5 (точні) і Т30 (технічні). Буква Т в шифрі означає «теодоліт», цифри — його точність (в секундах), яка характеризується середньою квадратичною погрішністю однократного (одним прийомом) вимірювання кута в лабораторних умовах. Наприклад, теодолітом Т1 виміряють кути одним прийомом з похибкою  $\pm 1''$ , а Т30  $\pm 30''$ .

Теодоліт призначений для вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів, а також відстаней. Він має горизонтальний і вертикальні круги з алидадами і зорову трубу. За допомогою бусолі теодоліта можна виміряти і, магнітні азимути ліній. Для, вимірювання горизонтального кута АВС (мал. 54, а) горизонтальний круг встановлюють, так, щоб його центр був суміщений з прямовисною лінією  $zz'$ , що проходить через вершину кута В, а його площина займала горизонтальне положення. Зорову трубу разом з алидадою послідовно наводять на точки А і С і знімають кожного разу відлік по кругу. Різниця відліків показує величину повороту алидад, тобто величину горизонтального кута  $\beta$ , рівного двогранному куту, складеному вертикальними площинами R і Q, в яких лежать сторони В А і ВС кута, що вимірюється.

При вимірюванні вертикального кута СВС1 (мал. 6.1.,б) зорову трубу наводять на крапку З, а алидаду вертикального круга по рівню приводять в горизонтальне положення. Разом з трубою обертається наглухо прикріплений до неї вертикальний круг. Допустимо деяке спрощення, можна прийняти, що нульовий розподіл круга відходить від горизонтальної лінії 00,1 на кут нахилу  $\nu$ , величину якого і «читають проти нульового штриха алидади.

Сучасні теодоліти є оптичними, з прозорими скляними кругами. В даний час у нас випускають теодоліти типів Т1 (високоточні)



Мал. 2.1. Принципова схема вимірювання теодолітом кутів:  
а — горизонтального; б — вертикального

T2 і T5 (точні) і T30 (технічні). Буква Т в шифрі означає «теодоліт», цифри — його точність (в секундах), яка характеризується середньою квадратичною погрішністю однократного (одним прийомом) вимірювання кута в лабораторних умовах. Наприклад, теодолітом Т1 вимірюють кути одним прийомом з похибкою  $\pm 1''$ , а Т30  $\pm 30''$ .

На лісових зйомках застосовуються основному технічний теодоліт Т30. Можна використовувати також точний, теодоліт Т5.

## Тема 2.2 Основні частини теодоліта. Установлення теодоліта в робоче положення.

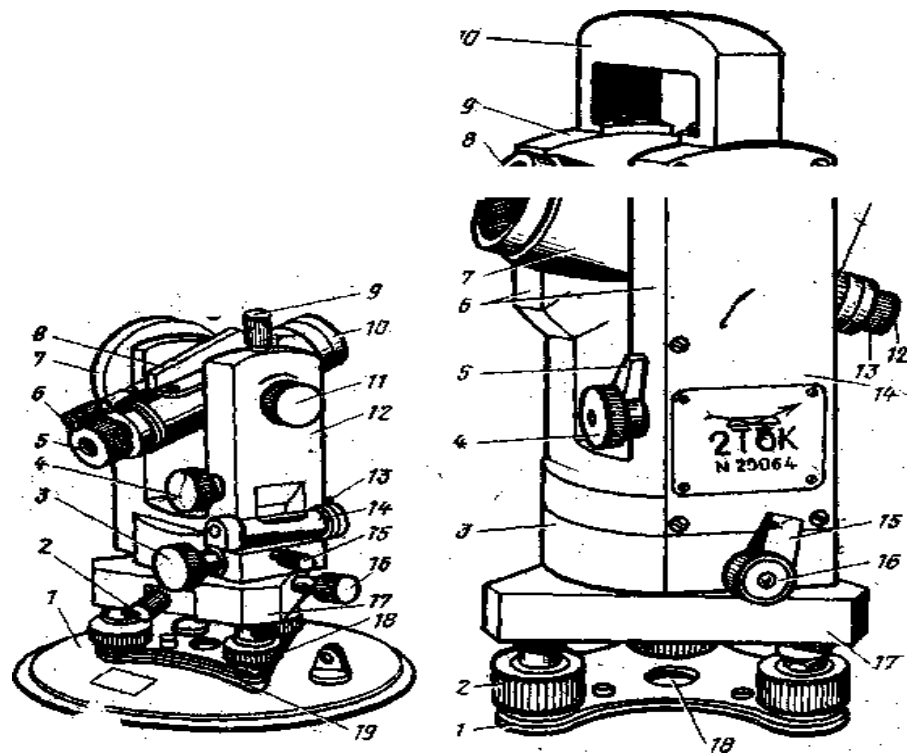
Теодоліт Т30. Прилад призначений для вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів з середньою квадратичною похибкою  $\pm 30''$  (одним прийомом), відстань з похибкою 1:300—1:400 (нитяним далекоміром) і 1 : 1000 (далекомірною насадкою). Їм можна виміряти магнітні азимуту і перевищення (горизонтальним променем). В комплект теодоліта можуть входити орієнтир-бусоль, рівень на трубу і далекомірна насадка. Конструкція Т30 (мал. 60), як і будь-якого іншого оптичного теодоліта, дозволяє після наведення труби на об'єкт, не сходячі з місця, відлічувати кути по обох кругах і спостерігати за установкою рівня. Це забезпечує високу продуктивність праці і стійкість приладу на будь-кому, у тому числі і слабому, ґрунті.

Зорова труба із збільшенням 20х фокусується обертанням барабана, розташованого на одній з колонок. Вона забезпечена оптичним візором для наближеного наведення її на об'єкт. Трубу використовують і для центрування теодоліта як оптичний центра. Для цього її встановлюють об'єктивом вниз так, щоб відлік по вертикальному кругу був рівний  $270 \pm 2^\circ$ . Висота штатива

при цьому повинна бути не менше 1,2 м. Круги розділені через 10'. Відліки по них беруть з точністю до 1' через штриховий мікроскоп, розташований поряд з трубою. Освітлюють круги дзеркалом, прикріпленим до колонки. Перед відліком спостерігач встановлює окуляр мікроскопа по оку обертанню окулярного кільця.

Теодоліт не має рівня при алидаді вертикального круга. Відліки з цього круга знімають після ретельного приведення на середину пухирця рівня при алидаде горизонтального круга. Для фіксації і точного наведення горизонтального круга, його алидади і труби є три пари гвинтів: кожну пару складають закріпний і навідний гвинти. Підставка від теодоліта не відділяється. Її нижня частина служить піддоном металевого футляра.

