

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»



**ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА**  
*Кафедра геодезії*

**Навчальна практика (геодезична)**  
Методичні вказівки до виконання навчальної практики (геодезичної) для  
бакалаврів спеціальності 184 Гірництво

Дніпро  
НТУ «ДП»  
2020

**Навчальна практика (геодезична).** Методичні вказівки до виконання навчальної практики (геодезичної) для бакалаврів спеціальності 184 Гірництво / Упоряд.: В.Г. Тельнов; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро: НТУ «ДП», 2020. – 51 с.

Упорядник:

В.Г. Тельнов старший викладач

Затверджено методичною комісією за спеціальністю 193 Геодезія та землеустрій (протокол № 1 від 30.08.2019) за поданням кафедри геодезії (протокол № 1 від 30.08.2019).

Розглянуто методи та методику вимірювання кутів, відстаней та перевищень на місцевості геодезичними приладами для побудови планово-висотного обґрунтування, методика обробки польових вимірювань, розглянуто питання побудови координатної сітки і нанесення точок теодолітного ходу на план, обчислення проектних геометричних елементів для виносу запроектованого шахтного стовбура або свердловини на місцевість в натуру за допомогою теодоліта та мірної стрічки або рулетки.

Наведені вимоги, що пред'являються до розрахункових і графічних матеріалів для оформлення звіту про навчальну практику.

Призначено для самостійного виконання геодезичних робіт та розв'язування інженерних задач з навчальної практики (геодезичної) студентами спеціальності 184 Гірництво.

Відповідальний за випуск завідувач кафедри геодезії  
В.В. Рябчій, канд. техн. наук, доц.

# ЗМІСТ

<b>1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПРАКТИКУ</b> .....	5
1.1. Мета та завдання навчальної геодезичної практики .....	5
1.2. Організація практики .....	5
1.3. Забезпеченість геодезичними приладами та правила поведження з ними.....	7
<b>1.4. Питання для самоконтролю</b> .....	8
<b>2. ПОВІРКИ ТА ЮСТИРОВКИ ГЕОДЕЗИЧНИХ ПРИЛАДІВ</b> .....	9
2.1. Загальні відомості.....	9
2.2. Повірки та юстування теодоліта.....	9
2.3. Повірки нівеліра .....	14
2.4. Компарування мірних стрічок і рулеток .....	17
<b>2.5. Питання для самоконтролю</b> .....	18
<b>3. ГЕОДЕЗИЧНІ ВИМІРЮВАННЯ ДЛЯ ТОПОГРАФІЧНИХ ЗЙОМОК ТА ІНЖЕНЕРНО - ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ</b> .....	19
3.1. Загальні відомості.....	19
<b>3.2. Вимірювання довжин ліній</b> .....	20
3.2.1. Вимірювання довжин ліній землемірною стрічкою .....	20
3.2.2. Вимірювання довжин ліній нитяним далекоміром .....	22
<b>3.3. Вимірювання горизонтальних та вертикальних кутів</b> .....	24
3.3.1. Вимірювання горизонтальних кутів способом прийомів .....	23
3.3.2. Вимірювання кутів нахилу (вертикальних кутів).....	25
<b>3.4. Вимірювання перевищень</b> .....	26
3.4.1. Вимірювання перевищень методом геометричного нівелювання... ..	26
3.4.2. Вимірювання перевищень методом тригонометричного нівелювання.....	28
<b>3.5. Питання для самоконтролю</b> .....	29
<b>4. ТОПОГРАФІЧНА ЗЙОМКА ДІЛЯНКИ МІСЦЕВОСТІ</b> .....	30
4.1. Загальні положення .....	30
<b>4.2. Знімальна основа</b> .....	30
4.2.1. Розвиток планової знімальної мережі теодолітними ходами .....	30
4.2.2. Обчислення координат точок теодолітних ходів .....	35
4.2.3. Визначення висот точок знімальної мережі геометричним нівелюванням .....	43
<b>4.3. Питання для самоконтролю</b> .....	48

<b>5. СКЛАДАННЯ ПЛАНУ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ТЕОДОЛІТНОЇ ЗЙОМКИ .....</b>	<b>49</b>
5.1. Побудова координатної сітки. ....	49
5.2. Нанесення на план пунктів теодолітного ходу за їхніми координатами .....	52
<b>6 . ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНІ ЗАДАЧІ .....</b>	<b>53</b>
6.1. Геодезична підготовка даних для перенесення проекту в натуру .....	53
<b>6.2. Винесення проекту свердловини на місцевість .....</b>	<b>53</b>
6.2.1. Проектування свердловини на топографічній основі .....	54
6.2.2. Геодезична прив'язка проекту свердловини.....	55
6.2.3. Побудова розмічувального креслення .....	56
6.2.4. Винесення запроектованої свердловини на місцевість .....	57
<b>6.3. Питання для самоконтролю .....</b>	<b>58</b>
<b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....</b>	<b>59</b>
<b>ДОДАТКИ .....</b>	<b>60</b>

# 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПРАКТИКУ

## 1.1. Мета та завдання навчальної геодезичної практики

Навчальна практика (геодезична) є завершальним етапом у вивченні курсу геодезії. Метою практики є закріплення та поглиблення теоретичних знань і навиків, що дозволять їм самостійно виконувати весь комплекс топографічних, знімальних і інженерно-геодезичних робіт на гірських підприємствах та будівництві.

У практичній діяльності спеціалістам на пряму підготовки гірництва доведеться розв'язувати найрізноманітніші завдання на топографічних планах і планах гірничих робіт та графічній документації, отриманої за результатами геодезичних та маркшейдерських робіт. Відомо, що найбільш грамотно розв'язують задачі на зазначених графічних зображеннях спеціалісти, які знайомі зі способами їх побудови і вміють їх читати. Тому **завдання навчальної практики (геодезичної)** полягає в тому, щоб кожен студент навчився працювати з геодезичними приладами, самостійно виконувати топографічну зйомку ділянки місцевості, скласти план місцевості за результатами зйомки та розв'язувати інженерно-геодезичні завдання на планах і на місцевості.

Конкретні завдання при виконанні різних геодезичних робіт встановлюються диференційовано залежно від спеціалізації студентів. Перелік та орієнтовні обсяги за видами робіт наводяться в робочих програмах практики. Перед початком навчальної практики (геодезичної) студенти знайомляться з усім комплексом наступних геодезичних робіт. Приступаючи до їх виконання, студенти повинні вивчити правила з техніки безпеки, зробити перевірки приладів, осмислити методику виконання завдань і вимоги, що пред'являються до правильного оформлення розрахункових і графічних матеріалів.

## 1.2. Організація практики

Навчальна практика проводиться на навчально-геодезичному полігоні в установлені наказом університету терміни та графіком, затвердженим проректором з навчальної роботи.

Організацію та загальне керівництво практикою на навчальному геодезичному полігоні здійснює завідувач кафедри геодезії. Навчально-методичне керівництво практикою в академічних групах здійснюють викладачі кафедри (керівники практики).

Студенти на практиці забезпечуються житловими приміщеннями, навчально-допоміжними приладдям та геодезичними приладами.

Студенти, які прибули до місця проходження практики пізніше встановленого графіком терміну, які порушили трудову дисципліну або встановлені на геодезичному полігоні норми поведінки, відсторонюються від проходження практики. Навчально-виробничою одиницею на практиці є бригада із 5 – 6 студентів, склад якої не змінюється протягом усієї практики. Бригаду очолює призначений керівником практики бригадир, в обов'язки якого входить:

- підтримання на належному рівні трудової дисципліни, контроль за поведінкою та зовнішнім виглядом членів бригади;
- розподіл перед виходом на польові роботи приладів серед членів бригади та контроль за їх поверненням на місце зберігання;
- організація після закінчення окремих видів робіт або всієї практики підготовки приладів до зберігання та їх здачі;
- розподіл обов'язків у бригаді;
- ведення щоденника практики;
- дотримання встановлених термінів виконання завдань;
- забезпечення акуратного ведення польових журналів, абрисів та іншої технічної документації всіма членами бригади.

У період практики кожен студент зобов'язаний виконувати наступні правила:

- дотримуватися встановленого на полігоні розпорядку дня;
- не допускати потрапили городів місцевого населення, пошкодження лісонасаджень і т. п.;
- виконувати вказівки та вимоги завідувача кафедрою геодезії, керівника практики та бригадира з усіх питань, що стосуються практики, встановлених норм поведінки та трудової дисципліни.

При проходженні практики кожен студент зобов'язаний самостійно виконати всі види робіт.

По завершенні всіх видів робіт кожна бригада складає звіт, з додатком усіх матеріалів з практики. Залік з практики здає кожен студент індивідуально.

### **1.3. Забезпеченість геодезичними приладами та правила**

#### **поводження з ними**

На період практики кожна бригада забезпечується необхідними приладами та приладдям до них, за які несе матеріальну відповідальність. Зберігаються прилади за місцем проживання бригади (в приміщенні).

Оглядаючи геодезичні прилади в період їх отримання необхідно особливу увагу звернути на:

- справність закріпних, навідних, підйомних, виправних та станових гвинтів, рівнів, а також головок й ніжок штативів;
- справність нівелірних рейок, рулеток та мірних стрічок;
- на плавність обертання кремальєри та ходу рухомих частин приладу, підйомних, закріпних і навідних гвинтів.

Якщо в приладі порушена плавність ходу будь-якої рухомої частини та відбувається “заїдання”, не слід докладати фізичного зусилля, щоб його усунути. Для усунення несправності треба звернутися до свого керівника.

З приладами необхідно працювати дбайливо та акуратно, тому що найменша недбалість може призвести до пошкодження приладу або зробити його непридатним для роботи.

Для виконання польових робіт необхідно суворо дотримуватися правил поведження з приладами.

1. Не можна застосовувати зусилля, якщо прилад важко виймається з ящика або металевий футляр (необхідно виявити та усунути причину).

2. Теодоліт треба брати за підставку.

3. Оберігати прилади від дощу, бруду, пилу та ударів.

4. Не слід докладати великих зусиль при обертанні будь-якої частини приладу (необхідно попередньо переконатися в тому, що всі закріпні гвинти відкріплені).

5. В процесі вимірювань теодоліти та нівеліри дозволяється переносити пригвинченими до штатива, тримаючи їх на плечі у вертикальному положенні; обертові частини приладу при цьому повинні бути закріплені.

6. Для укладання приладу в ящик слід вивчити розташування частин у відповідних виїмках і способи їх закріплення, відкріпити всі закріпні гвинти, після чого встановити прилад в ящик. Розміщуючи теодоліт в металевий футляр треба попередньо поєднати відповідні червоні мітки (точки), наявні на приладі та футлярі.

7. Дверцята ящика або металевий футляр закріплюються після того, як перевірена правильність установки приладу та його окремих частин.

8. Бусоль слід оберігати від струсу щоб уникнути пошкодження скла коробки та розмагнічування стрілки.

9. Переносити землемірну стрічку під час роботи потрібно в натягнутому положенні; не можна допускати утворення петель на стрічці (рулетці), залишати її на проїжджій частині дороги, щоб уникнути пошкодження проїжджаючим транспортом. Після роботи стрічку (рулетку) слід протерти від бруду та вологи.

10. Щоб уникнути пошкоджень рейок та віх не можна кидати їх на землю або переносити на них прилади. Рейки необхідно переносити в складеному вигляді та в такому положенні, щоб не стиралася фарба поділок і цифр.

У разі поломки приладу або його втрати бригада зобов'язана повідомити про це свого керівника та скласти акт, виклавши в ньому причину та обставини, які стали причиною пошкодження приладу або втрати приладдя. Акт здається матеріально відповідальній особі кафедри геодезії, а останнім – у бухгалтерію інституту для стягнення з винуватців вартості ремонту приладу або вартості втраченої приналежності.

Після завершення польових робіт прилади та приладдя в належному вигляді здаються на склад.

#### **1.4. Питання для самоконтролю**

1. В чому полягає мета навчальної практики (геодезичної)?
2. Наведіть обов'язки бригадира.
3. Які правила повинен виконувати студент на полігоні?
4. Які прилади необхідні для проходження навчальної практики (геодезичної)?
5. Назвіть правила поводження з приладами.
6. Які завдання повинен виконати самостійно кожний студент ?
7. Що повинна робити бригада в разі поломки приладу або втрати приладдя?



## 2. ПОВІРКИ ТА ЮСТИРОВКИ ГЕОДЕЗИЧНИХ ПРИЛАДІВ

### 2.1. Загальні відомості

Перед виконанням вимірювань усі геодезичні прилади підлягають повіркам, а при необхідності, юстируванню (виправленню). *Повірками називають* дії, в результаті яких, встановлюється взаємне розташування геометричних осей приладу та виконання інших умов, передбачених його конструкцією.

Повіркам підлягають: теодоліт, нівелір, рейки, землемірні стрічки, рулетки. Кожна бригада виконує повірки своїх приладів. Юстирування приладів виконуються студентами в присутності керівника практики кафедри геодезії.

### 2.2. Повірки та юстування теодоліта

Взаємне розміщення частин теодоліта повинно відповідати певним геометричним умовам, які випливають з принципу вимірювання горизонтального кута. Наявність цих умов встановлюють, виконуючи перевірки приладу. Якщо виявиться, що та чи інша геометрична умова не виконується, прилад *юстують*. Для виконання повірок теодоліт закріплюється становим гвинтом до головки (площадки) встановленого на землі штатива. Теодоліт має задовольняти наступним геометричним умовам.

1. Вісь циліндричного рівня  $UU$  алідаді горизонтального круга повинна бути перпендикулярна до осі обертання  $ZZ$  теодоліта (рис. 2.1).

**Порядок виконання повірки.** Встановлюють вісь рівня паралельно до лінії, що з'єднує будь-які два підймальні гвинти, і, обертаючи їх в протилежні боки, переміщують бульбашку рівня на середину шкали ампули (в нуль-пункт);

Повертають алідаду на  $180^\circ$ . Якщо бульбашка залишилася на середині або відхилилася не більше ніж на одну поділку шкали рівня, то умова виконується, якщо ні – виконують юстування.

**Порядок юстирування.** Для цього вертикальними виправними гвинтами рівня переміщують бульбашку в напрямку до середини шкали на половину дуги відхилення. Підйомними гвинтами, за напрямком яких розташований рівень, виводять бульбашку на середину. Для контролю знову повертають верхню частину теодоліта на  $180^\circ$ . Перевірку повторюють до виконання умови.

2. Візирна вісь зорової труби  $VV$  повинна бути перпендикулярна горизонтальній осі обертання труби  $HH$  (рис. 2.1). Якщо вказана умова не

виконується, тоді візирна вісь і вісь обертання труби  $HH$  складають деякий кут  $C$ , який називають колімаційною похибкою.

**Порядок виконання повірки.** Підйомними гвинтами встановлюють вісь обертання теодоліта прямовисно, закріплюють лімб і, для положення вертикального круга відносно зорової труби праворуч ( $KП$ ), наводять перехрестя сітки ниток зорової труби на віддалену точку. Беруть відлік  $KП$  на шкалі горизонтального круга. Потім переводять трубу через zenit для положення вертикального круга відносно зорової труби ліворуч ( $KЛ$ ), візують на ту ж точку та беруть відлік  $KЛ$ . Колімаційну похибку  $C$  обчислюють за формулою:

$$C = \frac{KП - KЛ}{2}.$$

Якщо  $C$  не перевищує подвійної точності теодоліта (для 2Т5К – 0,2'; для ТЗО, 2Т30М, 2Т30П – 1'), тоді умова виконана. В іншому випадку роблять юстирування.

Приклад 1. Повірка теодоліта 2Т30М.

Результати вимірювань:

$$KП = 256^{\circ}44,6', KЛ = 76^{\circ}47,8'.$$

$$C = \frac{KП - KЛ - 180^{\circ}}{2} = \frac{256^{\circ}44,6' - 76^{\circ}47,8' - 180^{\circ}}{2} = -0^{\circ}01,6'.$$

Отже теодоліт вимагає юстирування.

**Порядок юстировки.** Обчислюють правильний відлік за формулами:

$$KЛ' = KЛ + C,$$

$$KП' = KП - C.$$

У прикладі 1:

$$KП' = 256^{\circ}44,6' - (-00^{\circ}01,6') = 256^{\circ}46,2';$$

$$KЛ' = 76^{\circ}47,8' + (-00^{\circ}01,6') = 76^{\circ}46,2'.$$

Юстирування виконують при будь-якому положенні вертикального круга відносно зорової труби. Навідним гвинтом аліади встановлюють правильний відлік на горизонтальному крузі. При цьому вертикальна нитка сітки зміститься з точки візування. Необхідно знову навести вертикальну нитку сітки на цю ж точку за допомогою виправних гвинтів сітки ниток. Для

цього відгвинчують ковпачок на зорової труби, що закриває виправні гвинти сітки ниток, послаблюють вертикальні гвинти і обертаючи горизонтальні виправні гвинти сітки ниток, наводять центр сітки ниток на вибрану точку. Для контролю перевірку повторюють.

3. Горизонтальна вісь обертання труби  $HH$  повинна бути перпендикулярна до вертикальної осі обертання теодоліта  $ZZ$ .

