



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,  
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ЕКОНОМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ТРАНСПОРТУ**

Кафедра залізничної колії та колійного господарства

Є. Ф. Чопенко, Т. Д. Артюхович, О. В. Бамбура

# **РОБОТА З ПРИЛАДАМИ**

Методичні вказівки  
та завдання до виконання лабораторних робіт  
і самостійної роботи студентів з курсів «Інженерна  
геодезія» та «Основи геодезії» для студентів  
спеціальностей 6. 070 108 «Залізничні споруди та  
колійне господарство» і 6. 070 101 «Організація  
перевезень та управління на залізничному транспорті»



Київ 2012

УДК 528.4

**Чопенко Є. Ф., Артюхович Т. Д., Бамбура О. В.**

**Робота з приладами:** Методичні вказівки та завдання до виконання лабораторних робіт і самостійної роботи студентів з курсів «Інженерна геодезія» та «Основи геодезії» для студентів спеціальностей 6. 070 108 «Залізничні споруди та колійне господарство» і 6. 070 101 «Організація перевезень та управління на залізничному транспорті». – К.: ДЕТУТ, 2012. – 74 с.

Методичні вказівки призначаються для навчання студентів роботі з основними оптичними геодезичними приладами – теодолітами і нівелірами. Для полегшення сприйняття і засвоєння матеріалу до кожної лабораторної роботи подані короткі теоретичні відомості.

Призначені для студентів спеціальностей 6. 070 108 «Залізничні споруди та колійне господарство» і 6. 070 101 «Організація перевезень та управління на залізничному транспорті» (зі спеціалізаціями «Організація міжнародних перевезень» і «Організація митного контролю») усіх форм навчання з курсів «Інженерна геодезія» та «Основи геодезії».

Методичні вказівки розглянуті та рекомендовані до друку на засіданні кафедри «Залізничні споруди та колійне господарство» (9.11.2011 р., протокол № 3), та узгоджені з методичною комісією факультету «Інфраструктура і рухомий склад залізниць» (21.11. 2011 р., протокол № 4).

**Рецензенти:** **О. Й. Кузьмич**, канд. техн. наук, доцент КНУБА  
**А. Д. Возненко**, канд. техн. наук, професор ДЕТУТ

## Зміст

<i>Передмова</i> .....	5
<b>ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ</b> .....	6
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1</b> .....	7
<b>Вивчення будови теодоліта</b> .....	7
1.1. Загальні відомості.....	7
1.2. Відлікові пристрої.....	10
1.3. Зорові труби.....	11
1.4. Додаткове оснащення.....	13
1.5. Порядок виконання роботи.....	13
1.6. Контрольні запитання.....	14
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2</b> .....	16
<b>Вимірювання кутів та відстаней теодолітом</b> .....	16
2.1. Основні відомості. Вимірювання горизонтальних кутів.....	16
2.2. Вимірювання вертикальних кутів.....	19
2.3. Вимірювання ліній оптичним віддалеміром. ....	20
2.4. Програма виконання роботи.....	23
2.5. Порядок виконання роботи при вимірюванні горизонтального кута.....	24
2.6. Порядок виконання роботи при вимірюваннях вертикального кута.....	24
2.7. Порядок виконання роботи при вимірюваннях відстаней.....	25
2.8. Контрольні запитання.....	25
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3</b> .....	27
<b>Вивчення будови нівеліра</b> .....	27
3.1. Загальні положення.....	27
3.2. Будова нівеліра НЗ.....	27
3.3. Особливості будови нівеліра з компенсатором кутів нахилу.....	28
3.4. Програма виконання роботи. ....	30
3.5. Порядок виконання роботи.....	31
3.6. Контрольні запитання. ....	31
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 4</b> .....	33
<b>Визначення позначок точок технічним нівелюванням</b> .....	33
4.1. Загальні положення.....	33
4.2. Програма виконання роботи.....	36
4.3. Порядок виконання роботи.....	36
4.4. Контрольні запитання.....	37
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 5</b> .....	38
<b>Тахеометричні знімання</b> .....	38
5.1. Загальні положення.....	38
5.2. Програма виконання роботи. ....	39
5.3. Порядок роботи на станції.....	40
5.4. Контрольні запитання.....	40
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 6</b> .....	41
<b>Перевірки та юстирування теодоліта</b> .....	41
6.1. Загальні положення.....	41

6.2. Перевірки теодоліта.....	42
6.3. Дослідження постійних віддалеміра зорової труби з внутрішнім фокусуванням.....	48
6.4. Програма виконання роботи.....	49
6.5. Порядок виконання роботи.....	50
6.6. Контрольні запитання.....	50
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 7.....	52
<b>Перевірки та юстирування нівеліра.....</b>	<b>52</b>
7.1 Загальні положення.....	52
7.2. Перевірки нівеліра.....	52
7.3. Програма виконання роботи.....	54
7.4. Порядок виконання роботи.....	54
7.5. Контрольні запитання.....	55
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 8.....	57
<b>Компарування приладів для лінійних вимірювань.....</b>	<b>57</b>
8.1. Загальні положення.....	57
8.2. Порядок виконання роботи.....	58
8.3. Контрольні запитання.....	58
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 9.....	59
<b>Інженерно-геодезичні задачі.....</b>	<b>59</b>
9.1. Загальні положення.....	59
9.2. Побудова кута заданої величини.....	59
9.2.1. Програма виконання роботи.....	60
9.2.2. Порядок виконання роботи при побудові заданого проектного кута.....	60
9.3. Побудова проектних позначок.....	61
9.3.1. Програма виконання роботи.....	62
9.3.2. Порядок виконання роботи при побудові проектних позначок.....	62
9.4. Визначення висоти недосяжного предмета.....	63
9.4.1. Загальні положення.....	63
9.4.2. Програма виконання роботи.....	63
9.4.3. Порядок виконання роботи при визначенні висоти недосяжного предмета.....	64
9.5. Контрольні запитання.....	65
<b>10. Самостійна робота студентів над темою «Робота з приладами».....</b>	<b>66</b>
10.1. Перелік запитань для самостійного вивчення.....	66
10.2. Завдання для перевірки засвоєння матеріалу винесеного на самостійне опрацювання.....	66
10.3. Задачі для самостійного опрацювання теми «Робота з приладами».....	68
<i>Список рекомендованої літератури.....</i>	<i>72</i>

## *Передмова*

Методичні вказівки до лабораторних робіт мають на меті навчити студентів основним прийомам роботи з оптичними геодезичними приладами – теодолітами і нівелірами різних класів точності. Після того, як студенти оволодіють основними прийомами роботи з приладами, вони на відповідних лабораторних роботах вивчають перевірки приладів, тобто придатність їх до роботи. До кожного етапу лабораторних робіт даються детальні пояснення, наводяться основні схеми будови і оптичних осей приладів. Для полегшення сприйняття і засвоєння матеріалу до кожної лабораторної роботи подані короткі теоретичні відомості, наведені необхідні формули та методики розрахунків результатів вимірювання.

Подальші лабораторні роботи закріплюють навички використання основних оптичних геодезичних приладів, а саме, для практичного вирішення інженерно-геодезичних задач.

Навички, здобуті протягом навчального року, потрібні студентам при проходженні літньої інженерно-геодезичної практики, де їм доведеться самостійно робити вимірювання кутів, перевищень, відстаней за допомогою теодолітів і нівелірів, а потім, після польових вишукувань, у камеральному режимі опрацювати одержані дані і за ними складати топографічний план певної ділянки місцевості (навчального полігону), а також будувати профілі майбутньої залізниці.

Вивчення геодезичних приладів і опрацювання результатів, одержаних на практиці, сприятимуть ефективній підготовці студентів до майбутньої професійної діяльності, а також буде підґрунтям для опанування іншими спеціальними дисциплінами, такими як «Вишукування і проектування залізниць», «Реконструкція залізниць», «Залізнична колія», «Залізничні станції та вузли».

## **ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ**

Мета цих методичних вказівок – надання практичної допомоги студентам при вивченні методів і технології виконання геодезичних вимірювань, напрацюванні практичних навичок роботи з геодезичними приладами.

Готуючись до лабораторних робіт, студент повинен вивчити принцип роботи та будову геодезичних приладів, заповнити відповідні частини звіту. Починаючи роботу з приладами, треба навчитися візувати на точки та знімати відліки, вести записи в журналах вимірювань.

Лабораторні роботи, як правило, виконуються студентами побригадно (2 – 3 студенти) з оформленням і захистом звіту кожним студентом.

Кожна лабораторна робота включає такі розділи:

- тема і мета роботи, що допоможе студенту цілеспрямовано зорієнтуватися і підготувати необхідні матеріали до вивчення теми і виконання роботи;
- загальні теоретичні відомості, які дають повну інформацію про дану тему, її зв'язок з матеріалом курсу, орієнтують студента на аналіз і спрямованість у лабораторному дослідженні;
- програма робіт, яка включає конкретні питання для виконання експериментів;
- порядок виконання роботи;
- обробка результатів досліджень і аналіз отриманих результатів;
- контрольні запитання, на які повинен дати відповідь студент при захисті лабораторної роботи.

Для цього методичні вказівки забезпечені необхідною довідковою інформацією і містять приклади для розв'язування задач.

У розділі самостійної роботи студентів подано перелік запитань для самостійного вивчення матеріалу, а також завдання для перевірки засвоєння матеріалу. У цьому ж розділі наведено задачі по темі, розв'язання яких допоможе не тільки краще зрозуміти виконувані роботи, а й підготуватись до модульних контролів, заліків та іспитів.

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1

## Вивчення будови теодоліта

**Мета роботи** – вивчити основні частини теодоліта та їх взаємодію, навчитись знімати відліки з горизонтального та вертикального кругів сучасних теодолітів різних конструкцій.

### 1.1. Загальні відомості

Під горизонтальним кутом розуміють ортогональну проекцію просторового кута на горизонтальну площину.

Для вимірювання горизонтального кута на його вершині розміщують горизонтальний круг з поділками. Центр круга розміщують у горизонтальній площині та на прямовисній лінії, яка проходить через вершину кута.

