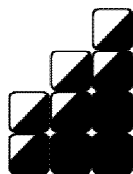


Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»



**ДНІПРОВСЬКА  
ПОЛІТЕХНІКА  
1899**

**ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА**  
*Кафедра геодезії*

**Навчальна практика (геодезична)**

Методичні вказівки до виконання навчальної практики (геодезичної) для  
бакалаврів спеціальності 185 Нафтогазова інженерія та технології

Дніпро  
НТУ «ДП»  
2019

**Навчальна практика (геодезична).** Методичні вказівки до виконання навчальної практики (геодезичної) для бакалаврів спеціальності 185 Нафтогазова інженерія та технології / Упоряд.: А.В. Зуска, О.Є. Янкін; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро: НТУ «ДП», 2019. – 47 с.

Упорядники:

А.В. Зуска, канд. техн. наук, доц.;

О.Є. Янкін, канд. техн. наук, доц. .

Затверджено методичною комісією за напрямом підготовки 6.080101 Геодезія, картографія та землеустрій (протокол № 1 від 30.08.2019) за поданням кафедри геодезії (протокол № 1 від 30.08. 2019).

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, обчислення проектних геометричних елементів для виносу запроектованої свердловини в натуру за допомогою теодоліта й нівеліра.

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 185 Нафтогазова інженерія та технології.

Відповідальний за випуск завідувач кафедри геодезії

В.В. Рябчій, канд. техн. наук, доц.

## ЗМІСТ

1	ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПРАКТИКУ	4
1.1	Мета і завдання навчальної геодезичної практики	4
1.2	Організація практики	4
1.3	Забезпеченість геодезичними приладами та правила поведження з ними	5
1.4	Питання для самоконтролю	7
2	ПОВІРКИ ТА ЮСТИРОВКИ ГЕОДЕЗИЧНИХ ПРИЛАДІВ	8
2.1	Загальні відомості	8
2.2	Повірки теодоліта	8
2.3	Повірки нівеліра	13
2.4	Компарування мірних стрічок і рулеток	16
2.5	Питання для самоконтролю	17
3	ГЕОДЕЗИЧНІ ВИМІРИ ПРИ ТОПОГРАФІЧНИХ ЗЙОМКАХ І ІНЖЕНЕРНО -ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБОТАХ	18
3.1	Загальні відомості	18
3.2	Вимірювання довжин ліній	19
3.2.1	Вимірювання довжин ліній землемірною стрічкою	19
3.2.2	Вимірювання довжин ліній нитяним далекоміром	20
3.3	Вимірювання горизонтальних кутів способом прийомів	22
3.4	Вимірювання кутів нахилу (вертикальних кутів)	24
3.5	Вимірювання перевищень	25
3.5.1	Вимірювання перевищень методом геометричного нівелювання	25
3.5.2	Вимірювання перевищень методом тригонометричного нівелювання	26
3.6	Питання для самоконтролю	27
4	ТОПОГРАФІЧНА ЗЙОМКА ДІЛЯНКИ МІСЦЕВОСТІ	28
4.1	Загальні положення	28
4.2	Знімальна основа	28
4.2.1	Розвиток планової знімальної мережі теодолітними ходами	28
4.2.2	Обчислення координат точок теодолітних ходів	32
4.2.3	Визначення висот точок знімальної мережі геометричним нівелюванням	38
4.2.4	Питання для самоконтролю	42
5	ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНІ ЗАДАЧІ	43
5.1	Винесення проекту свердловини на місцевість	43
5.1.1	Проектування свердловини на топографічній основі	43
5.1.2	Геодезична прив'язка проекту свердловини відносно точок знімальної мережі	44
5.1.3	Побудова розмічувального креслення для винесення проекту свердловини на місцевість	45
5.1.4	Винесення запроектованої свердловини на місцевість	45
5.2	Питання для самоконтролю	46
	СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	46

# 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПРАКТИКУ

## 1.1. Мета і завдання навчальної геодезичної практики

Навчальна геодезична практика (геодезична) є завершальним етапом у вивченні курсу геодезії і має на меті закріпити та поглибити теоретичні знання, отримані студентами.

У практичній діяльності спеціалістам нафтогазової інженерії та технологій прийдеться розв'язувати найрізноманітніші завдання на топографічних планах і картах, на планах гірничих робіт і іншій графічній документації, отриманої за результатами геодезичних робіт. Відомо, що найбільш грамотно розв'язують задачі на зазначених графічних зображеннях спеціалісти, які знайомі з способами їх побудови. Тому *завдання навчальної практики (геодезичної)* полягає в тому, щоб кожен студент навчився працювати з геодезичними приладами, самостійно виконувати топографічну зйомку ділянки місцевості, складати 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 по університету терміни та за 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 житловим приміщенням, 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 в складі 4 – 5 студентів, склад якої не змінюється протягом всієї 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 в бригаді;
- ведення щоденника практики;
- дотримання встановлених термінів виконання завдань;
- забезпечення акуратного ведення польових журналів, абрисів і іншої технічної документації всіма членами бригади.

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

- дотримуватися встановленого на полігоні розпорядок 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 по практиці. 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, головок й ніжок штативів;

- на справність рівнів;
- на плавність обертання кремальєри та плавність ходу рухомих частин приладу, підйомних, закріпних і навідних гвинтів;
- на справність нівелірних рейок, рулетки та мірної стрічки.

Якщо в приладі порушена плавність ходу будь-якої рухомої частини та відбувається «заїдання», не слід докладати фізичного зусилля, щоб його усунути. Для усунення несправності слід звернутися до свого керівника або навчального майстра.

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 правила поведіння з приладами.

1. Не можна застосовувати зусилля, якщо прилад трудно виймається з ящика або металевого футляра; слід виявити та усунути причину цього.

2. Теодоліт слід 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 гніздах і способи їх закріплення, відкріпити всі закріпні гвинти, після чого встановити прилад в ящик. Для укладання теодоліта 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 слід 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 слід переносити в складеному вигляді та в такому положенні, щоб не стиралася фарба поділок і цифр.

У разі поломки приладу або втрати його бригада зобов'язана повідомити про це свого керівника та скласти акт, виклавши в ньому причину та обставини, які стали причиною поломки приладу або втрати приналежності. 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 польової частини практики прилади та приналежності до них в чистому вигляді здаються на склад.

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

1. Мета навчальної практики (геодезичної).
2. Які 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 всі геодезичні прилади підлягають повіркам, а при необхідності, юстируванню (виправленню). *Повірками називають дії, в результаті яких, встановлюється взаємне розташування геометричних осей приладу та 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 або навчального майстра кафедри геодезії.

### 2.2. Повірки теодоліта

Для виконання повірок теодоліт кріпиться становим гвинтом до головки (площадки) встановленого на землі штатива. Теодоліт має задовольняти наступні геометричні умови.

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

*Порядок виконання повірки.*

Підйомними гвинтами встановлюють горизонтальний круг теодоліта приблизно в горизонтальне положення. Циліндричний рівень встановлюють за напрямком двох підйомних гвинтів і, обертаючи їх одночасно в різні сторони, виводять бульбашку рівня на середину (в нуль-пункт). Потім відкріплюють закріпний гвинт аліади, повертають верхню частину теодоліта на  $90^\circ$ , при необхідності третім підйомним гвинтом бульбашку знову виводять на середину. Якщо, після повороту верхньої частини теодоліта на  $180^\circ$  бульбашка залишився в центрі ампули або змістився не більше ніж на одну поділку, тоді умова виконана. В протилежному випадку виконують юстування рівня.

*Порядок юстирування.* Виправними гвинтами рівня бульбашку переміщують на половину дуги відхилення ближче до нуль-пункту. Підйомними гвинтами, за напрямком яких розташований рівень, виводять бульбашку на середину. Для контролю знову повертають верхню частину теодоліта на  $180^\circ$ . Якщо після цього повороту відхилення бульбашки від нуль-пункту буде не більше однієї поділки, *юстирування вважається виконаним.*

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



виконується, тоді візирна вісь і вісь обертання труби *НН* складають деякий кут *С*, який називають колімаційною похибкою.