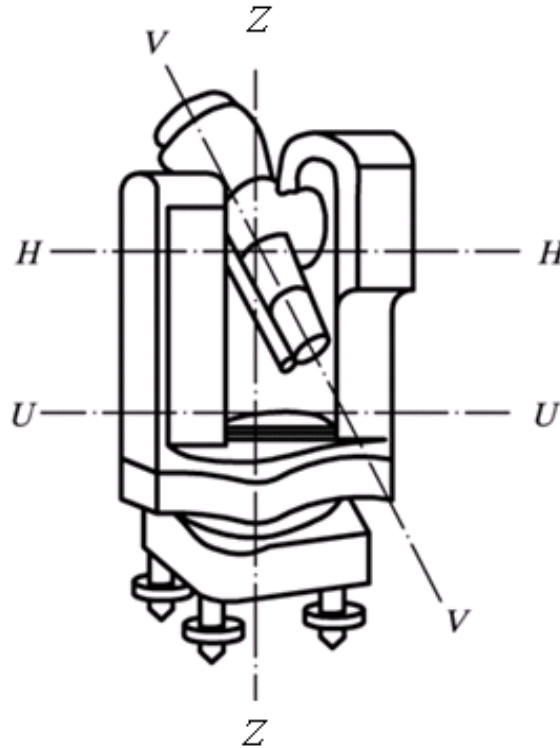


Рис. 2.1. Основні осі теодоліта

**Порядок виконання повірки.** Теодоліт встановлюють на відстані приблизно 20 – 30 м від стіни будівлі. Зорову трубу наводять при крузі праворуч та ліворуч на високо розташовану точку  $B$  на стіні (рис. 2.2).

Далі трубу опускають вниз до горизонтального положення і фіксують проекцію центра сітки ниток на стіні. Якщо при двох положеннях круга проекції точки  $B$  збігались в точці  $b$ , то  $Bb$  – прямовисна лінія, і відповідно, колімаційна площина прямовисна.

Якщо умова не виконується, то проекція при одному крузі буде в точці  $b$ , а при другому – в точці  $b_1$ . Середнє положення  $b_0$  буде правильним. Поділивши відрізок  $bb_1$  на дві рівні частини, знаходять точку  $b_0$ . Наводять центр сітки ниток на цю точку і повертають трубу об'єктивом вгору до рівня точки  $B$ . При цьому центр сітки ниток збігається з точкою  $B$ . Отже, вісь обертання труби є горизонтальною, або відстань між проекціями  $b$  і  $b_1$  не більше ширини бісектора сітки ниток, то нахил осі обертання труби

становить 30". Допускається експлуатація теодоліта, якщо нахил 1'. Виправляють недолік в оптичних майстернях.

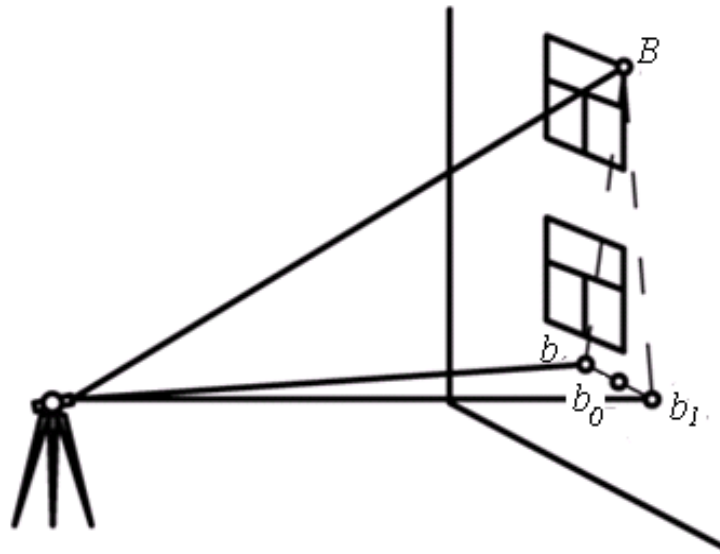


Рис. 2.2. Схема повірки перпендикулярності осі обертання труби та вертикальної осі обертання теодоліта

**Порядок юстирування.** Виправляють недолік в оптичних майстернях.

4. Горизонтальна нитка сітки ниток зорової труби повинна бути перпендикулярна до вертикальної осі обертання теодоліта  $ZZ$ .

**Порядок виконання повірки.** *Перший спосіб.* Приводять вісь обертання теодоліта в прямовисне положення та середню горизонтальну нитку сітки наводять на добре видиму точку місцевості. Обертанням навідного гвинта аліадади горизонтального круга повертають теодоліт навколо вертикальної осі. Нитка при цьому не повинна зміщуватися з точки. Якщо зображення точки зміститься з нитки сітки більш ніж на подвійну її товщину, тоді виконують виправлення.

*Другий спосіб.* На відстані 5 – 10 м від теодоліта підвішують висок і наводять вертикальну нитку сітки на нитку виска. Якщо вертикальна нитка та нитка виску не збігаються, роблять виправлення.

**Порядок юстирування.** Знімають ковпачок, який прикриває виправні гвинти, послабляють три закріпних гвинта окуляра та повертають його разом з сіткою до виконання поставленої умови, після чого знову закріплюють окуляр.

5. Місце нуля ( $MO$ ) вертикального круга має дорівнювати нулю або бути близьким до нуля. Місцем нуля називають відлік на вертикальному крузі для горизонтального положення візирної осі зорової труби.

**Порядок виконання перевірки.** Встановлюють вертикальну вісь обертання теодоліта в прямовисне положення, підйомними гвинтами приводять бульбашку рівня горизонтального круга в нуль-пункт. Для вертикального круга розташованого зліва, наводять перехрестя сітки ниток зорової труби на віддалену точку місцевості, що розташована вище горизонту. При цьому стежать, щоб бульбашка рівня на горизонтальному крузі при наведенні на точку була на середині. Беруть відлік на вертикальному крузі  $KL$ . Переводять трубу через зеніт і для вертикального круга  $KП$  в тому ж порядку з дотриманням указаних вище вимог, беруть відлік  $KП$ .

Місце нуля  $MO$  і кут нахилу  $\nu$  обчислюють за формулами (2.1) і (2.2).

Для теодолітів ТЗО, 2ТЗОМ:

$$\left. \begin{aligned} MO &= \frac{KL + KП + 180^\circ}{2}, \\ \nu &= KL - KП - 180^\circ, \\ \nu &= KL - MO = MO - KП - 180^\circ. \end{aligned} \right\} \quad (2.1)$$

При обчисленні  $MO$  і  $\nu$  за наведеними вище формулами до відліків, менших  $90^\circ$  додають  $360^\circ$ .

Для теодолітів 2ТЗО, 2ТЗОП, 2Т5К:

$$\left. \begin{aligned} MO &= \frac{KL + KП}{2}, \\ \nu &= \frac{KL - KП}{2}, \\ \nu &= KL - MO = MO - KП. \end{aligned} \right\} \quad (2.2)$$

Якщо величина отриманого  $MO$  перевищує подвійну точність теодоліта (для теодолітів: 2Т5К –  $0,2'$ ; ТЗО, 2ТЗО, 2ТЗОМ і 2ТЗОП –  $1'$ ), тоді виконують виправлення.

Приклад 1. Повірити теодоліт 2ТЗОМ.

Отримано відліки:

$$KL = 5^\circ 44,3', \quad KП = 174^\circ 13,5'.$$

$$MO = \frac{(5^{\circ}44,3' + 360^{\circ}) + (174^{\circ}13,5' + 180^{\circ})}{2} = \frac{719^{\circ}58,8'}{2} = 359^{\circ}58,0.$$

$$v = \frac{KL - KP}{2} = \frac{(5^{\circ}44,3' + 360^{\circ}) - 174^{\circ}13,5' - 180^{\circ}}{2} = 5^{\circ}45,4',$$

$$v = KL - MO = (5^{\circ}44,3' + 360^{\circ}) - 359^{\circ}58,9' = 5^{\circ}45,4',$$

$$v = MO - KP = 359^{\circ}58,9' - 174^{\circ}13,5' - 180^{\circ} = 5^{\circ}45,4'.$$

Приклад 2. Повірити теодоліт 2Т30П.

Отримано відліки:  $KL = +4^{\circ}36,4'$ ,  $KP = -4^{\circ}32,2'$ .

$$MO = \frac{KL + KP}{2} = \frac{4^{\circ}36,4' + (-4^{\circ}32,2')}{2} = 0^{\circ}02,1',$$

$$v = \frac{KL - KP}{2} = \frac{4^{\circ}36,4' - (-4^{\circ}32,2')}{2} = 4^{\circ}34,3',$$

$$v = KL - MO = 4^{\circ}36,4' - 0^{\circ}02,1' = 4^{\circ}34,3',$$

$$v = MO - KP = 0^{\circ}02,1' - (-4^{\circ}32,2') = 4^{\circ}34,3'.$$

Величина отриманого  $MO$  перевищує подвійну точність теодоліта, тому треба виконати юстирування.

**Порядок юстирування.** Виправлення місця нуля  $MO$  виконують переміщенням за вертикальною оправою сітки ниток. Виправлення зручно проводити, коли вертикальний круг знаходиться зліва ( $KL$ ). Візирну ось труби наводять на точку спостереження, за якою визначали місце нуля. Навідним гвинтом труби встановлюють на вертикальному крузі відлік, рівний куту нахилу 0 (в прикладі 1,  $-5^{\circ}44,4'$ , в прикладі 2,  $-4^{\circ}34,3'$ ). Тоді центр сітки ниток зміститься із позначеної точки місцевості. За допомогою вертикальних виправних гвинтів сітки ниток переміщують центр сітки ниток на цю точку. Після виправлення повторно визначають місце нуля.

### 2.3. Повірки нівеліра

На навчальній практиці студенти користуються двома типами нівелірів: з циліндричним рівнем, сполученим наглухо з трубою та елеваційним гвинтом (Н-3, НВ-1) та із самоустановлювальною лінією візування (компенсатором). У цих нівелірах перевіряють виконання наступних умов.

1. Вісь круглого рівня  $QQ$  повинна бути паралельною до вертикальної осі обертання нівеліра  $ZZ$  (рис. 2.3).

**Порядок виконання перевірки.** Підйомними гвинтами виводять бульбашку круглого рівня в нуль-пункт. Повертають трубу нівеліра на  $180^\circ$ , якщо бульбашка зійшла з центру, тоді положення осі рівня виправляють.

**Порядок юстирування.** Виправними гвинтами рівня його переміщують на половину дуги відхилення, а підйомними гвинтами виводять в нуль-пункт. Після цього нівелір знову повертають на  $180^\circ$  і, якщо він знову зійде з нуль-пункту, тоді повторюють виправлення. Виправлення повторюють до тих пір, поки при повороті нівеліра бульбашка рівня буде знаходитися в нуль-пункті.

2. Горизонтальна нитка сітки ниток повинна бути перпендикулярна вертикальній осі обертання нівеліра  $ZZ$ .

**Порядок виконання перевірки.** На відстані 5 – 10 метрів від нівеліра встановлюють рейку та беруть відлік на одному та іншому кінці горизонтальної нитки (рис. 2.4). Якщо відліки будуть однаковими, то умова виконана, а якщо відрізняються більш, ніж на 1 мм, тоді роблять юстирування.

**Порядок юстирування.** Виправлення виконують поворотом пластинки з сіткою ниток до отримання однакових відліків на обох кінцях горизонтальної нитки. Для цього знімають кришку сітки ниток, ослабляють гвинти сітки і повертають її до досягнення даної умови. Для контролю перевірку повторюють.

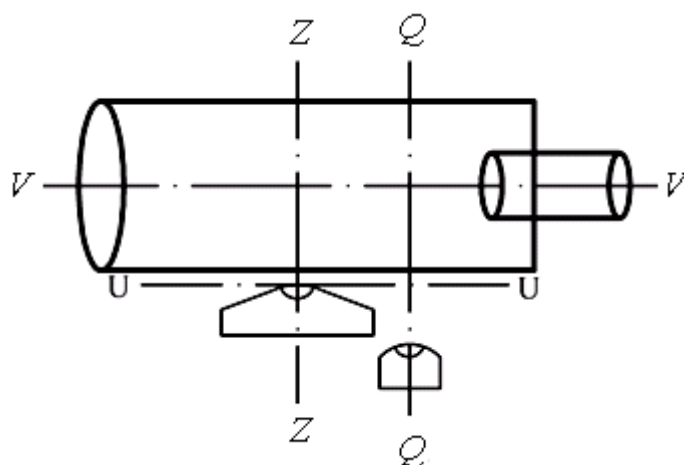


Рис. 2.3. Основні осі нівеліра

3. Візирна вісь зорової труби  $VV$  повинна бути паралельна осі циліндричного рівня  $UU$  (у нівелірів з рівнем при трубі) або повинна бути горизонтальна (у нівелірів з компенсаторами). (Ця умова є головною).

**Порядок виконання перевірки.** Перевірку головної умови виконують подвійним нівелюванням вперед. З цією метою закріплюють на місцевості кілками лінію  $AB$  довжиною 50 – 70 м (рис. 2.4). У точках  $A$  і  $B$  установлюють рейки. Нівелір розташовують за передньою рейкою (точка  $A$ ) на найменшій відстані візування (3 – 5 м). Беруть позначки на рейках  $a_1$  і  $b_1$ , потім нівелір розташовують за задньою рейкою (точка  $B$ ) також на найменшій відстані візування і беруть позначки  $a_2$  і  $b_2$ .

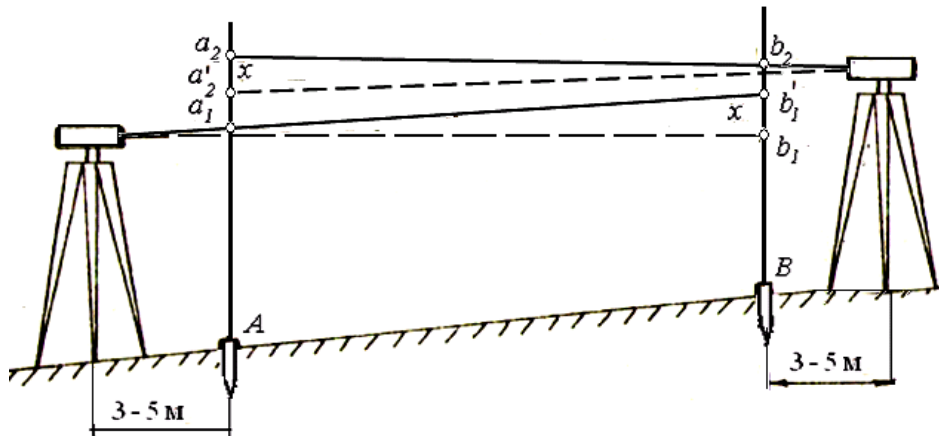


Рис. 2.4. Схема перевірки головної умови нівелірів

Якщо візирна вісь труби не горизонтальна, то позначки  $b_1$  і  $a_2$  на далекій рейці матимуть деяку похибку  $x$ . Позначки на ближні рейки  $a_1$  і  $b_2$  через малу відстань від рейки до нівеліра можна вважати без похибок.

Похибку  $x$  обчислюють за формулою:

$$x = \frac{b_1 + a_2}{2} = \frac{a_1 + b_2}{2}.$$

Якщо  $|x| \leq 4$  мм, то головна умова виконана. Для  $|x| \geq 4$  мм виконують юстирування. Для цього обчислюють правильний відлік на дальній рейці

$$a'_2 = a_2 - x$$

Приклад.  $a_1 = 1546$ ,  $a_2 = 1784$  мм;  $b_1 = 1428$ ,  $b_2 = 1632$  мм.

$$x = \frac{b_1 + a_2}{2} = \frac{a_1 + b_2}{2} = \frac{1428 + 1546}{2} = \frac{1546 + 1632}{2} = 17 \text{ мм},$$

$$a'_2 = 1784 - 17 = 1767 \text{ мм}.$$



**Порядок юстирування.** У нівелірів з рівнем при трубі елеваційним гвинтом наводять горизонтальну нитку сітки на виправлений відлік  $a'_2$  на рейці.

У результаті цього зображення кінців бульбашки циліндричного рівня розійдуться і їх суміщають виправними гвинтами рівня

У нівелірів з компенсаторами наводять бульбашку круглого рівня в нуль-пункт, після чого вертикальними виправними гвинтами сітки наводять горизонтальну нитку на виправлений відлік. В обох випадках для контролю повірку повторюють.

#### 2.4. Компарування мірних стрічок і рулеток

Перед роботою мірні стрічки та рулетки компарують, тобто визначають їх довжину шляхом порівняння з нормальною мірою (еталоном), довжина якої відома з високою точністю.

На навчальному полігоні стрічки та рулетки компарують на польовому компараторі. На кінцях компаратора забетоновані металеві марки врівень із землею. Точна довжина компаратора встановлена багаторазовими високоточними вимірами.

Кожна бригада вимірює довжину компаратора не менше чотирьох разів за прямим та оберненим напрямками. Поправку  $\Delta l_k$  в довжину мірної стрічки (рулетки) за компарування обчислюють за формулою:

$$\Delta l_k = \frac{D_e - D'_e}{n}, \quad (2.3)$$

де  $D_e$  – еталонна довжина компаратора, відома з великою точністю;  $D'_e$  – фактична довжина компаратора, виміряна компарованою стрічкою (рулеткою);  $n$  – кількість укладень мірної стрічки (рулетки) на довжині компаратора.

$$n = \frac{D'_e}{l_0},$$

де  $l_0$  – номінальна довжина стрічки (рулетки).

Поправку  $\Delta l_k$  враховують при вимірюванні ліній на місцевості. Поправку за компарування у виміряну довжину лінії на місцевості  $\Delta D_k$  обчислюють за формулою:

$$\Delta D_k = \Delta l_k n. \quad (2.4)$$

Приклад:  $D_e = 120,049$  м;  $D'_e = 120,016$  м;  $l_0 = 20$  м,  $n = 120,016/20 = 6$ ,  
 $\Delta l_k = (120,049 - 120,016)/6 = 0,0055$  м.