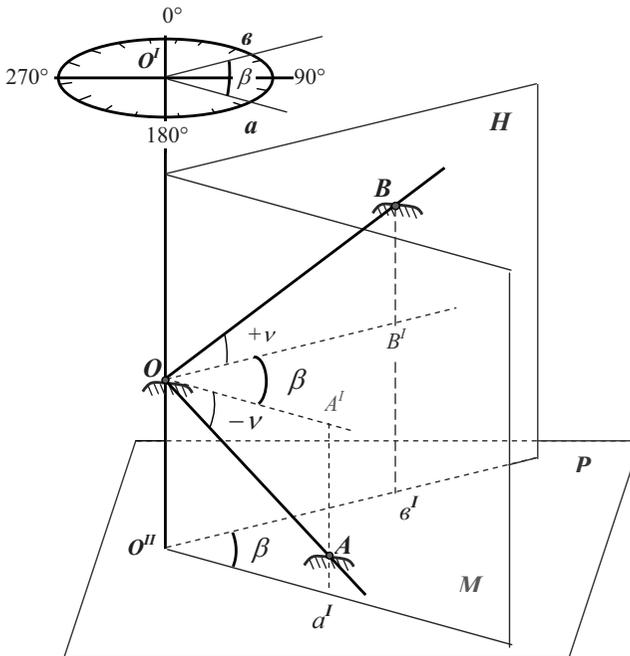


Рис. 1. Схема вимірювання кутів



Залежно від точності вимірювання кутів, умов використання та інших характеристик теодоліти бувають різних конструкцій. Але, в основному, кожний теодоліт відповідає основній схемі будови (рис. 2).

Підставка 1 становим гвинтом 2 кріпиться до головки штатива 3. У підставку за допомогою порожнистої вертикальної осі 4 прилаштовано горизонтальний круг з поділками 5, який може вільно обертатися навколо вертикальної осі  $ZZ'$ . Відліки по горизонтальному кругу знімаються з відлікового пристрою 6, який за допомогою вертикальної осі 7 може вільно обертатися навколо осі обертання теодоліта  $ZZ'$ .

Відліковий пристрій та горизонтальний круг закриті від зовнішнього середовища кожухом 8, в якому вмонтовано циліндричний рівень 9. За допомогою циліндричного рівня 9 і підйомних гвинтів 10 вертикальна вісь теодоліта  $ZZ'$  встановлюється у вертикальне положення.

До стійок кожуха 8 за допомогою порожнистої горизонтальної осі  $HH'$  прилаштовано корпус зорової труби 11. Передня сторона труби обладнана об'єктивом 12, задня – окуляром 13. Уявна лінія  $VV'$ , яка з'єднує центр сітки ниток з оптичним центром об'єктива, називається візирною віссю зорової труби.

До горизонтальної осі  $HH'$ , ліворуч від зорової труби приладнано вертикальний круг 14. Вертикальний круг разом із зоровою трубою можуть обертатися навколо горизонтальної осі на  $360^\circ$ . Відліковий пристрій вертикального круга 15 залишається нерухомим.

Теодоліт Т30 має такі основні особливості:

система вертикальної осі повторювальна; відлік по кругах здійснюється за індексом з оцінюванням «на око» до 0,1 поділки ( $1'$ ); можливість центрування теодоліта над точкою (станцією) за допомогою зорової труби.

Теодоліт 2Т30П відрізняється тим, що відлік по одній стороні лімба здійснюється за допомогою шкалового мікроскопа; можливість виконувати нівелювання за допомогою рівня при трубі; можливість орієнтування за допомогою орієнтир-бусолі та визначення магнітних азимутів.

Крім того, теодоліт 2Т30П на відміну від теодоліта Т30 укомплектований зоровою трубою прямого зображення.

Основні відмінності теодоліта 4Т15П від теодолітів серії Т30 полягають у такому: відліки показників лімбів беруться з однієї сторони лімба за допомогою мікрометра, який забезпечує високу точність зчитування; є можливість точного центрування над закріпленою точкою за допомогою оптичного центрира; зорова труба – прямого зображення із внутрішнім фокусуванням; теодоліт обладнано механізмом, що дозволяє обертати горизонтальний круг для змінювання ділянки лімба і встановлення круга на розрахований кут.

## 1.2. Відлікові пристрої

Як видно з принципової схеми вимірювання горизонтального кута, при закріпленому лімбі зорову трубу теодоліта наводять на візирну ціль і знімають відлік. Цей відлік складається з відліків по горизонтальному кругу і по відліковому пристрою (алідаді). Зображення горизонтального і вертикального лімбів передано в поле зору відлікового пристрою (мікрометра). Обертанням діоптрійного кільця окуляр мікроскопа встановлюють по зору до отримання чіткого зображення штрихів лімбів.

Найкращого освітлення поля зору відлікового пристрою досягають за допомогою дзеркала.

Лімб – це металевий диск або скляне кільце (в оптичних теодолітах). Величина дуги між двома найближчими штрихами, виражена в градусній мірі, називається ціною поділки лімба (шкали мікрометра). Вона визначається по оцифруванню градусних штрихів. Для теодолітів Т30 та 4Т15П ціна поділки лімба дорівнює  $10'$ , а для теодоліта 2Т30П – ціна поділки лімба становить  $1^\circ$ .

У сучасних геодезичних приладах для відліків по горизонтальному кругу застосовують штрихові, шкалові мікроскопи та мікроскоп-мікрометри (рис. 3).

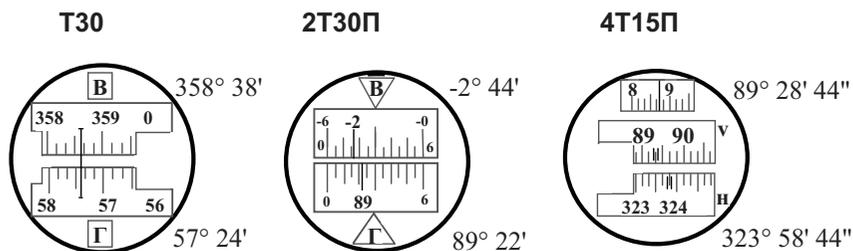


Рис. 3. Відлікові пристрої сучасних теодолітів

У фокальній площині штрихового мікроскопа, в якій розглядаються поділки лімба, розташована платівка з індексом (штрихом, рис. 3, Т30), за допомогою якого беруть відліки. Відлік часток поділок беруть «на око». Такий відліковий пристрій має назву штрихового мікроскопа.

Для підвищення точності відліку по лімбі застосовують шкаловий мікроскоп, для чого у фокальній площині мікроскопа розташована скляна платівка, на якій нарізана шкала (рис. 3, 2Т30П). Інтервал « $i$ » в один градус на лімбі дорівнює інтервалу на шкалі між крайніми штрихами. Цей інтервал на шкалі поділений на « $n$ » рівних частин (наприклад, 12), тоді ціна поділки шкали буде дорівнювати:

$$t = \frac{i}{n} = \frac{60'}{12} = 5' . \quad (2)$$

У теодоліті 4Т15П зображення горизонтального і вертикального лімбів передано у полі зору відлікового мікроскопа, де в центральній зоні розташовані два біфілярні штрихи-індекси, в середину яких обертянням навідного мікрометричного гвинта, закріпленого на лівій колонці, підводять найближчий штрих лімба, після чого беруть відлік по шкалі мікрометра: градуси й десятки мінут – по основній шкалі, міноти і секунди – по додатковій шкалі, розміщеній над шкалою лімба вертикального круга. Ціна поділки додаткової шкали  $10''$ . Тому відлік теодолітом 4Т15П можна зняти «на око» з точністю до однієї секунди.

У даному випадку «на око» оцінюють десяті частки мінут, наприклад: на *рис. 3*, (Т30) відліки по горизонтальному кругу  $57^{\circ}24'$ , по вертикальному кругу –  $358^{\circ}38'$ ; на *рис. 3* (2Т30П) відліки по горизонтальному кругу  $89^{\circ}22'$ , по вертикальному кругу –  $(-2^{\circ}44')$ ; на *рис. 3* (4Т15П) відлік по горизонтальному кругу –  $323^{\circ}58'44''$ , по вертикальному кругу –  $89^{\circ}28'44''$ .

### 1.3. Зорові труби

Зорова труба встановлена на колонках і обома кінцями переводиться через zenit. Застосовують зорові труби оберненого чи прямого зображення з внутрішнім фокусуванням. Фокусування на ціль проводиться кремальєрою. Попереднє наведення на ціль виконується за допомогою оптичних візирів коліimatorного типу. При користуванні візиром око людини розташовується на відстані 25 – 30 см від нього. Повертанням діоптрійного кільця окуляр зорової труби встановлюють по зору до отримання різкого зображення сітки ниток.

Сітка ниток, на яку накладається зображення цілі при наведенні та фокусуванні зорової труби, виконана у вигляді хреста, нижній штрих якого є подвійним («бісектор сітки ниток»).

Після фіксації закріплювальних гвинтів навідними гвинтами виконують точне наведення труби на ціль у вертикальній площині та по азимуту.

Зорові труби геодезичних приладів складаються з двох оптичних систем: окуляра і об'єктива (*рис. 4, в*).

Лінза 3 з меншою фокусною віддаллю і меншим діаметром, яка знаходиться в трубі 4, повернутій до ока спостерігача, називається окуляром.

Лінза 1 з більшим діаметром і більшою фокусною віддаллю, яка знаходиться в трубі 2 і повернута до предмета, називається об'єктивом.

Пряма лінія  $O_1O_3$ , яка проходить через оптичні центри об'єктива і окуляра, називається оптичною віссю зорової труби. Лінія, яка служить віссю симетрії циліндра труби, називається геометричною віссю труби. Збільшення зорової труби  $V$  геодезичних приладів можна визначити за відношенням фокусної віддалі об'єктива  $F$  до фокусної віддалі окуляра  $f$ :

$$V = \frac{F}{f} . \quad (3)$$

Збільшення сучасних геодезичних приладів буває від  $12^x$  до  $70^x$ . Частина простору, яка видна в трубі, коли труба знаходиться в нерухомому положенні, називається полем зору труби. В зорових трубах геодезичних приладів до діафрагми, розташованої перед окуляром, прикріплена скляна платівка, на якій нарізані тонкі взаємно перпендикулярні лінії (рис. 4, а), вони називаються сіткою ниток. Точку перетину середньої горизонтальної лінії з вертикальною називають *перехрестям сітки*, або центром сітки ниток (рис. 4, а). Цєю точкою користуються для наведення труби на предмет. Крайні горизонтальні коротенькі лінії називаються віддалемірними нитками і використовуються для вимірювання відстаней.

Лінія  $O_1O_2$  (рис. 4, б), яка сполучає центр сітки ниток і задню головну точку об'єктива, називається візирною віссю труби.

