

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ДО ПРОВЕДЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ ПРАКТИКИ  
ПО ДИСЦИПЛІНІ "МАРКШЕЙДЕРСЬКА СПРАВА З ОСНОВАМИ ГЕОДЕЗІЇ"  
(Навчальна практика. Частина 1. Роботи на поверхні.)**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ДО ПРОВЕДЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ ПРАКТИКИ  
ПО ДИСЦИПЛІНІ "МАРКШЕЙДЕРСЬКА СПРАВА З ОСНОВАМИ ГЕОДЕЗІЇ"  
(Навчальна практика. Частина 1. Роботи на поверхні.)**

**Розглянуте:**  
НА ЗАСІДАННІ КАФЕДРИ  
МАРКШЕЙДЕРСЬКОЇ СПРАВИ  
ПРОТОКОЛ № 5  
ВІД 05.11.2010 р.

**Затверджене:**  
НА ЗАСІДАННІ УЧБОВО-  
ВИДАВНИЧОЇ РАДИ ДонНТУ  
ПРОТОКОЛ №5  
ВІД 06.12.2010 р.

УДК 622.1: 528

Методичні вказівки до проведення навчальної геодезичної практики по дисципліні "Маркшейдерська справа з основами геодезії" (Навчальна практика. Частина 1. Роботи на поверхні.) / І.В.Філатова, А.В. Стягун., Н.А. Бугайова – Донецьк: ДонНТУ, 2010. – 71с.

Методичні вказівки призначені для підготовки бакалаврів, які навчаються по формах навчання: денна й екстернат.

Методичні вказівки до проведення навчальної геодезичної практики по дисципліні "Маркшейдерська справа з основами геодезії" (Навчальна практика. Частина 1. Роботи на поверхні.) рекомендовані до видання методичною комісією спеціальності "Маркшейдерська справа" (протокол № 5 від 05.11.10 р.)

Автори:

І.В.Філатова, доц.  
А.В. Стягун, доц.  
Н.А. Бугайова, ас.

Рецензент:

Андоленко С.С.  
к.т.н., доцент



## ЗМІСТ

ВВЕДЕННЯ .....	4
1. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ .....	5
2. ПОВІРКИ ГЕОДЕЗИЧНИХ ПРИЛАДІВ .....	9
2.1. Улаштування теодоліта .....	9
2.2. Повірки і юстировки теодоліта.....	12
2.3. Повірки мірної стрічки. ....	17
2.4. Улаштування нівеліра (нівелірні рейки).....	20
2.5. Повірки й дослідження нівелірів .....	24
3. ПОЛЬОВІ РОБОТИ .....	32
3.1. Теодолітна зйомка .....	32
3.2. Рекогносцировка місцевості .....	32
3.3. Вимір горизонтальних кутів .....	33
3.4. Вимір вертикальних кутів .....	34
3.5. Вимір довжин ліній .....	35
3.6. Тахеометрична зйомка .....	37
3.6.1. Сутність тригонометричного нівелювання.....	39
3.6.2. Визначення відстаней нитяним далекоміром.....	40
3.6.3. Виробництво тахеометричної зйомки.....	43
3.6.4. Складання проекту. Нормативні параметри тахеометричної зйомки.....	43
3.6.5. Польові роботи. Рекогносцировка місцевості.....	44
3.6.6. Польові роботи. Зйомка ситуації й рельєфу.....	45
3.6.7. Робота на станції при тахеометричній зйомці із застосуванням технічного теодоліта.....	46
3.6.8. Кроки тахеометричної зйомки.....	47
3.7. Вимір перевищень .....	48
3.7.1. Геометричне нівелювання .....	48
3.7.2. Методика технічного нівелювання теодолітного ходу .....	49
3.8. Польові роботи при вишукуваннях доріг .....	51
3.8.1. Розбивка траси на місцевості. Поперечні профілі й пікетажний журнал .....	51
3.8.2. Криві на трасі .....	53
3.8.3. Нівелювання траси по пікетах і поперечним профілям.....	56
4. КАМЕРАЛЬНА ОБРОБКА ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИМІРІВ.....	58
4.1. Зрівняльні обчислення в теодолітних ходах. Камеральні роботи при тахеометричній зйомці й побудова плану .....	58
4.2. Обробка теодолітного ходу .....	58
4.2.1. Визначення відміток пунктів замкнутого теодолітного ходу при тригонометричним нівелюванні .....	64
4.2.2. Обробка польових вимірів тахеометричної зйомки.....	66
4.2.3. Складання топографічного плану місцевості .....	67
4.3. Камеральна обробка результатів поздовжнього інженерно-технічного нівелювання .....	67

## ВВЕДЕННЯ

*Ціль і завдання практики.* Навчальна практика – це завершальний етап вивчення курсу геодезії протягом навчального року.

У завдання навчальної практики входять: закріплення знань, отриманих при вивченні теоретичної частини предмета; ознайомлення з організацією геодезичних робіт (польових і камеральних робіт); придбання практичних знань у роботі з геодезичними приладами.

*Місце роботи:* м. Донецьк, Ворошиловський район, вул. Артема, район 11 навчального корпусу ДонНТУ,

*Час проведення практики:* відповідно до графіка навчального процесу.

*Склад бригади:* бригадир, далі члени бригади.

*Основні види робіт:*

- рекогносцировка місцевості; закріплення пунктів знімального обґрунтування;
- вимір горизонтальних і вертикальних кутів;
- вимір відстаней;
- планове обґрунтування інженерно-геодезичних робіт;
- вимір перевищень;
- висотне обґрунтування інженерно-геодезичних робіт;
- тахеометрична зйомка;
- камеральні роботи.

# 1. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ

## *Організація практики.*

1. Ціль навчальної інженерно-геодезичної практики:

- закріплення отриманих теоретичних знань; ознайомлення з організацією польових і камеральних робіт;
- придбання практичних навичок роботи з геодезичними приладами й інструментами;
- оволодіння технікою виконання на місцевості інженерно-геодезичних робіт, пов'язаних зі створенням планово-висотної основи, з розв'язком різних завдань, що зустрічаються при вишукуванні, будівництві й експлуатації промплощадки шахти;
- оволодіння технікою виробництва геодезичних зйомок;
- розвиток у студентів навичок наукових досліджень.

2. Навчальну геодезичну практику кожна навчальна група проходить під безпосереднім організаційним і методичним спостереженням керівника практики.

3. Практика проводиться відповідно до навчальної програми в строки, установлені навчальним планом університету й за графіком, затвердженому кафедрою.

Студенти, не підготовлені до робіт, що порушують навчальну дисципліну, що не відвідують практику без поважних причин, від проходження практики відстороняються, про що керівник практикою негайно повідомляє завідувача кафедри, в інститут або в навчальну частину.

Студенти на практиці забезпечуються геодезичними інструментами, матеріалами й навчально-допоміжними приналежностями.

Виконання польових і камеральних робіт, перебування студентів на території навчального полігона й прилягаючої місцевості не повинне приводити до забруднення території, псуванню насаджень, виникненню пожеж і т.д. Закладання геодезичних знаків у місцях руху пішоходів і транспорту не допускається.

У перший день практики студенти повинні бути ознайомлені з основними правилами техніки безпеки на топографо-геодезичних роботах і надалі перед кожною роботою повинен проводитися інструктаж з відповідного до виду роботи.

Навчально-виробничою одиницею на практиці є бригада в складі 5-6 чоловік, очолювана бригадиром, який призначається викладачем кафедри із числа студентів, що найбільше успішно вивчили курс геодезії, що мають організаторські здатності.

4. В обов'язки бригадира входить:

- одержання інструментів і завдань на бригаду;
- розподіл роботи серед членів бригади з обліком, щоб кожний студент брав участь у всіх видах і етапах роботи, і кожне завдання виконувалося у встановлений строк;

- контроль над своєчасним виходом членів бригади на роботу й відходом з роботи;
- контроль над дисципліною в бригаді;
- контроль над схоронністю виданих бригаді інструментів, матеріалів і завдань.

Розподіл часу по видах робіт для студентів устанавлюється графіком практики залежно від програми практики й теоретичного курсу.

Перед виконанням на практиці відповідної роботи студенти вивчають по методичних вказівках зміст роботи в цілому, а потім по навчальних посібниках докладно вивчають техніку й технологію її виконання. Камеральні роботи з кожного завдання виконуються паралельно з польовими роботами. Приймання робіт викладачем проводиться після кожного виду робіт. Графічні матеріали оформляються відповідно до Державних стандартів союзу РСР «Гірнична графічна документація».

Залік по геодезичній практиці одержують студенти, що успішно виконали всі завдання. Залік ухвалюється індивідуально для кожного студента в присутності всієї бригади. Звіти по практиці (польові журнали, схеми обчислень, креслення й щоденник) пред'являються бригадами, зброшурованими в загальній папці й підписаними керівником.

5. Для успішного виконання робіт на практиці необхідно:

- перед початком робіт ретельно оглянути й виконати повірки інструментів;
- усі спостереження й записи роботи в польових журналах установленої форми, не допускаючи записів на листках паперу або в зошитах;
- допоміжні обчислення й замальовки виконувати в спеціальному зошиті, не допускаючи цих дій на полях або у вільних графах польових журналів;
- усі спостереження й обчислення контролювати в процесі виконання;
- стежити, щоб віхи й рейки встановлювалися на точках даної бригади; надійно закріплювати й позначати всі точки;
- не допускати якого-небудь припасування результатів спостережень або обчислень, підмалювання ситуації, виправлення, цифр, підчищення, а також переписки начисто журналів і перемальювання абрисів, невірно записані цифри слід закреслити, а правильні писати вище;
- приступати до нового завдання лише, коли зроблене вв'язування попереднього, журнали й абриси готові для нанесення його на план;
- оформлення креслень виконувати після приймання їх керівником практики;
- видача завдання й інструктаж з його виконання проводяться керівником практики в присутності всіх студентів групи (бригади);
- студенти, що пропустили який-небудь вид робіт з поважної причини, виконують цю роботу в позаурочний час;
- кожна виконувана бригадою робота повинна мати прив'язку в плані й по висоті до опорних пунктів, що вказується, керівником практики.



### ***Орудкування з інструментом***

1. Інструмент і приналежності видаються на бригаду під розписку бригадира. Отриманий інструмент негайно оглядається й перевіряється. У випадку його несправності бригадир доводить до відома про це лаборанта, що видав інструмент.

2. При огляді інструмента повинне бути звернена увага:

– на справність навідних, закріпних, піднімальних і виправних, гвинтів, а також головки й ніжок штатива;

– на справність рівнів;

– на плавкість обертання фокусируючого гвинта й плавність ходу рухливих частин інструмента: піднімальних гвинтів, гвинтів аліади вертикального й горизонтального кіл і труби;

– на справність компенсаторів інструментів, що мають такі; на справність мірних стрічок, рулеток, рейок і т.п.

3. Матеріальну відповідальність за збереження отриманого бригадиром майна несе вся бригада. У випадку псування інструмента або втрати його приналежностей відповідальність несе винний, а якщо він не виявлений, уся бригада в цілому. Про кожний випадок псування або втрати інструмента й приналежностей до них бригадир доповідає керівникові практики й складає акт, у якому, викладає причину, обставини й винних у псуванні або втраті. Акт здається керівникові практики, якої зі своїм висновком представляє його завідувачеві лабораторії. Після визначення вартості ремонту або втраченої приналежності акт передається в бухгалтерію університету для стягнення вартості з винних. У випадку халатного відношення до зберігання геодезичного майна на винних також може бути накладене дисциплінарні санкції й знижена оцінка за практику.

4. Обмін отриманого інструмента між бригадами забороняється. Обмін проводиться тільки по записці керівника практики й за умови здачі раніше отриманих інструментів.

5. Здаваний інструмент оглядається керівником практики й списується із бригадира. Перед здачею інструмент повинен бути очищений від пилу й вологи, а при остаточній здачі змазаний.

6. Категорично забороняється студентам розбирати інструмент, робити виправлення, крім тих, які ставляться до перевірок інструмента.

7. Не рекомендується надмірно затягувати затискні гвинти. Мікрометреними гвинтами слід користуватися в середньому їх робочім положенні. Перш, ніж обертати яку-небудь частину інструмента, необхідно переконатися, що відповідний закріпний гвинт ослаблений.

8. Не дозволяється обертати трубу за окулярний патрубок і стосуватися руками виправних гвинтів сітки ниток.

9. З виправними гвинтами слід звертатися обережно.

10. Забороняється робити чищення об'єктива й окуляра й протирати його хусткою або ганчіркою. Наліт пилу на лінзах слід змахувати чистим пензликом.

11. Забороняється залишати інструмент на штативі без закріплення становим гвинтом з ніжками штатива не втисненими в землю.

12. Перенесення інструмента на штативах виконувати тільки вертикальним положенні, у руках переносити інструмент можна, утримуючи його за підставки.

13. Рулетку можна переносити в розгорнутому виді, але при цьому стежити за тим, щоб вона не скручувалася. Перед натягом рулетки при вимірі, потрібно стежити, щоб вона не утворювала витків. Не можна залишати рулетку в розгорнутому виді без догляду, особливо на проїзній частині дороги.

14. Забороняється користуватися віхами, і нівелірними рейками не по прямому призначенню, а також класти рейки на землю стороною з розподілами.

15. Рулетку щодня після польових робіт слід протирати сухим дрантям. А потім промасленою ганчіркою.

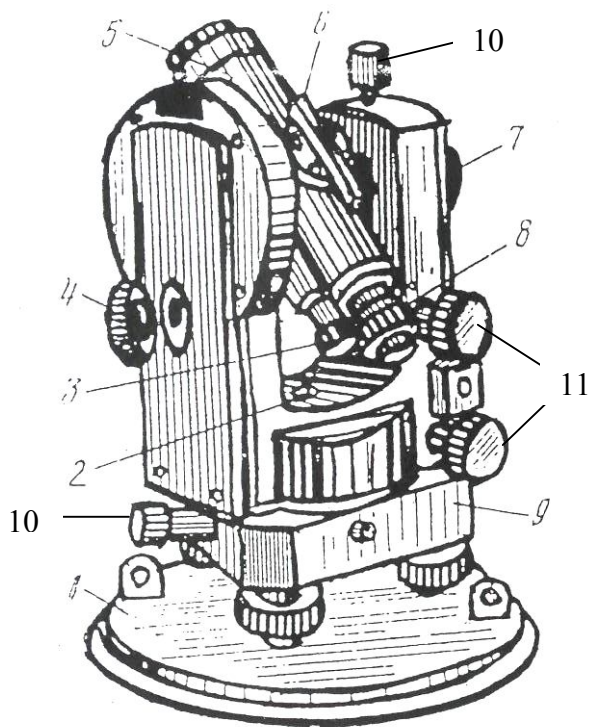
16. Забороняється залишати інструменти без догляду й допускати до них сторонніх людей.

17. При укладанні інструментів у футляри, а також при вийманні з футлярів, не допускати застосування сили, а перед перенесенням футляра закріпити всі гвинти.

## 2. ПОВІРКИ ГЕОДЕЗИЧНИХ ПРИЛАДІВ

### 2.1 Улаштування теодоліта

Теодоліт 2Т30 відноситься до технічних оптичних теодолітів, які призначені для кутових вимірів при створенні знімального обґрунтування, під час топографічних зйомок місцевості, при виконанні пошуків і маркшейдерських робіт.



Складові частини теодоліта:

- 1 – підставка;
- 2 – рівень;
- 3 – окуляр відлікового мікроскопа;
- 4 – дзеркало;
- 5 – об'єктив;
- 6 – оптичний візир;
- 7 – гвинт настроювання зображення;
- 8 – гвинт настроювання видимості сітки ниток;
- 9 – трегер;
- 10 – закріпні гвинти;
- 11 – мікрометричні гвинти.

Рис. 2.1. Зовнішній вигляд теодоліта 2Т30

Основні осі теодоліта:

**LL** – вісь настановного циліндричного рівня;

**ZZ** – вісь обертання теодоліта;

**VV** – візирна вісь зорової труби;

**HH** – горизонтальна вісь теодоліта.

Теодоліт 2Т30 не відрізняється по зовнішньому вигляду від теодоліта Т30. Особливістю є оцифровка вертикального кола – секторна від  $0^0$  до  $75^0$  і від  $0^0$  до мінус  $75^0$ . У верхній частині поля зору відлікового мікроскопа, позначеного буквою "В", видно зображення штрихів лімба вертикального кола; у нижній частині, позначеною буквою "Г" – зображення штрихів лімба горизонтального кола. Відлік проводиться по шкалах, ціна розподілу яких становить  $5'$ , з округленням до  $0,1$  розподілу, тобто до  $0,5'$ . Індексом для відлічування служить штрих лімба. Шкала вертикального кола має два ряди цифр. По нижньому ряду цифр зі знаком "-" беруть

відлік у тому випадку, коли в межах шкали перебуває штрих лімба з тим же знаком, і записують показання зі знаком "-".

Таблиця 2.1 - Основні технічні характеристики теодоліта

Технічні характеристики	2Т30
СКП виміру одним прийомом, сек	
– горизонтального кута	30
– вертикального кута	45
Збільшення зорової труби, крат	20
Світловий діаметр об'єктива, мм	29
Найменша відстань візування, м	1,2
Діаметр горизонтально кола, мм	72
Діаметр вертикального кола, мм	72
Ціна розподілу лімба	5' / 5'
Ціна розподілу рівня, сек	
– на алідаді горизонтального кола	45
– на зоровій трубі	20
Висота теодоліта, мм	240
Маса, кг	
– теодоліта	2,2
– футляра	1,0

### Схематичне улаштування теодоліта (рис. 2.2)

Як правило, теодоліт устанавлюється на *штативі 1*, який складається з металевої верхньої частини – головки й трьох розсувних ніжок *2*, довжину яких можна регулювати. *Становим гвинтом 3* теодоліт прикріплюється до головки штатива. На становому гвинті є центрировочний гачок, до якого підвішується нитяний висок. За допомогою виска центрують теодоліт над вершиною вимірюваного кута, тобто над точкою.

Вісь обертання теодоліта *ZZ* встановлюється в прямовисне положення по *циліндричному рівню*, який на рис. 2.2 відображений у вигляді *осі циліндричного рівня LL*, за допомогою трьох *піднімальних гвинтів 6* трегера теодоліта *7* (нижня частина теодоліта). Горизонтальне кутомірне коло називається *лімбом* і розміщується в площині горизонтального кола *ГК*, яка займає горизонтальне положення при прямовиснім положенні осі *ZZ*.

Візування на точки здійснюється *зоровою трубою 8*, яка обертається навколо горизонтальної осі, втулки якої розміщені в *колонках 9*, укріплених на *алідаді*. Для точного наведення й фіксування осі візування труба має *закріпний 10* і *навідний 11 гвинти*.

Вертикальне кутомірне коло *12* розміщене в площині вертикального кола *БК* на одному з кінців його осі. Він також складається з лімба й алідади.

Для виміру кута  $\beta$  поворотом аліади теодоліта й зорової труби послідовно наводять вісь візування на точки  $A$  й  $C$  місцевості, при цьому колімаційна площина послідовно проходить через сторони  $BA$  й  $BC$  вимірюваного кута. При кожнім сполученні осі візування із точками  $A$  и  $C$  беруть відліки по розподілах лімба горизонтального кола за допомогою шкалового мікроскопа  $13$ .