## 2.5. Питання для самоконтролю

1. Що необхідно виконати перед виконанням геодезичних вимірювань?
2. Дайте визначення повіркам геодезичних приладів.
3. Назвіть повірки теодоліта.
4. Як визначається колімаційна похибка  $C$ ? Які геометричні умови повинні виконуватися?
5. Наведіть формулу обчислення колімаційної похибки для теодоліта Т30.
6. Дайте визначення  $MO$ . Які геометричні умови повинні виконуватися?
7. Для чого обчислюють кут нахилу? Які вимірювання потрібно виконати?
8. Назвіть повірки нівеліра.
9. Головна умова нівеліра. В чому полягає її сутність?
10. Для чого необхідне компарування землемірної стрічки та рулетки?
11. За якою формулою визначається поправка за компарування землемірної стрічки?
12. За якою формулою обчислюють поправку за компарування в виміряну довжину лінії на місцевості?

### 3. ГЕОДЕЗИЧНІ ВИМІРЮВАННЯ ДЛЯ ТОПОГРАФІЧНИХ ЗЙОМОК ТА ІНЖЕНЕРНО - ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ

#### 3.1. Загальні відомості

Топографічні зйомки та інженерно-геодезичні роботи складаються із сукупності різних вимірювань на місцевості:

- довжин ліній (відстаней) між точками;
- горизонтальних кутів, складених проекціями ліній місцевості на горизонтальній площині;
- кутів нахилу лінії (вертикальних кутів), складених лінією місцевості та горизонтальною проекцією;
- перевищень між точками місцевості, тобто різниць висот точок на земній поверхні.

**Лінія на місцевості** – це відрізок прямої лінії між двома точками. Точки на місцевості можуть бути закріплені (зафіксовані) різними знаками (дерев'яними кілками, металевими штирями, відрізками труб і т. п., забитими або забетонованими врівень із землею) залежно від призначення та точності геодезичних вимірювань і вимог до тривалості збереження.

На навчальній практиці знаками (кілками) закріплюють точки знімальної мережі, точки траси (пiketи, плюсові точки, точки кривих), вершини квадратів для зйомки ділянки за квадратами, запроєктовані свердловини та інші точки, які використовуються за вихідні при зйомках або при виконанні інженерно-геодезичних робіт.

Не закріплюють на місцевості характерні точки рельєфу та контури ситуації на яких установлюють рейки або до яких роблять проміри рулеткою. В цьому випадку **точка** – це місце установки рейки або обрана точка контуру (стовпи електро - та телеграфних ліній, кути будівель, люки каналізаційних колодязів, кутові стовпи огорож тощо).

Результати геодезичних вимірювань записують у польовий журнал. Записи повинні бути чіткими, розбірливими, акуратними. Забороняється вести записи в непризначеному для даного виду робіт журналі (або зошиті), переписувати журнал, виправляти цифри на цифрі, підчищати та підтирати записи. Якщо необхідно виправити запис, то невірно написане число слід акуратно закреслити однією горизонтальною лінією, а правильне написати зверху.

При виявленні в польовому журналі підчисток, підтирок або інших порушень керівник зобов'язаний попросити повторення польових робіт.

Результати вимірювань, проведених з однаковою точністю, записують з однаковим числом десяткових знаків, навіть якщо останнім знаком є нуль.

Кількість цілих хвилин у вимірах кутів записують двозначними числами. Наприклад, відстані, виміряні з точністю до 0,01 м, слід писати: 103,60 м, 125,82 м, а кути, виміряні з точністю до 0,1' слід писати: 175°05,3', 89°15,0'.

Обчислення вважаються закінченими, якщо проведена їх перевірка іншим способом або в другу руку. Прізвища студентів, які виконували вимірювання, обчислення та контроль, фіксуються в журналі та скріплюються їх підписами.

## 3.2. Вимірювання довжин ліній

### 3.2.1. Вимірювання довжин ліній землемірною стрічкою

На кінцях вимірюваної лінії встановлюють віхи. Якщо довжина лінії перевищує 150 м, то в створі додатково ставлять ще одну віху. Вимірювання ліній на місцевості *землемірною стрічкою* або *рулеткою* виконується двома мірниками. Землеміру стрічку акуратно розмотують з кільця. Оцифровки стрічки повинні зростати за ходом вимірювань.

Задній мірник поєднує з початком лінії нульовий штрих стрічки та закріплює шпилькою її кінець. Передній, маючи в руці комплект шпильок ( $N$  штук), натягує стрічку за вказівкою заднього мірника в створі лінії та фіксує першою шпилькою передній кінець стрічки. Потім задня шпилька виймається з землі, а стрічку переносять вперед уздовж лінії. Дійшовши до першої шпильки, задній мірник закріплює на ній стрічку прорізом на її задньому кінці і робота триває в тому ж порядку, що і в першому прольоті (рис. 3.1).

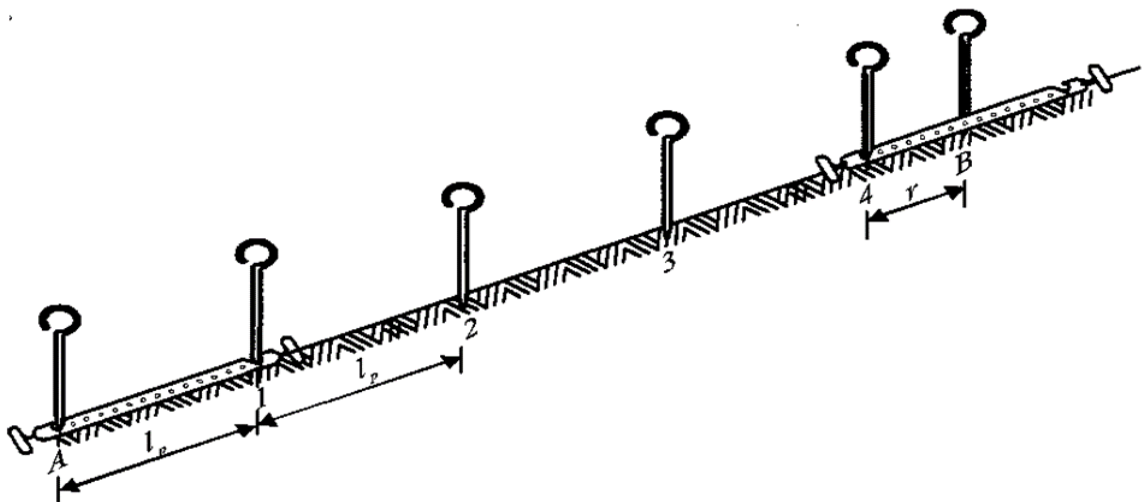


Рис. 3.1. Вимірювання довжини лінії мірною стрічкою

Коли всі шпильки комплекту виставлені, задній мірник передає передньому зібрані ( $N -$  штук) шпильки; кількість таких передач ( $n$  передач)

записують в журналі вимірювань. В кінці вимірюваної лінії визначають довжину неповного прольоту (залишку), відраховуючи на стрічці метри та дециметри, оцінюючи сантиметри на око.

Вимірянну довжину  $D'$  обчислюють за формулою:

$$D' = 20 (N - 1) n + 20k + r,$$

де  $k$  – кількість шпильок у заднього виконавця (остання шпилька заднього кінця не враховується);  $n$  – кількість укладень стрічки;  $r$  – домір (див. рис. 3.1).

Лінію вимірюють в прямому  $D'_{np}$  і оберненому  $D'_{об}$  напрямках. Різниця

$\Delta D' = D'_{np} - D'_{об}$  не повинна перевищувати  $\frac{1}{2000}$  вимірюваної довжини.

$$\Delta D' = \frac{D'_{np} - D'_{об}}{2}.$$

Якщо  $\frac{\Delta D'}{D'} \geq \frac{1}{2000}$ , тоді вимірювання довжини лінії повторюють.

У вимірянну довжину лінії вводять поправку за компарування  $\Delta D_k$ , обчислену за формулою (2.4). Остаточне значення довжини з урахуванням поправки за компарування дорівнюватиме

$$D = D' + \Delta D_k. \quad (3.1)$$

*Приклад.* Довжина лінії вимірювалася мірної стрічкою довжиною  $l_0 = 20$  м.

$$D'_{np} = 146,24 \text{ м}, \quad D'_{об} = 146,13 \text{ м},$$

$$\Delta D' = 0,11 \text{ м}, \quad D' = 146,18 \text{ м},$$

$$\frac{\Delta D'}{D'} = \frac{0,11}{146,18} = \frac{1}{1329}.$$

Довжину лінії слід виміряти повторно. Після повторного вимірювання отримано:

$$D'_{np} = 146,25 \text{ м}, \quad D'_{об} = 146,19 \text{ м}, \quad \Delta D' = 0,06 \text{ м},$$

$$\frac{\Delta D'}{D'} = \frac{0,06}{146,22} = \frac{1}{2437},$$

$$\Delta l_k = 0,0055 \text{ м}, \quad n = \frac{146,19}{20} = 7,3 \quad \Delta D_k = \Delta l_k \cdot n = 0,0055 \cdot 7,3 = 0,04 \text{ м}.$$

За формулою (3.1) обчислюють остаточне значення довжини лінії

$$D = D' + \Delta D_k = 146,22 + 0,04 = 146,26 \text{ м}.$$

### 3.2.2. Вимірювання довжин ліній нитяним далекоміром

Нитяний далекомір вбудований в зоровій трубі геодезичних приладів (теодолітів, нівелірів, тахеометрів) являє собою дві короткі горизонтальні нитки сітки ниток. Довжини ліній нитяним далекоміром вимірюють двічі в прямому та в оберненому напрямках. Відносна похибка цих вимірів повинна бути не більше  $\frac{1}{300}$ .

Для вимірювання відстані між двома точками на одній з них встановлюють теодоліт, а на іншій – рейку (рис. 3.2). Візують на рейку та навіднім гвинтом зорової труби наводять верхню далекомірну нитку на мілі-

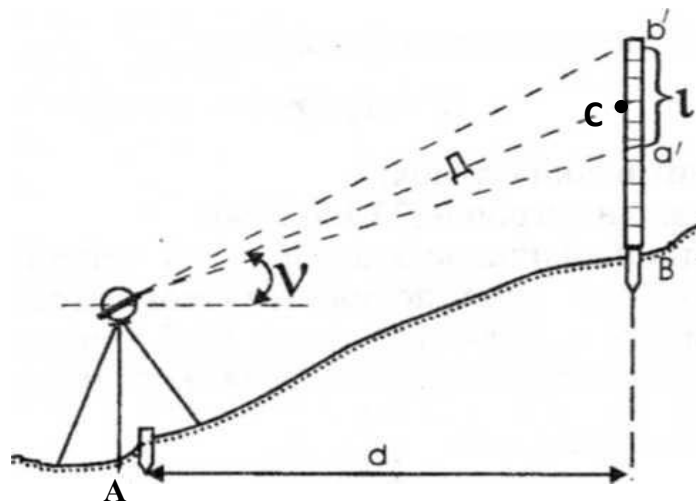


Рис. 3.2. Вимірювання довжини лінії нитяним далекоміром

метровий відлік  $a'$ , наприклад 1000 мм, а на нижній нитці беруть відлік  $b'$ . Різниця цих відліків легко визначає далекомірну відстань за рейкою  $l$ . Одночасно з визначенням далекомірної відстані беруть відліки на вертикальному крузі теодоліта при двох положеннях труби, визначають  $MO$ , та обчислюють кут нахилу візирного променя за формулами (2.1) або за (2.2)

Шукану відстань отримують з рівняння

$$D = Kl \cos \nu + C, \quad (3.2)$$

де  $K$  – коефіцієнт далекоміра,  $C$  – постійна далекоміра.

Для сучасних теодолітів  $K = 100$ , величиною  $C$  нехтують за її малості (40 – 60 мм).

Горизонтальну відстань обчислюють за формулою

$$d = D \cos^2 \nu \quad (3.3)$$

*Приклад.* Нехай довжина похилої лінії вимірювалася нитяним далекоміром теодолітом 2Т30М ( $K = 100$ ):  $l = (b' - a') = (1567 - 1000)$  мм = 567 мм – відстань на рейці за нитяним далекоміром,  $KП = 172^\circ 44,2'$ ,  $КЛ = 7^\circ 15,0'$  – відліки на вертикальному крузі. Знайти горизонтальну відстань.

Визначають місце нуля та кут нахилу за формулами (2.1).

$$MO = (172^\circ 44,2' + 180^\circ) + 7^\circ 15,0' + 360^\circ / 2 = 359^\circ 59,6',$$

$$\nu = КЛ - MO = (7^\circ 15,0' + 360^\circ) - 359^\circ 59,6' = 7^\circ 15,4'.$$

За формулою (3.2) знаходять відстань  $D$  від приладу до точки (рейки).

$$D_{A-B} = Kl = 100 \times 567 \text{ мм} = 56700 \text{ мм} = 56,7 \text{ м}$$

Горизонтальне проложення похилої лінії  $AB$  обчислюють за формулою (3.3).

$$d_{A-B} = D_{A-B} \cos^2 \nu = 56,7 \times 0,9840447 = 55,8 \text{ м}.$$

### 3.3. Вимірювання горизонтальних та вертикальних кутів

#### 3.3.1. Вимірювання горизонтальних кутів способом прийомів

Для вимірювання горизонтального кута  $\beta_1$  (рис. 3.3) теодоліт встановлюють таким чином, щоб вертикальна вісь приладу була прямовисна і проходила через вершину вимірюваного кута. Приведення вертикальної осі в прямовисне положення називають горизонтуванням, а її поєднання з вершиною кута – центруванням теодоліта. Ці операції виконують спільно в такій послідовності.

Штатив над точкою попередньо встановлюють таким чином, щоб поверхня його головки (площинки) була приблизно горизонтальна, а центр

отвору головки розташовувався над вершиною кута. До станового гвинта підвішують висок, довжину нитки якого підбирають так, щоб загострений кінець виска розташовувався трохи вище кілочка на вершині кута. Послаблюють станований гвинт і пересуваючи підставку теодоліта на площадці штатива домагаються сумістити загострений кінець виска з центром кілочка.

Перед початком вимірювань фокусують чіткість зорової труби для спостережень. Для цього наводять трубу на світлий фон і обертанням окулярного кільця добиваються чіткої видимості сітки ниток. Потім наводять трубу на предмет і обертанням кремальєри домагаються чіткого зображення предмета.

Закінчивши підготовку приладу та візирних знаків приступають до вимірювань. Вимірюють кут із закріпленим горизонтальним кругом в такій послідовності.

1. Відкріплюють алідаду, наводять зорову трубу на точку 49 спочатку наближено – за допомогою візирів на корпусі труби, а потім точно – за допомогою навідного гвинта алідади (рис.3.3). Беруть відлік  $a$  на горизонтальному крузі. Відлік записують у журнал вимірювання горизонтальних кутів (табл. 3.1).

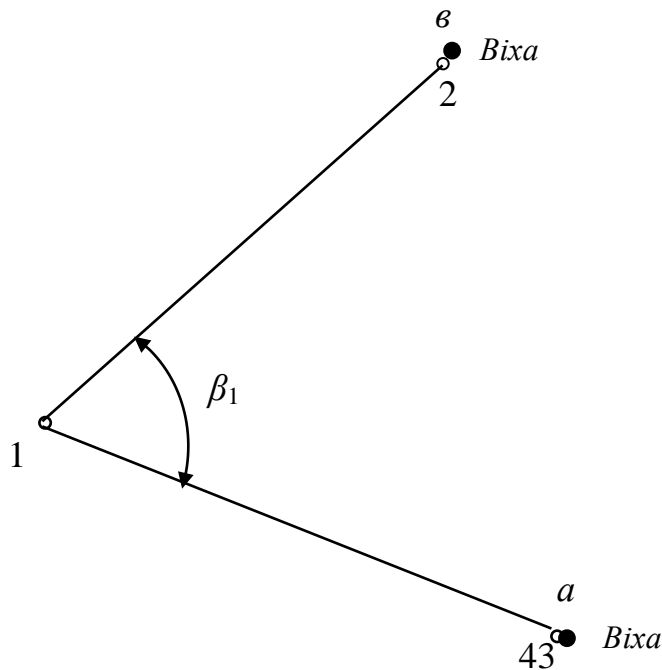


Рис. 3.3. Схема вимірювання горизонтального кута

Послабивши закріпний гвинт алідади та, обертаючи її проти годинникової стрілки візують зорову трубу на точку 2, беруть відлік  $v$  і записують його журнал (табл. 3.1).



Обчислюють значення виміряного горизонтального кута  $\beta_1$  в першому напівприйомі (*КЛ*) за формулою (3.4)

$$\beta_1 = a - v. \quad (3.4)$$

*Примітка.* Якщо відлік  $a$  менше відліку  $v$ , тоді до нього додають  $360^\circ$ . На цьому закінчується перший напівприйом.

3. Для вимірювання горизонтального кута другим напівприйомом зорову трубу переводять через зеніт і виконують всі дії в зазначеному вище порядку – тільки для іншого положення вертикального круга, наприклад *КП*.

Обчислюють значення горизонтального кута в другому напівприйомі (*КП*) за тією ж формулою (3.4).

Значення кутів в напівприйомах повинні відрізнятись між собою на величину, не більшу подвоєної точності відлікового пристрою тобто  $1'$ . Якщо ця вимога дотримується, то за остаточне значення кута приймають середнє значення з двох напівприймів. Якщо розбіжність більша – вимірювання кута повторюють.