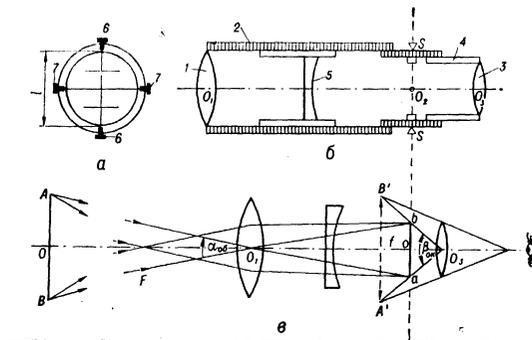


Рис. 4. Зорова труба теодоліта

Діафрагма, до якої прикріплена платівка із нарізаною сіткою ниток, прикріплюється в трубі гвинтами 6, 7 (рис. 4, а), їх називають виправними гвинтами сітки. Фокусування труби виконується пересуванням лінзи 5 (рис. 4, б).

При необхідності на зорову трубу встановлюють рівень для виконання нівелірних робіт.

Рівень призначений для приведення у вертикальне положення приладу в цілому і окремих вузлів приладу відносно прямовисної лінії.

#### **1.4. Додаткове оснащення**

**Штатив.** Штатив служить для встановлення теодоліта над точкою місцевості – вершиною кута, що вимірюється.

Теодоліт комплектується розсувним штативом. Його ніжки шарнірно з'єднані з головкою. Плавність обертання ніжок в шарнірах регулюється болтами. Висоту штатива змінюють витягуванням ніжок і фіксують закріплювальними гвинтами на висоті, яка відповідає зросту спостерігача. Кінцівки ніжок заглиблюють у ґрунт, надавлюючи на їхні упори. Теодоліт з підставкою закріплюють на штативі становим гвинтом.

**Орієнтир-бусоль.** Орієнтир-бусоль служить для вимірювання магнітних азимутів і кріпиться до кронштейна, розташованого на боковій кришці теодоліта.

Положення магнітної стрілки спостерігають у дзеркалі, якому надають необхідного нахилу. Магнітну стрілку у неробочому стані аретирують повертанням гвинта, що розташований у нижній частині корпусу бусолі. Для зрівноваження стрілки на південному кінці встановлена пересувна вага.

**Футляр.** Футляр призначений для зберігання та перенесення приладу під час експлуатації. Теодоліт та обладнання вкладають до футляру у відповідні гнізда.

**Окулярні насадки.** Окулярні насадки застосовують для зручності спостереження предметів, розташованих під кутами, більшими  $45^\circ$  до горизонту. Кріпляться на окуляри зорової труби і відлікового мікроскопу.

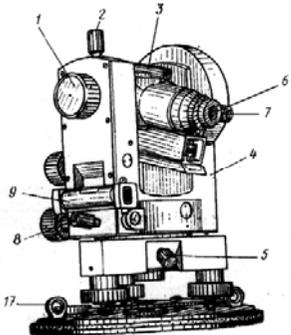
Насадка на зорову трубу оснащена відкидним світлофільтром для візування на Сонце.

#### **1.5. Порядок виконання роботи**

1. Вивчити будову теодоліта. На схемі теодоліта вказати основні його частини та осі.
2. Навчитися знімати відліки з вертикального та горизонтального кругів теодолітів різних конструкцій та накреслити відлік для свого випадку.
3. Встановити теодоліт у робоче положення і зняти відлік з горизонтального та вертикального кругів.
4. Описати призначення основних вузлів теодоліта.
5. Результати роботи відобразити у відповідному звіті «Зошита для лабораторних робіт».

### **1.6. Контрольні запитання**

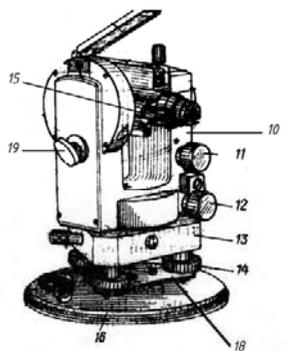
1. Поясніть принцип вимірювання горизонтального та вертикального кутів.
2. Назвіть основні частини теодоліта та їх призначення.
3. Поясніть призначення закріплювальних та навідних гвинтів, як ними працювати?
4. Як привести теодоліт до робочого стану?
5. Як привести вертикальну вісь теодоліта в прямовисне положення?
6. Як виконати наближене та точне наведення зорової труби на візирну ціль?
7. Як проводити центрування вертикальної осі теодоліта?
8. Намалюйте відліки по горизонтальному та вертикальному колах для різних відлікових пристроїв.
9. Що називають ціною поділки лімба?



1. Вказати основні частини теодоліта

А) Позиція КП

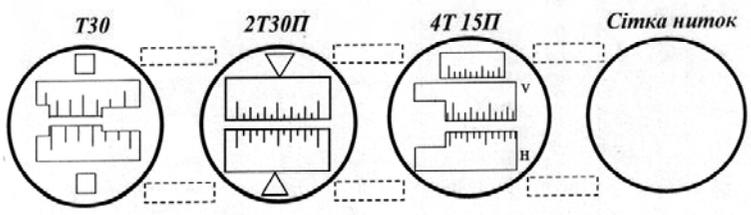
1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_
6. \_\_\_\_\_
7. \_\_\_\_\_
8. \_\_\_\_\_
9. \_\_\_\_\_



Б) Позиція КЛ

10. \_\_\_\_\_
11. \_\_\_\_\_
12. \_\_\_\_\_
13. \_\_\_\_\_
14. \_\_\_\_\_
15. \_\_\_\_\_
16. \_\_\_\_\_
17. \_\_\_\_\_
18. \_\_\_\_\_
19. \_\_\_\_\_

2. Накреслити поле зору відлікового пристрою та сітку ниток теодоліта



Теодоліт      Тип \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_  
 Тип \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_  
 Тип \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

3. Вказати призначення теодоліта

Розробив		Підпис	Дата	<b>Вивчення будови теодоліта</b>
Перевірив				

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2

### Вимірювання кутів та відстаней теодолітом

**Мета роботи** – вивчити методику вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів та відстаней за допомогою ниткового віддалеміра.

#### 2.1. Основні відомості. Вимірювання горизонтальних кутів

При виконанні інженерно-геодезичних робіт кути вимірюються теодолітами технічної точності. Перед початком вимірювань виконують підготовчі дії, які називають встановленням теодоліта в робочий стан.

**Встановити теодоліт у робочий стан** – це означає провести центрування теодоліта над точкою, яка є вершиною кута та привести вертикальну вісь у прямовисне положення.

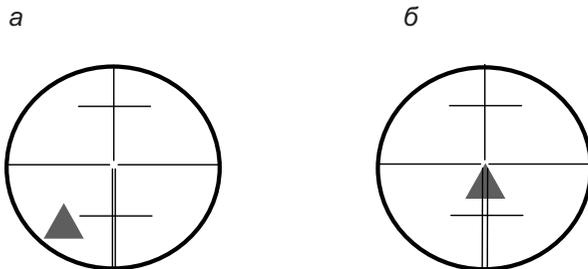
Центрування проводять за допомогою виска, прилаштовуючи ніжки штатива навколо точки так, щоб висок розміщувався якомога ближче до центра, а площина головки штатива займала горизонтальне положення. Якщо ця умова виконується, ніжки штатива закріплюють, вісь обертання приводять у прямовисне положення за допомогою циліндричного рівня при алідаді горизонтального круга, і точніше центрують теодоліт над точкою, відкріпивши становий гвинт. Підготовчі дії виконуються в кілька наближень (після центрування може порушитись нівелювання і навпаки).

Існує декілька способів вимірювання *горизонтального кута*. Найчастіше використовують спосіб прийомів та спосіб кругових прийомів.

*Спосіб прийомів* застосовують для двох напрямків.

Перебуваючи з теодолітом над вершиною кута  $\nu$ , що вимірюється (цю точку називають станцією), зорову трубу наводять на точки спостереження, якими визначаються напрямки кута. Нагадаємо, що перед початком спостережень зображення сітки ниток повинно відповідати зору спостерігача. Для цього, дивлячись в окуляр, обертають діоптрійне кільце до появи в полі зору найчіткішого вигляду сітки ниток. Потім зорову трубу спрямовують на одну із точок і фокусують на неї, обертаючи гвинт кремальєри. Якщо після цих дій десь у полі зору труби спостерігається зображення саме цієї точки (*рис. 5, а*), вважають, що труба вже правильно наведена, і виконують її точне наведення навідними гвинтами.

Якщо зображення точки відсутнє, то або труба досить грубо наведена і точка знаходиться за межами поля зору, або труба не відфокусована належним чином на цю точку. В обох випадках необхідно уважніше виконати дії, описані вище.



*Рис. 5. Наведення зорової труби: а – наближене; б – точне*

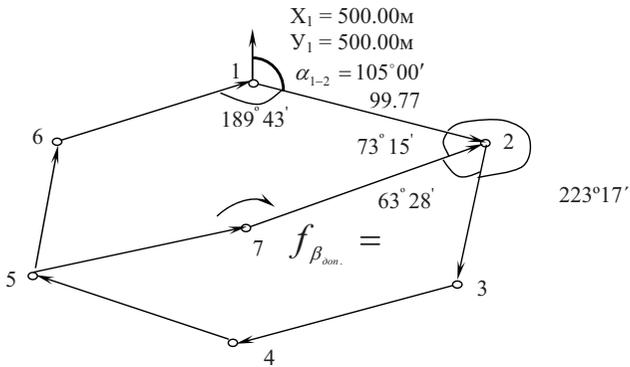
Здійснюючи наближене наведення, закріпні гвинти алідади горизонтального круга і зорової труби треба відкріпити. Навівши трубу наближено, ці гвинти закріплюють і, користуючись навідними гвинтами алідади та зорової труби, точно спрямовують, або, як кажуть, наводять візирну вісь зорової труби на вибрану точку. Труба вважається наведеною, якщо чітко зображення потрібної точки спостерігають точно в центрі чітко окресленої сітки ниток (рис. 5, б).

Вимірюючи горизонтальні кути, необхідно встановити, про які з них (праві чи ліві) необхідно мати інформацію. Для цього на схемі теодолітного ходу (рис. 6), складеній під час рекогносцирування, вказують напрямом обходження точок, черговість вимірювання кутів на них. Якщо необхідно виміряти праві кути, то дотримуються такого правила:

**щоб виміряти правий (внутрішній) кут, необхідно: при положенні вертикального круга теодоліта КЛ спочатку навести трубу на задню точку і зняти відлік з горизонтального круга, а потім – на передню і також взяти відлік. Різниця відліків задній мінус передній – дасть значення правого вимірюного кута. Якщо значення відліку на задню точку менше, ніж на передню, при обчисленнях його необхідно збільшити на  $360^\circ$ .**

При положенні вертикального круга КЛ вимірювання повторюють у тій самій послідовності. Дані про відліки, згідно зі схемою теодолітного ходу, заносять до журналу вимірювання горизонтальних кутів. Два напрямки вимірюються способом прийомів (станція 1, табл.1).