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

$$C = \frac{KP - KL}{2}.$$

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

*Приклад 1.* Перевірка теодоліта *2Т30М*.

Результати вимірювань:

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

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

Отже теодоліт вимагає юстирування.

*Порядок юстировки.* Обчислюють правильний відлік за формулами

$$KL' = KL + C,$$

$$KP' = KP - C.$$

У прикладі:

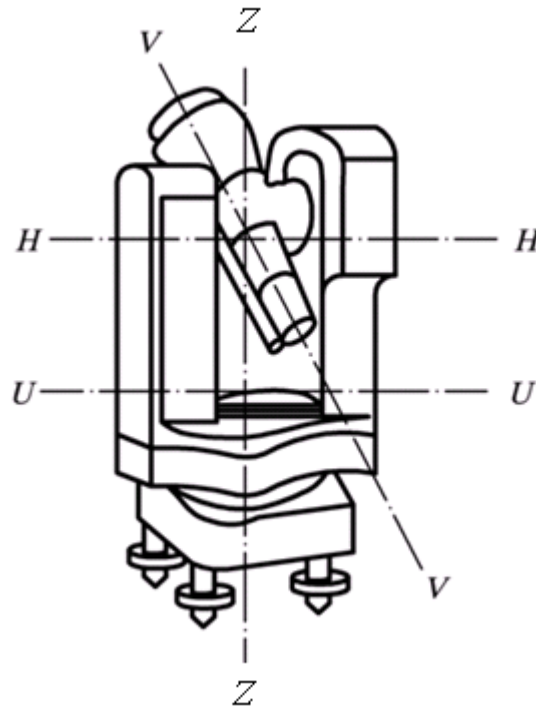
$$KP' = 256^{\circ}44,6' - (-00^{\circ}01,6') = 256^{\circ}46,2';$$

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

Юстирування роблять при будь-якому положенні вертикального круга відносно зорової труби. Встановлюють правильний відлік на горизонтальному крузі. При цьому вертикальна нитка сітки віддаляється з точки візування. Необхідно знову навести вертикальну нитку сітки на цю ж точку за допомогою виправних гвинтів сітки ниток. Для цього відгвинчують ковпачок, що закриває виправні гвинти сітки ниток, послаблюють вертикальні гвинти *і*, діючи

горизонтальними виправними гвинтами, поєднують вертикальну нитку з зображенням точки. 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*

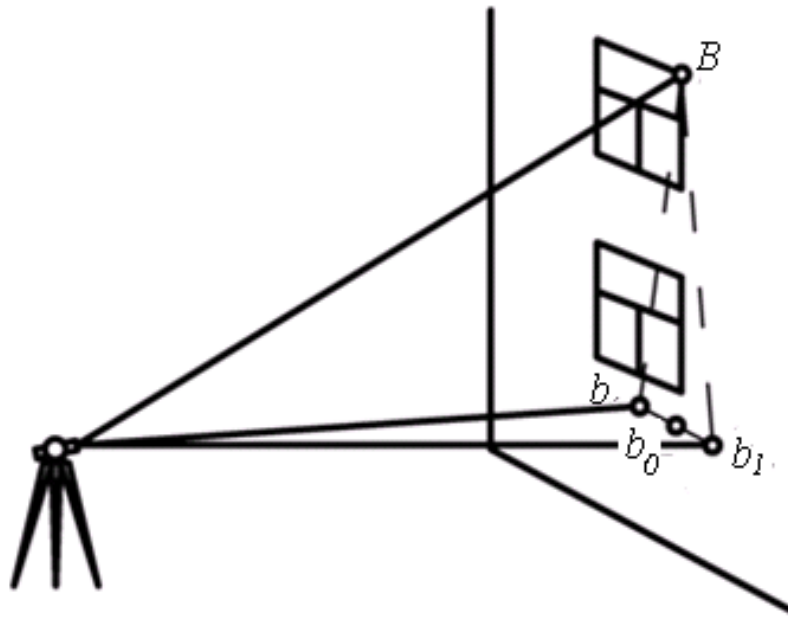
*Порядок виконання перевірки.*

Встановлюють теодоліт на відстані 20 – 30 м від стіни будівлі. призводять вісь теодоліта в прямовисне положення. Закріплюють лімб, наводять перехрестя сітки на добре видиму та високо розташовану точку  $B$  (рис.2.2) на стіні будівлі (напрямок на цю точку має становити з горизонтом кут  $30 - 40^\circ$ ), закріплюють алідаду, опускають трубу до горизонтального положення та відзначають на стіні проекцію точки  $b$  в перехресті сітки.

Переводять трубу через zenit, відкріплюють алідаду, знову візують на точку  $B$ , закріплюють алідаду. Опускають трубу до рівня зазначеної раніше точки  $b$  та відзначають проекцію  $b_1$  на перехресті сітки. Якщо відстань між проекціями  $b$  і  $b_1$  не більше ширини бісектора сітки ниток або співвідношення відрізків

$$\frac{bb_0}{Bb_0} \leq \frac{1}{6000},$$

( $b_0$  – середина відрізка  $bb_1$ ), тоді умова виконана.



*Рис. 2.2. Схема перевірки перпендикулярності вісі обертання труби та вертикальної осі обертання теодоліта*

*Порядок юстирування.* При необхідності юстирування виконується в майстерні.

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

*Порядок виконання перевірки.*

*Перший спосіб.* Приводять вісь обертання теодоліта в прямовисне положення та середню горизонтальну нитку сітки наводять на добре видиму точку місцевості. Обертанням навідного гвинта аліади 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, відпускають 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 бути рівним нулю або близьким до нуля. Місцем нуля називають відлік на вертикальному крузі для горизонтального положення візирної осі зорової труби.

*Порядок виконання повірки.*

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 лежить вище горизонту. При цьому стежать, щоб бульбашка рівня на горизонтальному крузі при наведенні на точку була на середині. Беруть відлік на вертикальному крузі *КЛ*. Переводять трубу через зеніт і для вертикального круга *КП* в тому ж порядку з дотриманням указаних вище вимог, беруть відлік *КП*.

Місце нуля *МО* і кут нахилу  $\nu$  променя візування обчислюють за такими формулами.

Для теодолітів *ТЗО, 2ТЗОМ*:

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

При обчисленні *МО* і  $\nu$  за наведеними вище формулами до відліків, меншим  $90^\circ$ , додають  $360^\circ$ .

Для теодолітів *2ТЗО, 2ТЗОП, 2Т5К*:

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

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

*Приклад I.* Повірити теодоліт *2ТЗОМ*.

Отримані відліки:

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

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

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

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

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

*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 по вертикалі оправу сітки ниток. Виправлення зручно проводити, коли вертикальний круг знаходиться зліва  $KL$ . Візирну вісь 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*,  $-4^{\circ}34,3'$ ). При цьому горизонтальна нитка сітки зміститься з точки спостереження. Діючи вертикальними виправними гвинтами сітки поєднують нитку з спостережуваної точкою. Після виправлення повторно визначають місце нуля.

### 2.3. Повірки нівеліра

На навчальній практиці студенти користуються двома типами нівелірів: нівеліри з циліндричним рівнем, сполученим наглухо з трубою та елеваційним гвинтом ( $H-3$ ,  $HB-12$ ) і нівеліри з самоустановлювальною лінією візування (компенсатором). У цих нівелірів 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 необхідно зняти кришку, що прикриває виправні гвинти сітки, послабити кріпильні гвинти і, після повороту, знову їх закріпити. Для контролю перевірку повторюють.