Паралельно з вимірюванням горизонтального кута вимірюють і вертикальний кут. **Кутом нахилу** (вертикальним кутом) називають кут між горизонтальною площиною і лінією візування на точку спостереження наприклад, точка *С*.

Якщо точка спостереження розташована вище центру вертикального круга, вертикальному куту надається знак плюс, якщо нижче – мінус.

Таблиця 3.1

### Журнал вимірювання горизонтальних кутів

Теодоліт 2Т30М № 631

Спостерігав: Андреев О.М.

Дата 03.07. 2019 р.

Обчислювала: ЧепА.Г.

Точки		Відлік на горизонтальному кругу		Значення кута з напівприйому		Середнє значення кута	
Стояння	Візування	°	'	°	'	°	'
2		<i>КЛ</i>					
	1	69	31,8	77	42,6		
	3	351	49,2				
		<i>КП</i>				77	42,2
	1	249	30,5	77	41,7		
	3	171	48,8				

### 3.3.2. Вимірювання кутів нахилу (вертикальних кутів)

Вимірювання вертикальних кутів теодолітом проводиться в такій послідовності:

– зорову трубу наближено наводять на точку  $C$  (див. рис. 3.2) та підйомними гвинтами приводять бульбашку рівня горизонтального круга на середину (в нуль-пункт);

– навідним гвинтом зорової труби наводять середню горизонтальну нитку сітки на точку спостереження  $C$ ;

– беруть відлік на вертикальному крузі для  $KL$ ;

– аналогічну дію повторюють для правого положення вертикального круга, та беруть другий відлік  $KP$ ;

– обчислюють кут нахилу за відповідними формулами залежно від типу теодоліта.

Приклад визначення кута нахилу теодоліта наведено в п. 2.1. Щоб виміряти кут нахилу лінії на місцевості (рис. 3.2, лінія  $AB$ ), необхідно висоту наведення в точці  $B$  приймати рівною висоті приладу.

### 3.5. Вимірювання перевищень

#### 3.5.1. Вимірювання перевищень методом геометричного нівелювання

При геометричному нівелюванні перевищення визначають за допомогою нівеліра та нівелірних рейок. Перевищення визначають найчастіше способом “із середини” (рис. 3.5), оскільки він за точністю, надійністю та продуктивністю праці, значно перевершує спосіб нівелювання “вперед”.

Нівелір встановлюють на однаковому віддаленні від задньої та передньої рейок і приводять його в робоче положення. Далі порядок роботи на станції наступний:

– наводять зорову трубу на задню рейку і беруть відлік на чорній стороні рейки  $a_ч$ ;

– за командою спостерігача (виконавця робіт) реєчник повертає рейку червоною стороною до приладу;

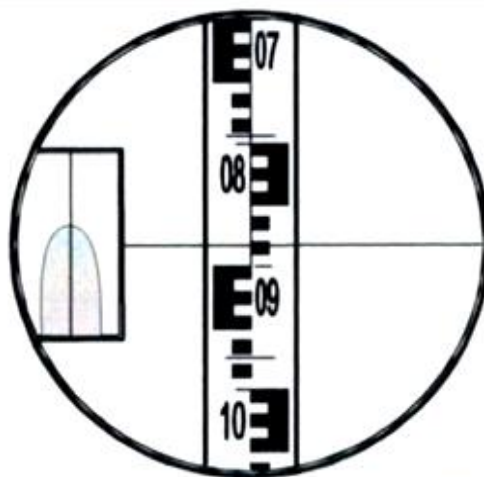
– беруть відлік на червоній стороні рейки  $a_{чер}$ ;

– повертають зорову трубу на передню рейку і беруть відлік на чорній стороні  $b_ч$ ;

– за командою спостерігача (виконавця робіт) реєчник повертає рейку червоною стороною до приладу;

– беруть відлік на червоній стороні передньої рейки  $b_{чер}$ .

Перед кожним відліком, обертанням елеваційного гвинта наводять



Відлічування чорної шкали рейки: 0884 мм

Рис. 3.4. Поле зору нівеліра Н-3 (НВ-1) та відлік чорної шкали

бульбашку циліндричного рівня до положення, коли зображення кінців бульбашки рівня зімкнуться ( рис. 3.4).

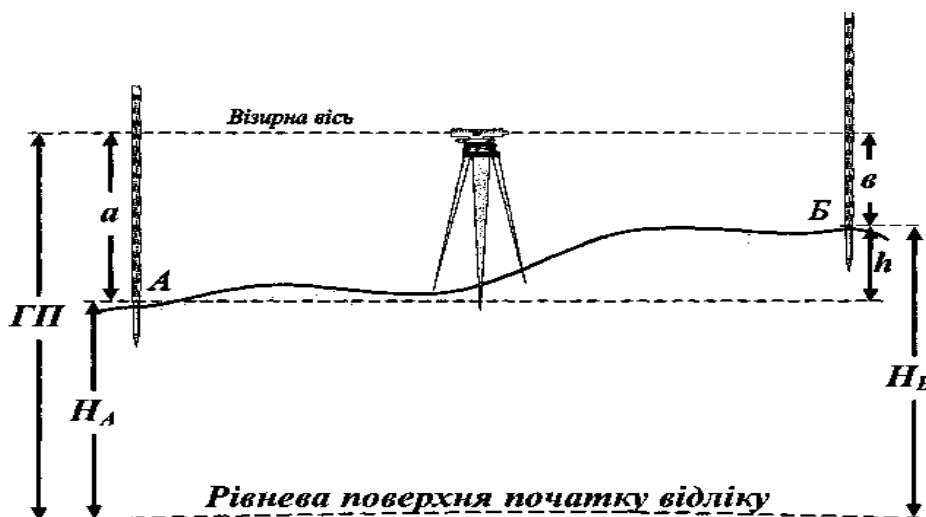


Рис. 3.5. Схема геометричного нівелювання із середини

Обчислюють перевищення:

$$h_{\text{ч}} = a_{\text{ч}} - b_{\text{ч}}; \quad (3.4)$$

$$h_{\text{чер}} = a_{\text{чер}} - b_{\text{чер}}.$$

Результати вимірювань записують в журналі технічного нівелювання (табл.3.2). Перевищення  $h$  між задньою та передньою точками обчислюють двічі за позначками взятими на чорній та червоній сторонах рейок. Одержані значення перевищення  $h$  не повинні різнитися більш як на 4 мм. (для технічного нівелювання). Отчисляють середнє значення перевищення

$$h_{\text{ср.}} = \frac{h_{\text{ч}} + h_{\text{чср}}}{2} .$$

Таблиця 3.2

Журнал технічного нівелювання

Дата 07.07. 2019 р.  
Спостерігав: Троян Н.І.

Нівелір Н-3 № 1726  
Обчислювала: Ситник А.П.

№ станції	Назва точки	Позначки на рейці, мм			Перевищення, мм	Середнє перевищення, мм
		задній	передній	проміжний		
6	5	1266 6050			+382	+382
	7		0884 5667		+383	

**3.5.2. Вимірювання перевищень методом тригонометричного нівелювання**

Для визначення перевищення  $h$  тригонометричним нівелюванням у точці  $A$  установлюють теодоліт, а на точці  $B$  – рейку (рис. 3.6).

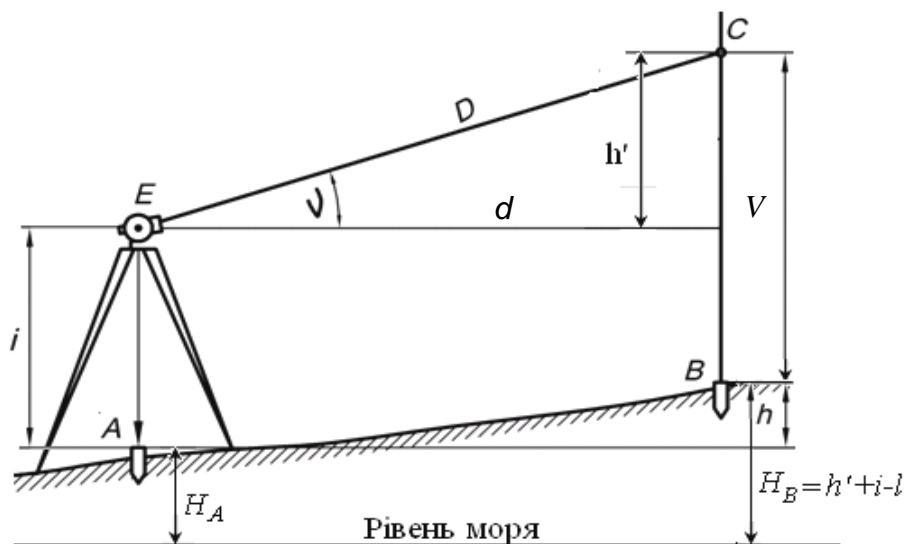


Рис. 3.6. Схема тригонометричного нівелювання

Кут нахилу вимірюють для двох положень вертикального круга як описано в п. 3.4. Контролем правильності вимірювання є постійність місця нуля ( $MO$ ) вертикального круга (різниця не більше  $1'$ ) для багаторазових вимірів.

На станції  $A$  рулеткою або рейкою вимірюють висоту  $i$  теодоліта (від осі обертання зорової труби до верху кілочка) з точністю до 0,01 м, візують на рейку, поставлену в точці  $B$  і визначають висоту  $V$  наведення ( за середньою горизонтальною ниткою сітки)

Нитяним далекоміром вимірюють похилу відстань  $D$  від точки  $A$  до точки  $B$  і з допомогою вертикального круга – кут  $\nu$  нахилу.

Перевищення точки  $B$  над точкою  $A$  обчислюють за формулою

$$h = h' + i - V,$$

де

$$h' = \frac{D}{2} \sin 2\nu$$

Тоді

$$h = \frac{D}{2} \sin 2\nu + i - V.$$

Якщо  $V = i$ , тоді перевищення обчислюють за формулою

$$h = \frac{D}{2} \sin 2\nu.$$

Як видно з рисунка, перевищення між точками можна обчислити і за формулою

$$h = d \operatorname{tg} \nu + i - V.$$

Горизонтальна проекція  $d$  похилої довжини  $D$  лінії  $AB$ , виміряної нитяним далекоміром обчислюють за формулою (3.3).

$$d = D \cos^2 \nu$$

### 3.6. Питання для самоконтролю

1. Що називається лінією на місцевості?
2. Які точку для зйомки називають контурами?
3. Послідовність вимірювання ліній на місцевості землемірною стрічкою.
4. Послідовність вимірювання ліній нитяним далекоміром?
5. За якою формулою обчислюють горизонтальне прокладання?
6. Послідовність вимірювання кута напівприйомом для круга зліва ( $KL$ ).
7. Що необхідно виконати для вимірювання кута другим напівприйомом, наприклад,  $KП$ ?
8. Як вимірюється кут нахилу (вертикальний кут) між точками теодолітом?
9. Які беруть відліки для виконання тригонометричного нівелювання?
10. Як обчислюються висоти точок тригонометричним нівелюванням?

## 4. ТОПОГРАФІЧНА ЗЙОМКА ДІЛЯНКИ МІСЦЕВОСТІ

### 4.1. Загальні положення

Польові геодезичні вимірювання, що виконуються з метою визначення координат для створення карт, планів і профілів, називають **зйомкою**.

На навчальній геодезичній практиці студенти повинні набути навички для виконання найпростіших видів топографічних зйомок, навчитися вибирати найбільш раціональні способи зйомки ситуації та рельєфу залежно від особливостей місцевості, а також освоїти методику виконання польових та камеральних робіт.

За вказівкою керівника практики зйомку ділянки місцевості виконують в одному з масштабів: 1: 500, 1: 1000, 1: 2000, висотою перетину рельєфу 0,5 або 1 м. Межі ділянки місцевості визначає керівник практики.

Топографічну зйомку здійснюють за принципом “від загального до конкретного”: спочатку визначають взаємне положення основних (опорних) точок, створюють знімальну основу, а потім виконують зйомку ситуації та рельєфу. Закінчують роботу складанням топографічного плану ділянки.

### 4.2. Знімальна основа

Знімальною основою (обґрунтуванням) називається мережа геодезичних точок (пунктів), яка включає пункти державних геодезичних мереж, мереж згущення 1 і 2 розрядів, знімальних мереж, які використовуються для забезпечення топографічних зйомок.

Розрізняють планову знімальну основу, коли для всіх точок визначені координати  $X$  і  $Y$  та планово-висотну, коли для всіх точок визначені координати  $X$ ,  $Y$  і висота  $H$ .

На навчальній практиці планове положення точок знімальної мережі визначають прокладенням теодолітних і тахеометричних ходів. Для розвитку планово-висотних знімальних мереж одночасно визначають й положення точок за висотою.

#### 4.2.1. Розвиток планової знімальної мережі теодолітними ходами

Основним методом розвитку планових мереж на навчальній практиці є теодолітні ходи. *Теодолітні ходи* є системами ламаних ліній, в яких горизонтальні кути вимірюються технічними теодолітами, а довжини сторін – сталевими мірними стрічками і рулетками або оптичними далекомірами.

Мета прокладення теодолітного ходу – визначити прямокутні координати ( $X$ ,  $Y$ ) усіх вершин ходу. Для цього використовують точки ДГМ (Державної геодезичної мережі) або мереж згущення, на які спирається цей хід. По точності теодолітні ходи підрозділяються на розряди: ходи 1 розряду

– з відносною погрішністю не нижче 1:2 000, 2 розряди – не нижче 1:1 000. Зазвичай теодолітні ходи потрібні не лише для виконання зйомки ситуації місцевості, але і служать геодезичною основою для інших видів інженерно-геодезичних робіт..

За формою розрізняють наступні види теодолітних ходів:

- замкнутий або розімкнутий ходи з відносною похибкою 1:2000, що спираються на пункти мереж згущення та державної геодезичної мережі;
- розімкнуті (діагональні) ходи другого порядку з відносною похибкою 1:1000, що спираються на точки теодолітного ходу першого порядку.

Типові схеми побудови теодолітних ходів показані на рис. 4.2.

Граничні допустимі довжини окремих ходів між вихідними пунктами наведені в таблиці 4.1.

Довжини ліній (сторін) у теодолітних ходах мають бути в межах від 40 до 350 м.

При зйомці деяких об'єктів в окремих випадках допускається прокладання висячих теодолітних ходів довжиною, зазначеної в табл. 4.1.

Теодолітна зйомка складається з таких етапів:

**Камеральна підготовка.** У цей період вивчають графоаналітичні матеріали на район майбутніх робіт: виявляють і відбирають плани складені на цю місцевість за раніше виконаними зйомками, складають схему розміщення пунктів державних геодезичних мереж, а з каталогів виписують координати цих пунктів, складають проект організації польових робіт.

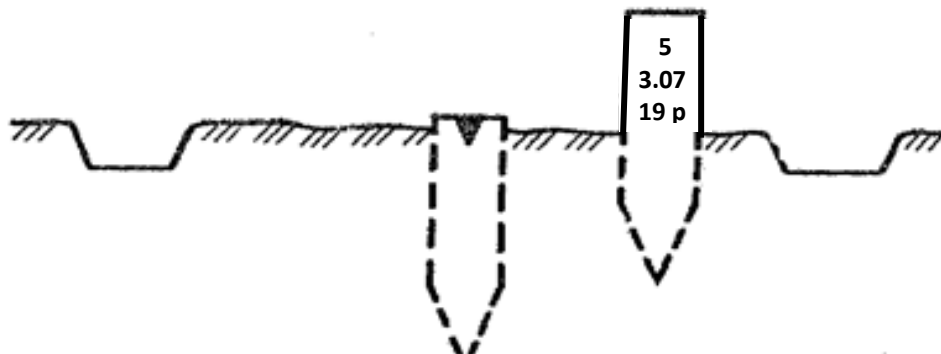
**Рекогносцировка місцевості.** Після камеральної підготовки оглядають місцевість, виявляючи зміни в контурах і перевіряючи доцільність виконання наміченого проекту, уточнюючи його на місці. Визначають місця точок зйомочного обґрунтування і закріплюють їх на місцевості, намічають шляхи прив'язування цих точок до пунктів державної геодезичної мережі. Складають схеми теодолітних ходів і проект проведення польових зйомочних робіт, які складаються з побудови зйомочного обґрунтування і зйомки контурів.

**Польові вимірювальні роботи.** Польові роботи розпочинають з рекогносцирування, тобто закріплення вершини теодолітних ходів на місцевості знаками. Вибирають місця закладання пунктів так, щоб:

- 1) з кожного з них було видно сусідні пункти ходу;
- 2) поверхня землі між двома сусідніми пунктами ходу була сприятлива для вимірювання ліній стрічкою;
- 3) пункти закладають в місцях тривалого їх збереження і зручних для вимірювання кутів;

- 4) з пунктів теодолітного ходу було видно значну частину місцевост;
- 5) довжини сторін теодолітного ходу повинні бути в межах, наведених у табл. 4.1.

Вершини теодолітних ходів закріплюються на місцевості в основному тимчасовими знаками – дерев'яними кілками, що забиваються врівень з поверхнею землі; центр позначається хрестоподібною насічкою в торці кілка або цвяхом (рис. 4.1).