Візування ведуть на ціль, позначену віхою чи шпилькою від вимірювальної стрічки, наводячи центр сітки ниток якомога ближче до землі.



**Рис. 6. Схема розташування пунктів теодолітного ходу**

Навівши трубу на задню точку 6, знімають і записують відлік по горизонтальному кругу до журналу вимірювання кутів (табл. 1). Потім, відкріпивши закріпні гвинти аліадади і зорової труби, наводять трубу на передню точку 2, застосовуючи дії, аналогічні описаним раніше. Після наведення знімають відлік і теж записують його до журналу.

Описані дії складають першу половину прийому. Переходячи до другого напівприйому, трубу переводять через зеніт і спостереження виконують аналогічно, відліки записують до журналу. Якщо різниця між кутами, обчисленими з двох напівприймів, не перевищує подвійної точності відлікового пристрою, обчислюють середнє арифметичне і в подальшому користуються цим результатом.

Середні значення виміряних кутів заносяться до схеми теодолітного ходу і в подальшому використовуються для обчислення координат.

*Спосіб кругових прийомів* застосовується для станцій з трьома і більше напрямками.

Вибирають початковий напрямок, знімають відлік, як було описано раніше. Значення записують до журналу. Повертаючи трубу за годинниковою стрілкою, візують послідовно на інші напрямки. Напівприйм закінчується повторним наведенням на початковий напрямок. Значення записують до журналу. Слід зауважити, що розбіжність між початковим та кінцевим відліками (замикання горизонту) не повинна перевищувати подвійної точності відлікового пристрою.

Далі переводять трубу через зеніт, знову наводять її на початкову точку, беруть відлік, записують його до журналу. Усі точки у другому напівприйомі спостерігають, повертаючи аліададу проти годинникової

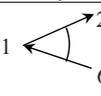
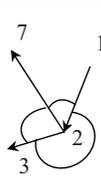
стрілки, а відліки записують до журналу знизу вгору. Якщо розходження відліків на початкову точку не перевищує подвійної точності відлікового пристрою, то розпочинають опрацювання журналу вимірювання горизонтальних кутів.

Різниця задній відлік мінус передній дасть значення вимірних кутів. Сума вимірних кутів повинна дорівнювати  $360^\circ$ .

Таблиця 1

### Журнал вимірювання горизонтальних кутів

Теодоліт 2Т30П № 48967 Спостерігач Вербицький Погода сонячно

Схема вимірювання кута	№№ станції	Позиція круга	Об'єкт візуван.	Відліки		Кути		Середні кути			
				°	'	°	'	°	'		
	1	кп	6	57	35	189	43	189	43		
			2	227	52						
		кп	6	237	35	189	43				
			2	47	52						
	2	кп	1	22	41	73	14	73	14.5		
			7	309	27					63	29
			3	245	58					223	17
			1	22	41						
		кп	1	202	41	73	15			63	28.5
			7	129	26						
			3	65	58						
			1	202	41						

## 2.2. Вимірювання вертикальних кутів

Вимірювання вертикальних кутів  $v$  необхідне для ліній теодолітного ходу, розташованих до горизонту під кутом, більшим  $1,5^\circ$ , для того, щоб ввести в подальшому поправку до вимірної лінії за кут нахилу.

Кути, розташовані вище лінії горизонту, вважають додатними, а кути, розташовані нижче лінії горизонту, – від'ємними. Вимірювання вертикальних кутів ведеться при двох положеннях вертикального круга теодоліта. Запис ведеться в журналі вимірювання вертикальних кутів (табл. 2).

При застосуванні теодоліта Т30 для підрахунків застосовують такі формули:

$$\begin{aligned}
 MO &= 0.5(KЛ + КП + 180^\circ); \\
 v &= КЛ - MO; \\
 v &= MO - КП - 180^\circ; \\
 v &= 0.5(KЛ - КП - 180^\circ),
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

де  $КЛ, КП$  – відліки по вертикальному кругу;

$MO$  – місце нуля вертикального круга.

При цьому слід пам'ятати, що значення менші за  $90^\circ$ , необхідно збільшувати на  $360^\circ$ .

При застосуванні теодоліта 2Т30П формули для обчислення мають вигляд:

$$\begin{aligned} MO &= 0,5(KЛ + КП); \\ \nu &= KЛ - MO; \quad \nu = MO - КП; \\ \nu &= 0,5(KЛ - КП). \end{aligned} \quad (5)$$

При застосуванні теодоліта 4Т15П формули для обчислення мають вигляд:

$$\begin{aligned} MZ &= 0,5(KЛ + КП - 360^\circ); \\ Z &= KЛ - MZ; \\ Z &= MZ - КП + 360^\circ; \\ MZ &= 0,5(KЛ - КП + 360^\circ), \end{aligned} \quad (6)$$

де  $MZ$  – місце зеніту вертикального круга.

Таблиця 2

### Журнал вимірювання вертикальних кутів

Теодоліт 2Т 30П Спостерігач Вербицький Дата 13.02  $i = 1,45\text{м}$

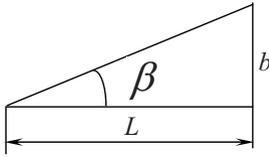
№ станції	Об'єкт візування	Висота наведення, $i$	Круг	Відліки		$MO$		Вертик. кут, $\nu$		Середнє	
				°	'	°	'	°	'	°	'
1	2	1,45	KЛ	6	12	0	0,5	6	11,5	6	11,5
			KП	-6	11	0	0,5	6	11,5		

При вимірюванні вертикальних кутів візування здійснюють на чорну сторону нівелірної рейки на відлік, який відповідає висоті візирної осі теодоліта  $i$ . Повітряний пухирець при алідаді горизонтального круга в момент зняття відліку повинен бути точно в нуль-пункті. Для визначення висоти візирної осі поряд з теодолітом ставлять рейку  $i$  з точністю до сантиметра визначають висоту візирної осі  $i$ , заносючи її до журналу.

Вертикальний кут для кожної лінії вимірюється в прямому і оберненому напрямках. Розходження в значеннях вертикального кута не повинно перевищувати подвійної точності відлікового пристрою.

### 2.3. Вимірювання ліній оптичним віддалеміром

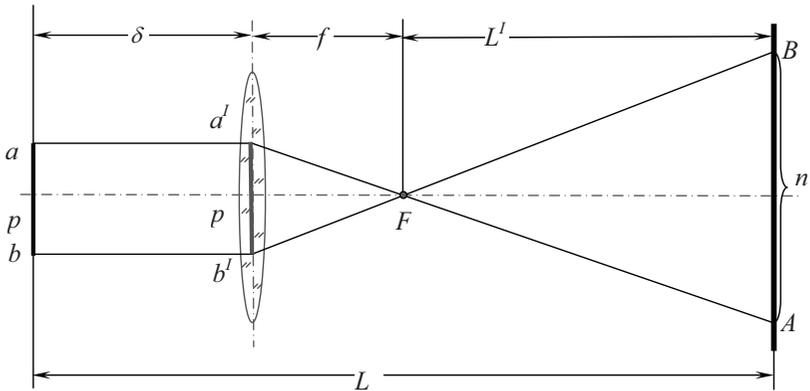
Принцип вимірювання ліній оптичним віддалеміром полягає у визначенні відстані з прямокутного трикутника з відомим паралактичним кутом  $\beta$  та протилежною стороною  $b$  (рис. 7).



**Рис. 7. Принцип вимірювання ліній**

Для спрощення вимірювань одна із величин приймається за постійну, а інша вимірюється. Якщо кут постійний, а величина базису змінюється, то говорять, що це віддалемір з постійним паралактичним кутом і змінним базисом. Це найбільш найпоширеніший тип оптичних віддалемірів, який застосовується в теодолітах і нівелірах і називається нитковим віддалеміром.

Для вимірювання ліній на її кінцях встановлюють прилад і нівелірну рейку з сантиметровими поділками. При горизонтальному положенні візирної осі зорової труби промені від віддалемірних ниток (рис. 8), пройшовши через об'єктив і передній фокус  $F$ , перетнуть рейку в точках  $A$  і  $B$ .



**Рис. 8. Хід променів зорової труби**

Із подібності трикутників  $a'b'F$  та  $ABF$  видно, що:

$$L^I = \frac{f}{p} n, \quad (7)$$

де  $f$  – фокусна відстань об'єктива;  
 $p$  – відстань між віддалемірними нитками;  
 $n$  – кількість сантиметрів нівелірної рейки.

Відношення:

$$\frac{f}{p} = k \quad (8)$$

для конкретного приладу постійне і називається коефіцієнтом ниткового віддалеміра.

Із рисунка видно, що:

$$L = L' + f + \delta, \quad (9)$$

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

Сума:

$$f + \delta = c \quad (10)$$

називається постійною приладу.

Отже,

$$L = L' + c = kn + c. \quad (11)$$

Зважаючи на те, що в сучасних оптичних геодезичних приладах постійна приладу  $c$  є незначною величиною, для відстаней більше 50 м її можна не враховувати, тому:

$$L = kn. \quad (12)$$

У сучасних приладах  $K_{\text{від.}} = 100$ , тобто різниця відліків в сантиметрах дорівнює відстані від приладу до рейки в метрах.

При нахиленому положенні візирного променя зорової труби на кут  $\nu$  (рис. 9) замість відліку  $M'N' = n'$  отримуємо відлік  $MN = n$ .

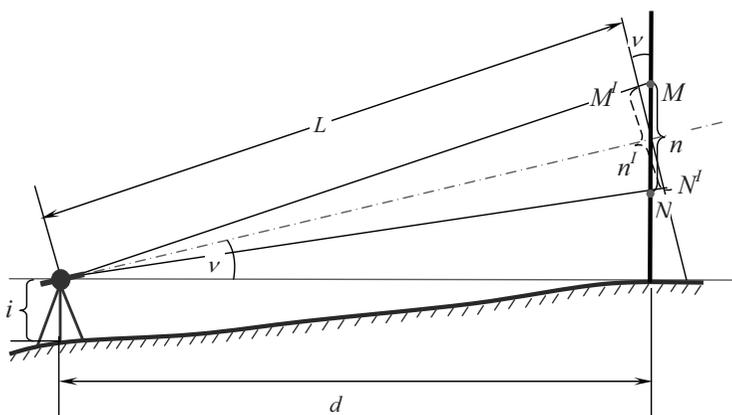


Рис. 9. Вимірювання нахилених ліній

Але:

$$n' = n \cdot \cos v. \quad (13)$$

Підставивши це значення в формулу 11, отримаємо:

$$L = k \cdot n^I + c = k \cdot n \cdot \cos v + c. \quad (14)$$

Зважаючи на те, що в геодезичній практиці застосовуються горизонтальні відстані  $d$ , можна записати:

$$d = L \cdot \cos v. \quad (15)$$

Отже,

$$d = (k \cdot n \cdot \cos v + c) \cos v \approx (kn + c) \cos^2 v. \quad (16)$$

При вимірюваннях ліній з підвищеною точністю візирну вісь зорової труби бажано наводити на відлік, близький до висоти приладу  $i$ .