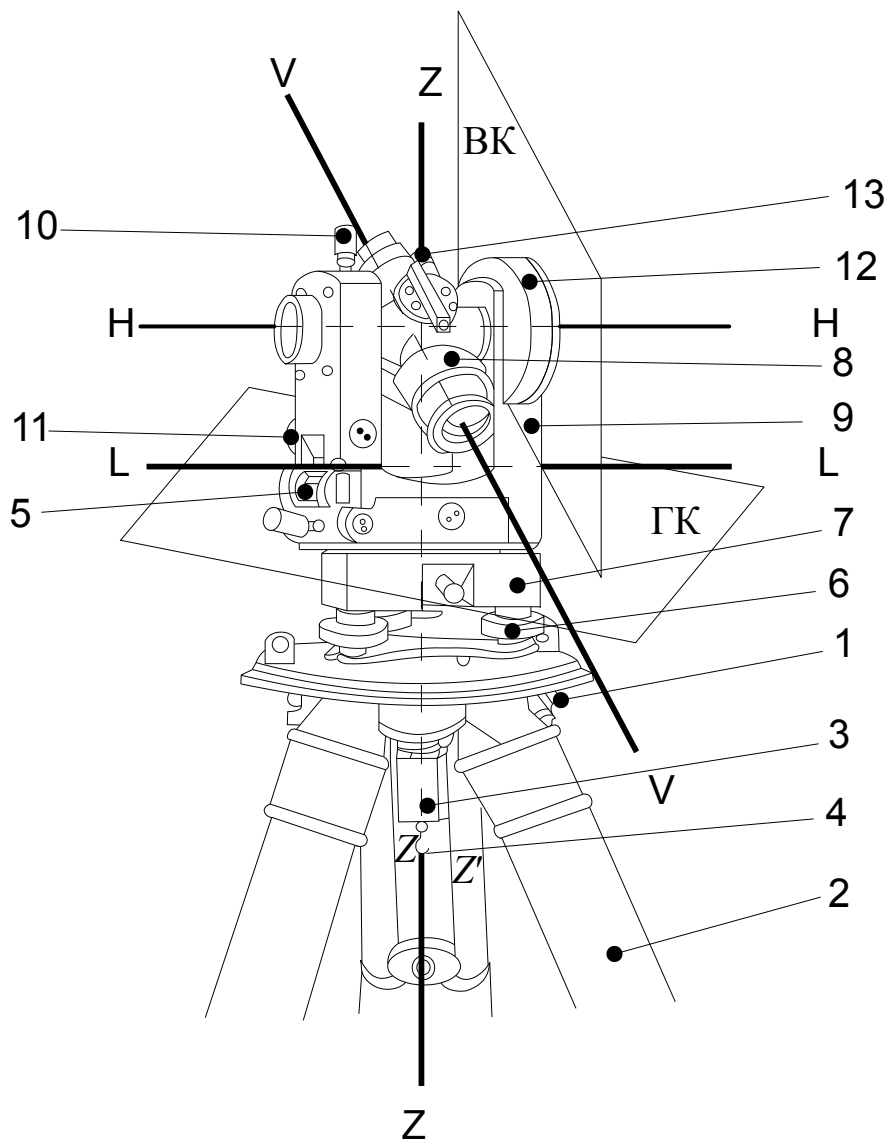


Рис. 2.2. Схематичне улаштування теодоліта

Таким чином, для того щоб теодолітом можна було б виміряти горизонтальний кут, між його геометричними осями повинні дотримуватися наступні основні умови:

1 – вісь циліндричного рівня  $LL$  повинна бути перпендикулярна до осі обертання теодоліта  $ZZ$  ;

2 – вісь візування  $VV$  повинна бути перпендикулярна до осі обертання зорової труби  $HH$  ;

3 – вісь обертання *HH* зорової труби повинна бути перпендикулярна до осі обертання теодоліта *ZZ* .

## 2.2 ПОВІРКИ І ЮСТИРОВКИ ТЕОДОЛІТА

**Повіркою** називають сукупність операцій по перевірці геометричних умов взаємного розташування геометричних елементів (осей) приладу.

**Юстировка** означає виправлення, усунення невідповідностей у взаємнім розташуванні геометричних елементів або осей приладу.

### ПОВІРКИ ТЕОДОЛІТА:

- повірка стійкості штатива;
- повірка зовнішнього стану й комплектності;
- повірка працездатності теодоліта;
- повірка настановного рівня (вісь настановного циліндричного рівня *LL* повинна бути перпендикулярна осі обертання теодоліта *ZZ*);
- повірка правильності установки сітки ниток труби;
- повірка перпендикулярності візирної осі до осі обертання труби (візирна вісь зорової труби *VV* повинна бути перпендикулярна горизонтальній осі *HH* теодоліта – колімаційна помилка *C*).

**1. Повірка настановного рівня (вісь настановного циліндричного рівня *LL* повинна бути перпендикулярна осі обертання теодоліта *ZZ*)**

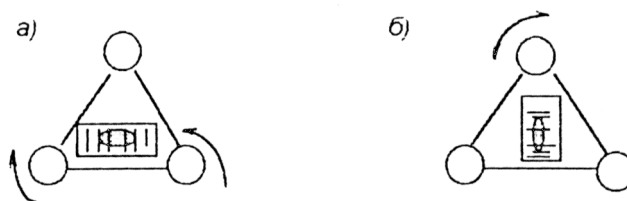


Рис. 2.3. Положення рівня щодо піднімальних гвинтів

### Послідовність виконання повірки.

Установлюємо циліндричний рівень по напрямкові двох піднімальних гвинтів (рис. 2.3) і, обертаючи їх у різні сторони, виводимо рівень на середину. Ставимо рівень по напрямкові третього піднімального гвинта й, обертаючи його, сполучаємо по можливості точно центр пухирця з нуль-пунктом ампули. Після повороту по азимуту на  $180^\circ$  алідади із циліндричним рівнем центр пухирця рівня повинен залишатися в нуль-пункті ампули. Відхилення допускається в межах 0,3 – 0,5 розподілу ампули. Якщо умова повірки виконана, юстировка не

потрібна. Якщо пухирець рівня відхиляється на більшу величину, то необхідно виконати юстировку.

#### Порядок виконання юстировки.

На половину зсуву пухирець рівня повертають до нуль-пункту піднімальними гвинтами, точно в нуль-пункт – юстировочними гвинтами.

***Увага! Перш ніж юстировочний гвинт загвинчувати необхідно контргвинт вигвинтити на відповідну величину.***

Повірку повторюють. Допуск величини відхилення пухирця рівня становить один розподіл.

## ***2. Повірка правильності установки сітки ниток зорової труби***

**Умова:** вертикальний штрих сітки ниток повинен розташовуватися в колімаційній площині зорової труби, тобто бути перпендикулярним горизонтальній осі обертання труби, або горизонтальний штрих сітки ниток повинен бути перпендикулярний вертикальній осі обертання теодоліта.

Виконання даної умови потрібно для зручності візування й з метою контролю правильності установки візирних знаків (віх, рейок і т.д.)

Завод-виготовлювач гарантує перпендикулярність вертикальної й горизонтальної ниток сітки окуляра. Тому виконання повірки зручніше робити по горизонтальному штрихові сітки ниток. Це пов'язане з тим, що вертикальна нитка не є цільною, а складається із двох половинок: одинарного й подвійного (бісектор) вертикальних штрихів. Горизонтальна нитка, на відміну від вертикальної, цільна по всій її довжині. Цю повірку рекомендується виконувати по горизонтальному штрихові сітки ниток.

Перед виконанням повірки необхідно переконатися, що навідні гвинти лімба, алідади й зорової труби перебувають у середньому положенні.

#### Послідовність виконання повірки.

1. Закріплюють теодоліт на штативі або спеціальній консолі й ретельно приводять вертикальну вісь обертання теодоліта в прямовисне положення.

2. Наводять зорову трубу теодоліта на яку-небудь чітко видиму точку так, щоб ця точка розташовувалася поблизу лівого кінця горизонтального штриха сітки ниток. Закріплюють лімб і алідаду.

3. Навідними гвинтами алідади й зорової труби ретельно сполучають зображення точки з лівим кінцем горизонтального штриха сітки ниток.

4. Навідним гвинтом лімба або алідади повільно обертають теодоліт навколо його вертикальної осі й стежать за положенням обраної точки щодо горизонтальної нитки сітки.

5. Якщо точка сковзає по горизонтальній нитці сітки й не сходиться із неї або сходиться на правому кінці нитки не більше ніж на три ширини штриха, то умова вважається виконаною. А якщо ні, то необхідно виконати юстировку сітки ниток.

На рис. 2.4,а показане виконання умови перевірки. На рис. 2.4,б – умова не виконується.

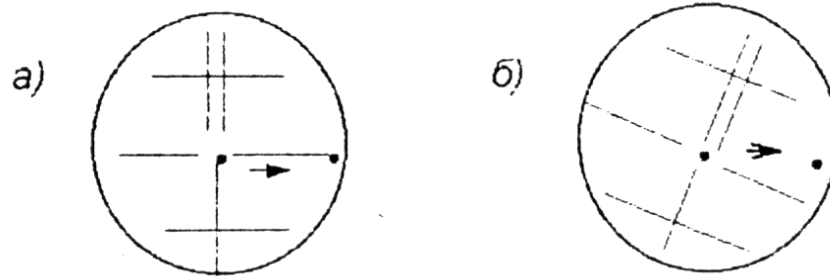


Рис. 2.4. Положення сітки ниток: а) нормальне; б) похиле

#### Порядок виконання юстировки.

Викручують ковпачок 5 окуляра 7 зорової труби. На пів-оберту вигвинчують чотири гвинти, що кріплять окуляр до корпусу труби й за рахунок люфту гвинтів, що кріплять, розвертають корпус окуляра разом із сіткою ниток у задане положення. Гвинти закріплюють. Для контролю перевірку повторюють.

**3. *Повірка перпендикулярності візирної осі до осі обертання труби (візирна вісь зорової труби  $VV$  повинна бути перпендикулярна горизонтальній осі  $HH$  теодоліта – колімаційна помилка  $C$ ).***

Колімаційною погрешністю називається кут між перпендикуляром до горизонтальної осі обертання зорової труби й візирною віссю цієї труби.

#### Послідовність виконання перевірки.

1. Закріплюють лімб теодоліта й при положенні вертикального кола теодоліта ліворуч від труби ( $KL$ ), повертаючи алідаду, наводять зорову трубу на будь-яку вилучену точку, розташовану приблизно на висоті інструмента.

2. Закріпивши алідаду й виконавши точне сполучення перетинання сітки ниток з обраною точкою, беруть відлік по горизонтальному колу  $KL_1$

3. Відкріпивши зорову трубу, переводять її через зеніт, при цьому положення вертикального кола теодоліта буде праворуч від труби ( $KI$ ).

4. Відкріпивши алідаду, знову наводять зорову трубу на обрану точку й беруть відлік по горизонтальному колу  $KI_1$

5. Послабивши затискний гвинт підставки, повертають теодоліт на  $180^\circ$  й знову закріплюють гвинт.



6. Знову наводять теодоліт на обрану точку при двох положеннях вертикального кола (КП і КЛ) і беруть відліки  $КП_2$  й  $КЛ_2$ , тобто повторюють пункти 1-4.

7. Обчислюють величину колімаційної погрішності  $C$ :

$$C = \frac{(КЛ_1 - КП_1 \pm 180^\circ) + (КЛ_2 - КП_2 \pm 180^\circ)}{4}$$

Якщо величина погрішності  $C \leq 60''$ , то умова повірки вважається виконаною, а якщо ні, то необхідно зробити юстировку.

Порядок виконання юстировки.

1. Визначають відлік  $КП_0$ , вільний від впливу колімаційної погрішності:

$$КП_0 = КП_2 + C$$

2. Установлюють відлік  $КП_0$  на горизонтальнім колі, при цьому вертикальна нитка сітки зміститься зі спостережуваної точки.

3. Згвинчують ковпачок з окулярної частини труби й викруткою послабляють один з вертикальних виправних гвинтів сітки ниток.

4. Горизонтальними виправними гвинтами сітки знову сполучають вертикальну нитку сітки зі спостережуваною точкою.

5. Затискають викруткою раніше ослаблений вертикальний виправний гвинт сітки й нагвинчують ковпачок на окулярну частину труби.

Для контролю повірку повторюють. Повірка колімаційної погрішності проводиться перед початком польових робіт, а також перед виконанням відповідальних геодезичних робіт, що вимагають максимальної точності.

Таблиця 2.2 - Приклад визначення колімаційної помилки  $C$

Для теодоліта 2Т30:  $2C = \frac{(КЛ_1 - КП_1 \pm 180^\circ) + (КЛ_2 - КП_2 \pm 180^\circ)}{2} \leq \pm 2'$

№	КЛ		КП		2C
	0	'	0	'	
1	9	39	189	40	- 30''
	9	40	189	40	

У цьому випадку умова повірки виконана, юстировка не потрібна.

#### **4. Повірка місця нуля вертикального кола (МО).**

**Умова:** місце нуля МО вертикального кола повинне бути рівно або бути близьким до  $0^\circ$

**Місцем нуля** ( $МО$ ) називається відлік по вертикальному колу, коли візирна вісь зорової труби займає горизонтальне положення, а пухирець настановного рівня при алідаді горизонтального кола перебуває на середині.

Послідовність виконання повірки.

1. Установлюють і ретельно горизонтирують теодоліт по настановному рівню.
2. При  $КЛ$  ("коло ліво") візують на довільно обрану точку й закріплюють зорову трубу.
3. По вертикальному колу теодоліта беруть відлік  $КЛ$ .
4. Відкріпивши трубу, переводять її через зеніт і при  $КП$  ("коло право") виконують грубе наведення на обрану точку.
5. При необхідності обертанням піднімальних гвинтів уточнюють положення пухирця рівня при алідаді горизонтального кола.
6. Закріпивши зорову трубу, знову сполучають перехресття сітки ниток зі спостережуваною точкою й беруть відлік  $КП$ .
7. Обчислюють "місце нуля" ( $МО$ ) по формулі

$$МО = \frac{КЛ + КП \pm 180^\circ}{2}$$

При цьому до відліку, який менше  $90^\circ$ , треба додати  $360^\circ$ .

8. Місце нуля рекомендується визначати двічі (для двох різних спостережуваних точок).
9. Із дворазового визначення  $МО$  знаходять його середнє значення. Якщо воно не перевищує подвійної точності відліку по вертикальному колу, то умова повірки виконана. А якщо ні, то необхідно зробити юстировку.

Порядок виконання юстировки.

1. На вертикальному колі встановлюють відлік, рівний  $КЛ - МО$  або  $МО - КП - 180^\circ$ . При цьому горизонтальна нитка сітки зміститься зі спостережуваної точки.
2. Згвинчують ковпачок з окулярної частини зорової труби й викруткою послабляють один з горизонтальних виправних гвинтів сітки ниток.
3. Вертикальними виправними гвинтами сітки знову сполучають горизонтальну нитку сітки зі спостережуваною точкою.
4. Затискають викруткою раніше ослаблений горизонтальний виправний гвинт сітки й нагвинчують захисний ковпачок на окулярну частину труби.

Після виконання даної юстировки повторюють повірку сітки ниток, колімаційної площини, а потім для контролю знову виконують повірку місця нуля вертикального кола.

Таблиця 2.3 - Приклад визначення місця нуля (МО)

$$\text{Для теодоліта 2Т30: } MO = \frac{KL + KP}{2} \leq \pm 2'$$

№	КЛ		КП		МО
	0	,	0	,	
теодоліт 2Т30					
1	0	46	- 0	43	1'30"
2	0	59	- 0	59	0'00"
3	- 4	16	4	17	0'30"

Умова перевірки виконана, юстировка не потрібна.

### 2.3 ПОВІРКИ МІРНОЇ СТРІЧКИ

Метою лінійних вимірів є визначення горизонтальних відстаней (проложень) між точками місцевості. Довжини ліній виміряються в геодезії безпосередніми або непрямими способами.

Безпосередній спосіб заснований на вимірі ліній місцевості механічними мірними приладами, до яких відносяться мірні стрічки, рулетки й дроти. Процес виміру довжин ліній безпосереднім способом полягає в послідовному відкладанні мірного приладу в створі лінії.

**Мірні стрічки.** Мірна стрічка являє собою сталеву смугу, довжиною 20 метрів, шириною 15 – 20 мм і товщиною 0,4 – 0,6 мм. Виміри довжин сторін на навчальному полігоні під час проходження практики проводяться штриховими мірними стрічками (рис. 2.6)

Штрихова мірна стрічка має на кінцях стрічки штрихи, відстань між якими приймається за довжину стрічки. Штрихи на стрічці розміщуються напроти закруглень спеціальних вирізів, у які вставляються шпильки для фіксування положення стрічки в процесі виміру.

20-метрова штрихова стрічка розділена на метри, напівметри й дециметри. Метрові розподіли відзначені мідними пластинами з вибитими на них номерами метрів, півметрові – круглими заклепками на шайбах, дециметрові – отворами в полотні стрічки. Відрізки ліній менш дециметра оцінюються на око з точністю до 1 см.

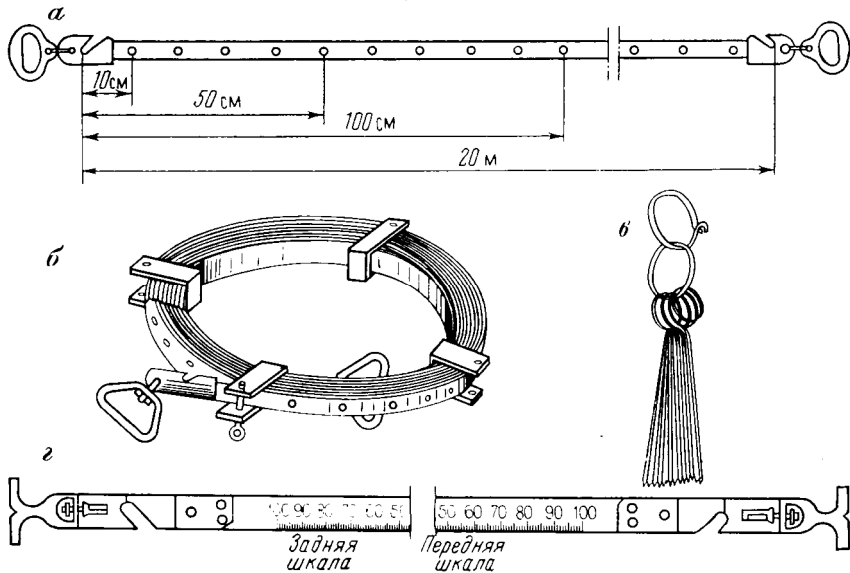


Рис. 2.6. Мірна стрічка зі шпильками

Для транспортування й збереження стрічку намотують на металеву оправу й закріплюють за допомогою гвинта. До стрічки додається комплект із шести штук шпильок.

Мірна стрічка при сприятливих умовах дозволяє забезпечити точність виміру відстаней 1:2000, при несприятливих умовах – 1:1000.

**Рулетки.** Призначені для виміру коротких ліній при маркшейдерських, топографо-геодезичних і будівельних роботах. По довжині бувають 10, 20, 30 і 50-метрові й більш, а тесьмяні – довжиною 5, 10 і 25 метрів (рис. 2.7).

В інженерно-геодезичних роботах використовуються металеві рулетки в закритому корпусі типу РЗ, на хрестовині типу РК, на качані – типу РВ і інші. У маркшейдерській справі частіше застосовуються рулетки на качані або хрестовині типів РГ-30 або РГ-50, що виготовляються з нержавіючої сталі, що володіють високими механічними властивостями й великою корозійною стійкістю.

Металева рулетка являє собою смугу зі сталі, на якій нанесені сантиметрові або міліметрові розподіли. По точності нанесення шкал рулетки діляться на 1-й, 2-й і 3-й класи. Точність виміру довжин ліній сталеву рулеткою досягає 1:50000 і вище.

Для грубих вимірів використовуються тесьмяні рулетки в пластмасових або металевих футлярах. У маркшейдерській справі тесьмяні рулетки застосовуються при вимірах гірничих виробок.