*Рис. 4.1. Схема позначення і закріплення точки теодолітного ходу тимчасовими знаками*

В якості тимчасових знаків можуть використовуватися також металеві штирі, милиці і трубки або цвяхи, вбиті в пні дерев, а також валуни, на яких масляною фарбою наносяться хрести. Для полегшення відшукування точок поряд з ними забивають сторожки – дерев'яні кілки, що виступають над поверхнею землі на 30 – 35 см; на сторожках підписують номери точок і дату їх закладки. Закріплені точки обкопують канавками або обкладають каміннями по колу діаметром 0,8 м, та прив'язують двома-трьома промірами до місцевих предметів (стовпи електроліній, кути будівель, споруд, перетин доріг і т. п.) та наносять їх на абрис ділянки. Усі пункти теодолітних ходів на забудованих територіях закріплюють центрами довготривалого збереження.



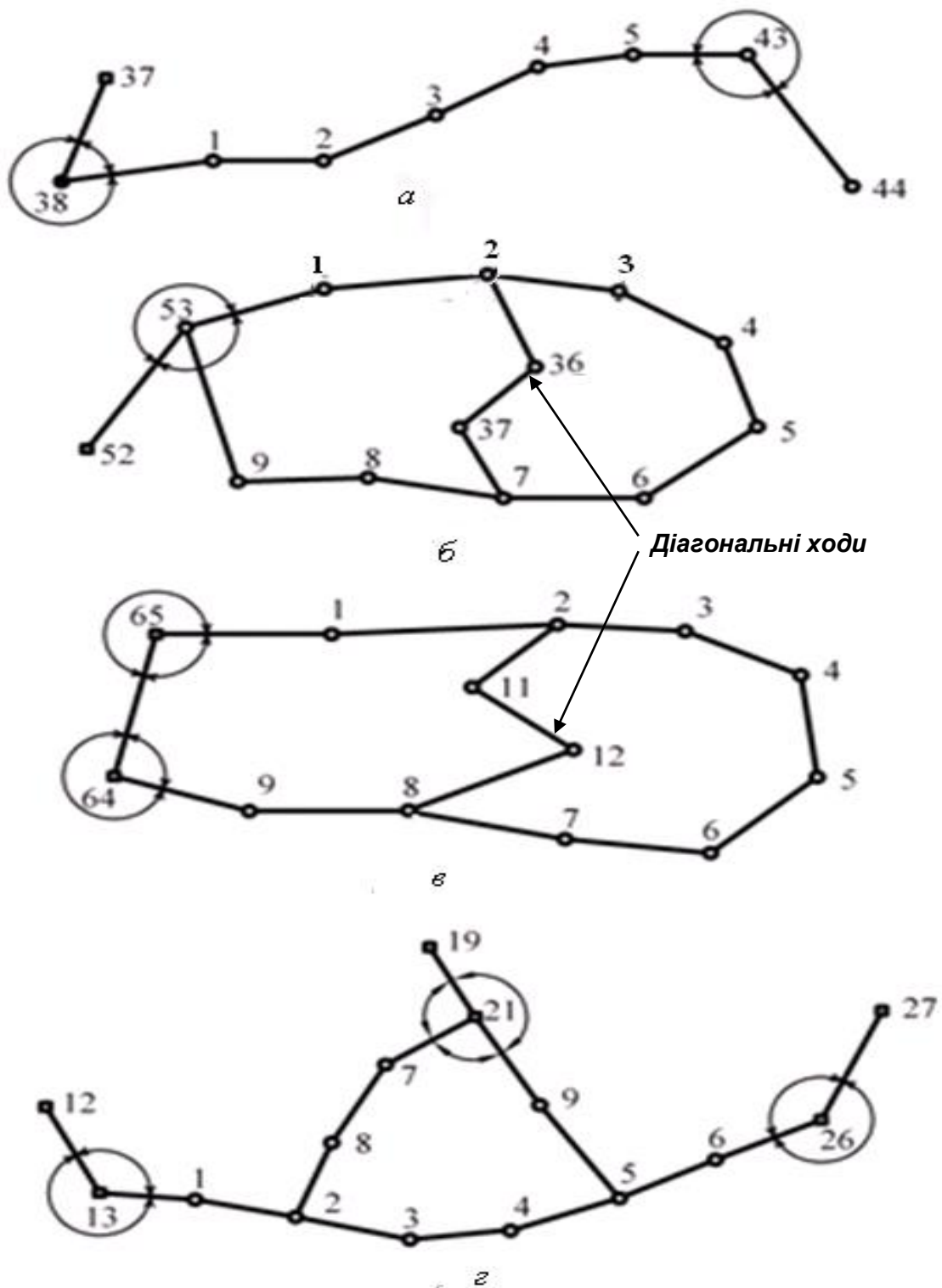


Рис. 4.2. Типові схеми теодолітних ходів:

- а* – розімкнутий хід, який спирається на дві сторони вищого класу;
- б* – замкнутий хід, який спирається на один вихідний пункт і вихідний напрямок;
- в* – замкнутий хід, який спирається на два вихідних пункти;
- г* – система ходів, що спираються на вихідні пункти, з декількома вузловими точками

Для прокладання теодолітних ходів необхідні наступні прилади та принадлежності: теодоліт, мірна стрічка або рулетка, віха, сокира, дерев'яні кілочки, польові журнали.

Порядок виконання робіт:

- рекогносцировка місцевості, складання схеми теодолітних ходів і закріплення точок;
- вимірювання кутів і ліній в теодолітних ходах;
- прив'язка точок знімальної мережі до пунктів опорної мережі (зазвичай виконується спочатку вимірювань).

У теодолітному ході вимірюють праві або ліві за ходом горизонтальні кути між сторонами, відстані між точками (довжини сторін) і кути нахилу сторін, якщо кут нахилу більше  $3^\circ$ . Вимірювання проводять за правилами, які викладені в п. 3.

Кутові вимірювання виконують теодолітом технічної точності. Довжини сторін вимірюють мірною стрічкою або рулеткою двічі в прямому і зворот-

ному напрямках з точністю  $\frac{1}{2000}$ . Результати вимірювань записують у польовий журнал. Зразок запису наведено в табл. 3.1.

Таблиця 4.1

Характеристика параметрів теодолітних ходів

Найменування показника	Масштаби зйомок		
	1: 500	1: 1000	1: 2000
Максимальні довжини ходів, км			
а) на відкритій і забудованій території:			
– ходи 1 порядку	0,6	1,2	2
– ходи 2 порядку	0,3	0,5	1
б) на залісненій території			
– ходи 1 порядку	-		
– ходи 2 порядку	-		
Допустимі відносні нев'язки			
– в ходах 1 порядку	1: 2000	1: 2000	1: 2000
– в ходах 2 порядку	1: 1000	1: 1000	1: 1000
Допустимі довжини висячих ходів, м			
– на незабудованій території	150	200	200
– на забудованій території	100	150	300
Допустимі кутові нев'язки в ходах 1 і 2 порядків, $n$ – число кутів в ході	$1'\sqrt{n}$	$1'\sqrt{n}$	$1'\sqrt{n}$

**Камеральна обробка результатів вимірювань.** Камеральні роботи при теодолитній зйомці складаються з обчислювань та графічних побудов. В результаті обчислень визначають планові координати вершин теодолитних ходів; кінцевою метою графічних побудов є отримання ситуаційного плану місцевості.

Камеральна обробка результатів польових вимірювань полягає в наступному:

- перевіряють обчислення в польовому журналі;
- складають схему знімальної мережі;
- обчислюють координати точок знімальної мережі.

**Перевірка обчислень в польовому журналі.** Повторно виконують усі обчислення, зроблені в полі, і виводять середні значення виміряних кутів (з округленням до  $0,1'$ ) і довжин сторін (до  $0,01$  м).

**Складання схеми знімальної основи.** Складають схему (за виміряними горизонтальними кутами та довжинами сторін), орієнтовану по сторонах світу в довільному масштабі на аркуші А4 (рис. 4.3). У вершин підписують середні значення горизонтальних кутів, а біля кожної сторони – її горизонтальну довжину. На схему наносять також пункти геодезичної мережі, до яких здійснювалася прив'язка теодолитних ходів, координати початкових пунктів і дирекційні кути початкових сторін.

Також виписують суму виміряних кутів  $\Sigma\beta_{вим}$ , суму теоретичну  $\Sigma\beta_{т}$ , кутову нев'язку  $f_{\beta}$  та допустиму нев'язку кутів  $f_{\beta доп}$ .

#### **4.2.2. Обчислення координат точок теодолитних ходів**

Координати точок теодолитних ходів обчислюють в наступній послідовності: спочатку обчислюють координати точок теодолитного ходу 1 порядку, потім координати точок теодолитного ходу 2 порядку (*діагональний хід*), якщо такий є.

Вихідними даними для обчислень є виміряні в вершинах (точках) теодолитного ходу праві за ходом горизонтальні кути та горизонтальні прокладання його сторін, дирекційний кут вихідної сторони та прямокутні координати вихідної точки. Обчислення роблять в спеціальній відомості окремо для кожного ходу.

Приклади обчислення координат точок замкнутого та розімкнутого ходів наведені в таблицях 4.2 і 4.3.

а) **Обчислення координат точок замкнутого теодолитного хода** (рис. 4.3).

1. Вписують у відомість обчислення координат номера та величини вимірюваних горизонтальних кутів  $\beta$  і горизонтальних прокладань сторін  $d$  хода.

2. Червоним кольором вписують значення дирекційного кута вихідної сторони та координат вихідного пункту.

3. Обчислюють і записують під підсумкової рискою суму виміряних кутів  $\Sigma\beta_{вим.}$ , а нижче – теоретичну суму  $\Sigma\beta_T$  внутрішніх кутів замкнутого ходу.

$$\Sigma\beta_{вим.} = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 + \beta_{43},$$

$$\Sigma\beta_T = 180(n - 2), \quad (4.1)$$

де  $n$  – кількість виміряних кутів.

Знаходять кутову нев'язку в замкнутому ході

$$f_\beta = \Sigma\beta_{вим.} - \Sigma\beta_T \quad (4.2)$$

і порівнюють її з допустимою кутовою нев'язкою

$$f_{\beta доп} = 1'\sqrt{n}. \quad (4.3)$$

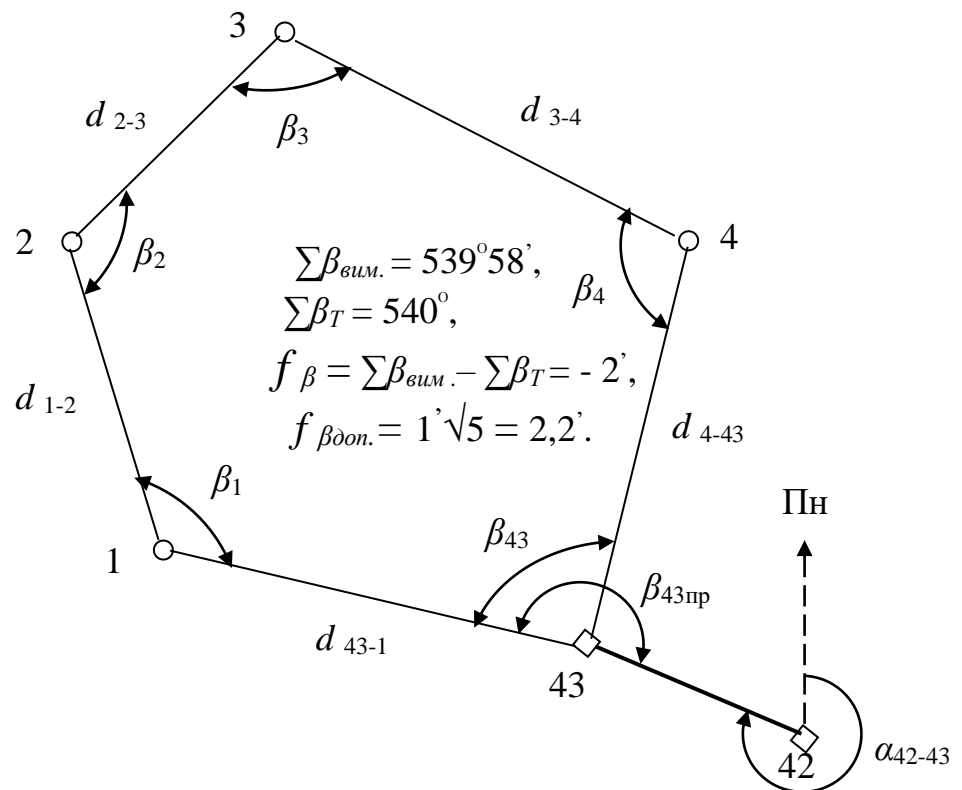


Рис. 4.3. Схема замкнутого ходу

Якщо нев'язка  $f_\beta$  не перевищує допустимої величини, приступають до ув'язки кутів, розподіляючи поправки  $\delta_{\beta i}$  в усі виміряні кути зі знаком, оберненим знаку нев'язки:

$$\delta_{\beta i} = -\frac{f_\beta}{n}.$$

Значення поправок округлюють до  $0,1'$ . Якщо нев'язка не ділиться порівну з точністю до  $0,1'$  на всі кути, то в кути з більш короткими сторонами вводять більші поправки (табл. 4.2).

4. Обчислюють виправлені кути. Сума виправлених кутів повинна дорівнювати теоретичній сумі.

5. Обчислюють дирекційні кути сторін теодолітного ходу за формулою

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} + 180^\circ - \beta_{n-1}, \quad (4.4)$$

де  $\alpha_n$  і  $\alpha_{n-1}$  – дирекційні кути відповідно наступної та попередньої сторін;  $\beta_{n-1}$  – горизонтальний кут (правий) між наступною та попередньою сторонами.

*Контролем правильності обчислення дирекційних кутів в замкнутому теодолітному ході є отримання в кінці обчислень дирекційного кута вихідної сторони  $\alpha_{43-1}$ .*

6. За значеннями дирекційних кутів  $\alpha$  і горизонтальних прокладань сторін  $d$  теодолітного ходу обчислюють прирости координат.

$$\begin{aligned} \Delta X &= d \cos \alpha, \\ \Delta Y &= d \sin \alpha. \end{aligned} \quad (4.5)$$

7. Обчислюють нев'язки  $f_x$  і  $f_y$  в прирости координат

$$\begin{aligned} f_x &= \sum \Delta X, \\ f_y &= \sum \Delta Y. \end{aligned} \quad (4.6)$$

8. Обчислюють абсолютну лінійну нев'язку хода  $f_{abc}$ .

$$f_{abc} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}. \quad (4.7)$$

9. Обчислюють допустиму відносну лінійну нев'язку, яка не повинна перевищувати.

$$f_{\text{дон}} = \frac{f_{abc}}{P} = \frac{1}{P/f_{abc}} \leq \frac{1}{2000}, \quad (4.8)$$

де  $P$  – периметр теодолітного ходу.

Якщо відносна нев'язка виявиться більше  $\frac{1}{2000}$ , тоді треба перевірити правильність виписки з журналу значень горизонтальних прокладань, а якщо не виявиться похибки, то проводять повторне вимірювання довжин ліній.

10. Якщо відносна лінійна нев'язка не перевищує допустимої, то нев'язки розподіляють у всі прирости  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$  з оберненим знаком  $f_x$ ,  $f_y$  пропорційно довжинам сторін з округленням до 0,01 м. Поправки  $\delta_x$  і  $\delta_y$  записують червоним кольором над обчисленими приростами.

Поправки обчислюють за формулами:

$$\delta_{xi} = \frac{-f_x}{P} d_i, \quad \delta_{yi} = \frac{-f_y}{P} d_i.$$

11. Обчислюють виправлені прирости координат. Контролюють правильність ув'язки приростів за формулами:

$$\begin{aligned} \Delta X_{вип} &= 0, \\ \Delta Y_{вип} &= 0. \end{aligned}$$

12. Обчислюють координати точок теодолітного ходу:

$$\left. \begin{aligned} X_n &= X_{n-1} + \Delta X_{вип}, \\ Y_n &= Y_{n-1} + \Delta Y_{вип}. \end{aligned} \right\} \quad (4.9)$$

де  $X_n$ ,  $Y_n$  – координати наступної точки ходу;  $X_{n-1}$ ,  $Y_{n-1}$  – координати попередньої точки ходу;  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$  – виправлені прирости координат, взяті з своїми знаками, між попередньою і наступною точками ходу.

*Контролем правильності обчислення координат точок замкнутого теодолітного ходу є отримання в кінці обчислень координат вихідного пункту, від якого почали обчислення. Результати обчислення заносять у відомість обчислення координат (табл. 4.2).*

**б) Обчислення координат розімкнутого ходу (рис. 4.4)**

1. Червоним кольором виписують вихідні дані: дирекційні кути початкової  $\alpha_{поч}$  і кінцевої  $\alpha_{кін}$  вихідних сторін і координати початкової  $X_{поч}$ ,  $Y_{поч}$  та кінцевої  $X_{кін}$ ,  $Y_{кін}$  вихідних точок.

2. Обчислюють фактичну кутову нев'язки  $f_\beta$  в вимірних кутах розімкнутого ходу та допустиму нев'язку  $f_{\beta_{\text{доп}}}$  за формулою (4.8).

$$f_\beta = \sum \beta_{\text{вим}} - \sum \beta_{\text{T}} = \sum \beta_{\text{вим}} - (\alpha_{\text{поч}} - \alpha_{\text{кін}}) + 180n. \quad (4.10)$$

3. Якщо  $f_\beta \leq f_{\beta_{\text{доп}}}$ , тоді вводять поправки в вимірні кути та обчислюють виправлені кути таким же чином, як і в замкнутому ході.