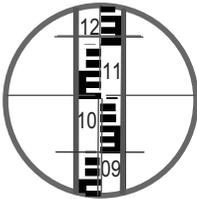


Рис. 10. Відліки по рейці

При тахеометричних зніманнях для підвищення продуктивності праці та для полегшення підрахунку кількості сантиметрових поділок по нівелірній рейці одну з віддалемірних ниток теодоліта наводять на відлік 1000 (рис. 10), тоді відлік по іншій віддалемірній нитці 1212, зразу ж дозволяє визначити відстань:

$$1212 - 1000 = 212 \text{ мм};$$
$$21,2 \text{ см} \times 100 = 21,2 \text{ м}.$$

#### 2.4. Програма виконання роботи

1. Скласти схему вимірювання горизонтального кута, на якій стрілками вказати напрямок обходу точок, а дугою – кут, що вимірюється.
2. Згідно зі схемою скласти програму наведення на візирні цілі та записати її до журналу.
3. Виміряти горизонтальний кут, результати вимірювань записати до журналу.
4. Сформулювати визначення місця нуля теодоліта.
5. Виміряти вертикальний кут, результати записати до журналу.
6. Провести обчислення місця нуля та вертикального кута.
7. Виміряти відстань за допомогою ниткового віддалеміра теодоліта.
8. Зарисувати положення відліків на нівелірній рейці.
9. Дані вимірювань оформити до відповідності зі схемою у звіт.

## **2.5. Порядок виконання роботи при вимірюванні горизонтального кута**

1. Центрувати теодоліт; вертикальну вісь обертання привести у прямовисне положення.
2. Закріпити лімб, відпустити закріплювальний гвинт зорової труби та алідади горизонтального круга.
3. Наближено навести візирну вісь на задню точку і закріпити закріплювальні гвинти алідади і зорової труби.
4. Навідними гвинтами алідади і зорової труби точно навести візирну вісь на ціль.
5. Здійснити відлік градусів і мінут по відліковому пристрою.
6. Відкріпити закріплювальні гвинти алідади горизонтального круга та зорової труби і навести, як було розглянуто раніше, на передню ціль.
7. Взяти відлік по відліковому пристрою горизонтального круга.
8. Підрахувати значення вимірюваного кута. На цьому перший напівприйм завершено.
9. Після вимірювання кута одним напівприємом зорову трубу перевертають через зеніт і вимірюють кут другим напівприємом по програмі, вказаній раніше.
10. При визначенні кута способом кругових прийомів вимірювання виконуються аналогічно способу прийомів. Відмінність полягає в тому, що кінцевим відліком напівприйому буде відлік на початкову точку.

## **2.6. Порядок виконання роботи при вимірюваннях вертикального кута**

1. Встановити теодоліт у робочий стан.
2. При положенні вертикального круга ліворуч від зорової труби (КЛ) наближено навести візирну вісь зорової труби на ціль.
3. Підйомним гвинтом підставки, який знаходиться на осі паралельній візирній осі труби, привести повітряний пухирець циліндричного рівня в центр ампули.
4. Провести точне наведення візирної осі труби на ціль.
5. Здійснити відлік по відліковому пристрою вертикального круга і записати його до журналу вимірювання вертикальних кутів.
6. Відкріпити закріпні гвинти алідади горизонтального круга та зорової труби. Перевернути трубу через зеніт і знову здійснити наведення та взяти відліки на візирну ціль, як було вказано раніше.
7. Обчислити місце нуля ( $MO$ ) та кут нахилу лінії візування. При обчисленнях використати формули, призначені для приладу, який застосовується.

## **2.7. Порядок виконання роботи при вимірюваннях відстаней**

1. Встановити теодоліт у робочий стан.
2. За допомогою нівелірної рейки виміряти висоту візирної осі над точкою.
3. Встановити рейку над точкою, до якої буде вимірюватись відстань.
4. Одну з віддалемірних ниток зорової труби встановити на відлік 1000 і зняти відлік з іншої віддалемірної нитки.
5. Обчислити виміряну відстань і записати її до журналу.
6. Зробити зарисовку поля зору труби під час зняття відліків.
7. Всі записи здійснювати відповідно до форми звіту.

## **2.8. Контрольні запитання**

1. Як встановити теодоліт у робочий стан?
2. Як виміряти кут способом прийомів?
3. Як виміряти кут способом кругових прийомів?
4. Для чого необхідна схема вимірювання горизонтального кута?
5. Дайте визначення правила вимірювання правого кута.
6. Дайте визначення місця нуля вертикального круга.
7. Що Ви розумієте під кутом нахилу?
8. Як визначається місце нуля та кут нахилу?
9. Що Ви розумієте під коефіцієнтом ниткового віддалеміра?
10. Чому дорівнює величина коефіцієнта ниткового віддалеміра?
11. Запишіть формулу визначення горизонтального прокладення для нахилених ліній.

1. Накреслити схему вимірювання правого кута способом прийомів, результати вимірювань записати в журналі.

**Журнал вимірювання горизонтальних кутів**

Теодоліт	№ ст.	Поз. круга	Об'єкт візування	Відліки		Кути		Середнє	
				°	'	°	'	°	'

2. Сформулювати визначення місця нуля теодоліта.

---



---



---

3. Виміряти вертикальний кут, результати вимірювань записати в журналі вимірювання вертикальних кутів.

**Журнал вимірювання вертикальних кутів**

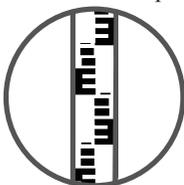
Теодоліт	№ станції	Об'єкт візування	Поз. круга	Відліки		МО	Дата		i =	Середнє
				°	'		°	'		

**Теодоліт Т30:**  $MO = 0.5(KL + KP + 180^\circ)$ ;  $v = KL - MO$ ;  $v = MO - KP - 180^\circ$ ;  $v = 0.5(KL - KP - 180^\circ)$ .  
Значення менші  $90^\circ$  необхідно збільшити на  $360^\circ$ .

**Теодоліт 2Т30П:**  $MO = 0.5(KL + KP)$ ;  $v = KL - MO$ ;  $v = MO - KP$ ;  $v = 0.5(KL - KP)$ .

**Теодоліт 4Т15П:**  $MZ = 0.5(KL + KP - 360^\circ)$ ;  $Z = KL - MZ$ ;  $Z = MZ - KP + 360^\circ$ ;  $Z = 0.5(KL - KP + 360^\circ)$ .

4. Виміряти відстань з допомогою ниткового віддалеміра теодоліта.



5. Накреслити зображення віддіків вимірюної відстані на нівелірній рейці та записати їх.

S = \_\_\_\_\_  
 К<sub>віддалеміра</sub> = \_\_\_\_\_  
 S<sub>рулеткою</sub> = \_\_\_\_\_

Розробив		Підпис	Дата	Вимірювання кутів та відстаней
Певелірує				

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3

### Вивчення будови нівеліра

**Мета роботи** – вивчити загальну будову нівелірів з циліндричним рівнем та компенсатором кутів нахилу. Навчитись встановлювати нівелір у робоче положення та знімати відліки з нівелірних рейок.

#### 3.1. Загальні положення

Нівелір – це прилад, який призначено для задавання горизонтального променя.

Залежно від принципу приведення візирної осі у горизонтальне положення сучасні нівеліри бувають двох видів: з циліндричним рівнем при трубі та з компенсатором кутів нахилу.

За точністю нівеліри поділяються на три типи: високоточні, точні та технічні. Технічні нівеліри використовують при виконанні технічного нівелювання при створенні висотного обґрунтування топографічних знімачів і розв'язуванні інших інженерних задач, що виникають при розвідуванні, будівництві та експлуатації інженерних споруд.

Для позначення нівелірів з компенсаторами до шифру додається літера *K*, а у випадку, коли нівелір оснащений горизонтальним лімбом, ще і літера *L*.

#### 3.2. Будова нівеліра НЗ

Нівелір (рис. 11) складається з підставки 1, яка оснащена трьома підйомними гвинтами 2, пружною платівкою 3 з гайкою 4 кріплення до штатива становим гвинтом. У підставку за допомогою пристрою вертикальної осі кріпиться платформа 5, до якої кронштейнами 6 кріпиться основна частина нівеліра – зорова труба 7, з'єднана з пристроєм циліндричного рівня 8. На платформі прилаштовані також закріплювальний та навідний 9 гвинти обертання зорової труби, елеваційний гвинт 10 зорової труби, круглий рівень 11. Зорова труба складається із корпусу 7, об'єктива 12, окуляра 13, прицільного пристрою 14. Фокусування на предмет здійснюється фокусуючою кремальєрою 15.

Елеваційний гвинт служить для встановлення осі циліндричного рівня у горизонтальне положення.

Круглий рівень служить для приведення вертикальної осі нівеліра у прямовисне положення за допомогою підйомних гвинтів.

Прицільний пристрій служить для наближеного наведення зорової труби на ціль.

Точне наведення зорової труби здійснюється навідним гвинтом при загвинченому закріпному гвинті.

Чітке зображення досягається за допомогою кремальєри фокусуєчого пристрою.

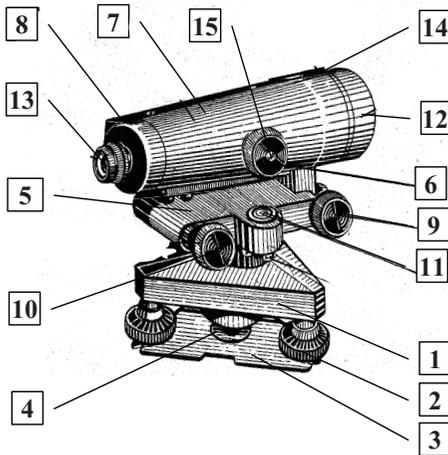


Рис. 11. Нівелір НЗ

Візорний промінь приводять у горизонтальне положення за допомогою елеваційного гвинта, з'єднуючи кінці повітряного пухирця циліндричного рівня «у контакт». Над рівнем розташований призмовий пристрій, який передає зображення положення кінців повітряного пухирця в поле зору труби. При знаходженні в нуль-пункті кінці циліндричного рівня утворюють загальний овал.