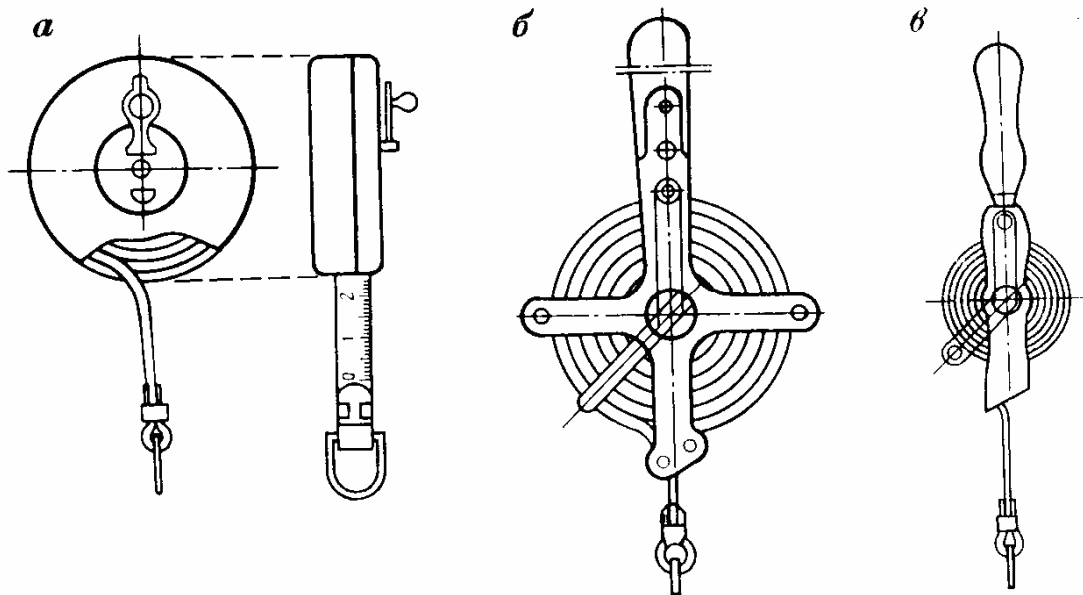


Рис. 2.7. Рулетки

### **Компарування мірних приладів**

Фактична довжина мірної стрічки не відрізняється від номінальної, тобто зазначеної на ньому довжини. Тому перед початком виробництва вимірів повинна бути визначена фактична довжина застосовуваного мірного приладу шляхом порівняння її довжини з відомою довжиною нормального приладу, що має встановлену довжину. Процес порівняння довжини робочого мірного приладу зі зразковим заходом називається **компаруванням**.

Довжину робочої стрічки перевіряють спрощеним способом. На рівній поверхні (асфальті) укладаємо поруч зразкову й робочу рулетки, сполучають їхні нульові розподіли. Обом мірним приладам задають однаковий натяг і лінійкою вимірюють різницю  $\Delta l_k$  між фактичною довжиною  $l$  мірного приладу й довжиною  $l_0$  зразкового приладу. Таким чином,

$$\Delta l_k = l - l_0,$$

де  $\Delta l_k$  – виправлення за компарування.

Тоді фактична довжина робочої стрічки буде

$$l = l_0 + \Delta l_k.$$

$\Delta l_k$  вважається позитивно, якщо довжина робочої стрічки більше номінальної, і негативно, якщо менше номінальної.

У випадку, коли при лінійних вимірах необхідно враховувати температурні виправлення, то слід виміряти температуру  $t_\theta$ , при якій проводилося компарування. По закінченню

компарування до кожного мірного приладу додають свідчення, у якому вказується спосіб і дата компарування, довжина приладу, натяг і температура при компаруванні.

*Наприклад.* Паспорт рулетки:  $l = l_0 + \Delta l_k = 30,000\text{м} + 0,024\text{м}$

Це означає, що дана рулетка довше номінальної на 0,024 м. Отже, виправлення повинне братися зі знаком плюс. Тоді, якщо даною рулеткою виконаний вимір деякої сторони, довжина якої вийшла рівної, приміром, 21,736 м, то виправлене за компарування значення довжини сторони буде рівно

$$l = 21,736 + \frac{0,024}{30} \cdot 21,7 = 21,736 + 0,017 = 21,753\text{м}.$$

## 2.4 Улаштування нівеліра

**Нівелір** – це оптико-механічний прилад для побудови в просторі горизонтального променя.

Нівеліри класифікуються по точності й по способу установки візирного променя в горизонтальне положення.

По способу установки візирного променя в горизонтальне положення нівеліри діляться на дві групи: нівеліри із циліндричним рівнем при зоровій трубці й нівелір з компенсатором.

У нівелір з компенсатором промінь візування встановлюється в горизонтальне положення автоматично. Попередню установку нівеліра в робоче положення виконують за допомогою настановного круглого рівня.

У назви нівелір з компенсатором додається буква К, що означає "компенсатор". У деяких нівелірах – точних і технічної точності, для виміру кутів є лімба. У назви таких нівелірів додається буква Л.

Типовим представником нівелірів з рівнем при трубці є нівелір Н-3 (рис. 2.8).

Використовується для нівелювання III і IV класів, а також для виробництва технічного нівелювання.

Складається з 2-х основних частин: верхньої - рухливої і нижньої - нерухливої. Нижня частина – це підставка із трьома піднімальними гвинтами й пружною пластиною під становий гвинт.

Верхня частина складається із зорової трубки, з якої жорстко зв'язаний контактний циліндричний рівень із ціною розподілу 15", і призменого пристрою, що передає зображення кінців пухирця рівня в поле зору трубки. Це дозволяє одночасно спостерігати за рейкою й рівнем.

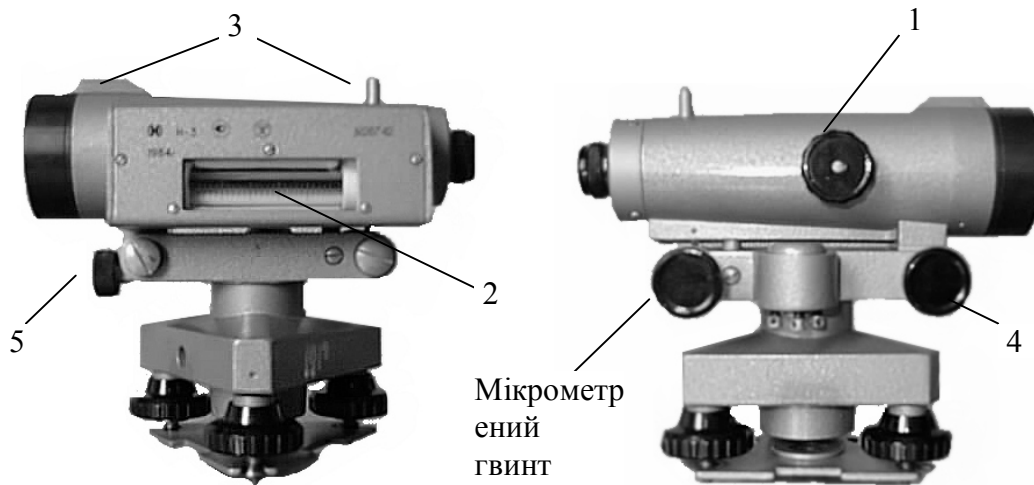


Рис. 2.8. Нівелір Н-3

Пухирець циліндричного рівня виводиться на середину за допомогою мікрометричного гвинта.

Зорова труба із внутрішнім фокусуванням має збільшення  $30,5^x$ . Фокусування труби здійснюється кремальєрою. 1. Для юстировки циліндричного рівня 2 у корпусі з боку окуляра є чотири виправні гвинти, закриті кришкою.

Для грубого наведення приладу на рейку на корпусі зорової труби є мушка 3. Точне наведення здійснюється навідним гвинтом 4 при затиснутім положенні закріпного гвинта 5.

Попередня установка нівеліра в робоче положення проводиться по круглому рівню шляхом обертання піднімальних гвинтів. Точне приведення візирної осі приладу в горизонтальне положення виконують за допомогою елеваційного гвинта, сполучаючи зображення кінців пухирця рівня.

### Нівелірні рейки

Нівелірна рейка служить робочим заходом для виміру перевищень і відстаней. Випускається три типи рейок: РН-05, РН-3 і РН-10.

Шифр РН означає – рейка нівелірна, а число показує середню квадратичну погрішність виміру перевищення в міліметрах на 1 км подвійного ходу.

Рейка РН-05 – одностороння, штрихова з інварною стрічкою. Має основну й додаткову шкали. Ціна розподілу – 5 мм. Призначена для високоточного нівелювання I і II класів з погрішністю 0.5 мм на 1 км ходи.

Рейка РН-3 – двостороння, шашкова. Призначена для нівелювання III і IV класів з погрішністю 3 мм на 1 км ходи.

Обоє типи рейок цільні, із круглим рівнем, по яким контролюється прямовисність установки рейки на точці. Довжина рейки може бути 1,5 або 3,0 м.

Рейка РН-10 призначена для технічного нівелювання з погрішністю виміру перевищення 10 мм на 1 км ходи. Ціна розподілу шкали рейки – 10 мм. Рейку виготовляють із витриманого дерева хвойних порід. Вона являє собою брусок, пофарбований білою фарбою, шириною 8-10 см і товщиною 2-3 см, довжиною 3-4 м. З боків рейки закріплено дві ручки, щоб її було зручніше тримати на точці. Кінці рейки для більшого збереження оковують металевими пластинами. Плоска поверхня однієї з них (пластин) повинна збігатися з початком шкали.

Для того, щоб рейка була стійкою до вигинів, її роблять із двотавровим перетином. Із цією метою по краях рейки прикріплюють планки.

Рейка РН-10 не має круглого рівня. Вона складається із двох частин, з'єднаних між собою шарніром із замком.

Рейка двостороння. З однієї сторони на рейці нанесена шкала чорних і білих сантиметрових шашечок, які чергуються між собою. З іншої сторони нанесена шкала червоних і білих шашечок. Сторону рейки із чорно-білими розподілами називають «чорною», а із червоними – «червоною».

Для зручності узяття відліків по рейці розподіли об'єднані в групи по п'ять у вигляді букви "Е". Початок кожного дециметрового розподілу відзначені рисою і підписані двозначним числом, наприклад, 01, 02, 14, 17, 48, 54, 67. Залежно від того, яке зображення буде зорова труба, цифри підписані переверненими (для нівелірів зі зворотним зображенням) або у звичайному прямому виді (для нівелірів із прямим зображенням).

На рис. 2.9 зображена рейка для нівеліра Н-10КЛ із прямим зображенням цифр. Початок відліку – від нижнього кінця рейки, яким вона встановлюється на точку (репер, штир, кілочок, милиця, черевик). Цю нижню основу рейки називають п'ятою.

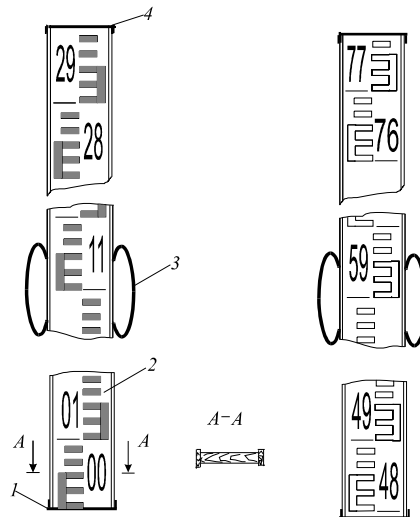
Початок першого дециметрового розподілу на чорній стороні рейки позначено двома нулями. З іншої сторони рейки, червоної, початок шкали зміщений і починається не з нуля, а з довільного числа, звичайно 4787 або 4867.

Нехай, наприклад, червона сторона рейки починається з відліку 4787. Відлік по чорній стороні рейки склав 0384, а по червоній – 5171. Тоді різниця відліків 5171-0384 буде рівна 4787, тобто буде дорівнює числу, з якого починається відлік розподілів по червоній стороні рейки.





РН-05



РН-10

Рис. 2.9. Нівелірні рейки

Перед початком польових робіт необхідно виконати повірки рейки.

Спочатку виконується зовнішній огляд рейки. Необхідно перевірити наявність ручок і їх кріплення, якість фарбування шашечок і цифр, наявність тріщин і відколів на бруску рейки, перевірити якість шарнірного з'єднання й металевого кріплення по кінцях рейки.

Потім виконуються повірки рейки.

1. Визначення стріли прогину рейки. Для рейок РН-10 стріла прогину не повинна перевищувати 10 мм.

2. Визначення середньої довжини метра пари рейок. Різниця між середньою довжиною метра пари рейок комплекту не повинна перевищувати 1,5 мм.

3. Визначення погрешностей дециметрових розподілів рейки. Для рейки РН-10 значення довжини дециметрового розподілу не повинне перевищувати 0,5 мм.

4. Визначення різниці висот нулів пари рейок. На відстані 15-20 м від нівеліра забивають у землю три милиці. На кожну милицю по черзі встановлюють одну й другу рейки й беруть відліки по чорній і червоній сторонам. Ці дії становлять одне приймання. Виконують три приймання. Між прийманнями змінюють висоту нівеліра. Обчислюють середнє з відліків із трьох приймань по чорній і червоній сторонам для кожної рейки. Різниця середніх відліків по чорній сторонам обох рейок повинна бути рівної нулю. Різниця середніх відліків по чорній і червоній сторонам обох рейок також повинна бути рівної нулю. А якщо ні, то одну з рейок необхідно замінити. Різниця відліків по чорній і червоній сторонам однієї й тієї ж рейки, що входить у комплект, відповідає початку відліку шкали червоної сторони й служить контролем правильності узяття відліків.

## 2.5 Повірки й дослідження нівелірів

Повірки і юстировки нівелірів виконують відповідно до вимог інструкції з виконання повірок та юстировок маркшейдерських приладів. При проведенні повірки виконують дії, зазначені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Види перевірок

№ з/п	Операція повірки	Тип нівеліра
1	Повірка зовнішнього стану й комплектності нівеліра	Усі типи
2	Повірка працездатності нівеліра	Усі типи
3	Повірка і юстировка настановних рівнів	Усі типи
4	Повірка правильності установки сітки ниток зорової труби	Усі типи
5	Повірка правильності установки циліндричного рівня при трубі	Нівеліри з рівнем
6	Повірка роботи компенсатора	Нівелір з компенсатором
7	Визначення погрішності виміру перевищення на станції	Усі типи
8	Повірка паралельності візирної осі осі циліндричного рівня	Усі типи

1. Перевіряють справність штатива. Перевіряють, чи підходить становий гвинт до штатива, перевіряють стійкість штатива. Для цього нівелір установлюють на штатив і приводять його в робоче положення; наводять трубу на рейку й запам'ятовують відлік. Потім злегка натискають на головку штатива й знову беруть відлік по рейці. При стійкім положенні штатива відліки по рейці й положення пухирця незначно відрізняються від первісного. При перевірці нівелір з компенсатором при легкім постукуванні по штативу відлік по рейці не повинен змінюватися. Якщо відліки різняться значно, то слід установити й усунути причини нестійкості штатива.

2. Повірка зовнішнього стану й комплектності нівеліра проводиться оглядом. Візуально перевіряють чистоту оптичних деталей зорової труби, контрастність і чіткість одночасного зображення ниток сітки, кінців пухирця контактного рівня й відлікової шкали мікрометра. Переконуються у відсутності корозії й дефектів на приладі, які утрудняють роботу з нівеліром. Комплектність нівеліра повинна відповідати зазначеній в паспорті нівеліра.

3. Повірку працездатності нівеліра й взаємодію рухливих вузлів роблять випробуванням. При випробуванні звертається увага на справність усіх частин нівеліра, відсутності хитань у піднімальні закріпних гвинтах, що наводять; плавність обертання окуляра, головки, що переміщає фокусируючу лінзу, елеваційного гвинта й барабана оптичного мікрометра.

Перевіряють справність дзеркала підсвічування рівня й кріплення всіх рухливих частин нівеліра й стопорних гвинтів. Юстировочні гвинти повинні займати середнє положення. При перевірці нівеліра з компенсатором необхідно переконатися, що підвісна система компенсатора й демпфер працюють.

4. Повірка і юстировка настановного рівня. Приводять пухирець рівня в нуль-пункт за допомогою піднімальних гвинтів. Повертають верхню частину нівеліра навколо вертикальної осі на  $180^0$ . Якщо пухирець відхилився від нуль-пункту, то його приводять у первісне положення, переміщаючи на половину відхилення за допомогою юстировочних гвинтів рівня, а на іншу половину – піднімальними гвинтами. Після цього повірку повторюють доти, поки при повороті верхньої частини нівеліра на  $180^0$  пухирець рівня буде залишатися в нуль-пункті. По закінченню повірки юстировочні гвинти надійно закріплюють.

4. Повірку правильності установки сітки ниток роблять для того, щоб переконаватися, що вертикальна вісь сітки ниток при середньому положенні пухирця рівня збігається зі стрімкою лінією, а вісь бісектора (горизонтальна нитка сітки) перпендикулярна до вертикальної осі нівеліра. На видаленні 10 – 15 м від нівеліра підвішують висок. Приводять нівелір у робоче положення й наводять вертикальну нитку сітки ниток на нитку виска. Якщо один кінець вертикальної нитки сітки відхиляється від нитки виска більш ніж на 0,5 мм (визначається за допомогою лінійки), то установку сітки ниток виправляють. Для цього відгвинчують гвинти, що кріплять окулярну частину, і від'єднують її від корпусу труби, тим самим звільняють доступ до оправи сітки ниток, послабивши гвинти, що кріплять оправу, злегка повертають її до збігу зображення вертикальної нитки сітки й нитки виска. Після цього гвинти закріплюють і встановлюють на місце окулярну частину. Повірку повторюють для того, щоб переконаватися, що вертикальна нитка встановлена правильно.

Перпендикулярність горизонтальної нитки сітки до вертикальної осі нівелірів типу Н-3 і Н-10 перевіряють у такий спосіб. Приводять нівелір у робоче положення (горизонтирують), наводять краєм горизонтальної нитки на чітко видиму мету, що перебуває на відстані близько 10 м від нівеліра. Повільно переміщають у горизонтальній площині зорову трубу навідним гвинтом і стежать, не чи відхиляється горизонтальна нитка з обраної мети. При відхиленнях більш ніж 2 мм виконують юстировку сітки ниток способом, аналогічним описаному для вертикальної нитки (рис. 2.10).

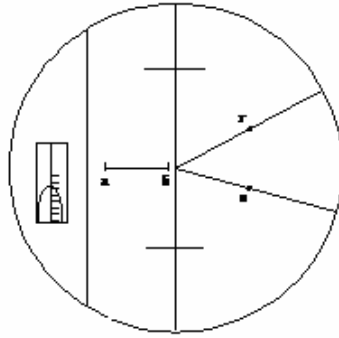


Рис. 2.10. Вид поля зору нівеліра

5. Повірку правильності установки циліндричного рівня. Повірка виконується у два етапи:

- стрімка площина, що проходить через вісь рівня, повинна бути паралельна стрімкою площини, що проходить через візирну вісь зорової труби;
- проекція на стрімку площину кута між віссю рівня й візирною віссю труби (кут  $i$ ) повинна бути не більш установленої величини.

*Для нівелірів з компенсаторами перевіряють кут між горизонтальною площиною й візирною віссю труби.*

Для перевірки першої умови нівелір встановлюють в 50 м від рейки, при цьому один піднімальний підставки повинен бути спрямований у бік рейки. Ретельно горизонтирують прилад, сполучаючи елеваційним гвинтом кінці пухирця рівня; уводять у бісектор сітки один зі штрихів рейки й записують відлік по шкалі мікрометра.

Далі піднімальними гвинтами дають бічний нахил осі приладу (приблизно на два повні оберти гвинта), стежачи за тим, щоб штрих рейки залишався в бісекторі, а відлік по шкалі мікрометра не змінювався. Ті ж операції проробляють при бічному нахилі осі в протилежну сторону. Якщо в обох випадках кінці пухирця рівня залишаються в сполученім положенні або зміщаються в обох випадках ідентично, установка рівня вважається правильною. А якщо ні, то повинна бути виконана юстировка рівня за допомогою бічних юстировочних гвинтів.

Визначення кута  $i$  нівеліра слід проводити одним зі способів:

- нівелюванням уперед;
- нівелюванням із середини в комбінації з нівелюванням уперед;
- нівелюванням з різними плечима.

Кількість приймань вимірів у будь-якому способі повинне бути не менш трьох. За остаточне значення кута  $i$  ухвалюють середнє арифметичне із усіх результатів. Розбіжність між окремими значеннями визначень кута  $i$  не повинне перевищувати 3" для високоточних нівелірів і 5" для всіх інших типів нівелірів.