В даний час наша промисловість виготовляє модернізовану модель цього теодоліта під шифром 2Т30П з трубою прямого зображення. Теодоліт має шкаловий мікроскоп з ціною розподілу шкали 5', відповідної 1° лімба. Внаслідок цього точність відліку підвищена до 0,5', а середня квадратична похибка вимірювання горизонтального кута одним прийомом понижена до  $\pm 20''$



Мал. 2.2.1.. Теодоліт Т-30:

1-піддон футляра; 2, 16— закріпний і навідний гвинти горизонтального круга; 3, 15 —наводящий і закріпний гвинти алидади горизонтального круга; 4,9 — навідний і закріпний гвинти труби } -5 — окуляр труби; в — окуляр мікроскопа; 7 — кожух вертикального круга; 8 — оптичний візир; 10 — об'єктив; П — фокусуєчий барабан; 12 — колонка; 13 — виправний гвинт рівня; 14 — рівень; 17 — підставка; 18 — підйомний гвинт; 19 — пружинячі пластини (трігер)

кути вимірюються з середньою квадратичною похибкою  $\pm 5''$  (одним прийомом).

В даний час теодоліти цього типу випускаються черінь-шифрами 2Т5КП (із зоровою трубою прямого зображення) і 2Т5К. У них замість рівня при алидаде вертикального круга працює компенсатор нахилу. Центрування приладу виконується оптичним центриром. Зорова труба із збільшенням 27,5х фокусується обертанням муфти, розташованої поблизу окуляра. Круги розділені через  $1^\circ$ . Відлік виконують по шкаловому мікроскопу з точністю  $0,1'$ . Шкала для відліку по вертикальному кругу в моделях 2Т5 і подальших має подвійну оцифровку, що дозволяє визначати не тільки величину, але і знак кута нахилу. В цих же моделях на горизонтальному крузі укріплений круг-шукач з ціною розподілу  $10^\circ$ , дозволяючи швидко орієнтувати прилад.

Теодоліт має дві пари закріпно-навідних пристроїв — труби і алидади горизонтального круга. Кожна пара розташована на одній осі. Закріпний пристрій типу курка. Прилад можна використовувати з далекомірними насадками ДНР-5 і ДН-8, а також з світлодальномірами СМ-5 і ЗСМ-2, які закріплюються на теодоліті замість знімної ручки-містка.

*Приведення теодоліта в робоче положення.* На вершині кута, що вимірюється, теодоліт центрують і нівелюють. Ці дії виконують одночасно, послідовними наближеннями. Пересуванням і заглибленням ніжок штатива його головку ставлять приблизно горизонтально і так, щоб центр отвору в ній знаходився над вершиною кута. Теодоліт переміщають по головці штатива і встановлюють вістря схилу над центром знака. Після цього нівелюють прилад, діючи спочатку двома підйомними гвинтами, а потім, повернувши алидаду на  $90^\circ$ , тільки третім. Після нівеляції уточнюють центрировку і повністю загвинчують становий гвинт. Якщо при цьому середина пухирця рівня відійшла від нуля пункту, нівелювання підправляють, а потім перевіряє точність її виконання. Повертаючи алидаду по азимуту, стежать за зміною положення пухирця рівня. Якщо він відхиляється від середини ампули не більше ніж на один розподіл, нівеляція виконана правильно.

Якщо необхідно разом з вимірюванням горизонтальних кутів визначати магнітні азимуту їх сторін, лімба орієнтують за допомогою орієнтир-бусолі. Її пригвинчують до колонки приладу і звільняють стрілку. Потім, сумістивши нулі лімба і алидади, алидаду скріпляють з кругом і повертають його до тих пір, поки нульові ризики на коробці бусолі не встануть точно проти кінців магнітної стрілки. Подальшу роботу при орієнтованому лімбі виконують тільки гвинтами алидади.



## **Тема 2.3 Польові роботи при теодолітній зйомці. Методи зйомки ситуацій. Зйомка методом обходу, полярним, перпендикулярів, засічок.**

Вимірювання кута способом прийомів. Для вимірювання окремого кута в його вершині У встановлюють теодоліт, на крапках А (правої) і З (лівої)—віхи. (В теодолитном ходу точку А називають задньою, а точку З — передньою.) Від'єднавши алідаду, наводять трубу на віху А, ретельно суміщають перехрестя сітки ниток з подовжньою віссю віхи, закріплюють алідаду і знімають з круга відлік. Аналогічно наводять трубу на віху Сі знову знімають відлік. Різниця відліків дає величину кута, що вимірюється. Якщо відлік на задню крапку менше відліку на передню, при обчисленні кута до першого додають  $360^\circ$ . Це перший полуприйом вимірювання кута. При його виконанні горизонтальний круг залишається нерухомим.

Другий напівприйом потрібен, щоб ослабити вплив інструментальних помилок і зовнішніх умов на результати вимірювання і підвищити їх точність, перевірити роботу. Трубу переводять через zenit, а горизонтальний круг переставляють (повертають) приблизно на  $90^\circ$  і знов закріплюють. (При використуванні теодолітів з одностороннім відліком перестановка круга між напівприйомами робиться на  $1\text{—}2^\circ$ .) Наводять трубу, спочатку на віху З (передню, ліву), а потім Л (задню, праву). В першому і другому напівприйомах алідаду обертають тільки по ходу годинникової стрілки або тільки проти ходу годинникової стрілки.

Відліки записують в журнал в послідовності, помічені в дужках. Для підвищення точності кінцевого результату кут виміряють деякими

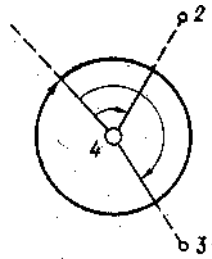
Записи і обчислення при вимірюванні горизонтального кута способом прийомів

прийомами. При переході від одного прийому до іншого круг переставляють на кут  $\sigma = 180^\circ/n$  ( $n$  — число прийомів). В цьому випадку круг між напівприйомами не переставляють. Кут заміряний правильно, якщо розходження між напівприйомами не перевищує  $2t$ , а між прийомами —  $1,5t$  ( $t$  — точність відліку по горизонтальному кругу).

Вимірювання кутів способом кругових прийомів. Цей спосіб застосовують у разі, коли з однієї вершини виходить декілька напрямів. Хай, наприклад, вимагається зміряти кути в точці 4. Між напрямими на точки 1, 2 і 3. При положенні вертикального круга зліва від труби (КЛ) наводять перехрестя сітки ниток на точку, прийняту за початкову, наприклад 1. На горизонтальному крузі встановлюють відлік, близький до  $0^\circ$ , наприклад  $0^\circ 03'$ , і записують його в журнал (таб. 7). Потім послідовно наводять трубу, обертаючи алідаду по ходу годинникової стрілки, на крапки 2, 3 і знову 1. Після кожного наведення читають і записують відлік. Це перший напівприйом, в якому останній відлік не повинен відрізнятись від першого (не змикання горизонту) більш ніж на  $t$ . В другому напівприйомі трубу,

переведену через zenit, наводять на точку 1, а потім, обертаючи алідаду проти ходу годинникової стрілки, — послідовно на точки 3, 2, 1.