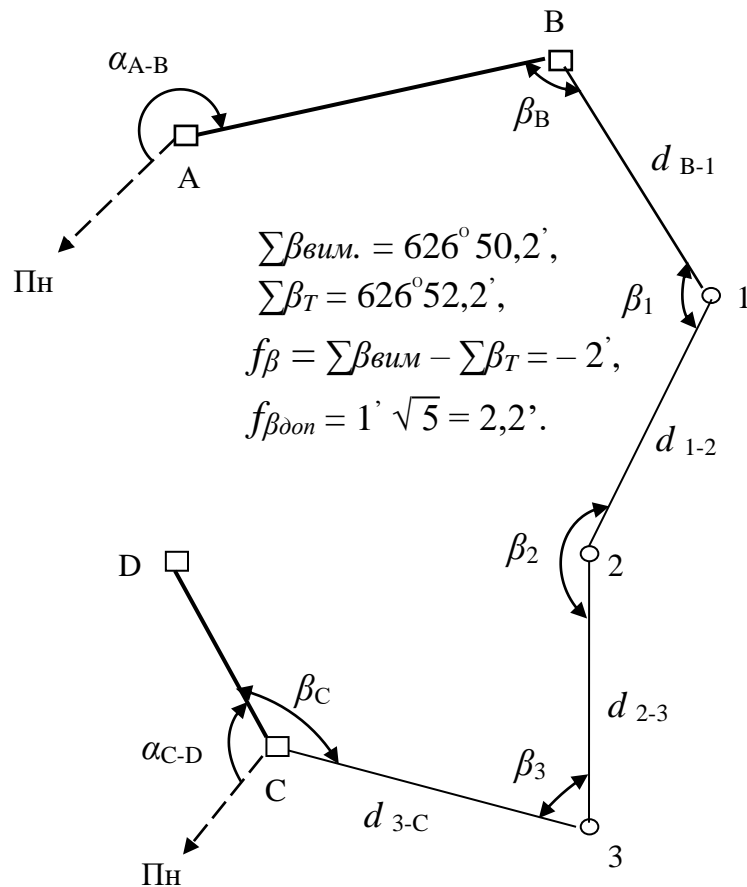


Рис. 4.4. Схема розімкнутого теодолітного ходу

4. Обчислюють дирекційні кути за формулою (4.4) сторін ходу. Контролем правильності обчислення дирекційних кутів в розімкнутому ході є отримання в кінці обчисленого дирекційного кута кінцевої сторони ( $\alpha_{\text{C-D}}$ ).

5. Обчислюють прирости координат за формулою (4.11) і визначають нев'язки в приростах за формулами:

$$\left. \begin{aligned} f_x &= \sum \Delta X - (X_{\text{кін}} - X_{\text{поч}}), \\ f_y &= \sum \Delta Y - (Y_{\text{кін}} - Y_{\text{поч}}). \end{aligned} \right\} \quad (4.11)$$

Таблиця 4.2

Відомість обчислення координат точок замкнутого геодезичного ходу

№ п/п	Горизонтальні кути (прв)			Горизонтальне прокладання, м	Прирости координат, м				Координати, м		№ п/п	
	Вимірні		Дирекційні кути		Обчислені		Виправлені		X	Y		
	°	'			ΔX	ΔY	ΔX	ΔY				
42			<b>324</b>	<b>48</b>							42	
43	<b>228</b>	<b>14</b>	<b>228</b>	<b>14</b>	<b>151,58</b>	<b>+ 17,33</b>	<b>- 0,01</b>	<b>+ 17,32</b>	<b>- 150,60</b>	<b>8368,74</b>	<b>6688,86</b>	43
1	115	08	115	08	120,20	+ 113,93	- 38,31	+ 113,92	- 38,31	8386,06	6538,26	1
2	112	35	112	35	164,24	+ 108,11	- 0,01	+ 108,10	+ 123,63	8499,98	6499,95	2
3	125	43	125	43	170,36	- 38,66	+ 165,92	- 38,68	+ 165,91	8608,08	6623,58	3
4	76	28	76	29	224,46	- 200,64	- 0,01	- 200,66	- 100,63	8569,40	6789,49	4
43	110	04	110	05						<b>8368,74</b>	<b>6688,86</b>	43
1												
					<b>P = 830,84</b>							

$$f_x = 0,07 \text{ м}, f_y = 0,04 \text{ м},$$

$$\Sigma \beta_{\text{внут}} = 539^{\circ} 58'$$

$$\Sigma \beta_{\text{т}} = 540^{\circ} 00'$$

$$f_{\beta} = -0^{\circ} 02'$$

$$f_{\beta_{\text{дон}}} = 1 \cdot \sqrt{5} = \pm 2,2'$$

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{0,07^2 + 0,04^2} = 0,08 \text{ м},$$

$$f_{\text{від}} = \frac{0,08}{830,84} = \frac{1}{10386}, f_{\text{дон}} < \frac{1}{2000}$$



6. Обчислюють абсолютну лінійну нев'язку  $f_{абс}$  приростів координат за (4.7) та допустиму відносну нев'язку  $f_{дон}$  за формулою (4.8).

7. Якщо  $f_{дон} \leq \frac{1}{2000}$ , тоді нев'язки,  $f_x$  і  $f_y$  розподіляють на всі прирости координат розімкнутого ходу з оберненим знаком пропорційно довжинам сторін з округленням до 0,01 м. Поправки записують червоним кольором над обчисленими приростами (див. табл. 4.3).

8. Обчислюють виправлені прирости  $\Delta X_{вип}$ ,  $\Delta Y_{вип}$ .

9. За виправленими приростами обчислюють координати точок розімкнутого ходу за формулами (4.9). *Контролем правильності обчислень координат* точок розімкнутого теодолітного ходу є отримання в кінці обчислень при послідовному обчисленні координат кінцевого пункту  $X_{кін}$ ,  $Y_{кін}$ .

Таблиця 4.3

Відомість обчислення координат точок розімкнутого геодезичного ходу

№ точки	Горизонтальні кути (прві)		Дирекційні кути	Горизонтальне тальне проєкція дивля, м	Прирости координат, м						Координати, м					
	Вимірні лєні	Виправлені лєні			Обчислені			Виправлені			X	Y				
					+	+	+	+	+	+			+			
A																
B	97	+0,4	25,0	97	25,4								52138,20	33175,90	B	
1	125	+0,4	11,5	125	11,9	225	35,0	308	09,6	+0,02	-0,05	61,69	-78,51	61,71	-78,56	1
2	216	+0,4	12,0	216	12,4	2	57,7	203,30	203,30	+0,04	-0,09	203,03	10,50	203,07	10,41	2
3	67	+0,4	41,7	67	42,1	326	45,3	199,60	199,60	+0,04	-0,09	166,93	09,42	166,97	109,51	3
C	120	+0,4	20,0	120	20,4	79	03,2	101,25	101,25	+0,02	-0,05	19,23	99,41	19,25	99,36	C
D						138	42,8									D
						<b>Σd = 604,00 м</b>										

$$\Sigma \beta_{\text{визм}} = 626^\circ 50,2', \quad \Sigma \Delta X_{\text{обч}} = 450,88 \text{ м}, \quad \Sigma \Delta Y_{\text{обч}} = -78,02 \text{ м},$$

$$\Sigma \beta_{\text{т}} = 626^\circ 52,2', \quad \Sigma \Delta X_{\text{т}} = 451,00 \text{ м}, \quad \Sigma \Delta Y_{\text{т}} = -78,30 \text{ м},$$

$$f_{\beta} = \Sigma \beta_{\text{визм}} - \Sigma \beta_{\text{т}} = 626^\circ 50,2' - 626^\circ 52,2' = -2,0', \quad f_x = -0,12 \text{ м}, \quad f_y = 0,28 \text{ м},$$

$$n = 5, \quad f_{\text{визм}} = 1' \sqrt{n} = 1' \sqrt{5} = 2,2', \quad f_{\text{обч}} = \sqrt{0,12^2 + 0,28^2} = 0,30 \text{ м},$$

$$f_{\text{визм}} = \frac{0,30}{604,00} = \frac{1}{2013} < \frac{1}{2000}.$$

### 4.2.3. Визначення висот точок знімальної мережі геометричним нівелюванням

Визначення висот точок знімальної мережі виконують методом прокладання нівелірних ходів технічної точності за точками теодолітного ходу. Передачу висот на точки знімальної мережі здійснюють від найближчого репера шляхом послідовного визначення перевищень між точками (починаючи від репера). Передача відміток геометричним нівелюванням включає польові роботи та камеральну обробку результатів вимірювань.

**Польові роботи.** Для визначення перевищень між точками геометричним нівелюванням кожна бригада повинна мати нівелір, дві нівелірні рейки, польовий журнал.

Порядок роботи на станції при визначенні перевищення між двома точками викладено в п. 3.5.1.

Результати вимірювань записують у польовий журнал. На кожній станції визначають перевищення двічі: за червоною та чорною сторонами рейок.

Контролюють правильність роботи на станції різницею між обчисленими перевищеннями. Розбіжності в значеннях перевищень на станції, визначених за чорними і червоними сторонами рейок, не повинні бути більше 4 мм. В іншому випадку проводять повторні вимірювання.

Після заповнення сторінки журналу проводять *посторінковий контроль*: підсумовують окремо задні та передні відліки на рейках, та перевищення (з урахуванням їх знаків). Сума перевищень повинна дорівнювати піврізниці між сумою задніх і сумою передніх відліків у межах округлення.

$$\sum a - \sum b = \sum h_{вим} = \frac{1}{2} h_{вим} = h_{ср}$$

**Камеральні роботи.** Завданням камеральної обробки результатів нівелювання точок знімальної мережі є обчислення їх висот. Обробку польових спостережень роблять за кожним нівелірним ходом окремо.

Нижче, на прикладі нівелювання точок замкнутого теодолітного ходу показаний приклад послідовної обробки результатів польових вимірювань і обчислень відміток точок замкнутого нівелірного ходу, що опирається на один репер (табл. 4.5).

а) *Замкнутий хід*

1. Знаходять нев'язку  $f_h$  в перевищеннях замкнутого ходу

$$f_h = \sum h_{cp}, \quad (4.11)$$

яка не повинна перевищувати допустимої нев'язки  $f_{h_{доп}}$

$$f_{h_{доп}} = 50 \text{ мм} \sqrt{L}, \quad (4.12)$$

де  $L$  – довжина ходу в км.

2. Розподіляють нев'язку  $f_h$  на всі перевищення порівно

$$\delta_{h_i} = -\frac{f_h}{n} \quad (4.13)$$

та виписують їх величини в міліметрах над значеннями перевищень.

Для контролю правильності розподілу підраховують суму поправок. Вона повинна дорівнювати нев'язці з протилежним знаком  $-\sum \delta_{h_i} = f_h$ .

3. Обчислюють виправлені значення перевищень за формулою:

$$h_{вип} = h_i + \delta_{h_i} \quad (4.14)$$

4. Виписують в журнал червоним кольором висоту вихідного репера.

5. Обчислюють висоти точок ходу за формулою:

$$H_{n+1} = H_n + h_{вип}, \quad (4.15)$$

де  $H_{n+1}$  і  $H_n$  – висоти відповідно наступної і попередньої точок ходу;  $h_{вип}$  – виправлене (ув'язане) перевищення, взяте зі своїм знаком.

*Контролем правильності обчислення висок в замкнутому ході є отримання в кінці обчислень висоти вихідної точки.*

## Журнал нівелювання точок замкнутого теодолітного ходу

Місце роботи с. Орлівщина Дата 06.07.2019 р. Нівелір НВ-1 № 2154  
 Спостерігач Петренко О.П. Обчислювач Шевченко М.М.

№ станції	№ точки	Відлік по рейці, мм			Перевищення, мм			Горизонт прилад у, м	Абсолютна відмітка, Н, м
		задній, а	передній, b	проміжний	виміряні h = a - b	сердні	виправлені		
		чорна	чорна						
		червона	червона						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Rp43	1525							54.760
		6208							
	1		1221		+304	+5	+309		
			5903		+305	+304			55.069
2	1	1783							
		6466							
	2		1333		+450	+5	+455		
			6015		+451	+450			55.524
3	2	1849							
		6531							
	3		1087		+762	+5	+766		
			5771		+760	+761			56.290
4	3	1029							
		5712							
	4		1884		-855	+4	-850		
			6566		-854	-854			55.440
5	4	1293							
		5975							
			1976		-683	+4	-680		
	Rp 43		6660		-685	-684			54.760

Посторінковий контроль:

$$\sum Z = 38371 \text{ мм},$$

$$\sum П = 38416 \text{ мм},$$

$$\sum h_{\text{ср}} = -23 \text{ мм},$$

$$\sum h = (\sum Z - \sum П) / 2 = (38371 - 38416) / 2 = 45 \text{ мм},$$

$$fh = \sum h_{\text{ср}} = -23 \text{ мм},$$

$$\sum h = 45 / 2 = -22,5 \text{ мм},$$

$$fh_{\text{доп}} = 50 \text{ мм} \sqrt{L}, \text{ км} = 50 \sqrt{0,83} = 46 \text{ мм}.$$

б) *Розімкнутий хід.*

Нижче наведений приклад послідовної обробки результатів польових вимірювань і обчислень відміток точок розімкнутого ходу (табл. 4.6), що опирається на два репера (на початку та в кінці ходу).

1. Знаходять нев'язку  $f_h$  в перевищення розімкнутого ходу за формулою

$$f_h = \sum h_{cp} - (H_{Pn10} - H_{Pn8}), \quad (4.16)$$

де  $\sum h_{cp}$  – сума середніх перевищень між початковою та кінцевою вихідними точками ходу;  $H_{Pn10}$  і  $H_{Pn8}$  – висоти відповідно початкового та кінцевого реперів ходу.

2. Порівнюють нев'язку з допустимою, обчисленою за формулою (4.12), і якщо  $f_h \leq f_{h_{доп}}$ , тоді фактичну нев'язку розподіляють із оберненим знаком порівну на всі перевищення. Контроль розподілу нев'язки: сума поправок повинна дорівнювати нев'язці з протилежним знаком.

3. Обчислюють виправлені значення перевищень  $h_{вип}$  за формулою (4.14).

4. Виписують в журнал червоним кольором висоти початкового та кінцевого реперів (табл. 4.6).

5. Обчислюють висоти точок ходу за формулою:

$$H_{n-1} = H_n + h_{вип},$$

де  $H_{n-1}$  і  $H_n$  – висоти відповідно наступної і попередньої точок ходу;  $h_{вип}$  – виправлене (ув'язане) перевищення, взяте з своїм знаком.

*Контролем правильності обчислення відміток в замкнутому ході є отримання в кінці обчислень позначки вихідної точки.*

## Журнал нівелювання точок розімкнутого теодолітного ходу

Місце роботи с. Орлівщина Дата 08.07.2019 р. Нівелір НВ-1 №12158  
Спостерігач Петрук В.П. Обчислювач Авраменко М.О.

№ станції	№ точки	Відлік на рейці, мм			Перевищення, мм			ГП, м	Абсолютна відмітка, Н, м	
		задній, <i>a</i>	Передній, <i>b</i>	проміж ний	виміряні $h = a - b$	середні	виправл ені			
		чорна	чорна							
		червона	червона							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Rp8	1525								54.760
		6208			+304	-7	+297			
	1		1221		+305	+304				55.057
			5903							
2	1	1333								
		6015			-450	-7	-457			
	2		1783		-451	-450				54.600
			6466							
3	2	1849								
		6531			+762	-7	+754			
	3		1087		+760	+761				55.354
			5771							
4	3	1294								
		5976			-682	-7	-690			
			1976		-684	-683				
	Rp 10		6660							54.664

Посторінковий контроль:

$$\begin{aligned} \sum Z &= 30729, \quad \sum H = 30867, & \sum h_{cp} &= -68 \text{ мм}; & \sum h_T &= -96 \text{ мм}, \\ (\sum Z - \sum H) / 2 &= (30729 - 30867) / 2 = -68 \text{ мм}, & fh &= \sum h_{cp} - \sum h_T = 28 \text{ мм}, \\ fh_{дон} &= 50 \text{ мм} \sqrt{L}, \quad \text{км} = 50 \sqrt{0,64} = 40 \text{ мм}. \end{aligned}$$

### 4.3. Питання для самоконтролю

1. Для чого виконують геодезичні вимірювання на місцевості?
2. Дайте визначення планово-висотної зйомки знімальної основи
3. Яким методом розвивають планову мережу на навчальній практиці?
4. В яких межах мають бути довжини сторін в теодолітному ході?
5. Які польові роботи виконують для прокладання теодолітного ходу?
6. В яких місцях необхідно вибирати точки теодолітного ходу?
7. Які камеральні роботи необхідно виконати для обробки результатів польових вимірювань?
8. Як ув'язують виміряні горизонтальні кути в замкнутому теодолітному ході?
9. За яким правилом розподіляють поправку в прирости координат?
10. Послідовність виконання геометричного нівелювання між точками на місцевості.
11. Який контроль виконують при нівелювання між точками?
12. Правило розподілення поправок в перевищення.



## 5. СКЛАДАННЯ ПЛАНУ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ТЕОДОЛІТНОЇ ЗЙОМКИ

### 5.1. Побудова координатної сітки.

У цьому розділі описано графічні роботи, які виконуються під час побудови планів за результатами горизонтального (ситуаційного) знімання.

Для побудова плану у заданому масштабі треба передовсім нанести за координатами пункти знімальної основи, з яких (або відносно ліній між якими) виконувалося знімання території. Для цього на папері будують координатну сітку.