З боку окуляра коробка пристрою циліндричного рівня закривається кришкою. Під кришкою знаходяться виправні гвинти, за допомогою яких візорна вісь зорової труби

встановлюється паралельно осі циліндричного рівня.

### 3.3. Особливості будови нівеліра з компенсатором кутів нахилу

До групи нівелірів, у яких візорна вісь встановлюється в горизонтальне положення автоматично, належить нівелір 2Н-10КЛ, який має пряме зображення зорової труби, компенсатор та горизонтальний лімб.

Візорна вісь оптичної системи нівеліра з компенсатором кутів нахилу (рис. 12) за допомогою рамки компенсатора 9, яка підвішена на двох підшипниках, встановлюється в горизонтальне положення при нахиланні нівеліра до 30'.

Якщо нахил нівеліра перевищує вказане значення, приведення його в номінальне положення здійснюється за допомогою піднімальних гвинтів 1 і контролюється за допомогою установчого рівня 7 з ціною поділки 20' на 2 мм.

Наближене наведення на ціль здійснюється повертанням корпусу 11 руками навколо вертикальної осі, точно – навідним гвинтом з маховиками 2. Рамка компенсатора при транспортуванні фіксується за допомогою маховика 3.

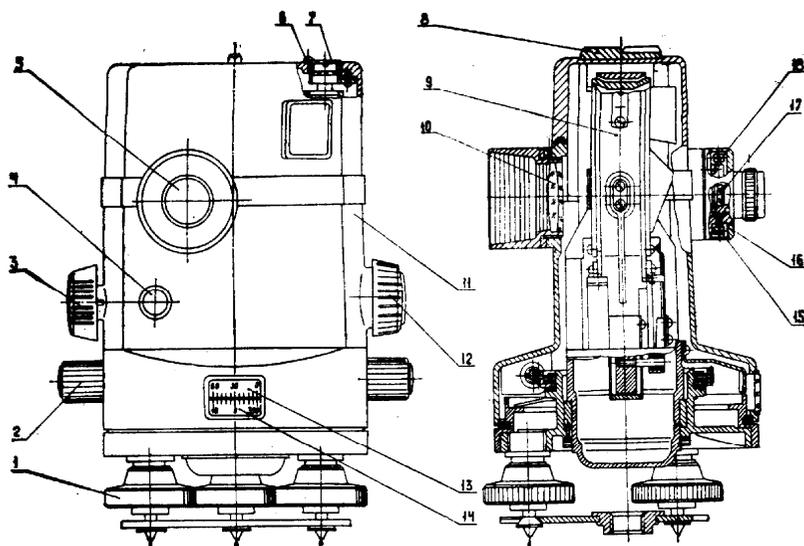
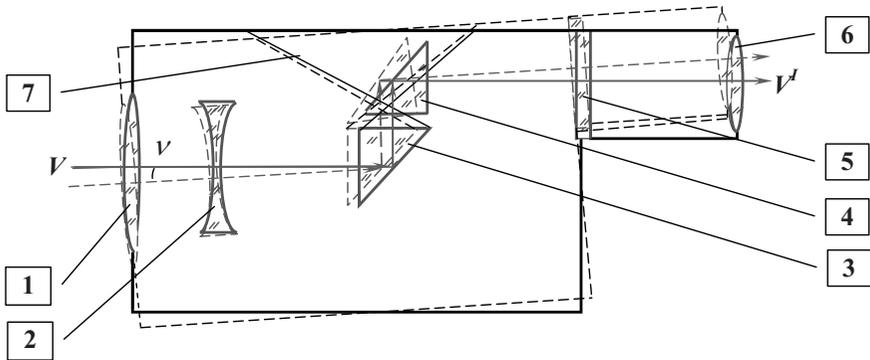


Рис. 12. Будова нівеліра 2Н-10КЛ

Відлік горизонтальних кутів здійснюється по лімбу 14 за допомогою верньєра 13, причому лімба має можливість встановлення початкового значення горизонтального кута поворотом лімба відносно вертикальної осі. Для перевірки працездатності компенсатора призначена кнопка 4, яка відхиляє рамку компенсатора від вертикального положення і викликає її похитування.

Перефокусування нівеліра з однієї відстані на іншу здійснюється за допомогою маховика 12.

Роботу компенсатора кутів нахилу розглянемо на прикладі оптичної схеми нівеліра НЗК (рис.13), яка містить призмий компенсатор, що складається з двох прямокутних призм. Одна призма підвішена на інварних нитках 7 до верхньої частини труби, друга – нерухома. Горизонтальний промінь  $VV'$ , пройшовши через об'єктив 1 та фокусуючу лінзу 2, заломившись від діагональної грані рухомої фокусуючу лінзу 2, заломившись від діагональної грані рухомої призми 3, потрапляє на діагональну грань нерухомої призми 4 і, відбившись від неї, через сітку ниток 5 та окуляр 6, потрапляє в поле зору спостерігача. При відхиленні труби нерухома призма змінює початковий нахил, а рухома призма – переміститься на підвісних нитках паралельно початковому положенню вперед чи назад, відповідно до кута нахилу зорової труби.



*Рис. 13. Робота оптичного компенсатора нівеліра НЗК*

Горизонтальний візирний промінь, пройшовши через об'єktiv та фокусуючу лінзу, перетне діагональну грань рухомої призми і змінить свій напрямок на кут  $\nu \pm 90^\circ$ , перетинає діагональну грань нерухомої призми і знову змінює свій напрямок на кут, рівний  $90^\circ \pm \nu$ , і, перетнувши сітку ниток та окуляр, потрапляє у поле зору спостерігача. При цьому відлік по нівелірній рейці не змінюється.

**Нівелірні рейки.** До комплекту входять дві нівелірні рейки, які є вимірювальними приладами для визначення перевищень при нівелюванні. Рейки РН-3-3000, РН-10-4000, двосторонні, виготовляють із сухої деревини, застосовують як суцільні, так і складні, довжиною 3,0 м і 4,0 м. Поділки зроблені у вигляді сантиметрових шашок чорно-білого кольору на одній стороні та червоно-білого на другій. Для зручності відліку перші п'ять сантиметрових поділок об'єднані у вигляді символу **Е**. На чорних сторонах рейок нуль (початок відліку) співпадає з п'яткою рейки, а на червоних – з п'яткою співпадає інший відлік, який відповідає довільному числу, наприклад, 4682.

### **3.4. Програма виконання роботи**

1. Вивчення будови нівелірів НЗ, 2Н-10КЛ та Н5Л.
2. Приведення нівеліра у робочий стан.
3. Знімання відліків за трьома нитками чорної та червоної сторони двох рейок.
4. Визначення різниці шкал двох рейок, перевищення між двома точками віддалемірних відстаней до рейок.

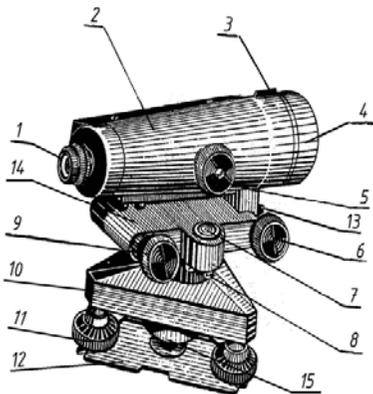
### **3.5. Порядок виконання роботи**

1. Вивчення будови нівеліра починають із зовнішнього огляду приладу. Потім вивчають його будову і призначення основних частин. На завершення на схемі нівеліра вказують основні частини та їхнє призначення.
2. Встановлення нівеліра у робочий стан починають з приведення вертикальної осі у робоче положення. Для цього підйомними гвинтами виводять повітряний пухирець круглого рівня на середину. Чіткого зображення сітки ниток досягають обертанням діоптрійного кільця окуляра зорової труби. Після цього зорову трубу наводять на рейку і, обертаючи кремальєру фокусуючого пристрою, добиваються чіткого зображення поділок рейки. Наближене наведення здійснюють за допомогою прицільного пристрою зорової труби, а точно – навідним гвинтом при загвинченому закріпному гвинті.
3. У полі зору труби показати: вертикальний та середній штрихи, віддалемірні горизонтальні штрихи сітки ниток та положення кінців повітряного пухирця циліндричного рівня «у контакті».
4. Зарисувати відліки по нитках у полі зору нівеліра згідно із завданням викладача.

### **3.6. Контрольні запитання**

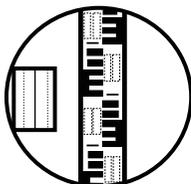
1. Поясніть будову нівеліра та призначення основних його частин.
2. Намалюйте схему основних осей нівеліра.
3. З якою метою використовують круглий рівень?
4. Що називають віссю циліндричного рівня?
5. Що називають віссю круглого рівня?
6. Що називають візирною віссю зорової труби нівеліра?
7. Для чого служить елеваційний гвинт?

1. Вказати основні частини нівеліра НЗ.



1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	

2. Накреслити поле зору нівеліра в момент зняття відліку по рейці.



Відлік \_\_\_\_\_ Схема ходу  
 “ \_\_\_\_\_ “  
 “ \_\_\_\_\_ “  
 “ \_\_\_\_\_ “

3. Виконати технічне нівелювання нівелірного ходу.

### Журнал технічного нівелювання

Номер станції	Номер пункта	Відліки по рейці (мм)			Перевищення (мм)		Горизонт інструм.	Відмітка Н (м)
		задні	передні	проміжні	з відліків	середні		
Сторінковий контроль		Σз	Σп		Σв	Σс		

		Підпис	Дата	<b>Робота з нівеліром</b>
Розробив				
Поправив				

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 4

### Визначення позначок точок технічним нівелюванням

**Мета роботи** – вивчити методику і набути навичок виконання технічного нівелювання, навчитись вести записи результатів нівелювання в журналі та виконувати необхідні обчислення.

#### 4.1. Загальні положення

Технічне нівелювання застосовують для визначення висот точок знімального обґрунтування при: виконанні топографічних знімачь, трасуванні лінійних споруд; а також при вирішенні різноманітних задач у процесі будівництва та експлуатації інженерних споруд.

Нівелірний хід прокладається між двома найближчими пунктами (реперами) з відомими позначками. Позначкою називають числове значення висоти.

Нівелювання виконується способом «із середини» з допустимою нерівністю відстаней до задньої та передньої рейок не більше 5 м. Довжина візирного променя не повинна перевищувати 150 м. Відліки знімають тільки із середньої нитки. Найнижчий відлік по чорній стороні рейки не повинен бути меншим 200 мм (0200). Різниця перевищень, отримана по чорній та червоній сторонах рейок, не повинна перевищувати 5 мм. Накопичення нерівностей відстаней не повинне перевищувати 10 м на секцію.