**Нівелювання вперед.** Цей спосіб заснований на принципі подвійного нівелювання двох точок  $1$  і  $2$ , закріплених на місцевості милицями або колами на відстані  $(50 \pm 10)$  м (рис. 2.11)

Нівелір установлюють на одній із точок  $1$  або  $2$ , приводять нівелір у робоче положення, вимірюють висоту  $h_1$  візирної осі труби над точкою  $1$  з погрешністю не більш  $1$  мм і беруть відлік  $l_2$  по рейці, установленій у точці  $2$ . Міняють місцями нівелір і рейку, повторюють описані вище дії, одержують висоту  $h_2$  і  $l_1$ .

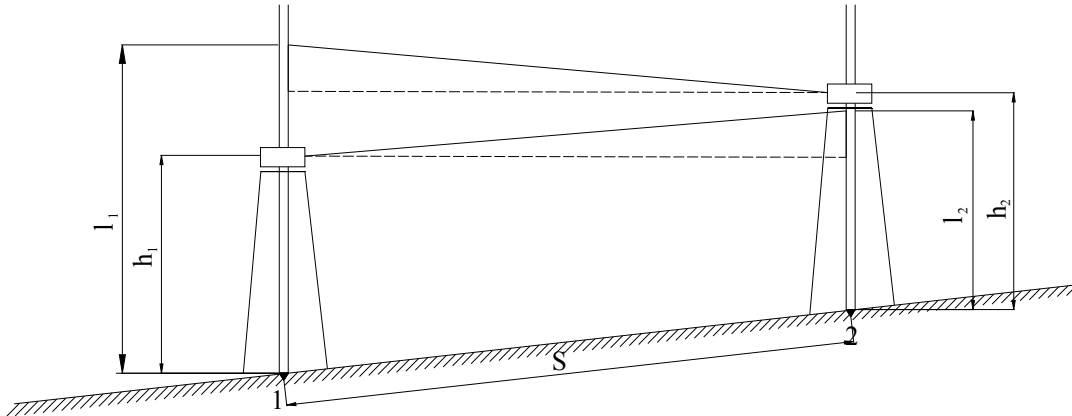


Рис. 2.11. Взаємне розташування нівеліра й рейок при визначенні кута  $i$  по способу нівелювання вперед

Значення кута  $i$  обчислюється по формулі:

$$i = \frac{[(h_1 + h_2) - (l_1 + l_2)] \cdot \rho}{2 \cdot S},$$

де  $S$  – відстань між точками  $1$  і  $2$ .

$\rho$  – постійний коефіцієнт,  $\rho = 206265''$

Таблиця 2.5 - Визначення перевищень по способу нівелювання вперед

Номер приймання	Номер точки	Висота нівеліра (у розподілах рейки) $h$	Відліки по далекій рейці (у розподілах рейки) $l$	$X = h - l$ (у розподілах рейки)	$i = \frac{X \cdot \rho}{S}$ , угл. с
1	1	2860	3487	+5,0	+10,3
	2	2978	2341		
		2919	2914		
2	1	8785	9411	+5,0	+10,3
	2	8901	8265		
		8843	8838		
3	2	2800	3429	+4,0	+8,2
	1	2933	2296		
		2866,5	2862,5		
4	2	8726	9354	+5,5	+11,3
	1	8859	8220		
		8792,5	8787		
Середнє				+4,9	+10,0

**Нівелювання із середини в комбінації з нівелюванням уперед.** Лінію довжиною 40-60 м закріплюють колами, на яких установлюють рейки в точках 1 і 2 (рис. 2.12). Нівелір установлюють між точками 1 і 2 на рівній відстані від них, приводять у робоче положення й беруть відліки по рейках  $l_1$  і  $l_2$ . Переносять нівелір у точку, вилучену від точки 2 на відстані 5-10 м ( $S_1$ ), і беруть відліки  $l_1'$  і  $l_2'$ . Значення кута  $i$  обчислюють по формулі:

$$i = \frac{[(l_1' - l_2') - (l_1 - l_2)] \cdot \rho}{S} = \frac{h' - h}{S} \cdot \rho.$$

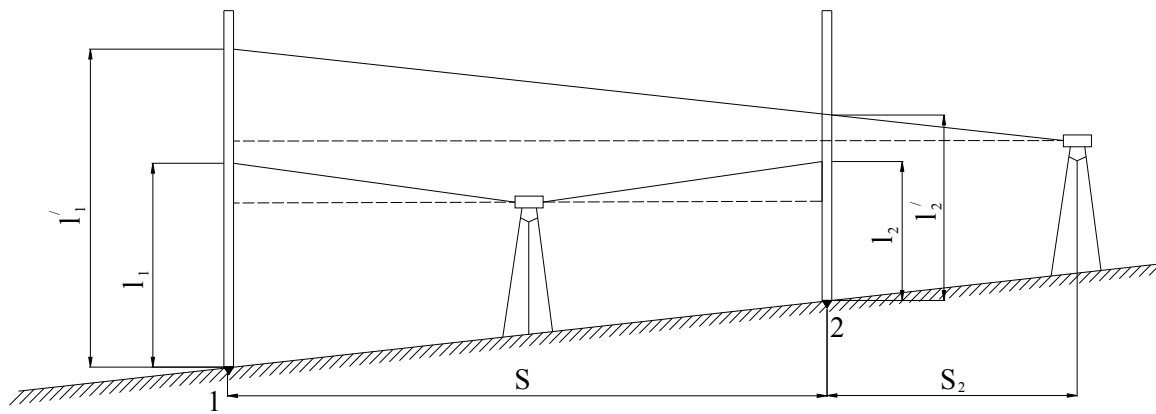


Рис. 2.12. Взаємне розташування нівеліра й рейок при визначенні кута  $i$  по способу нівелювання із середини в комбінації з нівелюванням уперед

Таблиця 2.6 - Визначення перевищень по способу нівелювання із середини в комбінації з нівелюванням уперед

Метод виміру перевищення	Відліки по рейках $l$		$h_{cp}$ , мм	
	1-й вимір	2-й вимір		
Перевищення, обмірюване із середини	$l_1$	1400	1148	-316
	$l_2$	1715	1465	
	$h = l_1 - l_2$	-315	-317	
Перевищення, обмірюване, коли нівелір перебував за точкою 2	$l_1'$	1470	1747	-319
	$l_2'$	1150	1429	
	$l_1' - l_2'$	-320	-318	

$$X = -319,0 + 316,0 = -3,0 \text{ мм};$$

$$i = \frac{-3,0 \cdot 206265}{50500} = -12,3''$$

**Нівелювання з різними плечима.** Закріплюють лінію довжиною  $50 \pm 10$  м милицями й визначають перевищення між ними із двох станцій. Нівелір установлюють на відстані 3-5 м від рейки на продовженні створу 1-2 (рис. 2.13). Роблять відлік  $l_1$  по найближчій рейці й, змінивши фокусування труби, роблять відлік  $l_2$  по далекій рейці. Зберігаючи фокусування труби, установлюють нівелір на відстані 3-5 м від другої рейки на продовженні створу 2-1. Роблять відліки  $l_1'$  по далекій рейці й  $l_2'$  по близькій рейці.

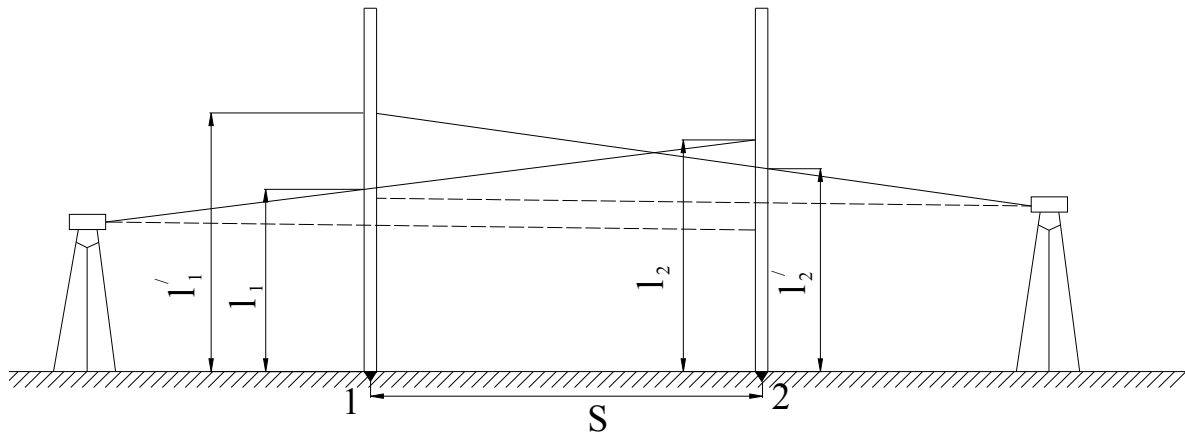


Рис. 2.13. Взаємне розташування нівеліра й рейок при визначенні кута  $i$  по способу нівелювання з різними плечима

Кут  $i$  обчислюють по формулі:

$$i = \frac{X}{S} \cdot \rho,$$

де

$$X = \frac{l_2 + l_1'}{2} - \frac{l_1 + l_2}{2}.$$

Таблиця 2.7 - Визначення кута  $i$  по способу нівелювання з різними плечима

Номер напівприймання	Номер точки	Відліки по рейках (у розподілах рейки)		$X$ (у розподілах рейки)	$i$ , угл.с
		по найближчій	по далекій		
1	1	28,605	34,873		
	2	29,784	23,408		
2	1	29,194	29,140	+ 5,4	+ 11,1
	2	87,852	94,120		
		89,038	82,660		
3	2	88,445	88,390	+ 5,5	+ 11,3
	1	28,002	34,288		
		29,334	22,962		



Продовження табл. 2.7

Номер напівприймання	Номер точки	Відліки по рейках (у розподілах рейки)		X (у розподілах рейки)	i, угл.с
		по найближчій	по далекій		
4	2	28,668	28,625	+ 4,3	+ 8,9
	1	87,253	93,540		
		88,597	82,212		
		87,925	87,876	+ 4,9	+ 10,1
Середнє				+ 5,0	+ 10,3

## 3 ПОЛЕВІ РОБОТИ

### 3.1 Теодолітна зйомка

Теодолітною зйомкою називається контурна зйомка місцевості, у результаті якої одержують план із зображенням елементів ситуації без рельєфу.

При проведенні теодолітної зйомки кутові виміри виконують теодолітами, лінійні виміри – сталевими стрічками або рулетками.

Знімальною основою для виконання теодолітної зйомки є точки теодолітного ходу. Теодолітна зйомка супроводжується веденням схематичного креслення – абрису.

Розповсюдженим способом побудови знімальної геодезичної мережі є пролодження теодолітних ходів. Теодолітний хід має вигляд ламаної лінії, у якій виміряються довжини сторін і горизонтальні кути між ними. Вершинами кутів є пункти теодолітного ходу, що закріплюються на місцевості.

Польові роботи містять у собі наступні види робіт.

### 3.2 Рекогносцировка місцевості

*Рекогносцировка місцевості* – це обхід і огляд місцевості з метою знайомства з об'єктами зйомки, відшукування пунктів опорної знімальної мережі, остаточного вибору місця розташування точок теодолітного ходу на місцевості й уточнення складеного проекту.

Точки теодолітного ходу розташовуються:

- у місцях з гарним оглядом місцевості;
- між суміжними вершинами теодолітного ходу повинна забезпечуватися гарна взаємна видимість;
- кути нахилу не повинні перевищувати  $5^{\circ}$ ;
- довжини сторін теодолітного ходу повинні бути не менш 20 м і не більш 350 м;
- сторони слід розташовувати по рівним, із твердим ґрунтом і зручним для вимірів лініям місцевості.

Вершини теодолітних ходів закріплюються дерев'яними кілочками, забитими урівень із землею, центр позначений цвяхом; металевими стрижнями, милицями і т.д. Необхідно скласти абриси закріплення пунктів теодолітного ходу.

### 3.3 Вимір горизонтальних кутів

Перед початком роботи теодоліт установлюється над точкою в робоче положення. Повна установка приладу в робоче положення складається з горизонтування приладу й центрування над точкою.

**Центрування** – це дія, при якій центр лімба горизонтального кола сполучається зі стрімкою лінією, що проходить через точку стояння приладу. Центрування виконується за допомогою нитяного виска або оптичного центрира.

При центруванні теодоліта за допомогою нитяного виска штатив установлюється так, щоб висок виявився приблизно над точкою, а головка штатива була приблизно горизонтальна. Потім, послабивши становий гвинт, теодоліт переміщують по головці штатива до положення, коли вістря виска буде перебувати над центром точки; після цього становий гвинт закріплюють. Коливання нитяного виска не повинне перевищувати 1-2 мм щодо центру точки.

**Горизонтування** – приведення вертикальної осі обертання теодоліта в прямовисне положення, а, отже, площини лімба – у горизонтальне положення. Попереднє горизонтування грубо досягається при установці штатива, а точне приведення виконується піднімальними гвинтами з використанням попередньо повіреного циліндричного рівня при алідаді горизонтального кола.

#### *Вимір горизонтальних кутів*

Для виключення помилки через вертикальне положення віхи треба перехрестя сітки ниток наводити на висоту 0,3 м від поверхні землі.

Вимір горизонтальних кутів проводиться способом приймань у наступному порядку:

- приводимо теодоліт і візирні віхи в робоче положення;
- при *КЛ* установлюємо відлік по лімбу горизонтального кола, близьким до  $0^0$ ;
- послабивши закріпний гвинт лімба горизонтального кола, візуємо на задню точку *I* і беремо відлік по горизонтальнім колу *On* і записуємо його в "Журнал виміру горизонтальних і вертикальних кутів" (табл. 3.1);
- після послабляємо алідаду горизонтального кола й візуємо на передню точку *VIII*, беремо відлік *Ok* і записуємо його в журнал (табл. 3.1);
- обчислюємо значення горизонтального кута з напівприймань при *КЛ*:

$$\beta_{КЛ} = (O_k - O_n)_{КЛ}$$

- переводять трубу через зеніт і повторюють ті ж дії при *КП*, що й при *КЛ*, значення кута із другого напівприймань обчислюється по формулі:

$$\beta_{КП} = (O_k - O_n)_{КП}$$

Різниця між кутами із двох напівприймань не повинна перевищувати 1':

$$\Delta\beta = \beta_{КЛ} - \beta_{КП} \leq 1'$$

При виконанні цієї умови обчислюється середнє значення горизонтального кута:

$$\beta_{cp} = \frac{\beta_{KL} + \beta_{KP}}{2}.$$

У таблиці 3.1 наведений приклад польового журналу.

Таблиця 3.1 - Зразок журналу виміру горизонтальних кутів

Точки		КЛ КП	Відлік по горизонтальному колу		Кут з напівприймання		Середній кут	
Стоян ня	Візуван ня		0	,	0	,	0	,
Т1	Т2	КЛ	129	06	150	02	150	01
	Т3		279	08				
Т1	Т2	КП	309	11	150	00		
	Т3		99	11				

### 3.4 Вимір вертикальних кутів

Вертикальний кут вимірюють двічі, при КЛ і КП.

При вимірі кутів нахилу приводять теодоліт у робоче положення й вимірюють висоту приладу й висоту візування.

Потім візують на висоту візування, відзначену міткою й беруть відліки по вертикальному колу при КЛ і КП. Кут нахилу  $\nu$  для теодоліта 2Т-30 обчислюється по формулах:

$$MO = \frac{KL + KP}{2};$$

$$\nu = KL - MO$$

де МО – відлік по вертикальному колу, відповідний до горизонтального положення труби теодоліта. Приклад визначення вертикального кута наведений у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 - Зразок журналу виміру вертикальних кутів

Точки		КЛ КП	Відлік по вертикальному колу		МО		Кут нахилу $\nu = KL - MO$	
стояння	Візуван ня		0	,	0	,	0	,
Т1	Т2	КЛ	-12	35	-0	00'30"	-12	34'30"
	Т3		-4	15				
Т1	Т2	КП	12	34	0	00'30"		
	Т3		4	16				

При вимірі вертикальних кутів повинне бути забезпечена сталість МО.

### 3.5 Вимір довжин ліній

Вимір довжин ліній проводиться шляхом послідовного укладення мірної стрічки між точками, якими вона закріплена. У процесі виміру стрічка повинна бути покладена в створі лінії.

При вимірах на геодезичних знаках прямовисно встановлюють віху.

**Створ лінії місцевості** – вертикальна площина, що проходить через кінцеві точки місцевості.

**Вішити лінію** – значить поставити на місцевості ряд віх, що перебувають в одному створі.

*Вимір довжин ліній мірною стрічкою.* Вимір відстаней на місцевості роблять сталеву мірною стрічкою, довжиною 20 м.

Вимір відстаней полягає в тому, що мірну стрічку послідовно укладають у створі вимірюваної лінії, починаючи від її одного кінця убік іншого. При цьому кінці кожної стрічки відзначають спеціальними сталевими шпильками: кінець попередньої стрічки є початком для наступного відкладання стрічки. Останній проліт неповний, менше довжини стрічки, називається залишком (рис. 3.1).

Довжина лінії дорівнює довжині стрічки, помноженого на число повних прольотів, плюс залишок. Довжина лінії розраховується по формулі:

$$D = (p \cdot k + n) \cdot l + r ,$$

де  $p$  – кількість передач шпильок;

$k$  – кількість шпильок у комплекті;

$n$  – кількість шпильок у заднього вимірника;

$l$  – довжина стрічки;

$r$  – довжина залишку.

Приклад на рис. 3.1 і 3.2.

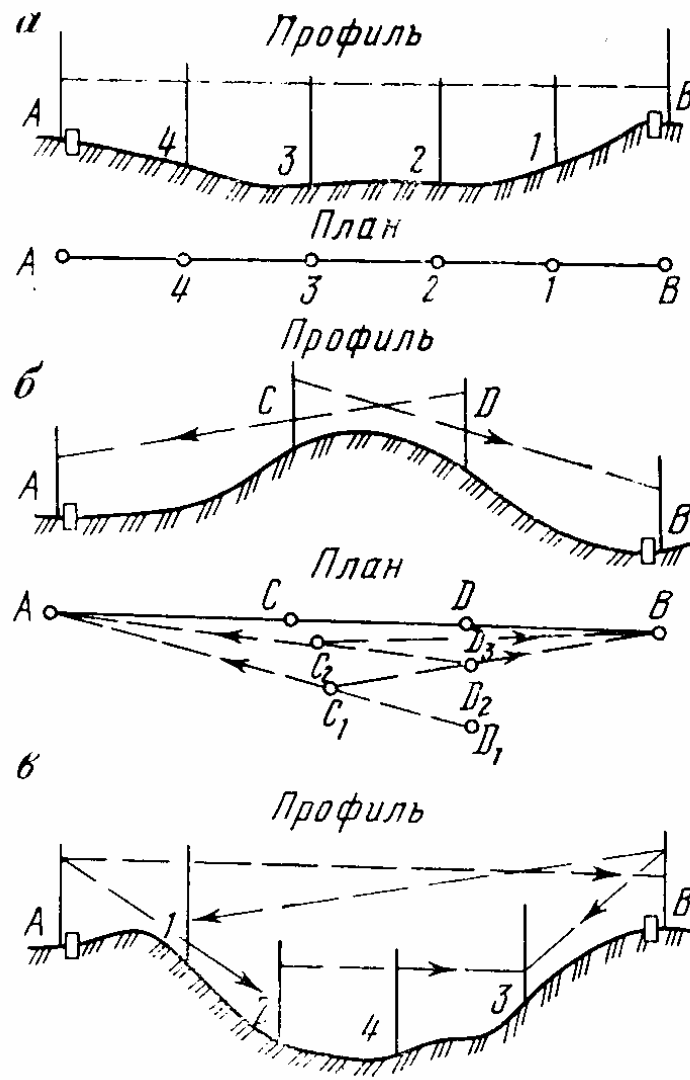


Рис. 3.1. Вимір довжин ліній мірними приладами

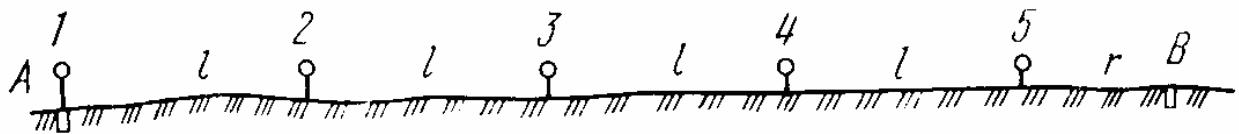


Рис. 3.2. Вимір ліній мірною стрічкою. Порядок виміру

Для контролю довжина лінії виміряється другий раз у зворотному напрямку. Розбіжність між результатами двох вимірів однієї й тієї ж лінії стрічкою повинне бути не більш 5 – 10 см на кожні 100 м.