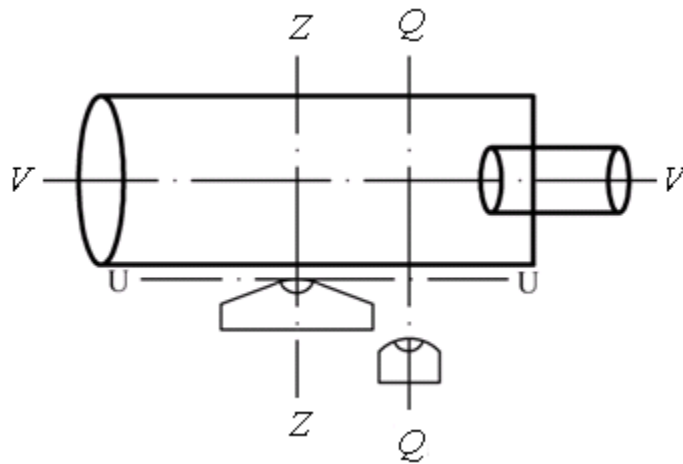


Рис. 2.3. Основні осі нівеліра

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.* Перірку 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  $B$  встановлюють 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  $b_2$ .

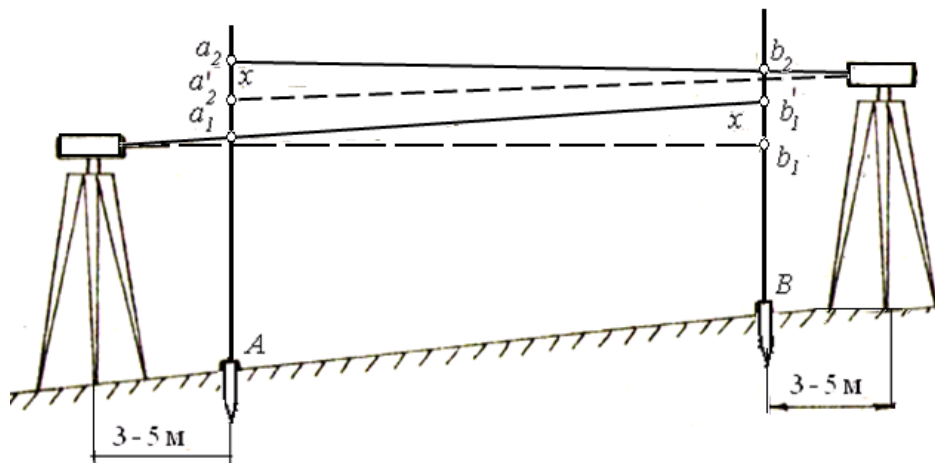


Рис. 2.4. Схема перевірки головної умови нівелірів

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  $a'_2$ , після чого

вертикальними виправними гвинтами рівня переміщують зображення кінців бульбашки 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 якого 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 в 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 ВИМІРИ ПРИ ТОПОГРАФІЧНИХ ЗЙОМКАХ І ІНЖЕНЕРНО -ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБОТАХ

#### 3.1. Загальні відомості

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

- довжин ліній (відстаней) між точками;
- горизонтальних кутів, укладених між проекціями ліній місцевості на горизонтальну площину;
- кутів нахилу лінії (вертикальних кутів), укладених між лінією місцевості і 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 закріплюють точки знімальної мережі, точки траси (пикети, плюсові точки, точки кривих), вершини квадратів для зйомки ділянки за квадратами, запроектовані свердловини та інші точки, які використовуються як опорні при зйомках або при виконанні інженерно-геодезичних робіт.

Не закріплюють на місцевості характерні точки рельєфу та контури ситуації на яких, для зйомки рельєфу та подробиць, 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, кришки 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 або додатково ставлять ще одну віху. Вимірювання ліній на місцевості *землемірною стрічкою* 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.

Коли всі шпильки комплекту виставлені, задній мірник передає передньому зібрані ( $N - 1$  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.

Виміряну 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.

Лінію вимірюють в прямому  $D'_{np}$  і оберненому  $D'_{об}$  напрямках. Різниця  $\Delta D' = D'_{np} - D'_{об}$  не повинна перевищувати 1: 2000 вимірюваної довжини.

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

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

У виміряну 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.

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

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

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

Довжину лінії слід виміряти повторно. Після повторного вимірювання отримано:

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

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

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

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 1/300.

Для вимірювання відстані між двома точками на одній з них встановлюють теодоліт, а на іншій рейку (рис.3. І). Візують на рейку та навіднім гвинтом зорової труби наводять верхню далекомірну нитку на дециметровий відлік  $a_1$ , наприклад 10 дм, а на нижній нитці беруть відлік  $a_2$ . 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) залежно від типу теодоліта.

Шукану відстань отримують з рівняння

$$D = K l \cos v + C, \quad (3.2)$$

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

$$d = D \cos v \quad (3.3)$$

*Приклад.* Нехай довжина похилої лінії вимірювалася нитяним далекоміром теодолітом  $2T30M$  ( $K = 100$ ):  $l = (a_1 - a_2) = (100 - 182,4) \text{ см} = 82,4 \text{ см}$  – 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).

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

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

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

$$D = K l = 100 \cdot 82,4 \text{ см} = 82,4 \text{ м.}$$

Горизонтальне прокладення обчислюють за формулою (3.3).

$$d = D \cos v = 82,4 \cdot 0,99199 = 81,7 \text{ м.}$$

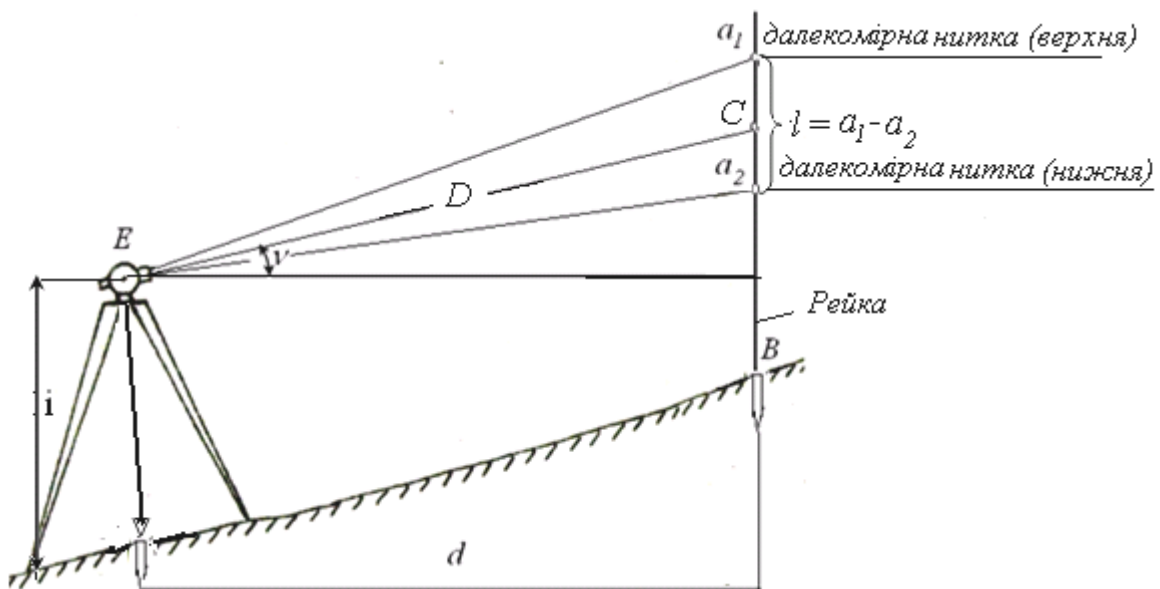


Рис. 3.1. Вимірювання довжини лінії нитяним далекоміром

### 3.3. Вимірювання горизонтальних кутів способом прийомів

Для вимірювання горизонтального кута  $\beta_2$  (рис. 3.2) теодоліт встановлюють так, 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 такий послідовності.