1, 2, 3 — точки візування; 4 — загальна вершина кутів



115

*Мал. 2.3.1. Схема вимірювання кутів способом кругових прийомів: відліку, неточності центрування теодоліта і установки віх.*

Приладові погрішності виявляють і усувають при перевірці і юстируванні теодоліта. Для ослаблення їх залишкового впливу застосовують наступну методику вимірювань: відлік по двом сторонах лімба, вимірювання кутів на різних частинах лімба і при двох положеннях труби. Вказані вище допуски розбіжності результатів вимірювання кутів в різних напівприйомах встановлені для справного теодоліта. Якщо розбіжності більше допустимих, необхідно- ще раз переконатися в правильності юстирування частин приладу і ретельності нівеляції горизонтального круга.

Відхилення від допусків може бути викликано несприятливим впливом зовнішніх умов: нерівномірним нагріванням приладу промінням сонця, нестійкістю штатива, неоднорідністю атмосфери, через яку проходить візирний промінь. Щоб прилад нагрівався рівномірно, його закривають під час спостережень парасолькою, а в перервах між спостереженнями — чохлом. Вплив нестійкості штатива на результати вимірювання кутів ослабляють ретельним закріпленням всіх його гвинтів, вдавлюванням ніжок в ґрунт з достатнім зусиллям, а при роботі на заболоченій місцевості — установкою ніжок на коли, забиті в ґрунт. Щоб виключити викривлення візирного променя в атмосфері, не можна допускати його проходження дуже близько до місцевих предметів. Для спостережень в лісу ширина візирів повинна, бути не менше 0,3 м.

З основних помилок, що виникають при вимірюванні кутів — помилка візування  $m_v$  і помилка відліку  $m_o$  — найбільш значна остання. Встановлено, що при вимірюванні кута одним прийомом  $m_o = 0,3t$ , а при двох прийомах вона може бути зменшений в  $\sqrt{2}$  рази тобто не перевищує  $\pm 15''$  для теодоліта Т30.

Неточності в центруванні теодоліта і установці віх приводять до отримання невірною результату вимірювання кута. Щоб не допустити грубих помилок, центрують теодоліт і встановлюють віхи з точністю до 1 см, помноженого на довжину меншої сторони, виражену в сотнях метрів. Якщо одна із сторін кута менше 100 м, прилад. центрують оптичним центриром, а

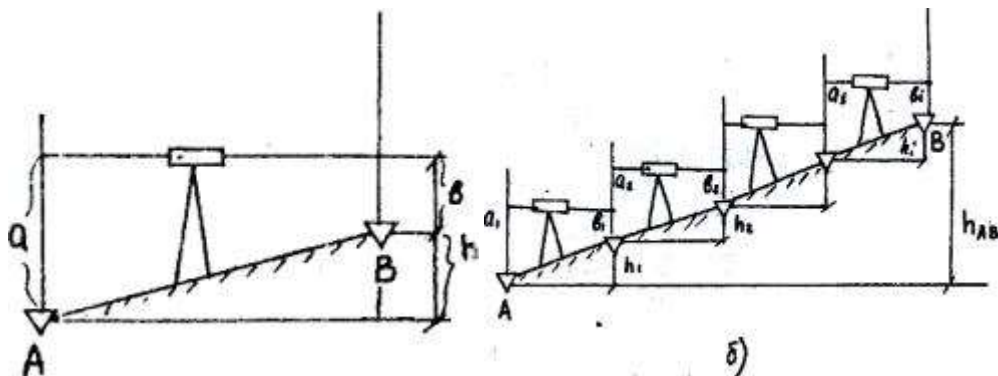
точку візування позначають не віхою, а шпилькою, що входить в комплект землемірної стрічки.

### Розділ 3. Методи і прилади вертикальної зйомки. Геометричне нівелювання.

#### Тема 3.1 Нівелювання.

#### Перевищення. Прилади для геометричного нівелювання. Основні умови нівелювання. Тригонометричне нівелювання. Вертикальне планування місцевості.

Нівелювання - це геодезичні роботи призначені для визначення перевищень. Нівелювання використовують для визначення висот точок при складанні планів, при виконанні будівельно-монтажних робіт. Основні методи нівелювання - геометричне і тригонометричне нівелювання.



Мал. 3.1. - Геометричне нівелювання

Геометричне нівелювання - це метод визначення перевищень з допомогою горизонтального візирного променя і нівелірних рейок. Горизонтальний візирний промінь одержують з допомогою приладу, який називається нівеліром. Нівелір має зорову трубу, візирну вісь якого дуже точно встановлюють горизонтальне положення (рис.6.1а).

При геометричному нівелюванні нівелір встановлюють посередині між точками А і В, а на точках А і В - трьохметрові нівелірні рейки з сантиметровими поділками. Якщо з допомогою нівеліра взяти відліки а і в, які відповідають віддалям від низу рейок до горизонтального променя, то перевищення дорівнює:

$$h = a - b,$$

$$a \quad H_B = H_A + h,$$

де  $H_B$  і  $H_A$  - висоти точок А і В.

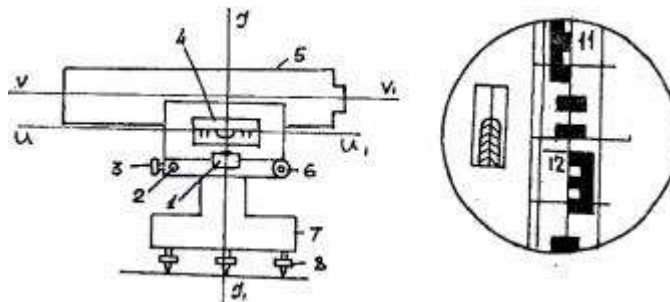
Якщо віддаль між точками А і В велика, то від А до В прокладають нівелірний хід, який складається з кількох станцій (рис.6.1б). Тоді перевищення між точками буде рівнятися сумі перевищень, виміряних на окремих станціях:

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

Висоту точки В знаходять по формулі:

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

## 2. Нівелір Н-3



Мал. 3.2. – Схема нівеліра Н-3

Нівелір Н-3 - найбільш поширений прилад технічної точності. Схема нівеліра показана на рис. 6. 2. Основними частинами нівеліра є: підставка 7 з підйомними гвинтами 8, елеваційний гвинт 6, зорова труба 5, циліндричний рівень 4, навідний гвинт 2, круглий рівень 1, закріплювальний гвинт 3.

Основними осями нівеліра є: вісь обертання приладу JJ1 візирна вісь зорової труби VV1 , вісь циліндричного рівня UU1.

Для наведення приладу на рейки використовують закріплювальний і навідний гвинти. Круглий рівень служить для приведення осі приладу JJ1 в вертикальне положення.

До зорової труби прикріплений циліндричний рівень. З допомогою системи призм зображення кінців бульбашки циліндричного рівня передається в поле зору труби (рис.6.2б). Це дозволяє під час вимірів одночасно бачити рейку і слідкувати за положенням рівня. При суміщенні зображень кінців бульбашки вона знаходиться в нуль-пункті. Якщо вісь VV1

паралельна  $UU_1$ , то з допомогою елеваційного гвинта можна встановити вісь  $VV_1$  в горизонтальне положення.