Для контролю вимір довжини лінії проводиться два рази - у прямому й зворотному напрямках. У таблиці 3.3 наведені результати виміру довжин сторін теодолітного ходу навчального полігона.

Таблиця 3.3 - Довжини сторін теодолітного ходу

$$\frac{1}{T} = \frac{D_{\text{обратно}} - D_{\text{прямо}}}{D_{\text{среднее}}} \leq \frac{1}{2000} \left( \frac{1}{1000} \right)$$

Найменування сторони	Довжина сторони $D$ , м		
	прямо	назад	Середня
1 – 2	69,0	69,0	69,0
2 – 3	26,5	26,5	26,5
3 – 4	70,3	70,3	70,3
4 – 1	24,1	24,1	24,1

### 3.6 Тахеометрична зйомка

*Тахеометрична зйомка* являє собою топографічну, тобто контурно-висотну зйомку, у результаті якої одержують план місцевості із зображенням ситуації й рельєфу. Тахеометрична зйомка виконується самостійно для створення планів невеликих ділянок місцевості у великих масштабах (1:500 – 1:5000) або в комбінації з іншими видами робіт, коли виконання інших видів зйомок економічно недоцільно або технічно утруднене. Її застосування особливе вигідно для зйомки вузьких смуг місцевості при вишукуванні трас залізних і автомобільних доріг, ліній електропередач, трубопроводів і інших протяжних об'єктів.

Швидкість вимірів при тахеозйомці досягається тим, що положення точки, що знімається, місцевості в плані й по висоті визначається при одному наведенні труби вимірювального приладу на рейку, установлену в цій точці.

Тахеометрична зйомка виконується за допомогою технічних теодолітів і рейок або спеціальних приладів – тахеометрів.

При використанні технічних теодолітів сутність тахеометричної зйомки зводиться до одержання даних необхідних для визначення просторових полярних координат  $x, y, z$  точок місцевості й наступному нанесенню цих точок на план. При цьому горизонтальний кут  $\beta$  між початковим напрямком і напрямком на точку, що знімається, вимірюється за допомогою горизонтального кола, вертикальний кут  $\nu$  – вертикального кола теодоліта, а відстань до точки  $D$  – дальноміром. Таким чином, планове положення точок, що знімаються, визначається

полярним способом (координатами  $x, y$ ), а перевищення  $h$  між точками – методом тригонометричного нівелювання, здійснюваного за допомогою похилого променя візування теодоліта. Схема тригонометричного нівелювання наведена на рис. 3.3, де 1, 2, 3...31 – пункти установки нівелірних рейок.

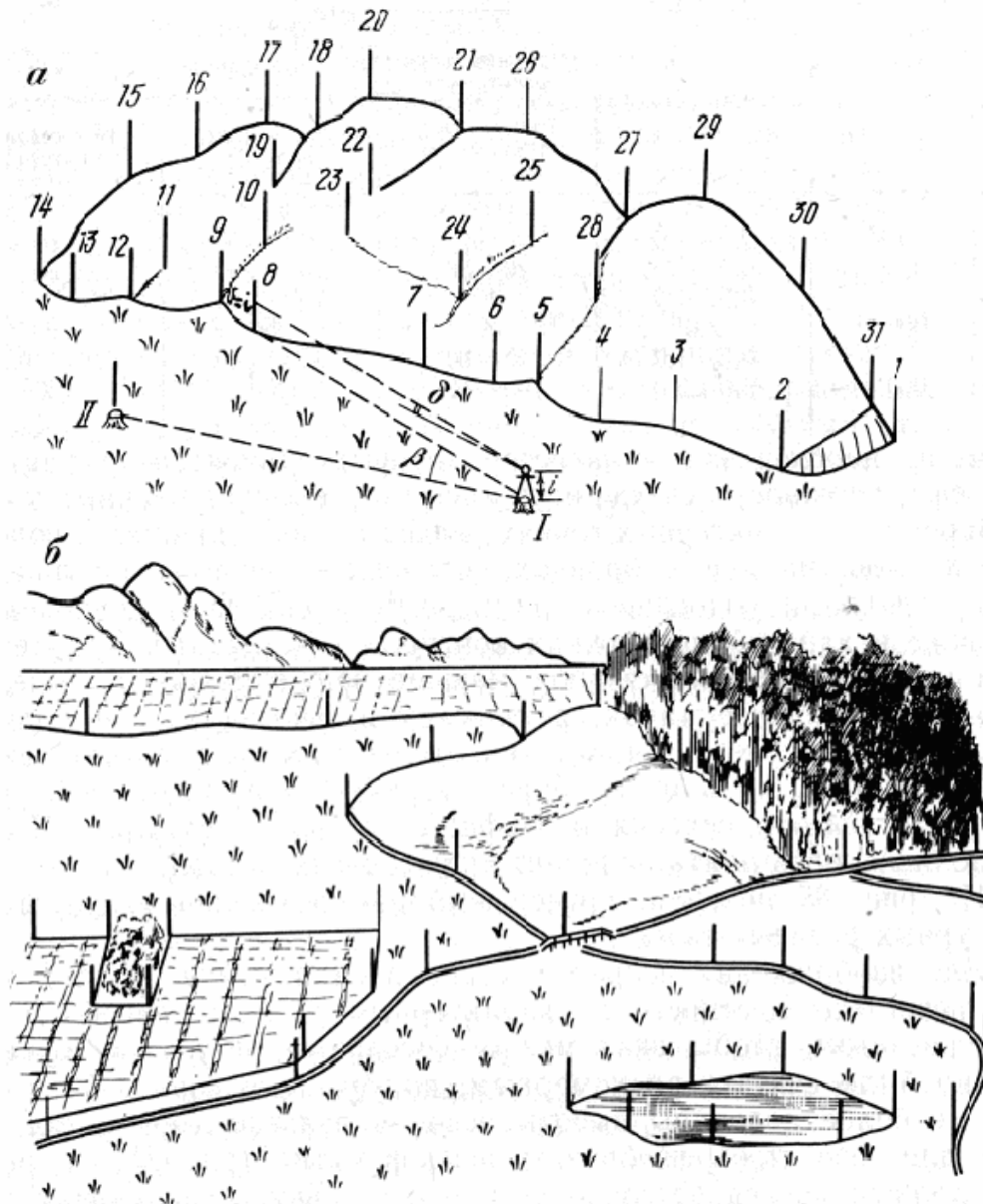


Рис. 3.3. Пункти установки рейок: а – висотні; б – контурні

### 3.6.1 Сутність тригонометричного нівелювання

Сутність тригонометричного нівелювання полягає в наступному. Нехай потрібно визначити перевищення  $h$  точки  $B$  над точкою  $A$ .



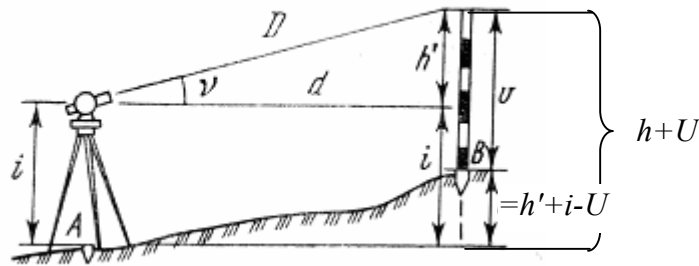


Рис. 3.4. Принцип тригонометричного нівелювання

Над точкою  $A$  встановлюється в робоче положення теодоліт, а в точці  $B$  прямовисно – рейка. Вимірюють висоту приладу  $i$  й зоровою трубою теодоліта візують на верх рейки або віхи, що має висоту  $U$ . За допомогою вертикального кола теодоліта вимірюють вертикальний кут  $\nu$ , а дальноміром – похила відстань  $D$  або його горизонтальне пролонгження  $d$ .

Як впливає з креслення

$$h + U = h' + i,$$

звідки випливає

$$h = h' + i - U$$

Оскільки

$$h' = d \cdot \operatorname{tg} \nu,$$

те

$$h = d \cdot \operatorname{tg} \nu + i - U$$

При  $i = U$ , тобто при візуванні на висоту приладу, відзначену на рейці або вісі, формула прийме вид

$$h = d \cdot \operatorname{tg} \nu$$

При вимірі відстаней нитяним дальноміром перевищення між точками буде рівно

$$h = d \cdot \operatorname{tg} \nu = L \cdot \cos^2 \nu \cdot \operatorname{tg} \nu = L \cdot \sin \nu \cdot \cos \nu = \frac{L}{2} \cdot \sin 2\nu$$

або в загальному випадку

$$h = \frac{L}{2} \cdot \sin 2\nu + i - U,$$

де  $L$  – дальномірна відстань.

### 3.6.2 Визначення відстаней нитяним дальноміром

Визначення відстані за допомогою нитяного дальноміра наведено на рис. 3.5.

**Нитяний далекомір** відноситься до найпростіших оптичних далекомірів з постійним параллактичним кутом і змінною базою при обумовленій точці. Він являє собою зорову трубу, на сітці ниток якої додатково нанесені далекомірні штрихи, симетрично розташовані щодо візирної осі.

Нитяні далекоміри не є самостійними приладами. Вони сполучаються з маркшейдерсько-геодезичними приладами (теодолітами, нівелірами, кіпрегелями), що надає цим приладам універсальність.

Розглянемо принципову схему нитяного далекоміра.

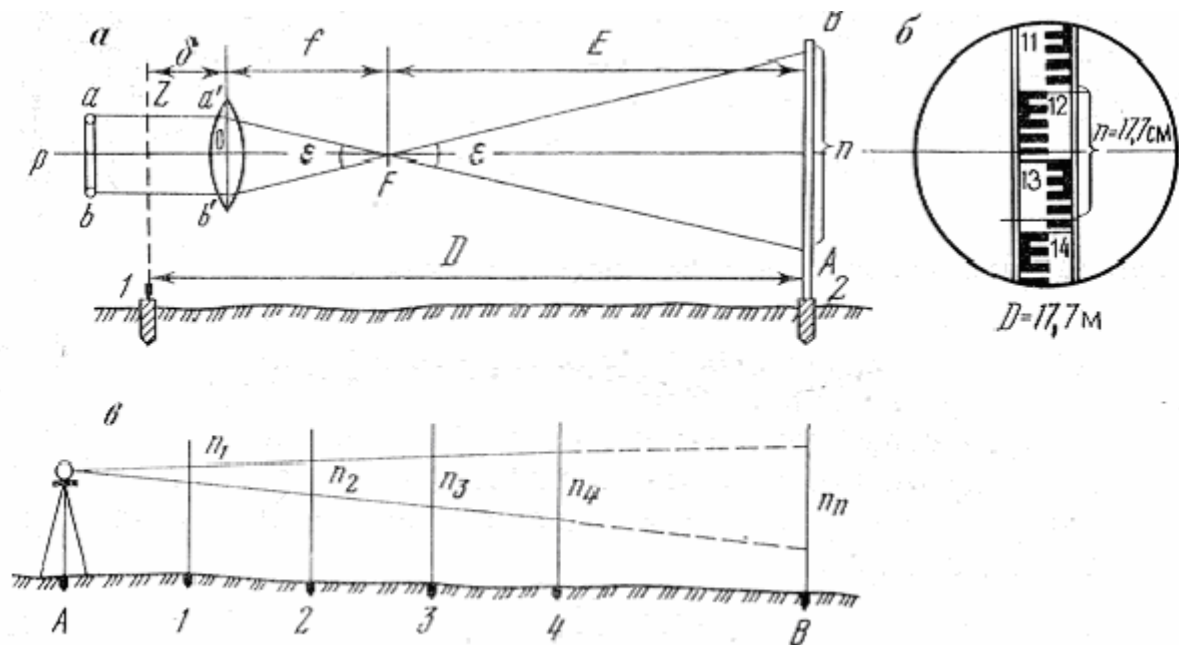


Рис. 3.5. Схема визначення відстані за допомогою далекоміра

Нехай потрібно визначити відстань  $D$  між точками 1 й 2. У точці 1 встановлений теодоліт, вісь обертання якого збігається зі стрімкою лінією точки 1. У точці 2 вертикально встановлена далекомірна рейка.

Можливі два випадки:

- 1 – промінь візування займає горизонтальне положення;
- 2 – промінь візування займає похиле положення.

**Визначення відстаней нитяним далекоміром при горизонтальному промені візування.** Як видно із креслення шукана відстань становить

$$D = E + \delta + f ,$$

де  $E$  – відстань від переднього фокуса об'єктива до рейки;

$\delta$  – відстань від об'єктива до осі обертання приладу;

$f$  – фокусна відстань об'єктива.

З подоби трикутників  $ABF$  і  $a'b'F$  маємо

$$E = \frac{f}{p} \cdot n,$$

де  $p$  – відстань між далекомірними нитками ( $p = a \cdot b$ );

$n$  – відстань між точками  $A$  й  $B$ , відлічуване по далекомірній рейці ( $n = A - B$ ).

Оскільки величини  $f$  і  $p$  є постійними, то і їх відношення  $\frac{f}{p} = K$  – величина постійна

для даного приладу й називається коефіцієнтом далекоміра. Тоді можна записати у вигляді

$$D = E + \delta + f = K \cdot n + c$$

де  $c = \delta + f$  – постійна складаєма далекоміра.

Для зручності обчислення відстаней величини  $f$  й  $p$  у приладах підбирають таким чином, щоб  $K = 100$ , а величиною  $c$  можна було зневажити ( $c < 4\text{см}$ ). Тоді відстань  $D$  рівна

$$D = K \cdot n = 100 \cdot n$$

Практично вимір відстаней нитяним далекоміром проводиться в такий спосіб.

Візують на рейку й навідним гвинтом зорової труби сполучають верхню далекомірну нитку з відліком, кратним 10 см. По рейці відраховують число сантиметрів, укладених між далекомірними нитками. При  $K = 100$  далекомірний відлік по рейці в сантиметрах виразить шукану відстань у метрах.

**Визначення відстаней нитяним далекоміром при похилому промені візування.** На практиці при визначенні відстаней за допомогою нитяного далекоміра по вертикальній рейці візування звичайно проводиться похилим променем.

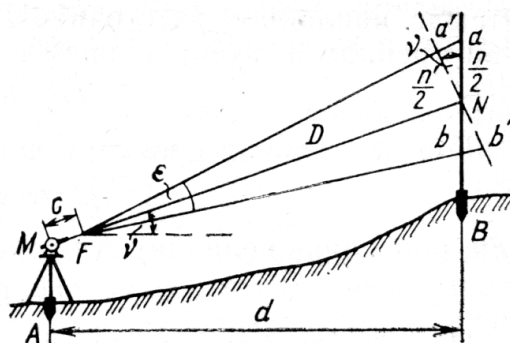


Рис. 3.6. Визначення відстаней нитяним далекоміром при похилому промені візування

Якби рейка була перпендикулярна до візирної осі, тобто відхилена від прямовисного положення на кут  $v$ , то похила відстань була б рівна

$$D = K \cdot n' + c$$

Але оскільки рейка встановлюється прямовисно, фактичний далекомірний відлік по рейці буде рівний  $n$ . Однак у силу малості параллактичного кута можна записати

$$n' = n \cdot \cos \nu .$$

Звідси похила відстань

$$D = K \cdot n \cdot \cos \nu + c .$$

Ухвалюючи  $c = 0$ , одержимо

$$D = K \cdot n \cdot \cos \nu$$

Горизонтальна проекція лінії буде рівна

$$d = D \cdot \cos \nu = K \cdot n \cdot \cos^2 \nu ,$$

або, позначивши величину  $K \cdot n$  через  $L$ , одержимо

$$d = L \cdot \cos^2 \nu$$

або

$$d = L - \Delta L ,$$

де  $\Delta L = L \cdot \sin^2 \nu$  – виправлення за нахил в обмірюване далекоміром похилу відстань.

Планове положення точок місцевості в тахеометричній зйомці визначаються полярним способом. Їхні висоти визначаються тригонометричним нівелюванням.

### 3.6.3 Виробництво тахеометричної зйомки

Виробництво тахеометричної зйомки включає наступні етапи: складання проекту, польові роботи, камеральні роботи.

Етап складання проекту містить у собі:

- 1 – добір необхідних картографічних матеріалів,
- 2 – добір каталогів пунктів планово-висотного обґрунтування,
- 3 – вибір способу створення знімальної мережі залежно від об'єкта зйомки, її масштабу й наявності, що є в наявності.

Польові роботи містять у собі:

- 1 – рекогносцировку місцевості,
- 2 – створення мережі знімального обґрунтування,
- 3 – зйомку ситуації й рельєфу.

Камеральні роботи містять у собі:

- 1 – перевірку польових журналів вимірів,
- 2 – обчислення планових і висотних координат ( $X$ ,  $Y$  і  $H$ ) точок тахеометричних ходів,
- 3 – обчислення відміток рейкових точок на кожній станції,
- 4 – складання топографічного плану місцевості.

### 3.6.4 Складання проекту. Нормативні параметри тахеометричної зйомки

Етап складання проекту базується на нормативних вимогах технічних інструкцій, пропонованих до тахеометричної зйомки.

По-перше, вирішується питання про густоту точок знімальної мережі, яка залежить від масштабу зйомки, складності рельєфу, наскільки територія зайнята будівлями та лісами, що знімається.

Таблиця 3.4 - Кількість точок знімальних мереж на 1 км<sup>2</sup>

Масштаб	Незабудовані території	Забудовані території
1:500	Визначається рекогносцировкою	Визначається рекогносцировкою
1:1000	Не менш 16	Визначається рекогносцировкою
1:2000	Не менш 12	Визначається рекогносцировкою
1:5000	Не менш 4	Визначається рекогносцировкою

По-друге, вирішується питання, яким образом буде створюватися знімальна геодезична мережа.

Таблиця 3.5 - Способи створення знімальної геодезичної мережі в залежності від перетину рельєфу

Перетин рельєфу	Знімальна геодезична мережа
До 1 м	Теодолітно-нівелірні ходи
Через 2 м і більш	Теодолітно-висотні ходи Тахеометричні ходи

*У теодолітно-нівелірних ходах* сторони виміряються мірною стрічкою або відповідними по точності оптичними далекомірами або тахеометрами, горизонтальні кути – технічними теодолітами, а перевищення точок ходу – геометричним нівелюванням.

*У теодолітно-висотних ходах* довжини сторін і горизонтальні кути виміряються також, як і в попередньому випадку, але перевищення точок ходу визначаються тригонометричним нівелюванням.

*Тахеометричні ходи* служать для згущення знімальної мережі. Тахеометричні ходи відрізняються від теодолітно-висотних тим, що довжини сторін виміряються в них за допомогою нитяного далекоміра. До початку тахеометричних робіт пункти опорної мережі повинні бути доведені до щільності, зазначеної в таблиці 3.4 з дотриманням наступних вимог.

Таблиця 3.6 - Вимоги до тахеометричних ходів

Масштаб зйомки	Максимальна довжина ходу, м	Максимальна довжина сторін, м	Максимальне число сторін у ході
1:5000	1200	300	6
1:2000	600	200	5
1:1000	300	150	3
1:500	200	100	2

### 3.6.5 Полеві роботи. Рекогносцировка місцевості.

Рекогносцировка місцевості містить у собі знайомство з місцевістю в районі майбутньої зйомки, відшукування пунктів планово-висотного обґрунтування й вибір місця для закріплення точок знімальної мережі. Ці точки слід розташовувати по можливості на піднесених місцях з гарним оглядом місцевості й з урахуванням забезпечення взаємної видимості між суміжними точками.