Штатив над точкою попередньо встановлюють таким чином, щоб поверхня його головки (площинки) була приблизно горизонтальна, а центр дірки головки розташовувався над вершиною кута. До станового гвинта прикріплюють висок, довжину нитки якого підбирають так, щоб загострений кінець виска розташовувався трохи вище кілочка на вершині кута. Послаблюють становий 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 окулярної трубочки домагаються 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 такий послідовності.

1. Відкріплюють алідаду, наводять зорову трубу на точку I спочатку наближено – за допомогою візирів на корпусі труби, а потім точно – за

допомогою навідного гвинта алідади. Беруть відлік  $a$  на горизонтальному крузі. Відлік записують у журнал вимірювання горизонтальних кутів (табл. 3.1).

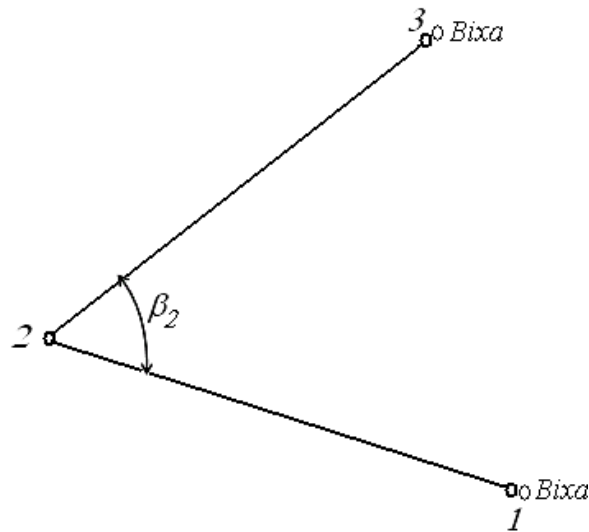


Рис. 3.2. Схема вимірювання горизонтального кута

2. Послабивши закріпний гвинт алідади та, обертаючи її проти годинникової стрілки візують зорову трубу на точку 3, беруть відлік  $b$  і записують його журнал (табл. 3.1).

Обчислюють значення виміряного горизонтального кута  $\beta$  в першому напівприйомі ( $KЛ$ ) за формулою (3.4)

$$\beta = a - b. \quad (3.4)$$

*Примітка.* Якщо відлік  $a$  менше відліку  $b$ , 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  $KП$ .

Обчислюють значення горизонтального кута в другому напівприйомі ( $KП$ ) за тією ж формулою (3.4).

Значення кутів в напівприйомах повинні відрізнитися між собою на величину, не більшу подвоєної точності відлікового пристрою. 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 та напрямком променя візування на точку спостереження наприклад, точка *C*.

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 12631

Спостерігав: Сидоров І.І.

Обчислював: Петров Н, Н.

Точки		Відлік на горизонтальному кругу		Значення кута з напівприйому		Середнє значення кута	
Стояння	Візування	°	'	°	'	°	'
2		<i>КЛ</i>					
	1	35	43,2	50	49,8		
	3	344	53,6				
		<i>КП</i>				50	49,8
	1	215	42,71	50	48,9		
	3	64	53,8				

**3.4. Вимірювання кутів нахилу (вертикальних кутів)**

Вимірювання вертикальних кутів теодолітом проводиться в такій послідовності:

– зорову трубу наближено наводять на точку *C* (див. рис. 3.1) 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 *КЛ*;

– аналогічну дію повторюють для правого положення вертикального круга, та беруть другий відлік *КП*;

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

Приклад визначення кута нахилу візирного променя теодоліта наведено в п. 2.1. Щоб виміряти кут нахилу лінії на місцевості (рис.3.1, 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 і нівелірних рейок. Перевищення визначають найчастіше способом "з середини" (рис. 3.4), оскільки він як по точності і надійності, так і по продуктивності праці значно перевершує спосіб нівелювання "вперед".

Нівелір встановлюють на рівному віддаленні від задньої і 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  $v_ч$ ;

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

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

Перед кожним відліком обертанням елеваційного гвинта наводять бульбашку рівня в нуль-пункт (для рівневих нівелірів).

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.

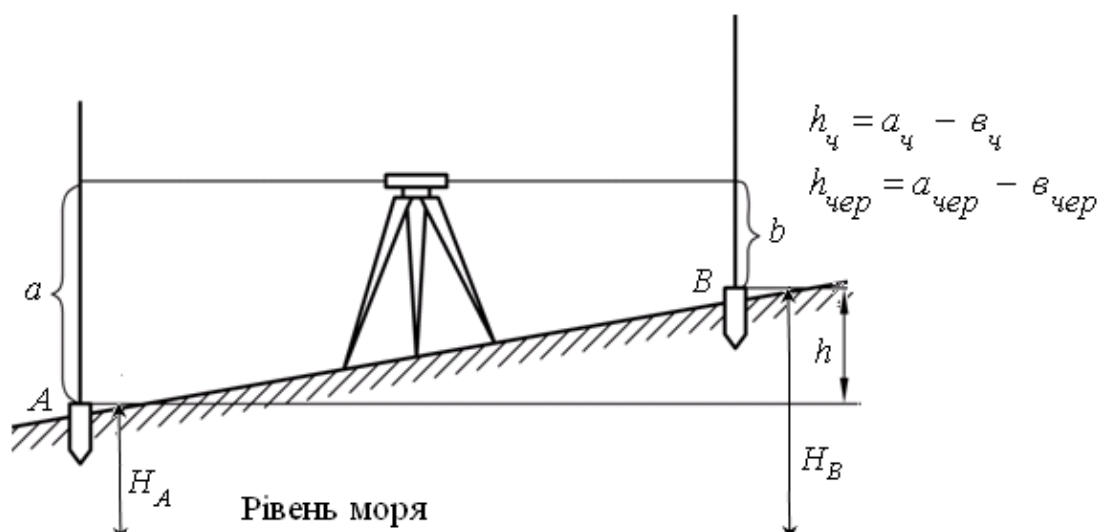


Рис. 3.4. Схема геометричного нівелювання із середини

## Журнал технічного нівелювання

Дата 1.07. 2019 р.

Нівелір № 17456

Спостерігав: Сидоров І.І.

Обчислював: Петров Н.Н.

№ станції	Назва точки	Позначки на рейці, мм			Перевищення, мм	Середнє перевищення, мм
		задній	передній	проміжний		
12	9	1460 6247			152	153
	10		1406 6195		154	

### 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.3.5).

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.

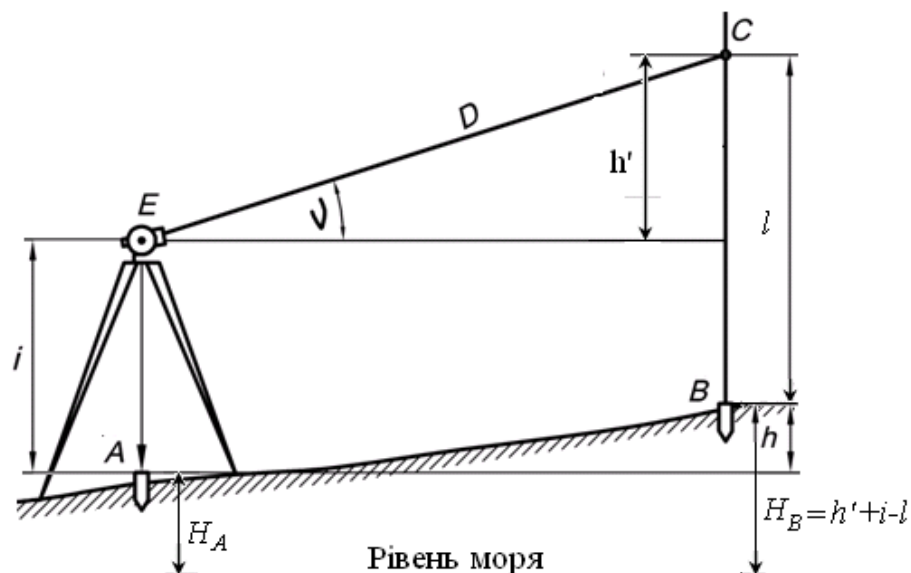


Рис. 3.5. Схема тригонометричного нівелювання

На станції  $A$  рулеткою або рейкою вимірюють висоту теодоліта  $i$  від верху кілочка до осі обертання зорової труби з точністю до  $0,01$  м. З такою ж

точністю вимірюють висоту візування  $V$  на рейці в точці  $B$ . Нитяним далекоміром вимірюють відстань  $D$  від осі обертання зорової труби до точки наведення  $C$ .