Для побудови координатної сітки широко застосовується лінійка Ф.В. Дробишева (рис. 5.1). Вона має шість вікон прямокутної форми, позначених 0, 1, 2, 3, 4, 5. Правий кінець її віддалений від початкової точки (початку відліку) на 70,711 см. Ця величина є гіпотенузою великого квадрата зі стороною 50 см. Ліві кінці в кожному вікні, верхній край та правий кінець лінійки скошені. На скошеній частині нульового вікна (посередині) вигравіювано штрих. Перетин скошеного краю нульового вікна з цим штрихом (точка *a*) і є початком відліку лінійки.

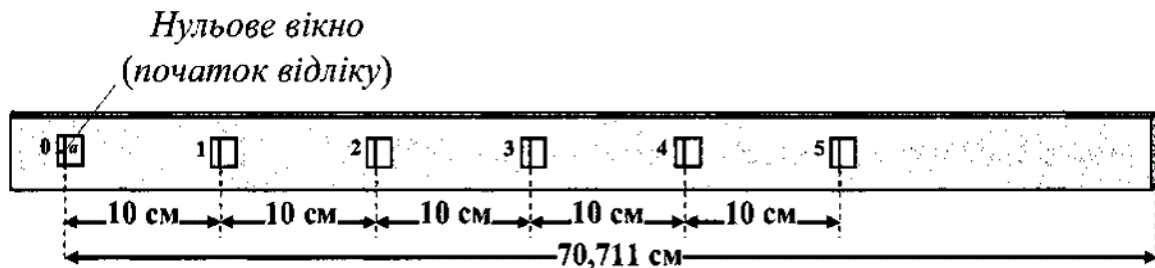


Рис. 5.1. Лінійка Ф.В. Дробишева

Скошений край нульового вікна лінійки є прямою лінією, а скошені краї вікон 1, 2, 3, 4, 5 та правого кінця лінійки є дугами радіусами 10 см, 20 см, 30 см, 40 см, 50 см та 70,744 см відповідно з центром кіл у точці *a*. Такою лінійкою можна побудувати і сітку квадратів із розмірами 50×50 см. Розглянемо послідовність побудови координатної сітки.

Лінійку кладуть паралельно до нижнього краю (рис. 5.2, *a*) аркуша креслярського паперу, і на відстані приблизно 5 см від нього прокреслюють вздовж скошеного верхнього краю лінійки добре загостреним олівцем (середньої твердості) лінію. Потім лінійку накладають на цю лінію (рис. 5.2, *б*) так, щоб лінію було видно посередині віконця лінійки, а скошений край нульового вікна був на відстані приблизно 5 см від лівого краю паперу та прокреслюють олівцем вздовж скошених країв віконця лінійки шість штрихів. Отримують на прокресленій лінії дві крайні точки майбутньої

координатної сітки (ліву і праву), відстань між якими 50 см. Позначимо їх: ліву – 1, а праву – 2.

Повертають лінійку на  $90^\circ$  (можна використати косинець) і встановлюють точку початку відріку (точка *a* на лінійці) на перетині лівого штриха з прокресленою лінією (рис. 5.2, *в*). Прокреслюють вздовж скошених країв вікон лінійки шість штрихів.

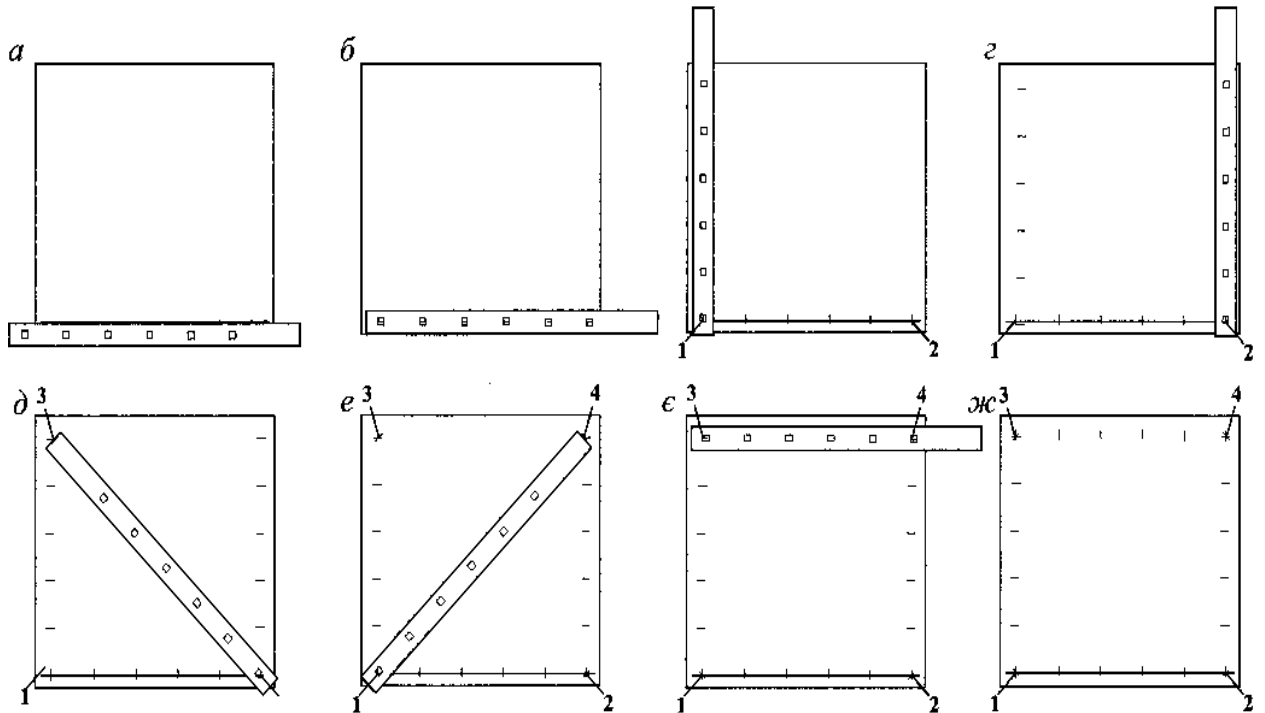


Рис. 5.2. Послідовність побудови координатної сітки лінійкою Ф.В. Дробишева

Далі встановлюють початок відріку лінійки перпендикулярно до прокресленої на папері лінії так, щоб точка початку відріку на лінійці збігалась з перетином правого крайнього штриха з прокресленою на папері лінією (рис. 5.2, *д*). Прокреслюють вздовж скошених країв вікон лінійки шість штрихів.

Щоб отримати ще дві верхні крайні точки координатної сітки, лінійку укладають по діагоналі (рис. 5.2, *д*) так, щоб початок відріку лінійки опинився у точці перетину правого крайнього штриха з прокресленою на аркуші лінії (точка 2), а скошений край кінця лінійки - на верхньому лівому прокресленому на папері штриху. Прокреслюють по скошеному краю кінця лінійки лінію (точка 3).

У результаті отримують три вершини квадрата координатної сітки розміром 50 см.

Для побудови четвертої точки лінійку укладають по діагоналі (рис. 5.2, *е*) так, щоб точка початку відріку лінійки розташувалася у точці 1, а скошений край кінця лінійки - на верхньому правому штриху. Прокреслюють по скошеному краю кінця лінійки лінію (точка 4).

Далі встановлюють початок відліку лінійки перпендикулярно до прокресленої на папері лінії так, щоб точка початку відліку на лінійці збігалась з перетином правого крайнього штриха з прокресленою на папері лінією (рис. 5.2, д). Прокреслюють вздовж скошених країв вікон лінійки шість штрихів.

Щоб отримати ще дві верхні крайні точки координатної сітки, лінійку укладають по діагоналі (рис. 5.2, д) так, щоб початок відліку лінійки опинився у точці перетину правого крайнього штриха з прокресленою на аркуші лінії (точка 2), а скошений край кінця лінійки – на верхньому лівому прокресленому на папері штриху. Прокреслюють по скошеному краю кінця лінійки лінію (точка 3).

У результаті отримують три вершини квадрата координатної сітки розміром 50 см.

Для побудови четвертої точки лінійку укладають по діагоналі (рис. 5.2, е) так, щоб точка початку відліку лінійки розташувалася у точці 1, а скошений край кінця лінійки – на верхньому правому штриху. Прокреслюють по скошеному краю кінця лінійки лінію (точка 4).

Контролюють правильність побудови точок 3 та 4, тобто віддаль між точками 3 і 4 повинна дорівнювати 50 см. Для цього лінійку кладуть так, щоб точка початку відліку (рис. 5.2, е) було у точці 3, а горизонтальний штрих у точці 4 на середині скошеного краю останнього (5) вікна лінійки. По скошених краях вікон лінійки прокреслюють штрихи. Якщо прокреслений штрих по скошеному краю останнього вікна лінійки (рис. 5.2, е) проходить через точку 4 або утворює з лініями побудови трикутник, найдовша сторона якого не перевищує 0,2 мм, то побудову координатної сітки виконано правильно і за положення точки 4 приймають центр утвореного трикутника. Якщо ж умова не виконується, тоді побудову координатної сітки повторюють.

Штрихи побудови з'єднують прямими лініями. Викресливши квадрати координатної сітки, перевіряють також правильність побудови по довжинах діагоналей кожного із квадратів. Для цього порівнюють діагоналі окремих квадратів з розхилом циркуля, що дорівнює довжині діагоналі  $\sqrt{200} = 14,12$  см. Відхилення також не повинні перевищувати 0,2 мм.

Сітку квадратів оцифровують, тобто показують, яким віддалям від початку координат відповідають горизонтальні та вертикальні лінії сітки. У випадку довільної системи координат координатна сітка має оцифрування, що відповідає зменшеній (відповідно до масштабу карти) прямокутній системі координат.

Лінії координатної сітки оцифровують згідно з координатами пунктів, які потрібно нанести на план певного масштабу.

Наприклад, складаючи план в масштабі 1:2 000, координатну сітку (рис. 5.3) підписують через 200 м, крайні лінії координатної сітки підписують числом, кратним 0,2 км (тобто 0,0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 км).

## 5.2. Нанесення на план пунктів теодолітного ходу за їхніми координатами

Перевіривши правильність побудови координатної сітки, наносять на план, що будується, вершини полігонів, діагональних ходів, усі інші точки ділянки, координати яких обчислені.

Нехай координати точок дано в умовній, довільній системі координат. Спочатку за значеннями координат встановлюють квадрат, у якому має міститися відповідна точка, а потім відкладають вздовж сторін квадрату не повні значення абсцис і ординат, а тільки значення різниць координат точки і відповідної лінії координатної сітки.

Наприклад, якщо для точки *A* (рис. 5.3)  $X = + 538,37$  м і  $Y = + 637,42$  м, а довжина сторони квадрата за заданого масштабу плану дорівнює 200 м, то

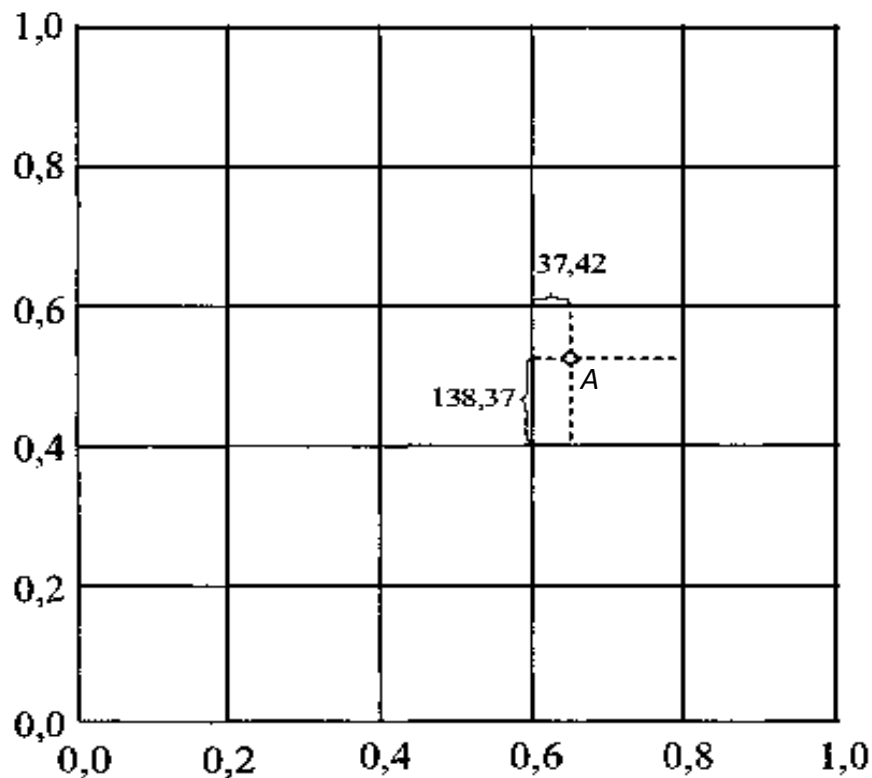


Рис. 5.3. Нанесення точки за координатами на план масштабу 1:2 000

на сторонах відповідного квадрата потрібно буде відкласти вгору  $538,37 - 400 = 138,37$  м, а у правий бік –  $637,42 - 600 = 37,42$  м. З'єднавши пара-

лельними до координатної сітки лініями нанесені на плані відповідні точки, отримаємо на їх перетині шукану точку  $A$ .

Можна зробити по іншому: спочатку відкласти на сторонах квадрата різницю ординат (тобто відрізок 138,37 м) та з'єднати ці дві точки, прокресливши лінію. На цій лінії, відклавши від лівої сторони квадрата у правий бік відстань 37,42 м, одержимо точку .

Правильність нанесення кожної точки перевіряють, вимірюючи за допомогою циркуля-вимірника та поперечного масштабу віддаль між тільки що нанесеною і попередньою точками, та порівнюють цю довжину з довжиною горизонтальної проекції, що відповідає цій лінії, виміряній на місцевості. Розходження довжин не повинно перевищувати 0,2 мм у масштабі плану.

## **6 . ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНІ ЗАДАЧІ**

### **6.1. Геодезична підготовка даних для перенесення проекту в натуру**

Для перенесення проекту інженерної споруди на місцевість становлять розбивочні креслення, на яких показують всі необхідні для розбивки дані: координати, позначки, відстані, ухили, елементи кутових і лінійних побудов. Геодезична підготовка вихідних даних може виконуватися графічним, аналітичним, і графо-аналітичним способами.

Суть графо-аналітичного способу.

При цьому способі підготовка даних є більш оперативним і в більшості випадків забезпечує достатню точність, тому він широко застосовується в будівельній практиці.

При використанні даного способу координати точок об'єкта, який вноситься в натуру, визначають графічно з плану, координати пунктів опорної мережі вибирають з відомості або каталогу координат, а дирекційні кути напрямків і відстані обчислюють за формулами зворотної геодезичної задачі.

### **6.2. Винесення проекту свердловини на місцевість**

Перенесення проекту в натуру – процес, зворотний зйомці. Якщо в результаті зйомок дані, за якими зображують контури елементів ситуації і рельєф на плані, то при перенесенні проекту в натуру, навпаки, розраховують геодезичні дані (кути, виміри ліній, відмітки), за якими з допомогою геодезичних приладів позначають місце знаходження запроектованої споруди на місцевості.

Центр запроектованого шахтного стовбура задається проектом у вигляді координат ( $X_u$ ,  $U_u$ ), або ці координати визначаються графічно на

топографічному плані, на якому проектувальником позначено місце положення центра стовбура.

Для виконання поставленої задачі необхідно:

- запроектувати свердловину на топографічній основі;
- виконати геодезичну прив'язку проекту свердловини відносно точок знімальної мережі;
- побудувати розмічувальне креслення з указаними параметрами;
- винести запроектовану свердловину на місцевість.

### 6.2.1. Проектування свердловини на топографічній основі

На топографічній основі керівник практики намічає положення центра майбутньої свердловини яку необхідно винести на місцевість (у натуру). Причому, свердловину необхідно запроектувати таким чином, щоб до неї було зручно виміряти відстані та кути від точок теодолітного ходу (точок знімальної мережі), наприклад, 43 і 1 (рис. 6.1).