При виборі кількості, місця розташування й способу згущення точок знімальної мережі враховуються нормативні вимоги, розглянуті вище.

### 3.6.6 Полеві роботи. Зйомка ситуації й рельєфу

Зйомка ситуації й рельєфу може виконуватися одночасно із пролодженням тахеометричних ходів або після того, як ходи прокладені. У першому випадку на кожній станції спочатку роблять усі виміри, пов'язані із пролодженням ходів знімального обґрунтування, а потім виконують зйомку ситуації й рельєфу.

Зйомка місцевих предметів, контурів і рельєфу місцевості проводиться, як правило, полярним способом, витягнутих об'єктів – способом ординат. У виняткових випадках, у таких, як зйомка недоступних місцевих предметів, застосовується спосіб кутових зарубок.

Перевищення точок місцевості визначають методом тригонометричного нівелювання, горизонтальні й вертикальні кути вимірюють при одному положенні зорової труби приладу, відстані – нитяним далекоміром.

Навколо кожної станції намічають рейкові (пикетні) точки, необхідна кількість яких залежить від характеру рельєфу, складності ситуації й масштабу зйомки.

Рейкові точки вибирають на характерних точках рельєфу – на вершинах і підосвах пагорбів, на дні й брівках улоговин і ярів, на лініях вододілів, на перегінах скатів і сідловинах, а також у характерних точках контурів місцевих предметів.

Чим крупніше масштаб зйомки, менше прийнята висота перетину рельєфу й складніше характер місцевості, що знімається, тим більше повинне бути число рейкових точок.

Таблиця 3.7 - Вимоги до зйомки

Масштаб зйомки	Перетин рельєфу	Максимальна відстань між рейковими точками, м	Максимальна відстань від приладу до рейки, м	
			при зйомці рельєфу	при зйомці контурів
1:500	0,5	15	100	60
	1,0	15	150	50
1:1000	0,5	20	150	80
	1,0	30	200	80
1:2000	0,5	40	200	100
	2,0	50	250	100
1:5000	2,0 – 5,0	100-120	350	150

У межах ділянки, що знімається, місцевості повинні бути зняті всі об'єкти ситуації, що виражаються в заданому масштабі плану. При виборі контурних точок слід мати на увазі, що вигини контурів, що знімаються, менш 0,5 мм у масштабі плану спрямляються, ділянки сільгоспугідь і контури рослинного покриву площею до 10 мм<sup>2</sup> на плані не показуються. Для ділянок, що не мають господарського значення цей мінімум збільшується до 25 мм<sup>2</sup>.

### 3.6.7 Робота на станції при тахеометричній зйомці із застосуванням технічного теодоліта

При виконанні тахеометричної зйомки технічними теодолітами робота на станції виконується в наступному порядку:

1. Теодоліт устанавлюється над точкою в робоче положення, вимірюють висоту приладу *i* й відзначають її на рейці.
2. При *KL* (або *KП*) сполучають нулі лімба й алідади й обертанням лімба візують зоровою трубою на попередню станцію. Тим самим лімб орієнтується нульовим розподілом по обраному початковому напрямкові. Лімб закріплюють.
3. Відкріпивши алідаду, роблять послідовне візування на пікетні точки, що знімаються, на яких устанавлюється рейка. Зорову трубу наводять на рейку так, щоб вертикальна нитка сітки сполучилася з віссю рейки, а горизонтальна – з міткою, відповідній до висоти приладу. Беруть відліки по нитяному далекоміру, горизонтальному й вертикальному колах і записують їх у журнал.

У графові "Примітки" указують місце розташування рейкової точки, характер рельєфу в даній точці й інші відомості, необхідні для обчислень і при наступнім складанні плану. Якщо рейкова точка є тільки контурною, то при її зйомці відлік по вертикальному колу не береться.

4. Обертанням аліади візують на наступну рейкову точку й повторюють ті ж дії.

Для кожної рейкової точки за допомогою мікрокалькулятора або по тахеометричних таблицях знаходять горизонтальне пролодження й перевищення.

Після зйомки 20–30 рейкових точок, а також по закінченню роботи на станції повторно візують по початковому напрямкові й беруть контрольний відлік по горизонтальному колу. Якщо контрольний відлік відрізняється від  $0^\circ$  не більше ніж на  $1,5'$ , то орієнтування лімба вважають непорушеним.

Для контролю й щоб уникнути пропусків (незнятих ділянок) у зйомці місцевості на суміжних станціях виконують зйомку з перекриттям, рівним максимально припустимій відстані між сусідніми пікетними точками для даного масштабу зйомки.

Нумерація пікетних точок на всіх станціях ухвалюється наскрізна.

Зразок заповнення журналу тахеометричної зйомки наведений у табл.3.8.

Таблиця 3.8 - Зразок польового журналу тахеометричної зйомки

Номер точки	Відліки			Примітка
	по далекоміру	по горизонтальному колу	по вертикальному колу	
Станція Т2, $i = v = 1,35$ м ; $MO = 0001'$				
Т1	69,0	0000'	-0044'	
1	13,0	77020'	-1042'	початок доріжки

### 3.6.8 Кроки тахеометричної зйомки

У процесі зйомки на кожній станції одночасно з польовим журналом ведеться **абрис** – схематичне креслення місцевості. На абрис наносять по полярних координатах усі рейкові точки й контури місцевості. Стрілками, що з'єднують сусідні пікетні точки, між якими є рівномірний ухил, указують напрямку скатів; пунктиром показують лінії вододілів і тальвегів; умовними горизонталями зображують окремі ясно виражені форми рельєфу.

Абриси виконують умовними знаками з пояснювальними підписами, приблизно витримуючи масштаб зйомки. Для кожної станції абрис складається на окремому аркуші.

Ведення абрису є однієї з найбільш відповідальних операцій тахеометричної зйомки, тому що складання плану проводиться в камеральних умовах, коли виконавець не бачить перед



собою місцевості. Отже, від якості абрису багато в чому залежить правильність зображення на плані ситуації й рельєфу місцевості.

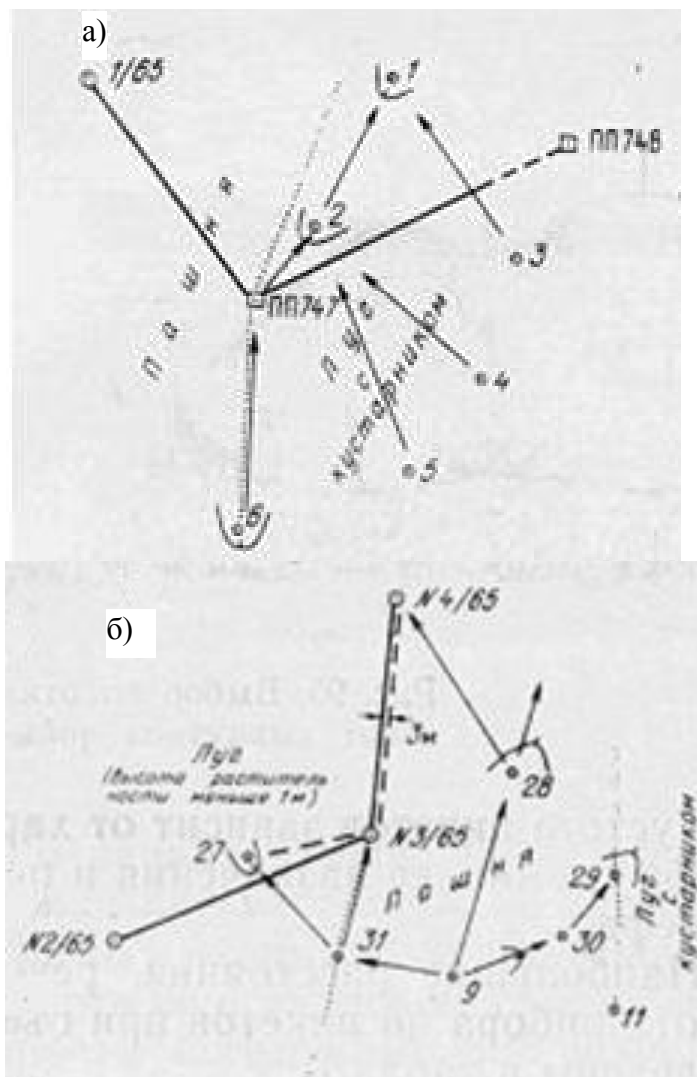


Рис. 3.8. Абрис тахеометричної зйомки

### 3.7 Вимір перевищень

**Нівелювання** – це сукупність робіт для визначення перевищень між точками місцевості, конструкціями споруджень і т.д.

**Геометричне нівелювання** – використання горизонтального променя візування.

**Тригонометричне нівелювання** – принцип використання похилого променя візування.

### 3.7.1 Геометричне нівелювання

Геометричне нівелювання – це метод визначення перевищень за допомогою горизонтального візирного променя зорової труби.

Під час проходження навчальної практики використовують спосіб нівелювання із середини (рис. 3.11). При цьому спосібі нівелір установлюємо між точками  $A$  і  $B$  приблизно на однаковій відстані між рейками. Точка  $A$  є задньою, а точка  $B$  – передньою. Перевищення між точками  $A$  і  $B$  обчислюється по формулі:

$$h_{B-A} = a - b$$

Таким чином, перевищення при нівелюванні із середини обчислюється "задній відлік мінус передній відлік". Якщо передня точка вище, то  $h_{I-II} > 0$ , а якщо ні, то  $h_{I-II} < 0$ . Абсолютну відмітку точки  $B$  визначають по формулі:

$$H_B = H_A + h_{BA}$$

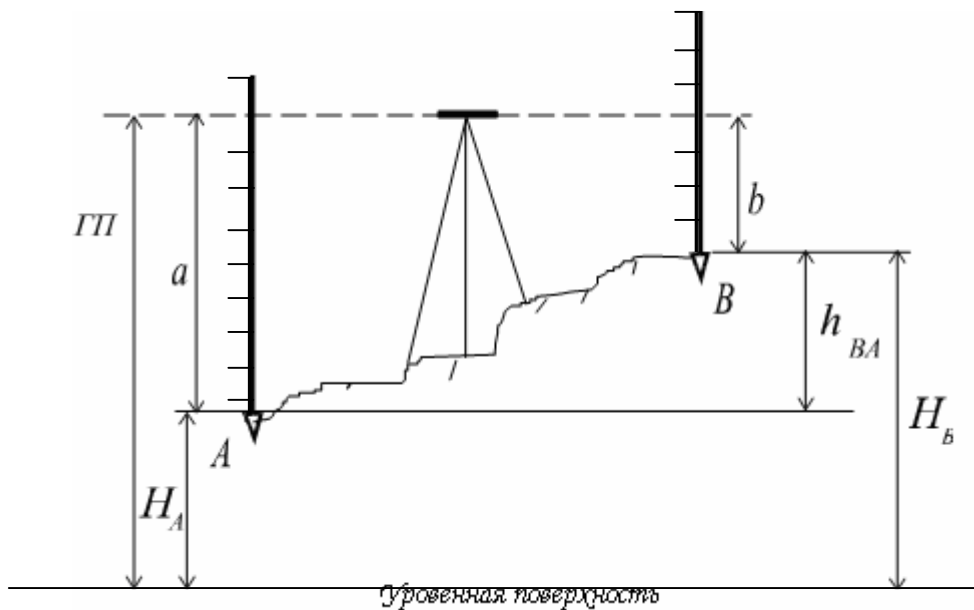


Рис. 3.11. Нівелювання із середини

### 3.7.2 Методика технічного нівелювання теодолітного ходу

Для передачі висоти  $H$  з точки  $T_1$  на іншу точку  $T_2$ , які перебувають на невеликій відстані друг від друга (100 – 300 м) і в межах видимості, перевищення між точками визначають із однієї установки приладу, способом нівелювання "із середини".

*Робота на станції.* При виконанні технічного нівелювання нівелір установлюємо приблизно посередині між задньою й передньою рейками, установленими над точками (рис. 3.12). Після цього беремо відліки по рейці в наступній послідовності:

- 1) візуємо на задню рейку; беремо відлік по чорній стороні рейки по середній нитці й записуємо це значення (1) у журнал;
- 2) візуємо на передню рейку й беремо відлік по середній нитці по чорній стороні рейки (2);
- 3) не змінюючи положення візирної труби нівеліра, беремо відлік по червоній стороні передньої рейки (3);
- 4) візуємо на задню рейку й беремо відлік по червоній стороні рейки по середній нитці й записуємо це значення (4) у журнал.

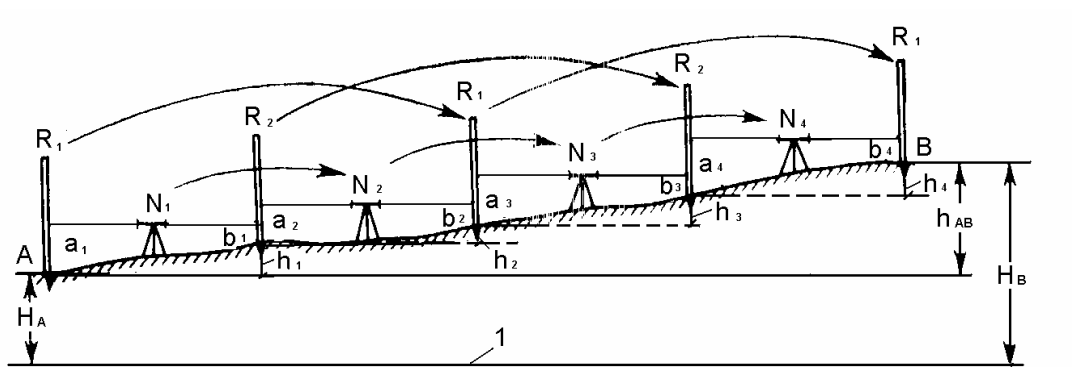


Рис. 3.12. Схема послідовного нівелювання, де

- $N_1 \dots N_4$  – місця установки нівеліра,  $R_1 \dots R_4$  – точки установки нівелірних рейок;  
 $a_1 \dots a_4$  – задній відлік по нівелірній рейці;  
 $b_1 \dots b_4$  – передній відлік по нівелірній рейці;  
 $h_1 \dots h_4$  – перевищення між сусідніми точками; 1 – рівенна поверхня.

Таблиця 3.9 - Приклад сторінки журналу технічного нівелювання

№ станції	№ пікету	Відліки по рейці			Перевищення, м		Об'єм приладу, м	Відмітки, м
		задній З	передній П	проміж.	$h = 3 - П$	середнє		
1	T1	1829	0981		0848			
	T2	6628	5781		0847	848		
		4799	4800		1			

Інші виміри приводяться в "Журналі технічного нівелювання".

Обчислення перевищень із відліків по чорній і червоній сторонам рейок проводиться по формулі, при цьому повинна виконуватися умова:

$$|h' - h''| \leq 5 \text{ мм},$$

де

$$h' = 848$$

$$h'' = 847$$

Різниця п'ят:  $4799 - 4800 = 1$  мм.

Тоді  $h'' = 847 + 1 = 848$  мм.

Перевірка умови:  $h' - h'' \leq 5$  тобто  $|848 - 848| = 0 \text{ мм} \leq 5 \text{ мм}$ .

Тоді середнє перевищення:  $h_{cp} = \frac{h'' + h''}{2} = \frac{848 + 848}{2} = 848 \text{ мм}$ .

### 3.8 Польові роботи при вишукуванні доріг

При проектуванні гірничого підприємства поряд із проектом розміщення будинків і споруджень на промисловому майданчику виникає необхідність проектування під'їзних колій і доріг, названих *трасою*.

Позначення положення осі траси на місцевості називається розбивкою траси. Геодезичні роботи, пов'язані із пролодженням траси на місцевості, полягають у виконанні наступних операцій:

- призначення ліній заданого напрямку й ухилу;
- вимір або розбивка кутів повороту траси;
- позначення й закріплення траси;
- розбивка кривих у кутах повороту траси;
- розбивка всієї траси на 100-метрові відрізки, названі пікетами, зі зйомкою прилягаючої до траси вузької смуги, за допомогою поперечних профілів;
- нівелювання для визначення висот точок, розташованих по трасі й поблизу її;
- зйомка окремих ділянок для пролодження траси.

Траса в плані представляє комбінацію прямих і різного роду кривих. Сполучення двох прямих проводиться за допомогою кругової кривої з постійним радіусом кривизни.

#### 3.8.1 Розбивка траси на місцевості. Поперечні профілі й пікетажний журнал

1. *Розбивка траси.* Розбивку або перенос у природу запроєктованої траси дороги починають із відшукування на місцевості, крім початкового пункту дороги, ще двох-трьох точок траси, включаючи вершину першого кута повороту. Початкову точку траси відзначають міцно встановленим стовпом і в плановім відношенні її прив'язують до найближчих постійних місцевих предметів, або до пунктів геодезичного обґрунтування.

Для переносу першої прямолінійної ділянки запроєктованої траси дороги на місцевість над початковою точкою, міцно закріпленої стовпом, установлюють і центрують теодоліт. По

лінії візування, яка встановлюється під певним кутом стосовно наявних орієнтирів, виставляють віху в кінцевій точці першої (прямолінійної) ділянки траси, якщо дозволяють умови місцевості. А якщо ні, то по лінії візування ставлять якнайдалі віху й фіксують напрямок візирної осі забитим у землю поруч із віхою дерев'яним стовпом  $M_i$ . Після цього над стовпом  $M$  центрують теодоліт і при закріпленому лімбі, обертаючи алідаду, візують на вішку, що стоїть в точці початку траси й беруть відлік. Закріплюють алідаду й, перевівши зорову трубу через zenit, виставляють по лінії візування наступну віху. Дії повторюють доти, поки не одержать на місцевості кінцеву точку першої прямолінійної ділянки траси. Для виключення впливу колімаційної погрішності теодоліта переклад зорової труби через zenit після візування на задню точку прямолінійної ділянки траси роблять при колі ліво  $KL$  і колі право  $KП$ . При цьому одержують на місцевості дві точки  $M_n$  і  $M_n$ , а середню між ними точку  $M_2$  ухвалюють за кінець наступної частини прямолінійної ділянки траси.

2. *Розбивка пікетажу.* Після провішування траси роблять на ній розбивку пікетажу. Для цього по всій трасі розбивають пікети на відстані 100 м по горизонтальному пролодженню. Наприкінці кожного пікету забивають урівень із поверхнею землі кілочку (пікетні точки). Поруч із кілочками позаду по ходу забивають сторожки – кілочки, що виступають над поверхнею землі на 20 – 30 см. На кожному сторожку пишуть номер пікету, наприклад, ПК1, що означає: пікет перший, який від початку траси, відзначеного ПК0, відстоїть через 100 м. Відстань між пікетними точками відкладають землемірною стрічкою ЛЗ або рулеткою.

Пікетажне найменування пишуть і на стовпах, установлюваних на кутах повороту траси ( $ВП$ ). Наприклад,  $ВП\ ПК0 + 69$ , це значить, що вершина кута повороту траси відстоїть від ПК0 на 69 м.

Наступний ПК одержують відкладаючи 100 м від попереднього ПК.

Між пікетними точками на всіх перегибах місцевості, на перетинаннях трасою поперечних профілів поблизу інженерних споруджень, на виходах порід на поверхню землі, у джерел, ключів і в інших характерних місцях ставлять «плюсові» точки. На сторожках цих точок пишуть порядковий номер найближчого заднього пікету й відстань по горизонтальному пролодженню від пікету до даної плюсової точки, наприклад,  $ПК1+63$ . Якщо місцевість дозволяє, то горизонтальні пролодження можна одержувати, відкладаючи стрічку ЛЗ уступами.