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

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

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

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

### 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,  $KII$ ?
8. Як вимірюється кут нахилу (вертикальний кут) між точками теодолітом?
9. Які беруть відліки для виконання тригонометричного нівелювання?  
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 роблять 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 I 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:

– замкнутий або розімкнутий ходи з відносною похибкою 1:2000, що спираються на пункти мереж згущення та державної геодезичної мережі;

– розімкнуті ходи другого порядку з відносною похибкою 1:1000, що спираються на точки теодолітного ходу першого порядку.

Типові схеми побудови теодолітних ходів показані на (рис. 4.1):

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.

Роботи зі створення знімальної мережі теодолітними ходами діляться на польові та камеральні.

*Польові роботи.* Для прокладки теодолітних ходів необхідні наступні прилади та приналежності: теодоліт, мірна стрічка, 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).

Під час рекогносцировки знаходять пункти геодезичної мережі, переконуються в їх збереження і встановлюють найбільш доцільне розташування проєктованих точок знімальної мережі (теодолітних ходів), що забезпечує зручність зйомки контурів і предметів місцевості.

Точки знімальної мережі закладають в таких місцях, щоб була забезпечена взаємна видимість на суміжних точках і щоб зручно було вимірювати відстані між ними. Якщо дані умови досягнуто, тоді точки знімальної мережі закріплюють дерев'яними кілочками врівень із землею. Для забезпечення зручності при знаходженні, точки обкопують 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.

При проєктуванні теодолітних ходів необхідно керуватися вимогами, що пред'являються до них і враховувати допустимі відстані від приладу до контурів, які вимірюються (табл.4.1).

У теодолітному ході вимірюють праві за ходом горизонтальні кути між сторонами, відстані між точками (довжини сторін) і кути нахилу сторін, якщо кут нахилу більше 3°. Вимірювання проводять за правилами, викладеним в п. 3.

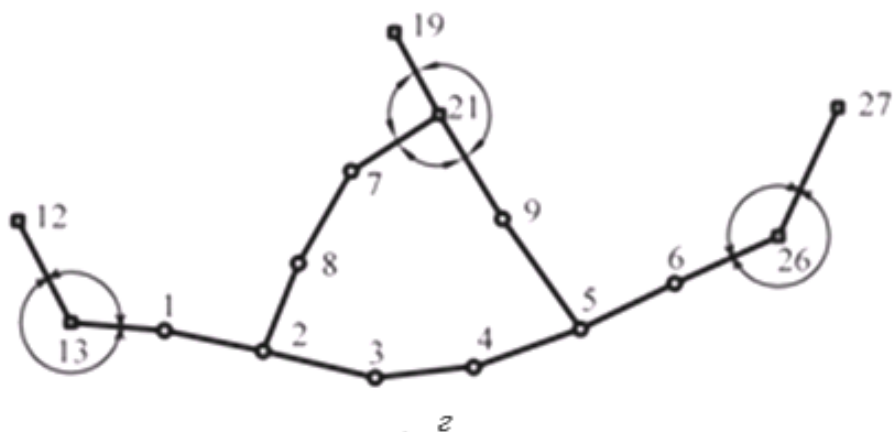
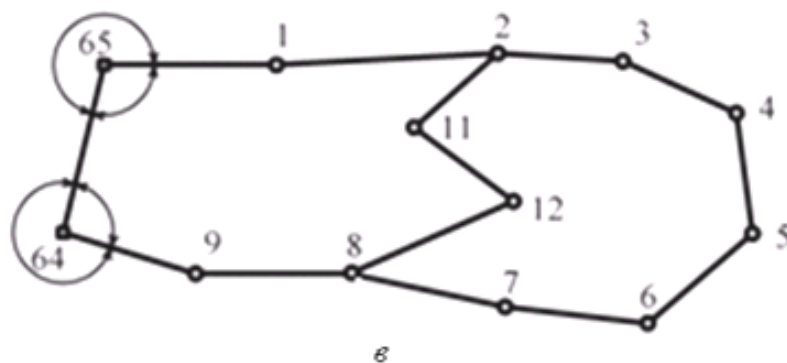
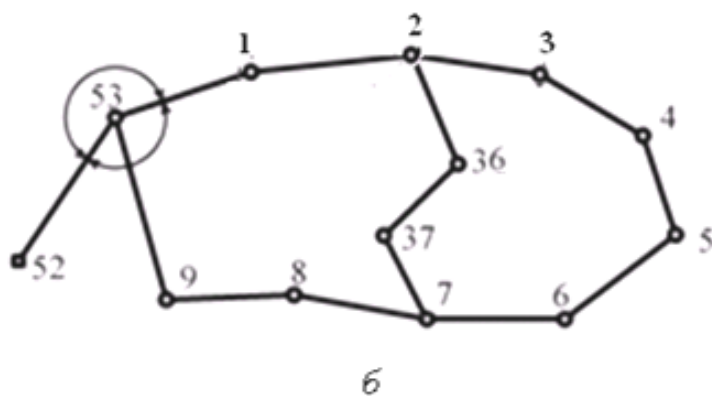
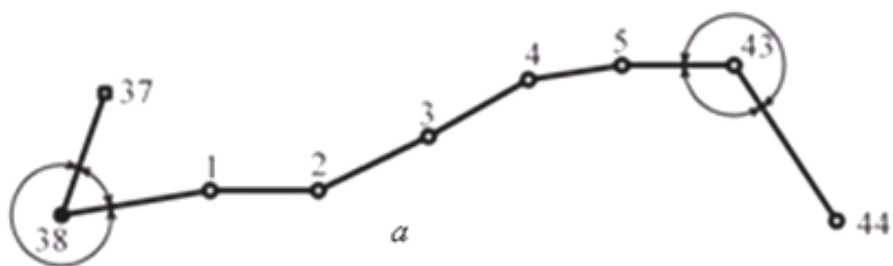


Рис. 4.1. Типові схеми теодолітних ходів: а – розімкнутий хід, який спирається на дві сторони вищого класу; б – замкнутий хід, який спирається на один вихідний пункт і вихідний напрямок; в – замкнутий хід, який спирається на два вихідних пункти; г – система ходів, що спираються на вихідні пункти, з декількома вузловими точками

Кутові вимірювання виконують теодолітом технічної точності. Довжини сторін вимірюють мірною стрічкою або рулеткою. Результати вимірювань записують у польовий журнал. Зразок запису наведено в табл.3.1.

*Камеральні роботи.* Камеральна обробка результатів польових вимірювань полягає в наступному:

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

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 I порядку	0,6	1,2	2
- ходи 2 порядку	0,3	0,5	1
б) на залісненій території			
- ходи I порядку	-		
- ходи 2 порядку	-		
Допустимі відносні нев'язки			
- в ходах I 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 I і 2 порядків, $n$ – число кутів в ході	$1'\sqrt{n}$	$1'\sqrt{n}$	$1'\sqrt{n}$

*Перевірка обчислень в польовому журналі.* Перевіряють всі записи в польовому журналі та правильність обчислення значень кутів в напівприйомах і їх середні значення, правильність середніх значень вимірюваних довжин ліній, обчислень горизонтальних прокладань похилих ліній й неприступних відстаней (якщо такі лінії є в теодолітному ході).