Існують також нівеліри з компенсатором, в яких лінія візування автоматично встановлюється горизонтально без циліндричного рівня, але з допомогою спеціальних оптичних систем - компенсаторів.

### Тема 3.2. Устрій, перевірка та застосування приладів нівелювання.

#### Устрій нівелірних рейок.

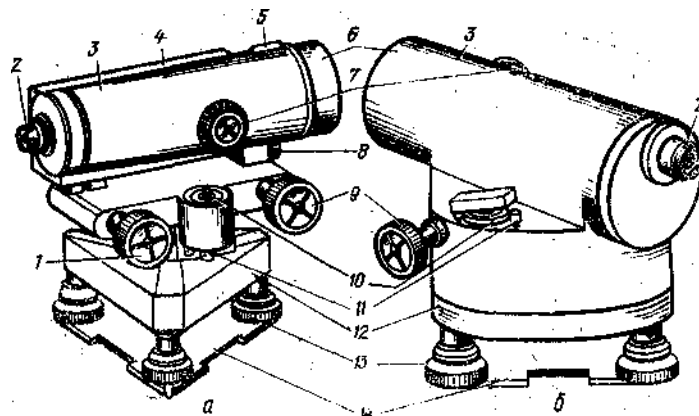
Нівеліри підрозділяють на високоточні, точні і технічні. В кожну з цих груп входять нівеліри з циліндровими рівнями (скорочено надалі умовимося називати їх нівелірами з рівнями) і з компенсаторами.

Візирну вісь зорової труби нівеліра з рівнем приводять в горизонтальне положення вручну. У нівеліра з компенсатором вона встановлюється автоматично під дією маятникового або оптичного пристрою компенсації кутів нахилу лінії візування. Точні і технічні нівеліри бувають з горизонтальними кругами (лімбами) і без них.

Точність і конструктивні особливості нівелірів указують в їх назвах (шифрах). Нівеліри з рівнями мають шифри: високоточні Н-0,5; точні Н-3; технічні Н-10 (Н — перша буква назви приладу; число показує точність приладу — середню квадратичну похибку перевищення в міліметрах, виникаючу при двократному вимірюванні 1 км нівелірного ходу). При позначенні нівелірів з компенсаторами після цифри додають букву К, а з лімбами — Л. Наприклад, технічний нівелір з компенсатором і лімбом Н-10КЛ, а з рівнем і лімбом Н40Л.

На зйомках і будівельних роботах в лісовому господарстві застосовують точні і технічні нівеліри.

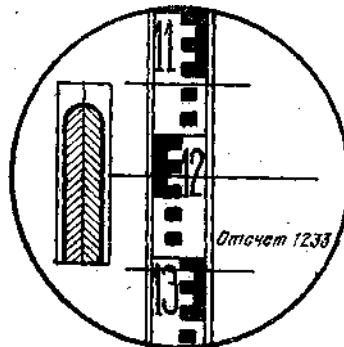
Нівелір Н-3 має зорову трубу, наглухо скріплюючу з циліндровим рівнем, і підставку (мал. 8.2.1, а). Зорова труба 30-кратного збільшення дає зворотне зображення. Її наводять на рейку спочатку



Мал. 3.2.1. Точні нівеліри:

а — Н-3; б — Н-3К; 1 — елеваційний гвинт; 2 — окуляр; 3 — корпус зорової труби; 4 — коробка з циліндровим рівнем; 5 — мушка; 6 — об'єктив; 7 —

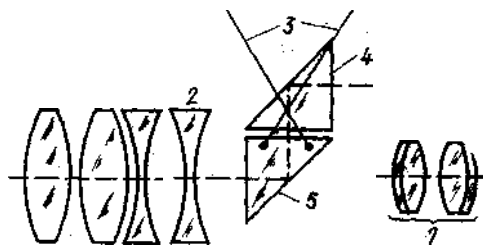
голівка кремальєри ; 8 —закріпний гвинт труби; 9 — навідний гвинт труби;  
 10 — круглий рівень; 11 — виправні гвинти круглого рівня; 12 — підставка;  
 13 — підйомні гвинти 14- тригер



Мал. 3.2.2 .Поле зору труби нівеліра з рівнем

приблизно, візуючи по мушці при відпущеному закріпному гвинті, потім — точно за допомогою навідного гвинта, дивлячись в трубу. Приблизно нівелюють прилад по круглому рівню, діючи підйомними гвинтами. Точно приводять промінь візування в горизонтальне положення за допомогою циліндрового контактного рівня, діючи елеваційним гвинтом. Спостерігач бере відлік з рейки, видимої в полі зору труби (мал. 8.2.2.) поряд із зображенням рівня, в той момент, коли половинки кінців пухирця прийшли в контакт

Нівелір Н-ЗК (рис. 8.2.1, б) має компенсатор, поміщений в зоровій трубі між об'єктивом і сіткою ниток (мал. 8.2.3.). Компенсатор складається з двох прямокутних призм: одна підвішена на двох парах тонких сталевих ниток, що схрещуються, інша наглухо скріплює з корпусом труби. При нахилі зорової труби на невеликий кут (до  $\pm 15'$ ) рухома призма нахилиється в протилежну сторону на кут, розрахований так, щоб направити горизонтальний промінь, що йде від рейки на висоті центру об'єктиву, точно на перехрестивши сітки ниток. Компенсатор



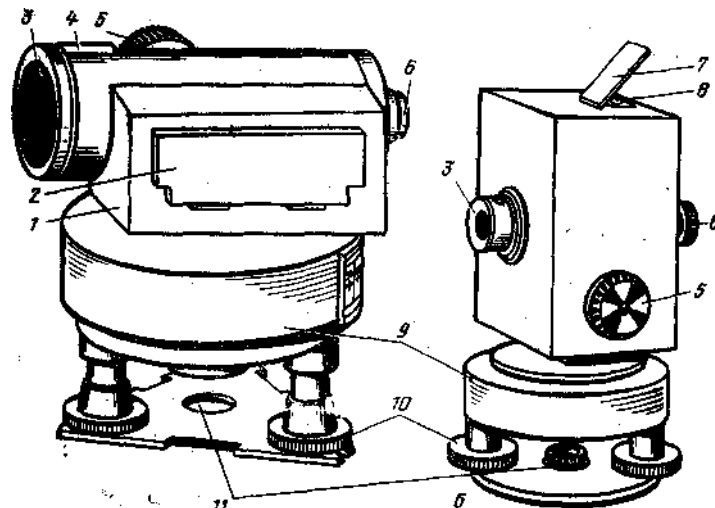
Мал. 3.2.3. Оптична схема зорової труби нівеліра Н-ЗК: 1 — об'єктив; 2 — фокусуюча лінза; 3 —нити; 4, 5 — нерухома я рухома лінзи компенсатора; 6 — сітка ниток; 7 — окуляр

починає працювати після наближеного горизонтування нівеліра по круглому рівню.