Поперечні профілі розбивають на всіх кутах повороту траси, а також у місцях, де траса проходить паралельно поблизу розташованих ЛЕП, ЛЭС, зрошувальних або відвідних каналів і т.п. Довжина поперечного профілю по обидві сторони від траси визначається його призначенням і регламентується відповідними нормативними документами. Відстань між поперечними профілями залежить від характеру рельєфу місцевості. Кінцева й проміжні точки профілів мають нумерацію, яка складається з номера пікетної точки траси, на якій розбивають

поперечний профіль, і відстані від неї по горизонтальному пролюдованню із вказівкою положення точки профілю (праворуч або ліворуч) стосовно траси.

*Пікетажний журнал.* Одночасно з розбивкою пікетажу уздовж усієї траси й по обидві від неї сторони роблять зйомку ситуації смуги місцевості, ширина якої повинна бути не менше подвійної довжини поперечного профілю. Результати розбивки пікетажу й зйомки місцевості зтягають у пікетажний журнал. При зйомці ситуації, що перебуває в смугі нивеліруємої траси, для складання її плану користуються екером і рулеткою, застосовуючи спосіб ординат або спосіб лінійних зарубок. У пікетажному журналі відзначають усі пікетні, проміжні й іксові (для яких відстані від задньої сполучної точки не визначаються) точки, а стрілками показують напрямок повороту траси, указують пікетажне найменування початку, середини й кінця кругової кривої і виписують її основні елементи.

### 3.8.2 Криві на трасі

*Розбивка основних елементів кривій.* При переносі траси на місцевість кути її повороту визначають по формулах:

$$\alpha = \beta - 180^{\circ} \text{ – для лівих кутів}$$

$$\alpha = 180^{\circ} - \beta \text{ – для правих кутів,}$$

де  $\beta$  – горизонтальний кут траси, вимірюваний теодолітом, вправо по ходу.

Траса, по якій розбивається пікетаж, представляє часто ламану лінію, прямолінійні ділянки якої сполучаються кривими.

При розбивках кругових кривих по трасі необхідно обчислювати пікетажне найменування НКК (початку), ККК (кінця) і СКК (середини) кривої, тобто вставити криву в пікетаж, знаючи пікетажне найменування кута повороту траси (ПК УП). Для цього з таблиць (або по формулах) по куту повороту  $\alpha$  траси й радіусу  $R$  кругової кривої вибирають (або обчислюють) її основні елементи:

- довжину дотичній  $T$ , називаної інакше тангенсом;
- відрізок від вершини кута до середини кривої, називаною бісектрисою  $B$ ;
- довжину кривої від початку кривої до кінця кривої, називаної кривою і позначуваної  $K$ ;
- домер  $D$ , рівним різниці між довжиною двох дотичних і кривої.

Таблиця 3.10 - Приклад обчислення кутів повороту траси

Найменування кута повороту траси	Обмірюване значення кута $\beta$			Кут повороту траси $\alpha$		
	град	хв	сек	град	хв	сек
ВУ1	93	51	00	86	09	00
ВУ2	108	55	30	71	04	30
ВУ3	109	07	00	70	53	00
ВУ4	97	35	30	82	24	30
ВУ5	93	17	00	86	43	00

Знаючи  $\alpha$  й  $R$ , інші елементи кривої можна обчислити елементи кругової кривої, які складаються на підставі рис. 3.13.

Для їхнього обчислення використовуються наступні формули:

$$T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2};$$

$$K = \frac{\alpha}{180^\circ} \cdot \pi \cdot R;$$

$$Д = 2 \cdot T - K;$$

$$B = R \cdot \left( \sec \frac{\alpha}{2} - 1 \right),$$

де  $\sec \alpha = \frac{1}{\cos \alpha}$

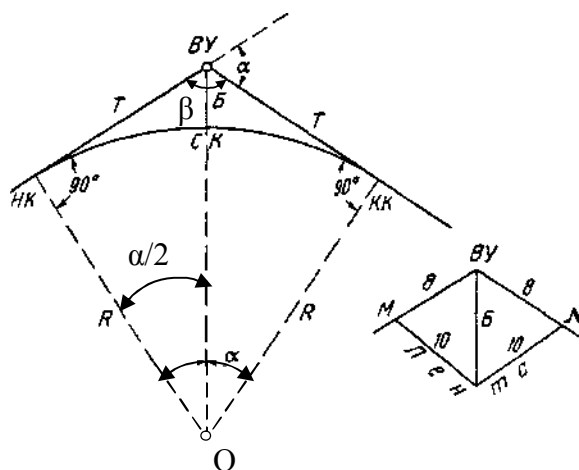


Рис. 3.13. Елементи кругової кривої

Дані, отримані за розрахунками елементів кривої, наведені (табл.3.10). У таблиці 3.11 наведені дані, отримані при використанні таблиць.

Таблиця 3.11 - Обчислення основних елементів кривої (по формулах)

Точка траси	Кут повороту $\alpha$			Основні елементів кривій, м				
	град	хв	сек	радіус кривої $R$	тангенс $T$	бісектриса $B$	довжина кривої $K$	домер $D$
ВУ1	86	09	00	50	46,75	18,45	75,13	18,37
ВУ2	71	04	30	50	35,71	11,45	62,00	9,42
ВУ3	70	53	00	50	35,59	11,37	61,55	9,63
ВУ4	82	24	30	50	43,78	16,46	71,77	15,79
ВУ5	86	43	00	50	47,21	18,77	75,42	19,00

На підставі даних, представлених у таблиці 3.11 на прикладі ВУ1, обчислюють пікетажне найменування НКК, СКК і ККК.

ПК в УП 0+69 м,  $R = 50$  м і  $\alpha = 86^{\circ}09'$ .

ПК УП	0 + 69,00 м	ПК УП	0 + 69,00 м
- Т	- 46,75 м	+ Т	+ 46,75 м
ПК НКК	0 + 22,24 м	ПК НКК	1 + 15,75 м
+ ДО	+ 75,13 м	- Д	- 18,37 м
ПК ККК	97,37 м	ПК ККК	97,38 м

Для одержання на місцевості НКК у розглянутому випадку на вершині повороту ВУ1 впливає від ПК 1 убік ПК 0 по тангенсу відкласти відрізок  $100 - 22,42 = 77,58$  м. Його кінець закріпити міцним стовпом з написом ПК НКК 0 + 22,42 м. Потім, відклавши від ПК 1 убік ПК 2 по тангенсу відрізок 97,37 м, одержують ПК ККК. Його слід закріпити міцним стовпом з написом ПК ККК 0 + 97,37 м. Для одержання на трасі ПК 1 треба від ПК ККК відкласти відрізок, рівний  $100 - 97,37 = 2,63$  м і далі продовжувати розбивку пікетажу. Для визначення середини кривої установлюють теодоліт у робоче положення у вершині ВУ1 і, розділивши горизонтальний кут  $86^{\circ}09'$  траси навпіл, виставляють вішку. Від ВУП відкладають по напрямкові на вішку довжину бісектриси, у нашій прикладі  $B = 18,45$  м. Отриману точку закріплюють дерев'яним стовпом. На ньому пишуть пікетажне найменування ПК СКК, звернене убік УП. Для нашого прикладу ПК

$СКК = ПКНКК + 0,5 \cdot K = ПКККК - 0,5 \cdot K$ , тобто

$$22,24 + \frac{75,13}{2} = 97,37 - \frac{75,13}{2} = ПКСК59,81м = ПКСК0 + 59,81м.$$



### 3.8.3 Нівелювання траси по пікетах і поперечним профілям

*Висотна прив'язка траси.* Нівелювання точок траси для одержання їх висот, по яких будується її профіль, починають із висотної прив'язки її найближчої точки до наявного на місцевості репера з відомою абсолютною висотою. Для цього прокладають від цієї точки до репера хід технічного нівелювання. Якщо поблизу траси немає такого репера (марки), то в цьому випадку для початку траси ПК0 ухвалюють умовну висоту, а після висотної прив'язки початку траси роблять перерахування умовних висот усіх точок траси в абсолютні.

Якщо пікетні точки ходу прив'язують до стінного репера, на який не можна поставити рейку прямовисно, то в цьому випадку поблизу його ставлять "черевик", "милиця" або забивають у землю дерев'яний кілочок з рівно спиляною головкою так, щоб вертикально поставлена на нього рейка, установлена по круглому рівню прямовисно на «черевіку», («милиці» або дерев'яному кілочку) і віддалена від нівеліра на 7 – 10 м. Потім після сполучення із краєм рейки вертикальної нитки сітки зорової труби нівеліра навести за допомогою піднімального гвинта (або нахилом усього нівеліра, поглибивши в землю відповідну ніжку штатива) будь-яку горизонтальну нитку сітки на центр репера й зробити відлік по рейці.

*Нівелювання траси,* проводиться по описаній вище методиці. Нівелювання траси по пікетажу роблять для визначення висот усіх її пікетних і плюсових точок. Залежно від рельєфу місцевості, збільшення зорової труби нівеліра й застосовуваних рейок (однобічних або двосторонніх) нівелювання траси роблять по-різному, але у всіх випадках зі збереженням рівності плечей сполучних точок у межах 2 – 3 м. На кожній станції, незалежно від програми відліків по рейках, нівелір установлюють у створі між ними або поза його й приводять прилад у робоче положення.

На місцевості нівелір установлюють між рейками, що перебувають на суміжних сполучних точках і на рівних від них відстанях у межах 2 – 5 м. Роботу на кожній станції роблять у наступній послідовності, записуючи відліки в журнал.

- 1) візуємо на задню рейку; беремо відлік по чорній стороні рейки по середній нитці й записуємо це значення (1) у журнал;
- 2) візуємо на передню рейку й беремо відлік по середній нитці по чорній стороні рейки (2);
- 3) не змінюючи положення візирної труби нівеліра, беремо відлік по червоній стороні передньої рейки (3);
- 4) візуємо на задню рейку й беремо відлік по червоній стороні рейки по середній нитці й записуємо це значення (4) у журнал.

*Перерва в роботі.* Перерву в роботі необхідно робити на постійному або тимчасовому реперові. Якщо цього зробити не можна, то роботу переривають не на одній, а на двох-три

близько розташованих поперед ходу точках. Ними можуть бути цвяхи, забиті в телеграфні стовпи, міцні дерев'яні кілочки, кілометрові стовпчики. У крайньому випадку осторонь від ходу у виритій ямі глибиною не менш 30 см міцно закріплюють «черевик» або «милиця» і для маскуванню його злегка засипають землею.

Після перерви роботу починають із перевірки нівелюванням двох-трьох передніх точок, на яких закінчили роботу. Обчислені перевищення звіряють із тими перевищеннями, які були отримані для тих же точок, на яких закінчили роботу до перерви. Точка, що зберегла перевищення в межах  $\pm 5$  мм, використовується як сполучна для подальшої роботи, при продовженні роботи вона буде задньою сполучною точкою.

*Контроль нівелювання траси.* Якщо нівелірні ходи по трасі прокладаються між двома реперами (марками), висоти яких відомі або ходи є замкненими, то їх нівелюють в одному напрямку.

Висячі ходи по трасі нівелюють двічі – у прямому й зворотному напрямках або двома нівелювальниками. У цьому випадку перший з них нівелює тільки сполучні точки, а другий – усі точки, розбиті по трасі.

## 4. КАМЕРАЛЬНА ОБРОБКА ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИМІРІВ

### 4.1. Зрівняльні обчислення в теодолітних ходах. Камеральні роботи при тахеометричній зйомці й побудова плану

Метою камеральної обробки мереж геодезичної знімальної основи є одержання планових координат  $X, Y$  і висот  $H$  пунктів центрів цих пунктів і побудова топографічного плану місцевості.

Геодезична основа являє собою сукупність опорних пунктів на місцевості, яка є основою для виконання топографічних зйомок. На практиці така мережа була створена пролодженням теодолітного ходу. Висоти точок визначені геометричним або тригонометричним нівелюванням.

У таблиці 4.1 наведені види робіт зі створення знімального обґрунтування на навчальній геодезичній практиці.

Таблиця 4.1 - Види геодезичних вимірів при створенні знімального обґрунтування

№	Спосіб створення знімальної основи	Кутові виміри	Лінійні виміри	Відліки по рейкам	Обумовлені координати	
					планові	висотні
1	Теодолітний хід	+	+	-	+	-
2	Тахеометричний хід	+	-	+	+	+
3	Нівелірний хід	-	-	+	-	+
4	Тригонометричний хід	+	+	-	-	+

Процес обробки вимірів можна умовно розділити на три етапи: оцінка, аналіз і зрівняння.

### 4.2. Обробка теодолітного ходу

Вихідними даними є наступні обмірювані значення:

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$  – горизонтальні кути;

$n$  – число кутів між вихідними сторонами;

$\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$  – кути нахилу;

$D_1, D_2, \dots, D_n$  – довжини сторін.

$X, Y$  – координати вихідних точок:

$X_1=1000,00$  м,  $Y_1= 1000,00$  м;

$H_1$  – оцінка вихідної точки ( $H_1 = 200,48$  м)

**Обчислення горизонтальних пролоджень.**

На місцевості вимірюють лінії, розміщені під кутом нахилу  $\nu$  до обрію. Крім того, лінії складаються з декількох відрізків, які мають різний кут нахилу. При зображенні ліній на планах і картах, а також при виробництві обчислень координат точок теодолітного ходу, необхідно знати горизонтальні пролодження обмірюваної похилої довжини  $D$ . Горизонтальні пролодження обчислюються по формулі:

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

де  $\delta$  – кут нахилу;

$D$  – довжина сторони.

Обчислення горизонтальних пролоджень наведено в таблиці 4.2 і 4.3.

Таблиця 4.2 - Обчислення горизонтальних пролоджень довжин сторін  
теодолітного ходу

Найменування лінії	Обмірювана довжина $D$ , м	Кут нахилу $\nu$	Горизонтальне пролодження $d$ , м
Прямо			
1 – 2	69,0	+ 00 41' 30"	68,99
2 – 3	26,5	– 10 31'	26,49
3 – 4	70,3	– 10 10'	70,25
4 – 1	24,1	– 30 06' 30"	24,10
Назад			
2 – 1	69,0	– 00 41'	68,99
3 – 2	26,5	+ 10 31'	26,49
4 – 3	70,3	+ 10 23' 30"	69,98
1 – 4	24,1	– 30 04' 30"	24,10

Таблиця 4.3 - Обчислення середніх горизонтальних пролоджень довжин сторін теодолітного ходу

Найменування лінії	Горизонтальне пролодження		Середнє горизонтальне пролодження
	прямо	назад	
1 – 2	68,99	68,99	68,99
2 – 3	26,49	26,49	26,49
3 – 4	70,25	70,25	70,25
4 – 1	24,10	24,10	23,92

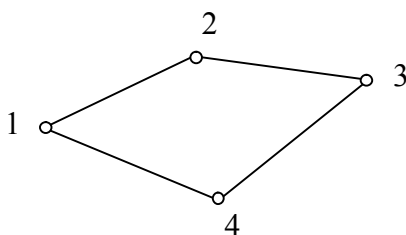


Рис. 4.1. – Схема теодолітного ходу.

**Обчислення координат пунктів замкненого теодолітного ходу.**

Обчислення кутового нев'язання:

$$f_{\beta} = \sum_{i=1}^n \beta_i - \sum \beta_{теор} = 360^{\circ}00'30'' - 360^{\circ} = 30''$$

$$\sum \beta_{теор} = 180^{\circ} \cdot (n - 2) = 180^{\circ} \cdot (4 - 2) = 360^{\circ} - \text{для внутрішніх кутів}$$

$$f_{\beta}^{дон} = 1' \cdot \sqrt{n} = 1' \cdot \sqrt{4} = 2'$$

$$f_{\beta} \leq f_{\beta}^{дон};$$

$$30'' \leq 2';$$

$$\sum \beta_{теор} = 180^{\circ} \cdot (n + 2) - \text{для зовнішніх обмірюваних кутів}$$

Якщо кутове нев'язання не перевищує припустимого, то його розподіляють на всі кути нарівно зі зворотним знаком по формулі:

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

Нев'язання розподілене по 15'' на більші кути.

Контролем правильності обчислення виправлень служить:

$$\sum_{i=1}^n v_{\beta i} = -f_{\beta}; 0'30'' = -0'30''$$

Сума виправлених кутів повинна бути рівна сумі теоретичних кутів.

Виправлені кути:  $\beta'_i = \beta_i + v_{\beta_i}$

$$\beta'_2 = \beta_2 + v_{\beta_2} = 91^{\circ}35'15'' - 15'' = 91^{\circ}35';$$

$$\beta'_3 = \beta_2 + v_{\beta_2} = 86^{\circ}29'30'' + 0'' = 86^{\circ}29'30'';$$

$$\beta'_4 = \beta_4 + v_{\beta_4} = 90^{\circ}23'30'' - 0'' = 90^{\circ}23'30'';$$

$$\beta'_1 = \beta_1 + v_{\beta_4} = 91^{\circ}32'15'' - 15'' = 91^{\circ}32'.$$

Контролем у замкненому теодолітному ході кутового нев'язання є:  $\sum_{i=1}^n \beta'_i = \sum \beta_{теор}$ , тобто

сума виправлених кутів повинна бути рівна теоретичній.

Дирекційний кут кожної сторони рівний:

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i - \beta'_{i+1} \pm 180^{\circ},$$

де  $\alpha_{i+1}$  – дирекційний кут сторони;

$\alpha_i$  – дирекційний кут попередньої сторони;

$\beta'_{i+1}$  – правий по ходу обмірюваний кут.

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} - \beta'_2 \pm 180^{\circ} = 360^{\circ} - 91^{\circ}35' + 180^{\circ} = 88^{\circ}25';$$

$$\alpha_{3-4} = \alpha_{2-3} - \beta'_4 \pm 180^{\circ} = 88^{\circ}25' - 86^{\circ}29'30'' + 180^{\circ} = 181^{\circ}55'30'';$$

$$\alpha_{4-1} = \alpha_{3-4} - \beta'_1 \pm 180^{\circ} = 181^{\circ}55'30'' - 91^{\circ}32'00'' + 180^{\circ} = 271^{\circ}32'00'';$$

$$\alpha_{1-2} = \alpha_{4-1} - \beta'_2 \pm 180^{\circ} = 271^{\circ}32'00'' - 91^{\circ}32'00'' + 180^{\circ} = 360^{\circ}00'00''.$$

Контролем правильності обчислення дирекційних кутів у замкненому теодолітному ході є збіг обчисленого дирекційного кута кінцевої сторони з вихідним значенням.