*Складання схеми знімальної основи.* Складають схему (за вимірюваними горизонтальними кутами та довжинами сторін) в довільному масштабі на аркуші А4 (рис.4.2). На схему наносять вихідні геодезичні пункти та точки теодолітного ходу, виписують вихідні дані (координати вихідних пунктів і дирекційний кут вихідної сторони), середні значення вимірюваних кутів з

точністю до 0, 1, горизонтальні прокладання довжин сторін з точністю до 0,01 м. 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 теодолітних ходів.

Координати точок теодолітних ходів. Обчислюють в наступній послідовності: спочатку обчислюють координати точок теодолітного ходу 1 порядку, потім координати точок теодолітного ходу 2 порядку, якщо такий є.

Вихідними даними для обчислень є виміряні в вершинах (точках) теодолітного 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 теодолітного хода* (рис. 4.1).

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

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

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

$$\Sigma\beta_{т} = 180 - (n - 2), \quad (4.1)$$

де  $n$  – кількість виміряних кутів.

Знаходять кутову нев'язку в замкнутому ході

$$f_{\beta} = \Sigma\beta_{н} - \Sigma\beta_{т} \quad (4.2)$$

і порівнюють її з допустимою кутовою нев'язкою

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



Якщо фактична нев'язка перевищує допустиму, треба перевірити середні кути в польовому журналі, а якщо не виявилися похибки в журналі, тоді проводять повторні вимірювання кутів.

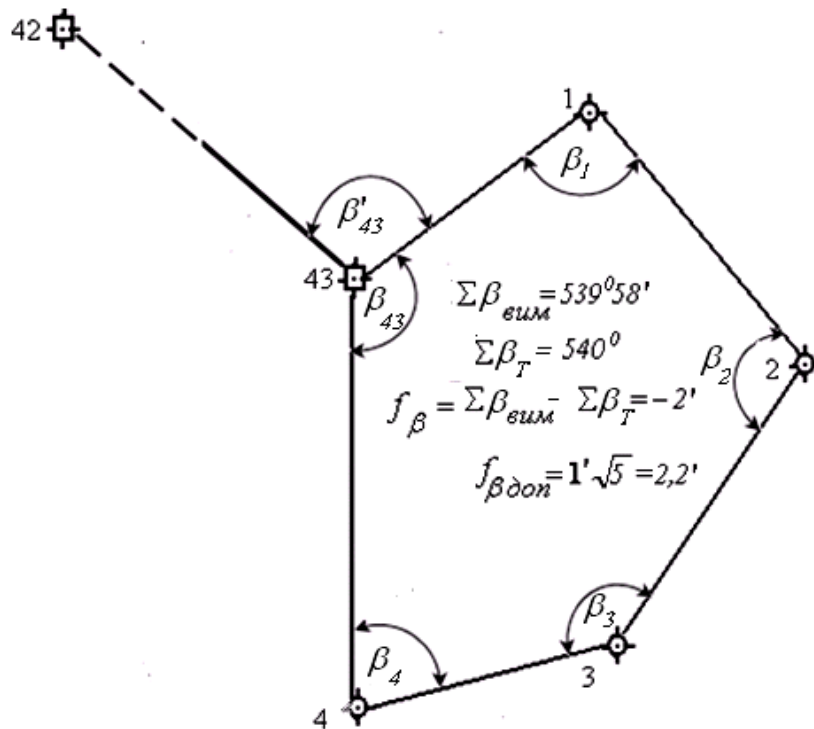


Рис. 4.2. Схема знімальної мережі

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

Контролем правильності обчислення дирекційних кутів в замкнутому теодолітному ході є отримання в кінці обчислень дирекційного кута вихідної сторони.

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

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

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

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

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

$$f_{abc} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}.\tag{4.7}$$

9. Обчислюють допустиму відносну лінійну нев'язку, яка не повинна перевищувати 1/2000

$$f_{доп} = \frac{f_{abc}}{P} = \frac{1}{P/f_{abc}} \leq \frac{1}{2000},\tag{4.8}$$

де  $P$  – периметр довжин теодолітного ходу.

Якщо відносна нев'язка виявиться більше 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  $v_x$  і  $v_y$  записують

червоним кольором над обчисленими приростами. Поправки обчислюють за формулами:

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

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

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

12. Обчислюють координати точок теодолітного ходу:

$$\begin{aligned} X_n &= X_{n-1} + \Delta X_{\text{вим}}, \\ Y_n &= Y_{n-1} + \Delta Y_{\text{вим}}. \end{aligned} \tag{4.9}$$

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. 4.2)*

І. Червоним кольором виписують в відомість обчислення координат розімкнутого ходу вихідні дані: дирекційні кути початкової  $\alpha_{\text{поч}}$  і кінцевої  $\alpha_{\text{кін}}$  вихідних сторін і координати початкової  $X_{\text{поч}}, Y_{\text{поч}}$  та кінцевої  $X_{\text{кін}}, Y_{\text{кін}}$  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).

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

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.

Відомість обчислення координат точок замкнутого теодолітного ходу

Горизонтальні кути (прві)					Горизонтальне прокладення, м	Прирости координат, м				Координати, м		№ точки		
№ точки	Виміряні		Виправлені			Дирекційні кути	Обчислені		Виправлені		X		Y	
	°	'	°	'			$\Delta X$	$\Delta Y$	$\Delta X$	$\Delta Y$				
42												42		
43	228	14	228	14	324	48					8368,74	6688,86	43	
1	115	08	115	08	276	34	151,58	+ 17,33	- 150,59	+ 17,32	- 150,60	8386,06	6538,26	1
2	112	35	112	35	341	26	120,20	+ 113,93	- 38,31	+ 113,92	- 38,31	8499,98	6499,95	2
3	125	43	125	43	48	51	164,24	+ 108,11	+ 123,64	+ 108,10	+ 123,63	8608,08	6623,58	3
4	76	28	76	29	103	08	170,36	- 38,66	+ 165,92	- 38,68	+ 165,91	8569,40	6789,49	4
43	110	04	110	05	206	39	224,46	- 200,64	- 100,62	- 200,66	- 100,63	8368,74	6688,86	43
1					276	34								
					P= 830,84									

$f_x = 0,07 \text{ м}, f_y = 0,04 \text{ м},$   
 $f_{абс} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{0,07^2 + 0,04^2} = 0,08 \text{ м},$   
 $f_{від} = \frac{0,08}{830,84} = \frac{1}{10386}, f_{дон} < \frac{1}{2000}$

$\Sigma \beta_{вим} = 539^\circ 58'$   
 $\Sigma \beta_T = 540^\circ 00'$   
 $f_\beta = -0^\circ 02'$   
 $f_{\beta дон} = 1 \cdot \sqrt{5} = \pm 2,2'$

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

4. Обчислюють дирекційні кути за (4.4) сторін ходу. Контролем правильності обчислення дирекційних кутів в розімкнутому ході є отримання в кінці обчисленого дирекційного кута кінцевої сторони.