Різновид даного типу приладів — нівелір Н-ЗКЛ має горизонтальний круг. Такий нівелір використовують для зйомки рівнинних ділянок місцевості полярним способом. Ціна розподілу лімба —  $1^\circ$ . Відлік беруть по нерухомому штриху з погрешністю  $0,1^\circ$ .

Нівелір Н-10 в даний час випускається під шифрами Н-10Л і 2Н-10Л (мал. 80, а). Крім зорової труби, циліндрового рівня і еліваційного гвинта має горизонтальний круг, по якому кути відлічують з похибкою в  $0,1^\circ$ . Для горизонтування нівеліра Н-10Л служить кульова п'ята, 2Н-10Л — підйомні гвинти.

Нівелір Н-10КЛ (мал. 8.2.4., б) з компенсатором, вбудованим в трубу» має наступні особливості: зорова труба дає пряме зображення; горизонтальний круг можна переставляти за допомогою спеціального гвинта, що полегшує орієнтування лімба; для управління приладом, є лише одна рукоятка



Мал. 3.2.4.. Технічні нівеліри:

а — 2Н-10Л; б — Н-10КЛ; 1 — коробка з циліндровим рівнем; 2 — кришка рівня; 3 — об'єктив зорової труби; 4 — мушка; 5 — головка кремальєри; 6 — окуляр зорової труби; 7 — дзеркало-кришка; 8 — круглий рівень; 9 — кожух, закриваючий горизонтальний круг; 10 — підйомні гвинти; 11-втулка

фокусування зорової труби переміщення рухомої лінзи компенсатора.

Нівелірні рейки. Це дерев'яні бруски з оббитими залізними пластинами кінцями (п'ятами). На рейки нанесені розподіли у вигляді шашок чорного кольору на одній стороні, червоного на іншій. Рахунок розподілів ведуть від нижньої п'яти. На чорній стороні з нею співпадає нуль, на червоній — відлік 4 687 або 4 787 мм Дві рейки з різницею 100 мм в оцифровці п'ять червоних сторін складають один комплект. Для точного нівелювання використовують рейки РН-3, при технічному нівелюванні — РН-10 або РН-3.

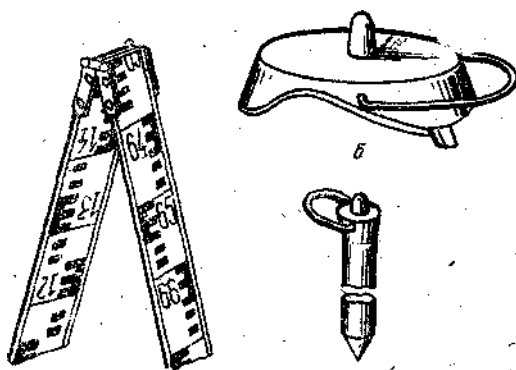


Рейка РН- має ціну поділки 1 см. Кожний її дециметр оцифрований прямими або переверненими цифрами. Виготовляють доладні (завдовжки 3 і 4 м) і цільні (завдовжки 1,5 і 3 м) рейки. В шифр рейки включають її характеристики. Наприклад, РН-ЗП-3000С: РН — рейка нівелірна, З — для точних робіт, П — для нівелірів прямого зображення, 3000 — 3-метрова, З — доладна.

Рейка СН-10 — 4-метрова, доладна, шкала з прямою або переверненою оцифровкою, ціна ділення чорної сторони 2 і червоної 5 см.

Під час роботи рейки ставлять на міцно забиті в ґрунт кілки. Якщо не вимагається закріплювати на

Чорна      Червона сторони



Мал. 3.2.5. Нівелірна рейка (а), черевик (б) і костиль (в)

*місцевості точки установка рейок, при нівеляції їх ставлять на переносні металеві черевики або милиці (костилі) (мал. 3.2.5., б, в).*

### **Тема 3.3 Нівелювання поверхні. Складання профілю траси.**

Мету геодезичних робіт, які виконують при вишукуванні лінійних споруд (лісогосподарських і лісовозних доріг осушних каналів, лісових смуг і ін.) забезпечення будівельного проектування даних про топографію місцевості в смузі розташування траси, Для цього за матеріалами топографічної зйомки складають плани і профілі місцевості. Заздалегідь проводять камеральне трасування, визначаючи найдоцільніше розміщення варіантів дороги і вибираючи кращий з них, виходячи з економічних показників. Камеральне трасування ведуть по топографічним картам масштабом 1 : 10 000—1:50000 а при їх відсутності— по карті масштабу 1 : 100000, аерофотознімкам або матеріалам попередньої зйомки вузьких (до 300 м) смуг місцевості — найприйнятніших варіантів траси. Вибраний варіант виносять на місцевість. По осі траси ведуть горизонтальну і вертикальну зйомку способами прокладення теодолітного і нівелірного ходів. З використанням матеріалів теодолітної зйомки складають план траси, а за матеріалами подовжного нівелювання — її профіль.

До початку знімальних робіт трасу закріплюють і провішують. На початку

неї і в кутках повороту в землю забивають урочні коли, а в їх торці — цвяхи. Щоб коли легко можна було відшукати при будівництві, поряд з ними ставлять стовпи. Якщо початок траси не прив'язаний до геодезичного пункту або постійного місцевого предмету, його закріплюють двома парами стовпів, розташовуючи їх так, щоб прямі, сполучаючи пари, перетиналися над закріпленою точкою. Біля кута повороту ставлять звичайно один стовп,

його розміщують зовні зони майбутніх земляних робіт, на бісектрисі зовнішнього кута, складеного суміжними напрямками траси. Довжина стовпів повинна бути не менше 2 м, з них 1,2—1,5 м — в землі. На кутовому стовпі фарбою пишуть номер і пікетажне значення вершини кута (ВУ), напрям повороту (управо або вліво), величину кута, радіус кривий, рік досліджень і організацію-виконавця. На абрисі указують з точністю до 1 см відстань від кола до стовпа і від стовпа до двох-трьох місцевих предметів. Трасу позначають віхами, встановлюваними через 1 — 1,5 км. Кожний напрям перед вимірюванням довжини ліній провішують через 100—150 м. В лісі ставлять короткі віхи із зачищеними верхніми кінцями.

До початку нівеляції уздовж траси зовні зони земляних робіт встановлюють тимчасові і постійні репери. Тимчасові розміщують через кожні 3—5 км, в горах через 1—2 км. Звичайно це дерев'яні стовпи, забиті в стіни будівель милиці, міцні пні, виступи споруд, нерухоме каміння і виступи скель (див. мал. 36). В особливих випадках через кожні 15—20 км виставляють постійні ґрунтові і стінні репери.