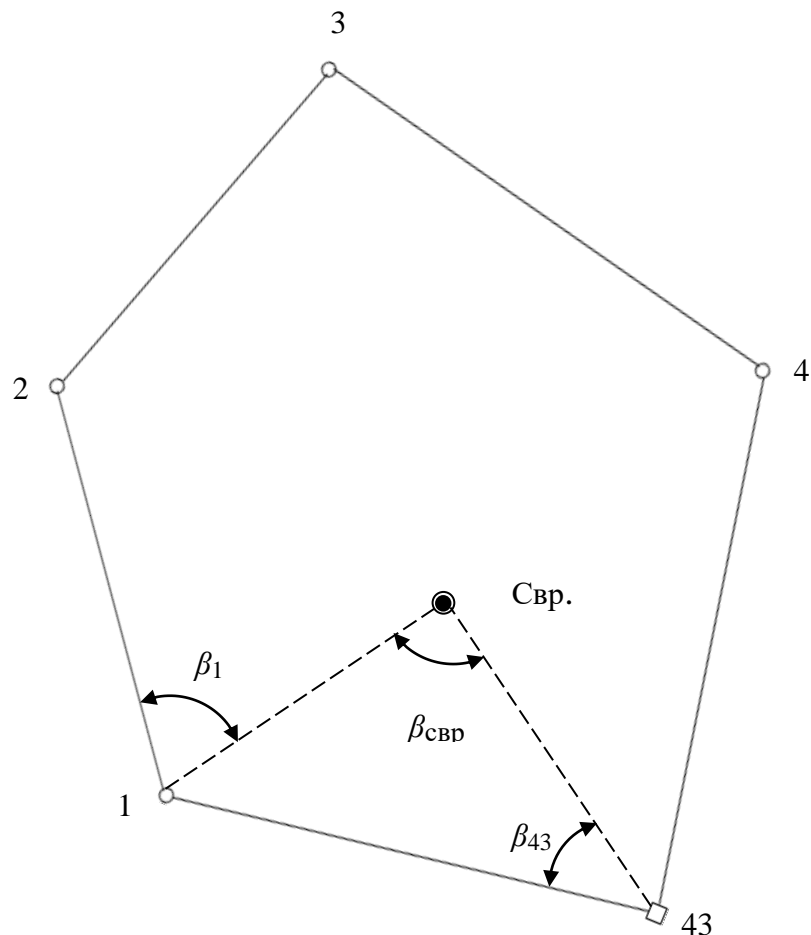


Рис. 6.1. Схема проекту свердловини на топографічній основі

### 6.2.2. Геодезична прив'язка проекту свердловини

Графо-аналітичним способом пропонується студентам на навчальній практиці для виконання розрахунку елементів виносу центру свердловини в натуру

**Графо-аналітичний розрахунок геометричних параметрів.** Даний спосіб застосовують для винесення проектних осей будинків та споруд, геологічних свердловин та шахтних стовбурів з пунктів геодезичної основи, які розташовані порівняно недалеко від проектного об'єкта, що виноситься в натуру. Проектна свердловина на місцевості визначається шляхом побудови проектних кутів  $\beta_{43}$  і  $\beta_1$  та проектних довжин  $d_{43-свр}$  і  $d_{1-свр}$ . Проектні величини  $\beta$  і  $d$  отримують з розв'язування оберненої геодезичної задачі. Центр запроектованої свердловини задається проектом у вигляді координат  $(X_{свр}, Y_{свр})$ , або ці координати визначаються графічно на топографічному плані, на якому позначено місце положення центра свердловини.

Розглянемо на прикладі, графо-аналітичний розрахунок параметрів для запроектованої свердловини відносно точок знімальної основи (рис. 6.1).

Наприклад, відомі координати точки 4 і 3 знімальної основи  $X_{43} = 8368,74$  м,  $Y_{43} = 6688,86$  м;  $X_1 = 8386,06$  м,  $Y_1 = 6538,26$  м, дирекційний кут напрямку

$\alpha_{43-1} = 276^{\circ}34'$  сторони 43–1 та, в даному випадку, дирекційний кут напрямку  $\alpha_{1-2}$  сторони 1–2 (дані взято з відомість обчислення координат) проектні координати свердловини  $X_{свр.} = 8424,55$  м,  $Y_{свр.} = 6608,43$  м (визначені графічно з плану).

Розрахунок виконують в наступній послідовності:

Знаходять дирекційний кут напрямку  $\alpha_{43-с}$

$$r_{43-с} = \arctg \frac{Y_c - Y_{43}}{X_c - X_{43}} = \frac{6608,43 - 6688,86}{8424,55 - 8368,74} = \frac{-80,43}{55,81} = 55^{\circ}15',$$

так як  $\Delta X$  має знак (+), а  $\Delta Y$  – (–), це четверта чверть, то дирекційний кут напрямку  $\alpha_{43-с}$  буде дорівнювати

$$\alpha_{43-с} = 360^{\circ} - r_{43-с} = 360^{\circ} - 55^{\circ}15' = 304^{\circ}45'$$

Розраховуємо проектних кутів  $\beta_{43}$

$$\beta_{43} = \alpha_{43-с} - \alpha_{43-1} = 304^{\circ}45' - 276^{\circ}34' = 28^{\circ}11'.$$

Розраховують проектну довжину (горизонтальне прокладення) від пункту 43 до свердловини  $d_{43-с}$  за формулами:

$$d_{np} = d_{43-C} = \frac{\Delta X_{43-C}}{\cos \alpha_{43-C}} = \frac{55,43}{\cos 304^{\circ}45'} = \frac{55,43}{0,5699968} = 97,91 \text{ м,}$$

$$d_{np} = d_{43-C} = \frac{\Delta Y_{43-C}}{\sin \alpha_{43-C}} = \frac{80,43}{\sin 304^{\circ}45'} = \frac{80,43}{0,8216469} = 97,89 \text{ м.}$$

$$d_{np.} = d_{43-C} = 97,90 \text{ м.}$$

Аналогічно розрахунок виконують з точки 1.

Знаходять дирекційний кут напрямку  $\alpha_{1-C}$ .

$$r_{1-c} = \arctg \frac{Y_c - Y_1}{X_c - X_1} = \frac{6608,43 - 6538,26}{8424,55 - 8386,06} = \frac{+70,17}{+38,49} = 61^{\circ}15',$$

так як  $\Delta X$  має знак (+), а  $\Delta Y - (+)$ , це перша чверть, то дирекційний кут напрямку  $\alpha_{43-C}$  буде дорівнювати

$$\alpha_{1-C} = r_{1-C} = 61^{\circ}15' .$$

Розраховуємо проектних кутів  $\beta_1$

$$\beta_1 = \alpha_{1-C} + 360^{\circ} - \alpha_{1-2} = 61^{\circ}15' + 360^{\circ} - 341^{\circ}26' = 79^{\circ}49'.$$

Розраховують проектну довжину (горизонтальне прокладення) від пункту 1 до свердловини  $d_{1-c}$  за формулами:

$$d_{np} = d_{1-c} = \frac{\Delta X_{1-C}}{\cos \alpha_{1-C}} = \frac{38,49}{\cos 61^{\circ}15'} = \frac{38,49}{0,4809888} = 80,02 \text{ м,}$$

$$d_{np} = d_{43-C} = \frac{\Delta Y_{1-C}}{\sin \alpha_{1-C}} = \frac{70,17}{\sin 61^{\circ}15'} = \frac{80,43}{0,8767267} = 80,04 \text{ м.}$$

$$d_{np.} = d_{1-C} = 80,03 \text{ м.}$$

Для контролю розраховуємо контрольний кут 1.Свр.43 тобто  $\beta_{\text{Свр.}}$

$$\beta_{\text{Свр.}} = \alpha_{C-1} - \alpha_{C-43} = 241^{\circ}15' - 124^{\circ}45' = 116^{\circ}30'$$

### 6.2.3. Побудова розмічувального креслення

На аркуші розміру А4 в довільному масштабі будують схему проекту свердловини, на яку наносять обчислені параметри: проектні кути  $\beta_{43}$  та  $\beta_1$  і проектні відстані  $d_{43-C}$  та  $d_{1-C}$  (рис. 6.2).



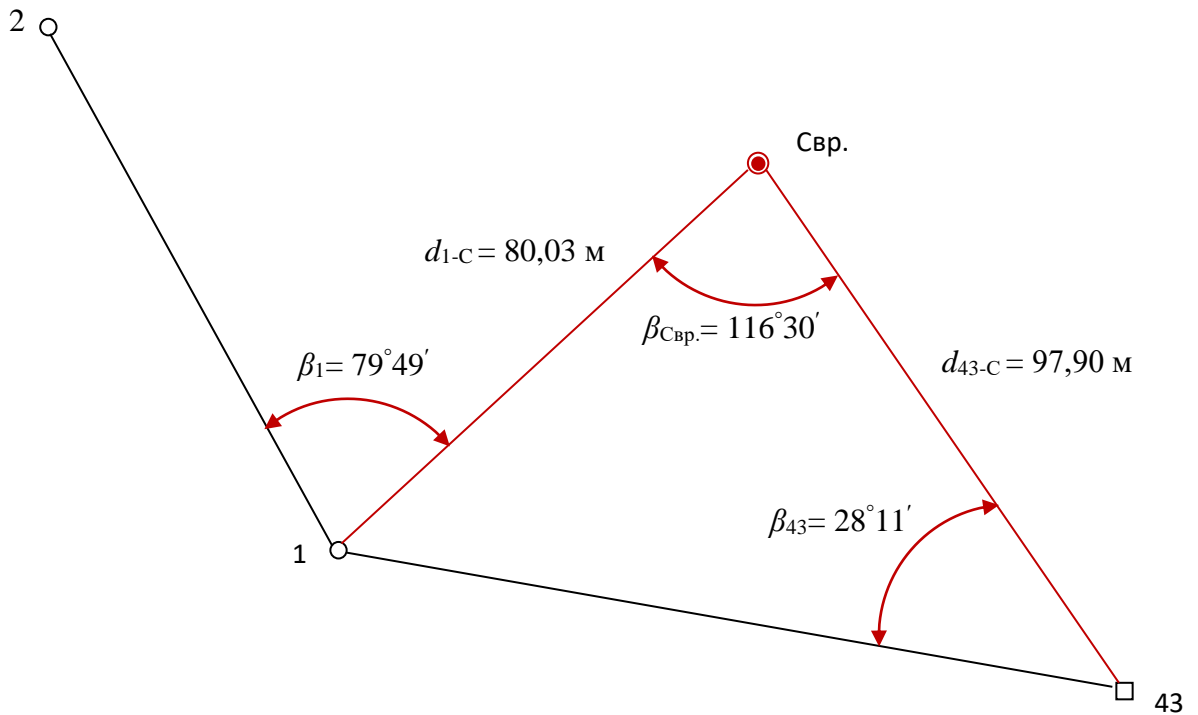


Рис. 6.2. Розмічувальне креслення для винесення проекту свердловини полярним способом

#### 6.2.4. Винесення запроєктованої свердловини на місцевість

Для перенесення центра стовбура з проекту в натуру необхідно мати закріпленні на місцевості, поблизу майбутніх будівельних робіт, точки, в даном випадку, це точки 43, 1, та 2 з визначеними координатами (пункт державної геодезичної мережі 43 і пунктів зйомочної мережі 1, 2).

Винесення (розмічення) на місцевості проектної точки центра (свердловини) способом полярних координат виконують у такій послідовності:

- на точці знімальної мережі, наприклад 43, установлюють теодоліт, центрують і приводять його в робоче положення;

- зорову трубу наводять на точку мережі, наприклад 1, і беруть відлік на горизонтальному крузі наприклад  $\beta' = 46^\circ 35'$  за ходом годинникової стрілки відкладають значення проектного кута, який розраховується за формулою:

$$\beta''_{np} = \beta' + \beta_{43} = 46^\circ 35' + 28^\circ 11' = 74^\circ 46'$$

- уздовж отриманого напрямку в створі встановлюють та фіксують заданий проектний напрямок кута  $\beta'_{np}$ , вимірюють винесений проектний кут і порівнюють з проектним;

– проектну довжину  $d_{np.} = d_{43-C}$  до свердловини  $C$  відкладають у створі проектного напрямку  $43-C_{вр.}$  за допомогою стрічки або рулетки і фіксують її положення кілочком. При великих довжинах ліній в створі лінії розбивають ряд проміжних точок. Причому, при відкладанні  $d_{43-C}$  і  $d_{1-C}$  враховують похил лінії  $43-C$  і  $1-C$ , вводячи відповідні поправки за похил цих ліній.

Слід пам'ятати, що при відкладанні проектної довжини на місцевості усі поправки мають знаки, зворотні знакам поправок при вимірах довжин.

Для контролю вимірюють на пункті  $43$  винесений проектний кут  $\beta'_{np}$  і порівнюють з проектними значеннями  $\beta_{np}$ . Розбіжність виміряного кута  $\beta'_{np}$  не повинна відрізнитися від проектного  $\beta_{np}$  більше подвоєної точності теодоліта –  $1'$ . Розбіжність відкладеної та проектної повинна бути не більше  $\frac{1}{2000}$ . Цими значеннями перевіряють положення зафіксованої точки  $C$ .

Аналогічно виконують винос центру свердловини в натуру з точки  $1$ .

Після того, як буде винесено центр свердловини в натуру з точок  $43$  і  $1$  на забитому кілочку, центру свердловини вимірюють контрольний кут. Якщо винос свердловини виконаний без помилок то контрольний кут дорівнюватиме розрахунковим значенням проектного кута  $\beta_{C_{вр.}}$ .

### 6.3. Питання для самоконтролю

1. Як розв'язати обернену задачу?
2. Наведіть приклад аналітичного розрахунку проектного кута на свердловину.
3. Як перевірити правильність винесення в натуру проектного кута?
4. Наведіть приклад аналітичного розрахунку проектної довжини.
5. Як побудувати розмічувальне креслення для винесення свердловини на місцевість.
6. Наведіть послідовність винесення проектного кута на місцевість.
7. Наведіть послідовність винесення проектної довжини до свердловини.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бандурка В.І. Геодезія. – Дніпропетровськ: НГА України, 1999.
2. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500. – Київ, 1999.
3. Островський А.Л., Мороз О.І., Тарнавський В.Л. Геодезія. Частина II: підручник для вузів. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту "Львівська політехніка", 2008.
4. Поклад Г.Г. Геодезія: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1988
5. Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5000 – 1:500, 2001.

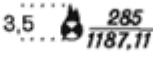


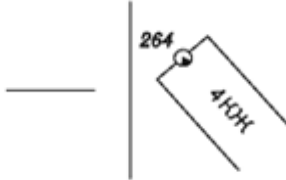


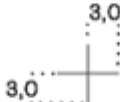
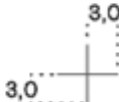
## **ДОДАТКИ**

## ГЕОДЕЗИЧНІ ПУНКТИ

№	НАЗВА ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТІВ	УМОВНІ ЗНАКИ	
		1:5 000, 1:2 000	1:1 000, 1:500
1	Пункти державної геодезичної мережі (в чисельнику дробу - позначка центру, в знаменнику - позначка землі; ліворуч від знака - назва пункту) (* [21-24])		  
2	<p>Пункти державної геодезичної мережі [21-25]:</p> <p>1) на курганах (цифри ліворуч - висоти курганів в метрах)</p> <p>2) на скелях останцях (цифри ліворуч - висоти останців у метрах)</p> <p>3) на будівлях (цифри та букви - характеристики будівель)</p>	<p>1) </p> <p></p> <p>2) </p> <p></p> <p>3) </p> <p></p>	<p>1) </p> <p>2) </p> <p>3) </p>

(\* При розміщенні характеристик цього та інших об'єктів необхідно керуватись п.17 пояснень до умовних знаків.

№	НАЗВА ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТІВ	УМОВНІ ЗНАКИ	
		1:5 000, 1:2 000	1:1 000, 1:500
3	Пункти геодезичних мереж згущення та їх номери [21,26-30]		
4	Пункти геодезичних мереж згущення [21,26-30]: 1) на курганах (цифри знизу - висоти курганів у метрах) 2) на скелях-останцях (варіанти підписів: біля лівого верхнього знака в чисельнику дробу - номер пункту, в знаменнику - позначка центру; біля рештки в чисельнику дробу - позначка центру, в знаменнику - позначка землі, внизу - висота останця в метрах, ліворуч - номер пункту)	1)	1)
		2)	2)
*	3) устінах будівель	3)	3)
5	Точки планових зйомочних мереж [21,31-33]: 1) тривалого закріплення на місцевості	1)	1)
*	2) тимчасового закріплення на місцевості	2)	2)
*	3) устінах будівель	3)	3)
*	4) на кутах капітальних будівель (координовані кути)	4)	4)

№	НАЗВА ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТІВ	УМОВНІ ЗНАКИ	
		1:5 000, 1:2 000	1:1 000, 1:500
	5) репери та марки скельні (в чисельнику дробу - номер знака, в знаменнику - позначка головки репера або центру марки)	<p>3,5  <math>\frac{285}{1187,11}</math></p> <p>5)  <math>\frac{278}{1152,38}</math></p>	<p>5)  <math>\frac{278}{1152,38}</math></p>
*	6) репери та марки стінні	<p>6)  <math>\frac{264}{4 \text{ НДН}}</math></p>	<p>6)  <math>\frac{264}{4 \text{ НДН}}</math></p>
*	7) репери тимчасові	<p></p>	<p>7) тимч. <math>\frac{15 \frac{617,96}{2,0}}{617,5}</math></p>
11	Перетин ліній координатної сітки [44]	<p> <math>\frac{3,0}{3,0}</math></p>	<p> <math>\frac{3,0}{3,0}</math></p>

№	НАЗВА ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТІВ	УМОВНІ ЗНАКИ	
		1:5 000, 1:2 000	1:1 000, 1:500
72 *	Лінійні об'єкти геологорозвідувального призначення [120,121]:  1) лінії розвідувальних геологічних шурфів 2) лінії розвідувальних геологічних свердловин 3) канали геологічні 4) валики уздовж геологічних каналів		
73 *	Свердловини розвідувальні експлуатаційні і допоміжні (нафтові, газові та ін.), їх призначення та номери - в чисельнику дробу, позначка висот - у знаменнику [120-123]:  1) свердловини глибокого буріння 2) свердловини глибиною менше 500м 3) свердловини заглушені		
74	Свердловини, розташовані куцем [120-122,124]		
75	Відвали породи - терикони тощо (цифри - позначки і відносні висоти в метрах) [125,126]		
76	Розробки відкриті твердих корисних копалин (кар'єри тощо), матеріал добування (цифри - глибини в метрах) [127-130]		



Упорядник:  
**Тельнов Вячеслав Геннадійович**

**Навчальна практика (геодезична)**  
Методичні вказівки до виконання навчальної практики (геодезичної) для  
бакалаврів спеціальності 184 Гірництво

Редактор

Підписано до друку .....Формат 30x42/4  
Папір офсетний. Ризографія. Ум. друк. арк. 2,7.  
Обл.-вид. арк. 2,7. Тираж ....пр. Зам. №

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

49005, м Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19