Збільшення координат обчислюються по формулі:

$$\Delta X = l_i \cdot \cos \alpha_i;$$

$$\Delta Y = l_i \cdot \sin \alpha_i.$$

де  $l_i$  – горизонтальна довжина  $i$ -ї сторони.

$$\Delta X_{1-2} = l_{1-2} \cdot \cos \alpha_{1-2} = 68,99 \cdot \cos 360^{\circ} = 68,99 м;$$

$$\Delta Y_{1-2} = l_{1-2} \cdot \sin \alpha_{1-2} = 68,99 \cdot \sin 360^{\circ} = 0,00 м;$$

$$\Delta X_{2-3} = l_{2-3} \cdot \cos \alpha_{2-3} = 26,49 \cdot \cos 88^{\circ}25' = 0,73 м;$$

$$\Delta Y_{2-3} = l_{2-3} \cdot \sin \alpha_{2-3} = 26,49 \cdot \sin 88^{\circ}25' = 26,48 м;$$

$$\Delta X_{3-4} = l_{3-4} \cdot \cos \alpha_{3-4} = 70,25 \cdot \cos 181^{\circ}55'30'' = -70,21 м;$$

$$\Delta Y_{3-4} = l_{3-4} \cdot \sin \alpha_{3-4} = 70,25 \cdot \sin 181^{\circ}55'30'' = -2,36 м;$$

$$\Delta X_{4-1} = l_{4-1} \cdot \cos \alpha_{4-1} = 24,1 \cdot \cos 271^{\circ}32'00'' = 0,64 м;$$

$$\Delta Y_{4-1} = l_{4-1} \cdot \sin \alpha_{4-1} = 24,1 \cdot \sin 271^{\circ}32'00'' = -24,09 \text{ м.}$$

У замкненому теодолітному ході нев'язання по осях координат обчислюються по формулах:

$$f_x = \sum_{i=1}^n \Delta x_i;$$

$$f_y = \sum_{i=1}^n \Delta y_i$$

$$f_x = \sum_{i=1}^n \Delta x_i = 0,15 \text{ м};$$

$$f_y = \sum_{i=1}^n \Delta y_i = 0,03 \text{ м.}$$

Абсолютне лінійне нев'язання характеризує собою величину незамикання теодолітного ходу на його кінцевій точці внаслідок погрешностей кутових і лінійних вимірів. Її значення обчислюється по формулі:

$$f_l = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$$

$$f_l = 0,15^2 + 0,03^2 = 0,15 \text{ м.}$$

Після обчислення лінійного нев'язання знаходять відносне нев'язання:

$$f_{\text{отн}} = \frac{f_l}{P} = \frac{1}{P : f_l},$$

де  $f_l$  – лінійне нев'язання;

$P$  – периметр ходу.

$$f_{\text{отн}} = \frac{0,15}{189,83} = \frac{1}{18983} = \frac{1}{1266} \approx \frac{1}{1300},$$

$$f_{\text{отн}} \langle f_{\text{доп.}}$$

$$f_{\text{доп.}} \leq \frac{1}{2000}$$

Виправлення для розподілу нев'язань  $f_x$  і  $f_y$  обчислюються по формулах:

$$v_{xi} = \frac{f_x}{P} \cdot d_i$$

$$v_{yi} = \frac{f_y}{P} \cdot d_i$$

де  $d_i$  – довжини сторін теодолітного ходу.

$$v_{x1-2} = \frac{f_x}{P} \cdot d_{1-2} = \frac{-0,15}{189,83} \cdot 68,99 = -0,05m$$

$$v_{y1-2} = \frac{f_y}{P} \cdot d_{1-2} = \frac{-0,03}{189,83} \cdot 68,99 = -0,01m$$

$$v_{x2-3} = \frac{f_x}{P} \cdot d_{2-3} = \frac{-0,15}{189,83} \cdot 26,49 = -0,02m$$

$$v_{y2-3} = \frac{f_y}{P} \cdot d_{2-3} = \frac{-0,03}{189,83} \cdot 26,49 = -0,00m$$

$$v_{x3-4} = \frac{f_x}{P} \cdot d_{3-4} = \frac{-0,15}{189,83} \cdot 70,25 = -0,06m$$

$$v_{y3-4} = \frac{f_y}{P} \cdot d_{3-4} = \frac{-0,03}{189,83} \cdot 70,25 = -0,01m$$

$$v_{x4-1} = \frac{f_x}{P} \cdot d_{4-1} = \frac{-0,15}{189,83} \cdot 24,1 = -0,02m$$

$$v_{y4-1} = \frac{f_y}{P} \cdot d_{4-1} = \frac{-0,03}{189,83} \cdot 24,1 = -0,00m$$

Контролем правильності обчислення виправлень служить виконання умови:

$$\sum_{i=1}^n v_{xi} = -f_x;$$

$$\sum_{i=1}^n v_{yi} = -f_y;$$

$$0,15m = -0,15m;$$

$$0,03m = -0,03m.$$

Виправлені збільшення координат обчислюються по формулах

$$\Delta x'_i = \Delta x_i + v_{xi}$$

$$\Delta y'_i = \Delta y_i + v_{yi}$$

$$\Delta x'_{1-2} = \Delta x_{1-2} + v_{x1-2} = 68,99 - 0,05 = 68,94m;$$

$$\Delta y'_{1-2} = \Delta y_{1-2} + v_{y1-2} = 0,00 - 0,01 = -0,01m;$$

$$\Delta x'_{2-3} = \Delta x_{2-3} + v_{x2-3} = 0,73 - 0,02 = 0,71m;$$

$$\Delta y'_{2-3} = \Delta y_{2-3} + v_{y2-3} = 26,48 + 0 = 26,48m;$$

$$\Delta x'_{3-4} = \Delta x_{3-4} + v_{x3-4} = -70,2 - 0,06 = -70,27m;$$

$$\Delta y'_{3-4} = \Delta y_{3-4} + v_{y3-4} = -2,36 - 0,01 = -2,37m;$$

$$\Delta x'_{4-1} = \Delta x_{4-1} + v_{x4-1} = 0,64 - 0,02 = 0,62m;$$

$$\Delta y'_{4-1} = \Delta y_{4-1} + v_{y4-1} = -24,09 + 0 = -24,09m.$$

Контролем правильності обчислення в замкненому теодолітному ході служить умова



$$\sum_{i=1}^n \Delta x'_i = 0$$

$$\sum_{i=1}^n \Delta y'_i = 0$$

Координати всіх вершин теодолітного ходу визначають по формулі:

$$X_i = X_{i-1} + \Delta x_i ;$$

$$Y_i = Y_{i-1} + \Delta y_i .$$

де  $x_{i-1}$ ,  $y_{i-1}$  – координати попередньої точки теодолітного ходу;

$\Delta x_i$ ,  $\Delta y_i$  – збільшення координат.

$$X_2 = X_1 + \Delta x'_{1-2} = 1000,00 + 68,94 = 1068,94 м;$$

$$Y_2 = Y_1 + \Delta y'_{1-2} = 1000,00 - 0,01 = 999,99 м;$$

$$X_3 = X_2 + \Delta x'_{2-3} = 1068,94 + 0,71 = 1069,65 м;$$

$$Y_3 = Y_2 + \Delta y'_{2-3} = 999,99 + 26,48 = 1026,47 м;$$

$$X_4 = X_3 + \Delta x'_{3-4} = 1069,65 - 70,27 = 999,38 м;$$

$$Y_4 = Y_3 + \Delta y'_{3-4} = 1026,47 - 2,37 = 1024,10 м;$$

Контролем обчислення координат у замкненому теодолітному ході є збіг початкової й кінцевої координат вихідної точки.

#### 4.2.1 Визначення оцінок пунктів замкненого теодолітного ходу при тригонометричним нівелюванні

##### Порядок обчислень

1. Перевищення обчислюємо по формулі:

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

де  $\delta$  – кут нахилу;

$d$  – горизонтальне пролодження;

$i$  – висота інструмента;

$v$  – висота візування.

$$h = d \cdot \operatorname{tg} \delta \text{ при } i = v .$$

Висотне нев'язання обчислюється по формулі:

$$f_h = \sum_{i=1}^n h_i - (H_k - H_n) = \sum_{i=1}^n h_i ,$$

де  $H_k$ ,  $H_n$  – оцінки кінцевої й початкової точки;

$n$  – число сторін ходу.

Посилання на рис. 3.4.

У замкненому теодолітному ході оцінки початкової й кінцевої точки збігаються.

Висотне нев'язання рівняється із припустимим:

$$f_h^{\text{don}} = \frac{0,04 \cdot P}{\sqrt{n}} = \frac{0,04 \cdot 1898,3}{\sqrt{4}} = \pm 38,0 \text{ мм}$$

де  $P$  – периметр ходу (у сотнях м),  $P=1898,3$  м;

$n$  – кількість перевищень.

Висотне нев'язання рівняється із припустимим, при цьому припустиме нев'язання не повинне перевищувати величини:

$$f_h^{\text{don}} = 50 \cdot \sqrt{L},$$

де  $L$  – довжина ходу, км

$$|f_h| \leq f_h^{\text{don}}$$

Якщо умова виконана, розподіляють нев'язання пропорційно довжинам сторін зі зворотним знаком по формулі:

$$v_{hi} = \frac{f_h}{P} \cdot d_i$$

де  $d_i$  – горизонтальне пролодження.

Контролем правильності обчислення величини нев'язання визначають по формулі:

$$\sum_{i=1}^n v_{hi} = -f_h$$

Виправлені перевищення обчислюють по формулі:

$$h_i' = h_i + v_{hi}$$

Обчислення висот пунктів:  $H_{i+1} = H_i + h_i'$ .

#### 4.2.2 Обробка польових вимірів тахеометричної зйомки

Тахеометрична зйомка являє собою топографічну, тобто контурно-висотну зйомку, у результаті якої одержують топографічний план місцевості із зображенням ситуації й рельєфу.

Планове положення точок визначається полярним способом, а перевищення точок визначаються методом тригонометричного нівелювання.

Кути нахилу обчислюють по одній з формул:

$$\left. \begin{aligned} v &= KL - MO \\ v &= MO - KP - 180 \end{aligned} \right\}$$

де КЛ і КП – відліки по вертикальному колу при положенні зорової труби "коло ліво" і "коло право";

МО – "місце нуля" вертикального кола, відповідне до горизонтального положення труби теодоліта.

Обчислення перевищення  $h$  і горизонтальних проложень проводиться по формулах:

$$h = \frac{1}{2} \cdot K \cdot l \cdot \sin(2 \cdot \nu)$$

$$L = K \cdot l \cdot \cos^2 \delta$$

де  $K$  – коефіцієнт нитяного далекоміра, рівний  $K=100$ ;

$l$  – відлік по далекоміру;

$\delta$  – кут нахилу.

Позначимо  $h = K \cdot l$  й будемо використовувати це позначення у відомості обробки тахеометричної зйомки.

Оцінки рейкових пікетів обчислюють по формулі:

$$H_{ПК} = H_{СТ} + h + i - \nu,$$

де  $H_{ПК}$  – оцінка пікету;

$H_{СТ}$  – оцінка станції;

$i$  – висота інструмента;

$\nu$  – висота візування.

Висота візування дорівнює висоті інструмента  $i=\nu$ , тоді

$$H_{ПК} = H_{СТ} + h.$$

**4.2.3. Складання топографічного плану місцевості проводиться в наступному порядку:**

- побудова координатної сітки;
- нанесення пунктів теодолітних ходів по прямокутних координатах;
- нанесення ситуації й побудова горизонталей.

**4.3. Камеральна обробка результатів поздовжнього інженерно-технічного нівелювання**

**Обчислення оцінок пікетів і проміжних точок (прямий хід):**

Обчислення оцінок нівелірного ходу ведеться в спеціальному бланку. Абсолютні відмітки знаходяться у наступній послідовності:

1. Обчислення перевищень між пікетами для всіх станцій нівелірного ходу. Перевищення  $h$  знаходиться як різниця між заднім (З) і переднім (П) відліками:

$$h = З - П$$

$$h_{ПК0-Ву1}' = З_{ПК0} - П_{Ву1} = 1835 - 979 = 856 \text{ мм}$$

$$h_{ПК0-Ву1}'' = З_{ПК0} - П_{Ву1} = 6635 - 5779 = 856 \text{ мм}$$

Інші обчислення перевищень виконуються аналогічно.

При цьому одержуємо два значення перевищення:  $h'$  - з відліків по чорних сторонах рейок;  $h''$  - з відліків по червоних сторонах рейок. Із цих значень знаходять середнє значення  $h_{cp}$ .

$$h_{cp} = \frac{h' + h''}{2}$$

$$h_{cpПК0-Ву1} = \frac{856 + 856}{2} = 856 \text{ мм}$$

2. Після обчислення перевищень у журналі нівелювання виконують посторінковий контроль. Для цього на кожній сторінці знаходять:

- суму  $\Sigma З$  усіх задніх відліків по рейках;
- суму  $\Sigma П$  усіх передніх відліків по рейках;
- суму  $\Sigma h$  усіх перевищень  $h'$  і  $h''$ ;
- суму  $\Sigma h_{cp}$  усіх середніх перевищень.

Наприклад маємо

- сума  $\Sigma З$  усіх задніх відліків по рейках становить 66225 мм;
- сума  $\Sigma П$  усіх передніх відліків по рейках становить 71084 мм;
- сума  $\Sigma h$  усіх перевищень  $h'$  і  $h''$  становить -4859 мм;;
- сума  $\Sigma h_{cp}$  усіх середніх перевищень становить -2429,5 мм;.

3. Посторінковий контроль виконується при дотриманні умови:

$$\Sigma З - \Sigma П = \Sigma h = \Sigma 2 \cdot h_{cp}$$

$$\Sigma З - \Sigma П = 66225 - 71084 = -4859 \text{ мм};$$

$$\Sigma h = -4859 \text{ мм};$$

$$\Sigma 2 \cdot h_{cp} = 2 \cdot (-2429,5) = -4859 \text{ мм}.$$

Умова виконана, отже, перевищення полічені правильно.

4. Оцінка якості вимірів у нівелірному ході.

Фактичне нев'язання знаходять по формулі  $f_h$ :

$$f_h = \sum_{i=1}^n h_{cp}^{np.} + \sum_{i=1}^n h_{cp}^{обп.},$$

де  $\sum_{i=1}^n h_{cp}^{np.}$  – сума перевищень по прямому ходу;

$\sum_{i=1}^n h_{cp}^{обр.}$  – сума перевищень по зворотному ходу;

$n$  – число сторін ходу.

Фактичне нев'язання  $f_h$ :

$$f_h = -2429,5 + 2425 = -4,5 \text{ мм}$$

Висотне нев'язання рівняється із припустимим  $f_h^{\text{доп}}$ :

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

де  $L$  – фактична довжина ходу (у км).

Припустиме нев'язання  $f_h^{\text{доп}}$ :

$$f_h^{\text{доп}} = 50 \text{ мм} \cdot \sqrt{0,6} = \pm 39 \text{ мм}.$$

Висотне нев'язання рівняється із припустимим нев'язанням:

$$|f_h| \leq f_h^{\text{доп}}$$

$$|-4,5| \text{ мм} \leq \pm 39 \text{ мм}$$

При виконанні даної умови знаходимо виправлення в перевищення  $v_h$ :

$$v_{hi} = -\frac{f_h}{n} = -\frac{-4,5}{9} = +0,5 \text{ мм}.$$

Контролем правильності:

$$\sum_{i=1}^n v_{hi} = -f_h$$
$$-4,5 \text{ мм} = +4,5 \text{ мм}.$$

Виправлені перевищення  $h'_i$  обчислюють по формулі:

$$h'_i = h_i + v_{hi}$$

$$h'_{ПК0-ВУ1} = h_{ПК0-ВУ1} + v_{hПК0-ВУ1} = 856 + 0,5 = 856,5 \text{ мм};$$

$$h'_{ВУ1-ПК1} = h_{ВУ1-ПК1} + v_{hВУ1-ПК1} = -821 + 0,5 = -820,5 \text{ мм};$$

$$h'_{ПК1-ВУ2} = h_{ПК1-ВУ2} + v_{hПК1-ВУ2} = -1842 + 0,5 = -1841,5 \text{ мм};$$

$$h'_{ВУ2-ВУ3} = h_{ВУ2-ВУ3} + v_{hВУ2-ВУ3} = -220 + 0,5 = -219,5 \text{ мм};$$

$$h'_{ВУ3-ВУ4} = h_{ВУ3-ВУ4} + v_{hВУ3-ВУ4} = -625 + 0,5 = -624,5 \text{ мм};$$

$$h'_{ВУ4-ПК2} = h_{ВУ4-ПК2} + v_{hВУ4-ПК2} = -199,5 + 0,5 = -199,0 \text{ мм};$$

$$h'_{ПК2-T1} = h_{ПК2-T1} + v_{h_{ПК2-T1}} = 212 + 0,5 = 212,5 \text{ мм};$$

$$h'_{T1-BV5} = h_{T1-BV5} + v_{h_{T1-BV5}} = -335 + 0,5 = -334,5 \text{ мм};$$

$$h'_{BV5-ПК3} = h_{BV5-ПК3} + v_{h_{BV5-ПК3}} = 545 + 0,5 = 545,5 \text{ мм}.$$

Обчислення висот пунктів проводиться по формулі:  $H_{i+1} = H_i + h'_i$ .

$$H_{BV1} = H_{ПК0} + h'_{ПК0-BV1} = 200,48 + 0,8565 = 201,34 \text{ м};$$

$$H_{ПК1} = H_{BV1} + h'_{BV1-ПК1} = 201,34 - 0,8205 = 200,52 \text{ м};$$

$$H_{BV2} = H_{ПК1} + h'_{ПК1-BV2} = 200,52 - 0,1842 = 198,68 \text{ м};$$

$$H_{BV3} = H_{BV2} + h'_{BV2-BV3} = 198,68 - 0,2195 = 198,46 \text{ м};$$

$$H_{BV4} = H_{BV3} + h'_{BV3-BV4} = 198,46 - 0,6245 = 197,83 \text{ м};$$

$$H_{ПК2} = H_{BV4} + h'_{BV4-ПК2} = 197,83 - 0,199 = 197,64 \text{ м};$$

$$H_{T1} = H_{ПК2} + h'_{ПК2-T1} = 197,64 + 0,2125 = 197,85 \text{ м};$$

$$H_{BV5} = H_{T1} + h'_{T1-BV5} = 197,85 - 0,3345 = 193,66 \text{ м};$$

$$H_{ПК3} = H_{BV5} + h'_{BV5-ПК3} = 193,66 + 0,5455 = 194,21 \text{ м}.$$

##### 5. Обчислення відміток проміжних точок.

Для цього обчислюють обрій приладу (ГП), що представляє собою абсолютну відмітку горизонтального променя нівеліра, яким бралися відліки по рейках.

Відмітку обрью інструмента обчислюють по одній з формул:

$$ГП = H_{задн} + Z_{ч} = H_{передн} + П_{ч}$$

$H_{задн}$ ,  $H_{передн}$  – абсолютні оцінки відповідно заднього й переднього пікетів на даній станції

$Z_{ч}$ ,  $П_{ч}$  – відліки по чорних сторонах задньої й передньої рейки.

Відмітка проміжної точки  $H_{пром}$  дорівнює різниці обрью інструмента тієї станції, з якої нівелювалася ця точка, і відліку  $C_{пром}$  по чорній стороні рейки, установленій в даній проміжній точці.

Відмітка проміжної точки на станції:

$$H_{пром} = ГП - C_{пром}.$$

Проміжних точок по трасі немає.

##### 6. Проектування траси дороги:

Складання проекту траси автомобільної дороги включає наступні етапи:

- нанесення фактичного профілю;

- нанесення проектної лінії;
- обчислення проектних ухилів на всіх ділянках проектної лінії;
- визначення відміток проектної лінії на пікетах і проміжних точках;
- розрахунки робочих відміток;
- знаходження відстаней до точок нульових робіт і проектних відміток.

Дорогу проектуємо з умовою, що проектна відмітка її полотна на пікетах ПК0 і ПК5 збіглася з відмітками цих пікетів,  $H_3 = H_{кр}$ , а обсяги грабарств по насипці й зрізанню ґрунту були рівні й мінімальні.

Проектний ухил визначається по формулі:

$$i_{np} = \frac{h_{np}}{l},$$

де  $h$  – проектне перевищення між кінцями лінії на даній ділянці (визначається графічно із плану), м;

$l$  – горизонтальне пролодження лінії, м.

Проектні відмітки наступних пікетів рівні

$$H_{i+1np} = H_{inn} + h_{np} = i_{np} \cdot l.$$

Проектні відмітки для інших пікетів і проміжних точок обчислюються аналогічно.

Робоча відмітка визначає висоту насипки або глибину вилучення на кожному пікеті й проміжних точках визначається по формулі:

$$H_p = H_{np} - H_\phi$$

де  $H_{np}$  – проектні відмітки ПК і точок траси;

$H_\phi$  – фактичні відмітки.

Визначення відстані до точок нульових робіт, у яких роботи з насипки дорівнюють роботам по зрізанню, роблять щодо найближчого пікету або проміжної точки. Відстані  $X$  и  $Y$  від найближчих пікетів до точки нульових робіт знаходять по формулах:

$$x = \frac{l \cdot h_1}{h_1 + h_2},$$

$$y = d - x$$

де  $h_1, h_2$  – робочі відмітки (без знака);

$l$  – відстань між найближчими пікетами або проміжними точками.

Відмітку точки нульових робіт знаходять по формулі:

$$H_{н.р.} = H_{np(i-1)} + i_{np} \cdot x$$