Технічне нівелювання починають зі складання схеми нівелірного ходу (рис. 14), яка в довільному масштабі будується на папері формату А-4. На схемі вказуються з'єднані між собою кривою лінією пункти теодолітного ходу та напрямки їх обходу. В подальшому схему використовують для того, щоб знати порядок взяття відліків при нівелюванні на станції.

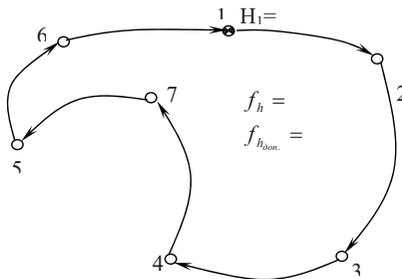


Рис. 14. Схема нівелірного ходу

Нівелювання проводять із середини, але це не значить, що нівелір ставиться обов'язково в створі точок, що нівелюються. Важливо лише зберегти приблизну рівність відстаней від нівеліра до цих точок. При перевищеннях більших, ніж довжина нівелірної рейки, вибирають  $x$ -і точки на стабільних місцевих предметах. При цьому слідкують, щоб відлік по рейці був не менший 200 мм (0200). Нумерація  $x$ -вих точок у журналі – наскрізна по всьому ходу.

Нівелювання проводиться по двох сторонах рейки при одному горизонті.

Нев'язка ходу або замкнутого полігону не повинна перевищувати величини:

$$f_h = \pm 50_{\text{мм}} \sqrt{L}, \quad (17)$$

де  $L$  – периметр полігону чи довжина ходу в кілометрах.

Середнє перевищення між точками знімальної основи записують до журналу з точністю до 0,001 м.

Зрівноважені перевищення та відмітки точок виписують до каталогу висот і показують на схемі.

Спостереження на станції виконують у такій послідовності:

1. На визначеному місці встановлюють нівелір у робоче положення.
2. Наводять трубу на задню рейку і, з'єднавши кінці повітряного пухирця циліндричного рівня елеваційним гвинтом, знімають відлік по чорній та червоній сторонах задньої рейки.
3. Результати нівелювання записують до журналу (табл. 3). Цифри в дужках показують порядок записів та обчислень.

Таблиця 3

## Журнал технічного нівелювання

Дата 16.06.2012 Погода хмарно Виконавець ст. Вербицький В.А.

№.№ станцій	№.№ пунктів, реперів, проміжних пунктів	Відліки по рейці			Перевищення		Горизонт приладу, м	Відмітки Н, м
		задні	проміжні	передні	з відліків ±	середні ±		
<i>Хід від ПТХ 1 до ПТХ 2</i>								
1	<i>ПТХ 1</i>	0898 (1)		1909 (3)	-1011(5)		120,898	120,000
	$x_1$	5581 (2)		6590 (4)	-1009(6)	-1010 (7)		118,990
	+ 20		1579					119,319
2	$x_1$	0853		2505	-1652			
	<i>ПТХ 2</i>	5536		7190	-1654	-1653		117,337

4. Наводять трубу на передню рейку і знімають відліки з чорної та червоної сторін рейки. Результати нівелювання записують до журналу (табл. 3).

Якщо розбіжність між перевищеннями не більше, ніж 5 мм, то обчислюють середнє значення, яке заокруглюють до цілого числа. Якщо значення перевищень різняться більше, ніж на 5 мм, то всі записи в журналі закреслюють, а вимірювання повторюють. В особливих випадках (при несприятливих природних умовах чи обмеженому часі спостережень), для контролю підраховують різницю п'яток, щоб з'ясувати, на якій рейці зроблено похибку і прийняти рішення про подальший хід вимірювань.

5. Після вимірювань проводять опрацювання журналу технічного нівелювання в такій послідовності:

а) виконують сторінковий контроль;

б) обчислюють позначки зв'язуючих точок за формулою:

$$f_h = \sum_{i=1}^n h_{c_i} - (H_{k_i} - H_{n_i}), \quad (18)$$

де  $\sum h_{c_i}$  – сума середніх перевищень ходу;

$H_{k_i}$  – позначка кінцевого репера;

$H_{n_i}$  – позначка початкового репера.

Одним із впливових джерел похибок при технічному нівелюванні є недбале утримання нівелірних рейок. Тому при нівелюванні рейку необхідно тримати, дотримуючись таких правил:

а) ставити рейку на землю обережно не вдаряючи, щоб не змінити її висоту;

б) тримати рейку в прямовисному стані двома руками перед собою;

в) не змінювати положення рейки до закінчення спостережень на даній точці.

Перед обчисленням висот точок середні перевищення  $h_c$  зрівноважують. Для цього обчислюють висотну нев'язку і розподіляють її з оберненим знаком пропорційно числу перевищень до 1 мм так, щоб сума поправок дорівнювала величині нев'язки з оберненим знаком. Сума теоретичних перевищень  $\sum h_m$  дорівнює нулю у випадку, коли нівелірний хід замкнутий, і різниці висот кінцевого та початкового реперів, коли хід розімкнений.

Висоти передніх точок обчислюють алгебраїчним складанням висоти задньої точки з виправленим перевищенням:

$$H_b = H_a + h_{\text{випр.}} \quad (19)$$

Контролем такого обчислення буде одержання висоти вихідної точки в замкнутому ході або висоти кінцевої точки в розімкненому ході.

Висоти проміжних точок обчислюють за горизонтом приладу, використовуючи формулу:

$$H_C = H_{ГП} - c , \quad (20)$$

де  $c$  – відлік з рейки в проміжній точці;

$H_{ГП}$  – значення горизонту приладу, який знаходять як суму висоти задньої точки  $H_a$ , і відліку  $a$  з чорного боку рейки на цій точці:

$$H_{ГП} = H_a + a . \quad (21)$$

#### 4.2. Програма виконання роботи

1. Виконати технічне нівелювання ходу з 3 – 4 точок, які утворюють замкнений полігон, записавши результати вимірювань в журнал технічного нівелювання.
2. Виконати опрацювання журналу і обчислити позначки всіх точок.

#### 4.3. Порядок виконання роботи

1. Встановити нівелір в робочий стан посередині між двома точками. Для цього повітряний пухирець круглого рівня виводять на середину спочатку двома підйомними гвинтами, а потім третім і фокусують зорову трубу.
2. Встановити вертикально нівелірну рейку на задню точку і навести на неї зорову трубу. Зняти відлік з чорної та червоної сторін рейки за наведеною вище методикою. Отриманий результат записати в журнал.
3. Встановити рейку на передню точку і зняти відлік за чорною та червоною сторонами. Результати записати у журнал.
4. Обчислити перевищення за чорною та червоною сторонами, знайти середнє значення. Результати записати до журналу. Якщо різниця перевищень за чорною та червоною сторонами перевищує 5 мм, результати закреслюють, а вимірювання повторюють.
5. Після закінчення нівелювання опрацьовують журнал технічного нівелювання та обчислюють позначки всіх точок нівелірного ходу.
6. Робота виконується на бланку, наведеному у зразку.

#### **4.4. Контрольні запитання**

1. Чому відрізняються відліки по чорній та червоній сторонах нівелірної рейки?
2. Що значить встановити нівелір у робочий стан?
3. Що називають горизонтом приладу?
4. Як контролюють відліки, зняті на станції технічного нівелювання?
5. Який порядок роботи на станції при технічному нівелюванні?
6. Який відлік по чорній стороні рейки при технічному нівелюванні може бути найменшим?
7. Для чого виконують сторінковий контроль?
8. Як обчислити горизонт приладу на станції?
9. Як обчислити позначки точок, користуючись горизонтом приладу?
10. Як обчислюють висотну нев'язку в замкненому нівелірному ході?
11. Як обчислюють висотну нев'язку в розімкненому ході?
12. Як обчислюють позначки точок нівелірного ходу?
13. Як обчислюють виправлене значення перевищення на станції?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 5

### Тахеометричні знімання

**Мета роботи** – вивчити методику і набути навичок виконання тахеометричних знімачь, навчитись вести записи результатів у журнали та виконувати необхідні обчислення.

#### 5.1. Загальні положення

Тахеометричні знімання – швидкий спосіб одночасного визначення планового та висотного положення точок місцевості. В основі тахеометричного знімання лежить ідея визначення просторового положення точки місцевості одним наведенням зорової труби приладу на рейку, встановлену в цій точці. За результатами тахеометричних знімачь складають топографічний план місцевості із зображенням на ньому ситуації та рельєфу місцевості. Для визначення перевищень на точки, які знімаються, застосовують тригонометричне нівелювання, яке менш точне, ніж геометричне, але широко застосовується при вирішенні різних інженерних задач, оскільки дозволяє швидко визначити перевищення довільних точок на значній відстані.

Перевищення визначають, як функцію виміряних на місцевості теодолітом кута нахилу  $\nu$  та горизонтальної відстані  $d$  до заданої точки. Тригонометричне нівелювання виконують теодолітом, який встановлюють у робочий стан на станції (рис. 15). Нівелірною рейкою вимірюють висоту  $i$  приладу до горизонтальної осі обертання зорової труби. Середню нитку зорової труби наводять на відліки по чорній стороні рейки, встановленої в точку  $B$ , і вимірюють вертикальний кут  $\nu$ . Відстань  $l$  від точки наведення візирного променя до п'ятки рейки називають висотою візування (наведення). Якщо відома горизонтальна відстань  $d$  до точки  $B$ , висота приладу  $i$ , висота наведення  $l$  та виміряний вертикальний кут  $\nu$ , то з рис. 15 видно, що:

$$\begin{aligned}i + h' &= h + l; \\h &= h' + i - l; \\h' &= d \cdot \operatorname{tg} \nu.\end{aligned}$$

Отже,

$$h = d \cdot \operatorname{tg} \nu + i - l. \quad (22)$$

Цей вираз називають повною формулою тригонометричного нівелювання.