### **Тема 3.4 Поздовжнє нівелювання річок, каналів та ін.**

Попутно зі зйомкою ведеться і нівелювання: уздовж магістралі для визначення рівня води в річці; поперечна нівелювання берегів річки за напрямками живих перетинів, а також поздовжня і поперечна нівелювання дна і берегів долини річки; поперечна нівелювання русла річки. Якщо долина річки широка, то крім поздовжнього нівелювання уздовж магістралі ведеться поздовжнє нівелювання по дну долини річки на деякій відстані вправо і вліво від основної магістралі. Нівелювання дна і берегів долини річки ведеться, як і нівелювання поверхні (поздовжньо і поперечно), з метою вловити характерні особливості рельєфу місцевості і встановити можливі межі розливу річки; тому при нівелюванні дна долини річки необхідно з'ясувати і встановити позначку найбільш високого горизонту води при розливі, а також час, коли саме спостерігається такий горизонт води, чому можуть допомогти опитування місцевих жителів, якщо не мається показань водомірних постів. Точки, в яких виробляються проміри, визначаються зарубками. На підставі зроблених промірів на плані русла річки наносяться через рівні проміжки по висоті криві, що з'єднують точки рівних глибин (горизонталі, ізобати), які в загальному висловлюють рельєф русла річки. На плані площі всередині ліній рівних глибин покриваються синім кольором; ясно, що чим більшу глибину позначає крива, тим темніше вийде охоплювана нею площу, тому що її

покривають синьою фарбою тим більше число разів, чим значніше глибина. р align="justify"> При поздовжньому нівелюванні визначають позначки точок по заданому напрямку для побудови поздовжнього профілю. Нівелювання поперечників дає можливість отримати позначки точок для побудови профілів поперечників, розбиваються через певні проміжки по лінії поздовжнього нівелювання. В результаті нівелювання поверхні отримують позначки точок для побудови плану із зображенням рельєфу місцевості горизонталями.

### *Технічне нівелювання*

Геометричне нівелювання виконується з різною точністю. Існує кілька класів точності I, II, III, IV і технічного нівелювання. Найпростішим і найменш точним є технічне нівелювання. Технічне нівелювання виконується технічними нівелірами типу Н-3 з використанням трьохметрових складних рейок типу РН-10. Нівелювання виконується по окремих ходах. Нівелірні ходи прокладаються між реперами. Хід називають розімкненим, якщо він опирається на два репери (рис.б.3а) і замкнутий, коли опирається на один репер (рис.б.5б).

Роботу на станції виконують в такій послідовності:

1) На зв'язуючи точки (точки між якими вимірюють перевищення) встановлюють рейки, а посередині між ними нівелір. Віддаль від нівеліра до рейки не повинна перевищувати 120 м.

2) Нівелір приводять в робоче положення, наводять трубу на задню по ходу рейку і беруть відліки по чорній її стороні. Відлік беруть в момент, коли кінці бульбашки сходяться, цього добиваються з допомогою елеваційного гвинта.

3) Наводять трубу на передню рейку і беруть відлік спочатку по чорній, а потім по червоній стороні. Бульбашка рівня приводиться в нуль-пункт перед кожним відліком.

4) Наводять трубу на задню рейку і беруть відлік по червоній стороні рейки.

Всі виміри заносяться в спеціальні журнали.

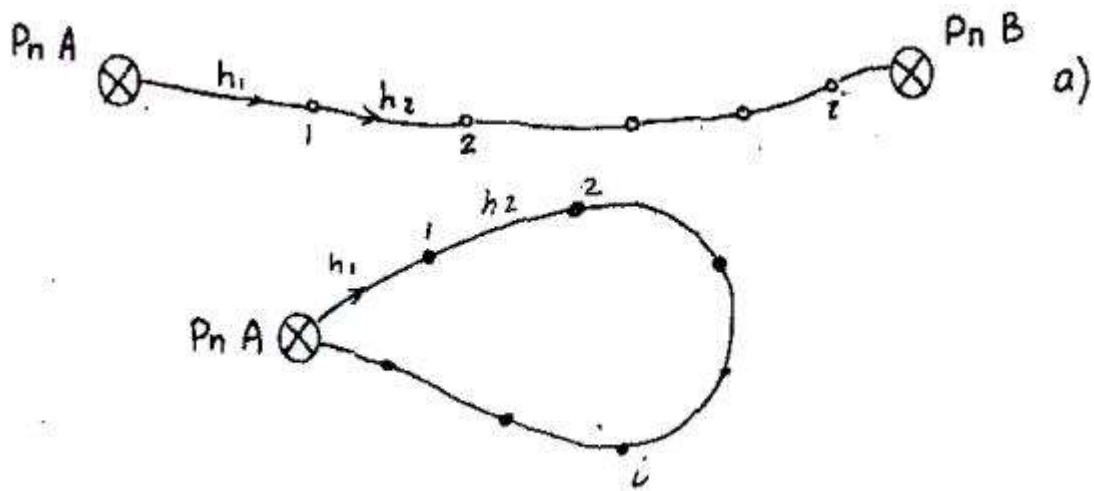


Рис. 3.4.1. – Розімкнений і замкнутий нівелірні ходи

Відліки беруть тільки по середній нитці і завжди складаються з чотирьох цифр. Наприклад, 0078. Це означає, що віддаль від нуля рейки до горизонтального променя складає 0078 мм.

Нівелювання починається і закінчується обов'язково на твердій точці - репері.

### Тема 3.5 Окомірна зйомка, її проведення.

Окомірна зйомка місцевості використовується, коли необхідно одержати план ділянки місцевості, наближений за точністю. Такі плани необхідні для географічних обстежень місцевості, складання плану організації будь-яких робіт на місцевості та доповнення карти, необхідного на цей момент. Розрізняють два види окомірної зйомки: 1) зйомка площ (ділянок місцевості) і 2) зйомка маршрутів (вузької смуги місцевості). Для проведення окомірної зйомки необхідні: 1) планшет-папка з прикріпленими до нього компасом і аркушем паперу; 2) візирна лінійка, по верхньому ребру якої проводиться візування на предмети; 3) циркуль-вимірювач і 4) олівці.

*Підготовка до зйомки полягає в такому:*

1. Підготовка планшету до роботи, тобто прикріплення компасу в куті папки або листка фанери так, щоб діаметр лімба компасу  $0—180^\circ$  був розміщений паралельно до краю листка фанери.

2. Побудова на планшеті (у південній частині): а) лінійного масштабу, який відповідає числовому масштабу зйомки; б) лінійного масштабу кроків відповідного числового масштабу зйомки.

Масштаб кроків — це звичайний лінійний масштаб, за яким відкладаються відстані, виміряні на місцевості кроками. Масштаб кроків відповідає метричному масштабу зйомки і величині кроку того, хто проводить зйомку.

За масштабом кроків на плані будуть відкладатися відстані, безпосередньо виміряні на місцевості, а по метричному масштабі будуть відкладатися на плані відстані, виміряні до місцевих предметів окомірно.