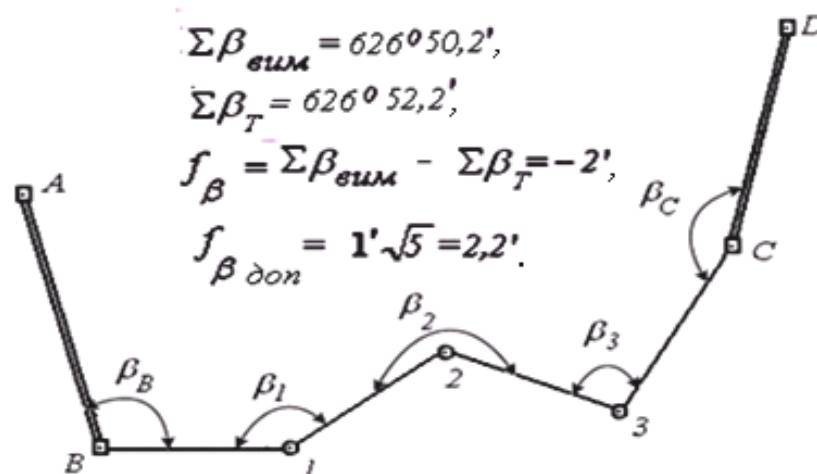


Рис. 4.2. Схема розімкнутого теодолітного ходу

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

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

Таблиця 4.3

Відомість обчислення координат точок розімкнутого теодолітного ходу

№ точки	Горизонтальні кути (прв)				Дирекційні кути	Горизонтальне прокладення, м	Прирости координат, м				Координати, м		№ точки				
	Вимірні		Виправлені				Обчислені		Виправлені		X	Y					
	+	-	+	-			+	-	+	-							
A													A				
B	97	25,0	97	25,4	225	35,0						52138,20	33175,80	B			
1	125	11,5	125	11,9	308	09,6	99,85	+	61,69	-	78,51	61,71	-	78,56	52199,91	33097,24	1
2	216	12,0	216	12,4	2	57,7	203,30	+	203,03	+	10,50	203,07	-	10,41	52402,98	33107,65	2
3	67	41,7	67	42,1	326	45,3	199,60	+	166,93	-	09,42	166,97	-	109,51	52569,95	32998,14	3
C	120	20,0	120	20,4	79	03,2	101,25	+	19,23	+	99,41	19,25	-	99,36	52589,20	33097,50	C
D					138	42,8											D
						$\sum d = 604,00$ м											

$$\sum \beta_{вим} = 626^\circ 50,2',$$

$$\sum \beta_T = 626^\circ 52,2',$$

$$f_\beta = \sum \beta_{вим} - \sum \beta_T = 626^\circ 50,2' - 626^\circ 52,2' = -2,0',$$

$$n = 5, f_{\beta_{дон}} = 1' \sqrt{n} = 1' \sqrt{5} = 2,2',$$

$$\sum \Delta X_{обч} = 450,88 \text{ м}, \quad \sum \Delta Y_{обч} = -78,02 \text{ м},$$

$$\sum \Delta X_T = 451,00 \text{ м}, \quad \sum \Delta Y_T = -78,30 \text{ м},$$

$$f_x = -0,12 \text{ м}, \quad f_y = 0,28 \text{ м},$$

$$f_{абс} = \sqrt{0,12^2 + 0,28^2} = 0,30 \text{ м},$$

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

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 подібно до того, як в замкнутому ході. 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  $X_{кін}, Y_{кін}$ .

#### 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. І.

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 5 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, що опирається на два репера (на початку і в кінці ходу).

а) *Замкнутий хід.*

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

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

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

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

де  $L$  – довжина ходу в км.

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

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

та виписують їх величини в міліметрах над значеннями перевищень.

Для контролю правильності розподілу підраховують суму поправок. Вона повинна дорівнювати нев'язці з протилежним знаком  $-\left[ g_h \right] = f_h$ .

3. Обчислюють виправлені значення перевищень за формулою:

$$h_{вин} = h_i + g_{h_i}. \quad (4.14)$$

4. Виписують в журнал червоним кольором висоту вихідного репера.

5. Обчислюють висоти точок ходу за формулою:

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

де  $H_{n+1}$  і  $H_n$  – висоти відповідно наступної і попередньої точок ходу;  $h_{вин}$  – 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 хода

Місце роботи с. Орлівщина  
Спостерігач Петренко О.П.

Дата 02.07.2019 р. Нівелір НВ-1 №42154  
Обчислювач Шевченко М.М.

№ станції	№ точки	Відлік по рейці, мм			Перевищення, мм			Горизонт приладу, м	Абсолютна відмітка, Н, м	№ точки
		задній, <i>a</i>	передній, <i>b</i>	проміжний	виміряні $h = a - b$	середні	виправлені			
		чорна	чорна							
		черво-на	черво-на							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Rp43	1525			304				54.760	Rp43
		6208				5				
	1		1221		305	304	309			1
			5903						55.069	
	1	1783								1
		6466								
	2		1333		450	5				2
			6015		451	450	+455		55.524	
	2	1849								2
		6531								
	3		1087		762	4,5				3
			5771		760	761	+766		56.290	
	3	1029								3
		5712								
	4		1884		-855	4				4
			6566		-854	-854	-850		55.440	
	4	1293								4
		5975								
			1976		-683	4				
	Rp 43		6660		-685	-684	-680		54.760	Rp 43

Посторінковий контроль:

$$\sum 3 = 38371 \text{ мм}, \quad \sum П = 38416 \text{ мм},$$

$$\sum h = (\sum 3 - \sum П) / 2 = (38371 - 38416) / 2 = 45 \text{ мм},$$

$$\sum h = 45 / 2 = -22 \text{ мм},$$

$$\sum h_{cp} = -22,5 \text{ мм},$$

$$f_h = \sum h_{cp} = -22,5 \text{ мм},$$

$$f_h \text{ доп} = 50 \text{ мм} \sqrt{L}, \text{ км} =$$

$$= 50 \sqrt{0,83} = 46 \text{ мм}.$$

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).

I. 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 і кінцевою вихідними точками ходу;  $H_{Pn10}$  і  $H_{Pn8}$  – висоти відповідно початкового та кінцевого реперів ходу.

Таблиця 4.6

Журнал нівелювання точок розімкнутого теодолітного ходу

Місце роботи с. Орлівщина  
Спостерігач Петренко О.П.

Дата 02.07.2019 р.  
Обчислювач Шевченко М.М.

№ станції	№ точки	Відлік на рейці, мм			Перевищення, мм			ГП, м	Абсолютна відмітка, Н, м	№ точки
		задній, а	Передній, b	проміжний	виміряні h = a - b	середні	виправлені			
		чорна	чорна							
		червона	червона							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Rp8	1525							54.760	Rp8
		6208			304	-7	297			
	1		1221		305	304			55.057	1
			5903							
2	1	1333								1
		6015			-450	-7	-			
	2		1783		-451	-450	457		54.600	2
			6466							
3	2	1849								2
		6531								
	3		1087		762	-7			55.354	3
			5771		760	761	754			
4	3	1294								3
		5976								
			1976		-682	-7				
	Rp 10		6660		-684	-683	-690		54.664	Rp10

Посторінковий контроль:

$$\sum 3 = 30729, \quad \sum 11 = 30867,$$

$$(\sum 3 - \sum 11) / 2 = (30729 - 30867) / 2 = -68 \text{ мм},$$

$$\sum h_{cp} = -68 \text{ мм}; \quad \sum h_T = -96 \text{ мм},$$

$$f_h = \sum h_{cp} - \sum h_T = 28 \text{ мм},$$

$$f_{h \text{ доп}} = 50 \text{ мм} \sqrt{L}, \quad \text{км} = 50 \sqrt{0,64} = 40 \text{ мм},$$

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.*

#### 4.2.4. 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.
7. В яких місцях необхідно вибирати точки теодолітного ходу?
8. Які камеральні роботи необхідно виконати для обробки результатів польових вимірювань ?
9. Як ув'язують виміряні горизонтальні кути в замкнутому теодолітному ході?
10. За яким правилом розподіляють поправку в прирости координат?
11. Послідовність виконання геометричного нівелювання між точками на місцевості.
12. Який контроль виконують при нівелювання між точками?
14. Правило розподілення поправок в перевищення.

## 5. ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНІ ЗАДАЧІ

### 5.1. Винесення проекту свердловини на місцевість

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.

#### 5.1.1. Проектування свердловини на топографічній основі

На топографічній основі намітити положення майбутньої свердловини, яку необхідно винести на місцевість (у натуру). Свердловину 25 (С) необхідно запроектувати таким чином, щоб до неї зручно було виміряти відстань та кут від точок теодолітного ходу (точок знімальної мережі), наприклад, 3, 4 і 43, (рис. 5.1).