Окомірна зйомка може проводитися двома способами: 1) по "скелету", складеному за картою, тобто за викопіровкою з карти основних ліній доріг, канал, меж прямолінійних контурів; 2) зйомка на чистій основі.

Зйомка проводиться обходом ділянки по її межах або по вибраних під час рекогносцировки ліній доріг, канал, меж контурів, які називаються ходовими лініями, а точки повороту ходових ліній називаються станціями. Отже, окомірна зйомка проводиться з ходових ліній та зі станцій.

Зі станцій зйомка проводиться полярним способом або способом кругового візування: при орієнтованому за компасом планшеті візують візирною лінійкою, яка розміщена ребром біля зображень станції, на предмет, вимірюють на око в метрах відстані до предмету і відкладають його по ребру лінійки. При цьому планшет потрібно тримати у лівій руці на висоті грудей і стежити за тим, щоб він був зорієнтований.

Рухаючись за ходовою лінією від станції до станції і вимірюючи ходову лінію в парах кроків, знімаємо саму лінію і предмети на ній способом безпосереднього промірювання. Зйомку предметів, розміщених по обидва боки від ходової лінії на малій відстані від неї, проводять способом перпендикулярів, залишаючись біля основи перпендикулярів, які опущені від точок місцевих предметів. Місцеві предмети (стовпи, башти та ін.) знімаються зі станцій і ходових ліній побудовою на планшеті мензульної прямої засічки, вказуючи напрям візирною лінійкою.

### **Тема 3.6 Організація геодезичних робіт, їх контроль виконання.**

В основі організації та виконання геодезичних робіт лежать два принципи:

- 1) ”від загального до часткового”, або “від головного до другорядного”;
- 2) усі види робіт (польові й камеральні) обов’язково мають контролюватися: “ні кроку без контролю”.

Перший принцип полягає у тому, що будь-який вид геодезичних робіт має спиратися на достатню кількість раціонально розміщених і надійно (точно) визначених опорних точок. Ці точки становлять основу або опорну мережу вирішуваної задачі. Від них визначають положення всіх інших точок, які характеризують положення елементів або частин інженерної споруди, деталей і елементів ситуації або рельєфу місцевості.

Такий принцип організації і виконання геодезичних робіт дає змогу, з одного боку, уникнути швидкого накопичення похибок вимірів, з іншого, – постійно контролювати правильність і точність польових робіт. Точки опорної мережі, що мають високу точність визначення свого положення, є основою, на яку нанизуються другорядні точки деталей.

За іншої організації геодезичних робіт, наприклад, при визначенні кожної наступної точки від попередньої у формі неперервного і довгого ланцюга не дуже точних вимірювань, відбувається швидке накопичення похибок вимірів і немає можливості контролювати роботи, оскільки вони не спираються на ”головні” точки.

Другий принцип організації і виконання геодезичних робіт потребує постійного і систематичного їх контролю. Згідно з цим принципом усі польові вимірювання (кутові, лінійні, висотні тощо) для контролю і підвищення точності виконують кілька разів. Так само всі обчислювальні та інші камеральні роботи супроводжуються контрольними обчисленнями, порівнянням результатів із допусками і нормами точності.

### **Тема 3.7 Геодезичне забезпечення земельного кадастру.**

Для проведення робіт з кадастру необхідні високої якості картографо-геодезичні матеріали, які давали б можливість достатньо повно і детально відобразити кадастрову ситуацію. Для цієї мети необхідні заданого масштабу

кадастрові карти і плани, каталоги координат і інші матеріали, які задовольнили б відповідну точність визначення елементів та характеристик кадастрових об'єктів. Наявність великої кількості територіальних одиниць з високою ціною земельних ділянок і густотою забудови обумовлює підвищені вимоги до точності відображення меж земельних ділянок, визначення їх площ, елементів і характеристик будівель та споруд.

Картографо-геодезичні матеріали кадастру включають кадастрові карти і плани, схеми, креслення та набір тестових документів у вигляді таблиць, списків, реєстрів тощо. Зміст картографо-геодезичних матеріалів визначається сукупністю елементів кадастрових планів, креслень, схем, які є відображенням властивостей кадастрових об'єктів чи явищ міського середовища.

Картографо-геодезичні матеріали кадастру використовують при вирішенні наступних завдань:

- прийняття управлінських рішень на рівні міських органів влади і комунальних служб;
- виконання графоаналітичних розрахунків для складання проектів міського цивільного і промислового будівництва;
- виконання проектних розробок обґрунтувань й удосконалення технічних рішень розвитку і реконструкцій вулично-дорожньої та інженерно-технічної мережі;
- визначення об'ємів робіт, зокрема земельних, при будівництві і реконструкції об'єктів міського господарства;
- встановлення і визначення положення меж адміністративно-територіальних одиниць, землеволодінь і землекористувань, меж населених пунктів тощо;
- визначення площ кадастрових земельних ділянок та інших структурно-облікових одиниць;
- складання графічних додатків до правових та управлінських документів;
- планування природоохоронних та санітарно-гігієнічних заходів тощо.

Планово-картографічні матеріали кадастру є просторовим базисом, який забезпечує планово-висотний зв'язок даних про об'єкти і явища

середовища у відповідних системах координат і висот на всіх рівнях представлення. Зміст кадастрової інформації відображається на планах, або в базах даних електронних засобів, масштаби яких встановлюються залежно від співвідношення елементів ситуації, рівня представлення даних кадастру і необхідної точності визначень. На кадастрових планах Інформація зображується умовними знаками, в електронних засобах відповідними кодами і графічними засобами.

Збір та систематизація кадастрової інформації здійснюються за об'єктовим принципом. Дані об'єктового рівня реєструються в процесі кадастрового знімання в масштабі, що забезпечує наступне створення кадастрових планів усіх масштабів і рівнів. Згідно з нормативними документами [15,16.20.21,26] кадастрове знімання міст здійснюється в масштабі 1:500-1:1000, сільських населених пунктів - у масштабі 1:2000. Кадастрові плани створюються на всі об'єкти міського господарства. Обліковими кадастровими одиницями є: кадастрова ділянка, відрізок вулиці, перехрестя вулиць, площа тощо. На цих планах в умовних знаках показують межі міста, адміністративно-територіальних одиниць і їх коди, елементи і параметри кадастрових об'єктів (землі, будівлі, споруди, інженерні комунікації).

Кількість елементів і характеристик об'єктів, які показують на кадастрових планах різні, залежно від виду і призначення, об'єкта. Так, кадастрові плани міських земель у масштабі 1:500 створюють тільки по угіддях, для інженерних мереж - роздільно для кожного виду інженерних комунікацій (водовід, каналізація, електропостачання, зв'язок тощо). Кадастрові плани будівель і споруд створюють у масштабах 1:100, 1:200 (інвентаризація, поверхові плани), на яких показують розміри і внутрішнє розпланування квартир і будинків, матеріали стін, положення сантехнічних вузлів, інвентарний номер, площу (загальну, житлову) і т. ін.

### **Тема 3.8 Геодезичні роботи при лісовпорядкуванні.**

Знімально-геодезичні роботи при лісовпорядкуванні виконуються з метою:

- відновлення юридично встановлених меж об'єкта лісовпорядкування з суміжними землекористувачами у відповідності з існуючими геодезичними даними землевпорядкування;
- знімання планшетних рамок;
- знімання окремих найбільш значущих лінійних елементів внутрішньої ситуації, меж



господарсько-цінних виділів, доріг, стежок та інших ліній, що використовуються як таксаційні ходи.

4.1.2. Інструментальне відновлення окружних меж проводиться тільки на ділянках, де вони втрачені.

Порядок відновлення втрачених у природі меж і межових знаків (або за відсутності геодезичних даних) визначається місцевими органами землевпорядкування за домовленістю з органами лісового господарства і лісовпорядною експедицією.

4.1.3. Якщо окружні межі об'єкта розпізнаються на матеріалах аерофотозйомки або топокартах і помітні в природі, проводиться тільки прочищення зарослих меж.

4.1.4. При інструментальному відновленні меж розрубання їх проводиться на ширину, яка забезпечує видимість від однієї точки до іншої, але не менше 0.5 м.

Кути повороту окружних меж при повній втраті межових знаків (стовпів і курганів) закріплюються в природі межовими міжгосподарськими стовпами на відстані не менше ніж 1

м від геодезичного центру межового знаку у відповідності з ДСТУ 3534-97 "Знаки натурні лісовпорядні і лісогосподарські. Загальні вимоги".

На кутах повороту близьких до 180° (180+2)°, межові міжгосподарські стовпи не встановлюються.

Одночасно проводиться розпізнавання положення межових ліній і точок повороту на аерофотознімках.

4.1.5. Вимірювання горизонтальних кутів при зйомці планшетних рамок і відновленні

окружних меж проводиться з точністю не нижче 1 мінути, а при зніманні внутрішньої

ситуації - не нижче 10 мінут, вимірювання ліній - мірною стрічкою в одному напрямку із

заокругленням міри ліній до 0.1 м. Кути нахилу враховуються при величині 4° і більше. При

розбіжності даних проміру лінії з існуючими геоданими більше ніж 0.2%, виконується

повторний промір у зворотному напрямку.

4.1.6. Усі випадки невідповідності геодезичних даних землевпорядкування даним натурних вимірів повідомляються місцевим органам землевпорядкування і за узгодженням з ними вносяться відповідні корективи. Всі уточнення, що вносяться в матеріали землевпорядкування оформляються актом, який підписується представниками місцевих органів землевпорядкування і лісовпорядної партії (експедиції).

### **Тема 3.9 Організація інженерно – геодезичних робіт.**

Картографо-геодезична служба України (Укр геодезкартографія) приділяє велику увагу інженерно-геодезичному забезпеченню розвитку на селеннях пунктів, об'єктів будівництва, транспорту, промисловості, енергетики, зв'язку і телекомунікації, охороні природного середовища, попередженню та прогнозуванню природних і техногенних катастроф (зсуви, руйнування інженерних споруд, аварії на АЕС, ГЕС тощо), оскільки від своєчасності виконання та необхідної точності інженерно-геодезичних вимірювань на екологічно і техногенно небезпечних об'єктах залежить безпека життєдіяльності населення та збереження матеріальної бази суспільства.

За 20 років існування Державної служби геодезії, картографії та кадастру такі відповідальні роботи, що потребують сучасного технічного оснащення та високої кваліфікації персоналу, виконувалися багатьма підприємствами галузі, зокрема ДНВП "Укрінжгеодезія", КДП "Київгеоінформатика". Значну частину відповідальних і надзвичайно важливих для економіки України робіт здійснюють навчальні заклади, геодезичні служби великих енергетичних комплексів, геодезичні підприємства акціонерних товариств тощо, серед яких виділяються Національний університет "Львівська політехніка", Івано-Франківський технічний університет нафти і газу, ДП "Укргеодезмарк" Публічного акціонерного товариства (ПАТ) "Київметробуд". Далі подано науково-технічний огляд найважливіших інженерно-геодезичних робіт, виконаних цими організаціями, та їх досягнень у цій сфері в основному за останні п'ять років.

### Список використаної літератури.

1. Г.О. Порицький, Б.І. Новак, Л.П.Рафальська Геодезія – Арістей Київ 2007
2. Дубов С.Д., Поляков А.Н. Геодезія.- М: Агропромиздат, 1988.
3. Дубов С.Д., Поляков А.Н., Практикум по геодезии. - М.: Агропромиздат, 1990.
4. Рудько П.М., Збірник типових задач і вправ з геодезії. Малин, 1993
5. Уткин А.Я., Съёмочные работы при лесоустройстве и в лесном хозяйстве. - М.: Лесная промышленность, 1977.
6. Условные знаки для топографических планов, масштаб 1:1000, 1:2000, 1:500. - М.: Недра, 1973
7. Условные знаки для топографической карты масштаба 1:10000.- М.: Недра, 1977
8. Кравченко В.П., та інші Меліорація з основами геодезії.- К.: Вища школа, 1983.
- 9.Ганьшин В.Н., Мурахтанов Е.С., Сухих В.И. Таблицы для разбивки круговых и переходных кривых.-5-изд., перераб. и доп.М.: Недра, 1985.- 430с.
- 10.Дмитриев И.Д., Поляков А.Н., Лесная аэрофотосъемка и авиация .-М.: Лесная промышленность, 1981.-344с.
- 11.Дубов С.Д., Поляков А. Н. Практикум по лесной съёмке. - М.: Лесная промышленность,1981. – 141с.
- 12.Инструкция по проведению лесоустройства в едином государственном лесном фонде СССР. Часть 1. Организация лесоустройства и полевые работы. – М.: Гослесхоз СССР,1986.-133с.
- 13.Инструкция по топографическим съёмкам в масштабах 1:10000 и 1:25000. Полевые работы.- М.: Недра, 1978.- 79с.
- 14.Инструкция по топографической съёмке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. ГКИНП-02-033-82.- М.: Недра, 1985. 152с.
- 15.Лобанов А.М., Фотограмметрия.- М.: Недра.- 1984 .522с.
- 16.Маслов А.В., Гладилина Е. Ф., Костык В.А., Геодезия .- М.: Недра.- 1986.416с.
- 17.Мурахтанов Е.С., Моисеев Н.А., Мороз П.И., Столяров Д.П. Лесоустройство. – М.: Лесная промышленность,1983.- 344с.
- 18.Спиридонов А.И., Кулагин Ю.Н., Крюков Е.С. Справочник-каталог геодезических приборов.- М.: Недра, 1984.-240с.
- 19.Справочное руководство по инженерно-геодезическим работам \ Под ред.В.Д. Большакова и Г.П. Левчука.- М.: Недра, 1980.- 718с.