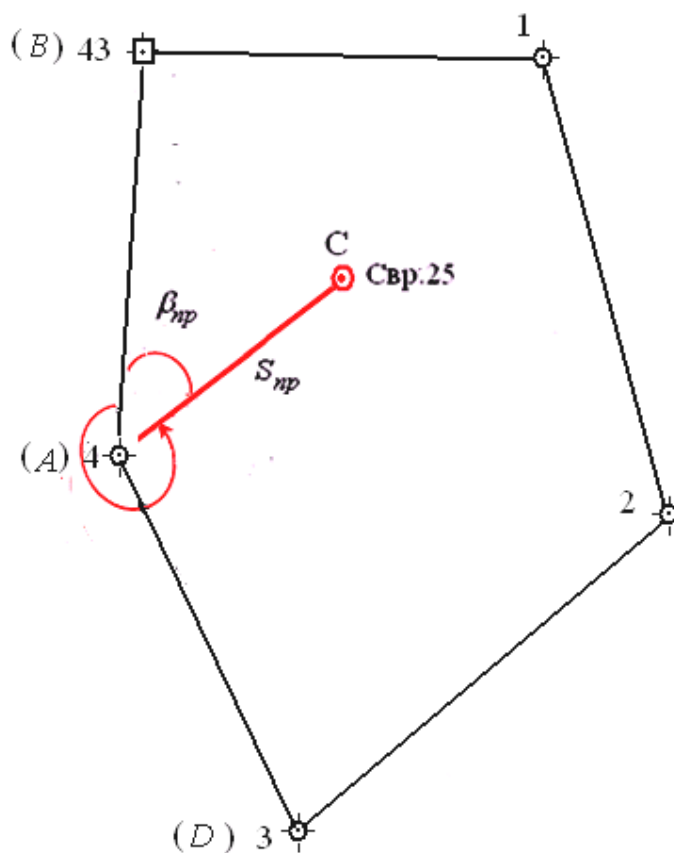


Рис. 5.1. Схема проекту свердловини на топографічній основі

### 5.1.2. Геодезична прив'язка проекту свердловини

Розрізняють три способи геодезичної прив'язки проекту: *аналітичний*, *графоаналітичний* та *графічний*. На навчальній практиці розглядається аналітичний спосіб прив'язки проекту.

*Аналітичний розрахунок геометричних параметрів.* Даний спосіб застосовують для винесення проектних осей будинків та споруд, геологічних свердловин з пунктів геодезичної основи, які розташовані порівняно недалеко від проектного об'єкта, що виноситься в натуру. Проектна свердловина на місцевості визначається шляхом побудови проектного кута  $\beta_{np}$  та проектною довжини  $S_{np}$ . Проектні величини  $\beta_{np}$  і  $S_{np}$  отримують з розв'язування оберненої геодезичної задачі.

Розглянемо на прикладі, аналітичний розрахунок параметрів для запроектованої свердловини 25 відносно точок знімальної основи (рис. 5.2).

Наприклад, відомі координати точки 5 знімальної основи  $X_A = 5870,25$  м,  $Y_A = 3875,36$  м та проектні координати свердловини  $X_C = 5890,20$  м,  $Y_C = 4124,33$  м.

Знаходять за формулою (5.2) дирекційний кут напрямку  $\alpha_{AC}$ .

$$\operatorname{tgr}_{AC} = \frac{3924,33 - 3909,07}{5890,20 - 5866,39} = \frac{15,26}{23,81} = 0,640907,$$

$$r_{AC} = 32^\circ 39,4', \quad \alpha_{AC} = 32^\circ 39,4'.$$

$$\beta_{np} = \alpha_{AC} - \alpha_{AB} = 32^\circ 39,4' - 358^\circ 50' = 32^\circ 40',$$

$$\beta'_{np} = 360^\circ 00' - 32^\circ 40' = 327^\circ 20'.$$

Розраховують проектну довжину (горизонтальне прокладення) від пункту до свердловини за формулами:

$$S_{np} = \frac{\Delta X_{AC}}{\cos \alpha_{AC}} = \frac{23,81}{\cos 32^\circ 39,4'} = \frac{23,81}{0,841825} = 28,28 \text{ м},$$

$$S_{np} = \frac{\Delta Y_{AC}}{\sin \alpha_{AC}} = \frac{15,26}{\sin 32^\circ 39,4'} = \frac{15,26}{0,539604} = 28,28 \text{ м}.$$

### 5.1.3. Побудова розмічувального креслення

На аркуші розміру А4 в довільному масштабі будують схему проекту свердловини, на яку наносять обчислені параметри: проектний кут  $\beta_{np}$  і проектну довжину  $S_{np}$  (рис. 5.3).

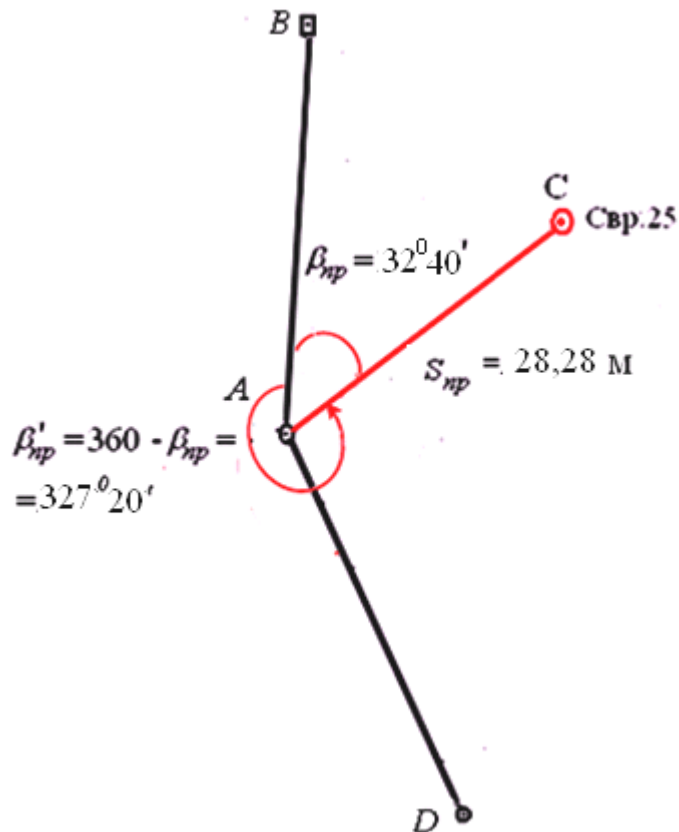


Рис. 5.3. Розмічувальне креслення для винесення проекту свердловини полярним способом

### 5.1.4. Винесення запроектованої свердловини на місцевість

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

– на точку знімальної мережі, наприклад А, установлюють теодоліт, центрують і приводять його в робоче положення;

– зорову трубу наводять на точку мережі, наприклад В, і беруть відлік на горизонтальному крузі  $a$ , за ходом годинникової стрілки відкладають значення проектного кута за формулою:

$$\beta'_{np} = a + \beta_{np} = 85^{\circ}25' + 32^{\circ}39,4' = 118^{\circ}04,4'.$$

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

– проектну довжину  $S_{np}$  до свердловини  $C$  відкладають у створі проектного напрямку  $AC$  за допомогою стрічки або рулетки і фіксують положення її кілочком.

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

## 5.2. 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. Зуска А.В. Інженерна геодезія: навч. посіб. /А.В. Зуска ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Дніпро: НГУ, 2016. – 209 с.
2. Войтенко С.П. Інженерна геодезія: підручник /С.Р. Войтенко. – Київ: Знання, 2000. – 557 с. – (Вища освіта ХХІ століття).

Упорядники:  
**Зуска Ада Василівна**  
**Янкін Олександр Євгенович**

**Навчальна практика (геодезична)**

Методичні вказівки до виконання навчальної практики (геодезичної) для бакалаврів спеціальності 185 Нафтогазова інженерія та технології

Редактор Ю.В. Рачковська

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