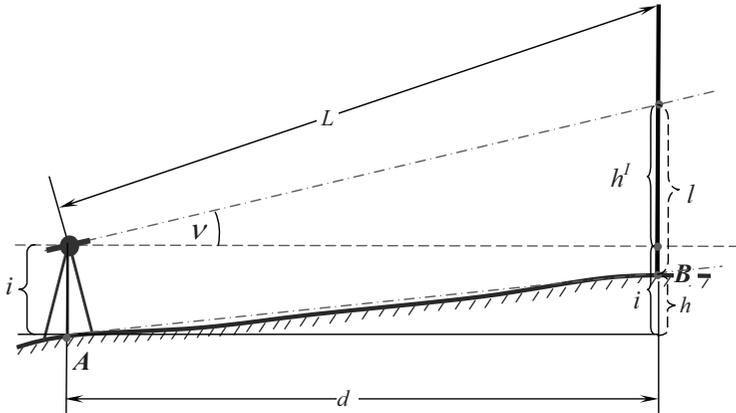


Рис. 15. Тригонометричне нівелювання

Якщо прийняти, що  $i = l$ , тобто середню нитку наводити на висоту приладу, то ця формула набуде вигляду:

$$h = d \cdot \operatorname{tg} v. \quad (23)$$

Якщо нахилена відстань між точками виміряна нитковим віддалеміром, то її горизонтальне прокладання визначають за формулою:

$$d = (kn + c) \cos^2 v. \quad (24)$$

Підставивши цей вираз у попередню формулу, отримаємо:

$$h = (kn + c) \cos^2 v \cdot \operatorname{tg} v = \frac{1}{2} (kn + c) \sin 2v. \quad (25)$$

Для відстаней між точками, більших 400 м, вводять поправку за кривизну Землі та за рефракцію.

## 5.2. Програма виконання роботи

1. Встановити теодоліт у робочий стан над точкою А.
2. Виконати вимірювання горизонтального, вертикального кутів та відстані на точку, координати якої визначаються.
3. Виконати обчислення в журналі тахеометричних зніманий.

### 5.3. Порядок роботи на станції

1. Встановити теодоліт у робочий стан над точкою  $A$ .
2. Сумістити нулі алідади та лімба горизонтального круга та закріпити закріпний гвинт алідади.
3. Відкріпити закріпний гвинт лімба і направити візирний промінь зорової труби на другу точку теодолітного ходу, після чого закріпний гвинт лімба закріпити і уточнити наведення зорової труби навідним гвинтом лімба (при подальшій роботі до цих гвинтів не торкатися).
4. Записати до журналу номер точки стояння, позначку цієї точки  $H_i$ , висоту приладу  $i$ , номер точки, на яку зорієнтовано лімб, та положення вертикального круга під час тахеометричних знімачь.
5. Визначити значення місця нуля (відліки повинні бути записані до журналу).
6. Навести трубу теодоліта на рейку, виміряти за нитковим віддалеміром відстань до неї і відрахувати висоту наведення  $l$  середньої нитки на рейку.
7. Зняти відліки по горизонтальному та вертикальному кругам. Знімають при положенні вертикального круга ліворуч від зорової труби.
8. Після закінчення знімачь на станції провести опрацювання журналу тахеометричних знімачь, використовуючи формули, записані у журналі.
9. Після закінчення обчислювальних робіт складають топографічний план, де зображують ситуацію та рельєф.

### 5.4. Контрольні запитання

1. У чому полягає сутність тахеометричного знімачь?
2. Які вимірювання на станції виконують при тригонометричному нівелюванні?
3. За якими формулами визначають місце нуля та кут нахилу теодолітами Т30 і 2Т30П?
4. За якими формулами визначають місце Зеніта та кут нахилу теодолітом 4Т15П?
5. Як обчислюють відстань до рейки?
6. За якими формулами обчислюють перевищення точок при тригонометричному нівелюванні?
7. Яка послідовність роботи на станції при виконанні тахеометричного знімачь?
8. Яка мета і послідовність обробки результатів вимірювань на станції?
9. Як обчислити кут нахилу лінії?
10. Як обчислити горизонтальну проекцію довжини лінії?
11. Як обчислити перевищення між станцією та пікетом?
12. Як нанести пікети на план?
13. В якій послідовності будують топографічний план?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 6

### Перевірки та юстирування теодоліта

**Мета роботи** – вивчити геометричні вимоги до взаємного розташування осей теодоліта, засвоїти перевірки та юстирування. Навчитись визначати постійні коефіцієнти ниткового віддалеміра та точність вимірювання ліній.

#### 6.1. Загальні положення

Щоб встановити придатність теодоліта до роботи, проводять комплекс спеціальних заходів, які називають перевітками теодоліта.

Комплекс дій, що забезпечують придатність теодоліта до роботи, називають юстируванням (виправленням).

Теодоліти, які експлуатуються, періодично перевіряються, не рідше одного разу на два роки. Залежно від умов експлуатації цей термін уточнюється органами метрологічної служби. Перед введенням у дію нового теодоліта чи теодоліта, який надійшов із ремонту, зі складу після довготривалого зберігання, проводять позачергову перевірку.

Перевірка повинна проводитись при температурі  $(20 \pm 10)^\circ\text{C}$ . До початку перевірки теодоліт і допоміжне обладнання треба витримати на робочих місцях не менше 2 год. Збуджуючі коливання (якщо такі є) не повинні викликати коливання зображення візирної цілі, яке перевищує ширину штриха сітки ниток зорової труби.

Для перевірки стійкості штатива і підставки, нахилу сітки ниток зорової труби, колімаційної похибки, місця нуля вертикального круга, похибок вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів, застосовують візирні цілі. Як візирна ціль може використовуватись точка місцевості, зображення сітки ниток коліматора чи сфокусованої на нескінченність зорової труби геодезичного приладу (із застосуванням підсвічування чи світлого освітленого екрана за окуляром), марка у вигляді перехрестя, виконаного будь-яким способом.

Для перевірки коліматорного візира застосовується марка, яка повинна мати два перехрестя, розташовані на одній прямовисній лінії. Відстань між центрами має становити  $(24 \pm 0,5)$  мм. Рекомендована ширина штрихів верхнього перехрестя не менше  $0,4 \times S$  мм, де  $S$  – відстань до марки в метрах, нижнього –  $0,015 \times S - 0,025 \times S$ .

Для визначення похибки вимірювання вертикального кута, паралельності осі рівня при трубі та коефіцієнта ниткового віддалеміра застосовують теодоліт типу Т2 (ГОСТ 10529-79).

Для визначення систематичної похибки орієнтир-бусолі застосовують орієнтир (візирну ціль) з відомим магнітним азимутом чи теодоліт з атестованою бусоллю; похибка атестації не більше  $10'$ .

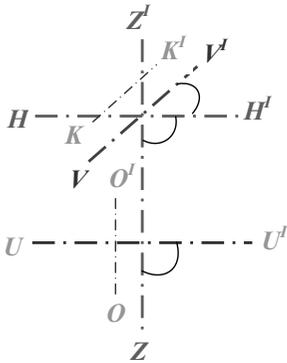


Рис. 16. Геометрична схема основних осей теодоліта

Основні геометричні умови, які мають бути збережені в теодоліті, впливають із геометричної схеми осей теодоліта (рис. 16).

- $ZZ'$  – вісь обертання теодоліта;
- $UU'$  – вісь циліндричного рівня;
- $HH'$  – вісь обертання труби;
- $VV'$  – візирна вісь зорової труби;
- $KK'$  – візирна вісь коліматорного візира;
- $OO'$  – візирна вісь центрального пристрою.

При одержанні приладів необхідно ознайомитись з правильним укладанням їх до ящика чи футляра та вивчити способи закріплення приладу закріплювальними пристроями. При вийманні чи вкладанні приладу ящик треба розташувати кришкою догори, а футляр – основою донизу.

## 6.2. Перевірки теодоліта

### 1. Зовнішній огляд та перевірка взаємодії вузлів.

*Виконання перевірки.* Перевірити: комплектність; впевнитись у відсутності механічних пошкоджень, які впливають на експлуатаційні властивості, метрологічні характеристики; перевірити чистоту поля зору зорової труби, оптичного мікроскопу, робочих поверхонь кутомірних кругів, якості нанесення штрихів сітки ниток та кругів.

Перевірити: плавність повертання зорової труби, алідади горизонтального круга, кремальєри, діоптрійних кілець окулярів, навідних гвинтів зорової труби і мікроскопу, підйомних гвинтів підставки; роботу закріплювальних гвинтів труби, алідади, горизонтального круга; чи утримується дзеркало в будь-якому наданому йому положенні.

Перевірити: роботу фокуруючого пристрою зорової труби; впевнитись, що при повертанні рукоятки кремальєри забезпечується різке зображення предметів, розташованих на відстані 1, 2, 3, ... та більше 200 м.

**При роботі маховиками управління не треба допускати надмірних зусиль.**

## **2. Перевірка плавності ходу підйомних гвинтів.**

Повертання підйомних гвинтів повинно бути легким, плавним, без стрибків та люфту. Хитання гвинтів недопустиме. Прилад закріплюють на штативі, наводять на будь-який добре видимий предмет, що вміщується в бісекторі. Старанно закріплюють зорову трубу. Взявшись обома руками за корпус штатива і спостерігаючи в зорову трубу, намагаються злегка повернути штатив з приладом в одну сторону. Потім намагаються надати приладу протилежного повертання. Якщо після таких маніпуляцій зображення повертається на своє місце, тобто має місце пружна деформація, то підйомні гвинти не потребують юстирування. Коли ж зображення не повертається, то регулюють підйомні гвинти.

## **3. Вісь циліндричного рівня при алідаді горизонтального круга повинна бути перпендикулярною до осі обертання теодоліта.**

*Виконання перевірки.* Встановлюють теодоліт у робоче положення. Вісь циліндричного рівня встановлюють за напрямком двох підйомних гвинтів. Повертаючи їх у протилежних напрямках, повітряний пухирець рівня приводять на середину ампули (в нуль-пункт). Потім алідадна частина теодоліта повертається на 180°. Якщо пухирець рівня після обертання зміститься від нуль-пункту більше, ніж на одну поділку, то це буде вказувати на те, що вісь рівня не перпендикулярна до вертикальної осі і необхідно виконувати юстирування.

*Юстирування.* Якщо відхилення повітряного пухирця рівня перевищує одну поділку, половину відхилення виправити підйомним гвинтом підставки, а другу половину – юстирувальним гвинтом.

## **4. Вертикальний штрих сітки ниток повинен бути вертикальним, а горизонтальний – горизонтальним.**

*Виконання перевірки.* Закріпити теодоліт на штативі і привести вертикальну вісь у вертикальне положення. Навести зорову трубу на візирну ціль, сумістити зображення цілі з лівим кінцем горизонтального штриха сітки ниток і, повертаючи колонку навідним гвинтом по азимуту, прослідкувати, чи не сходять зображення цілі з правого кінця штриха сітки ниток. Якщо воно сходить більше, ніж на три ширини штриха, виконати юстирування і повторити перевірку.

*Юстирування.* Для виправлення нахилу сітки ниток, відгвинтити захисний ковпачок, ослабити чотири кріпильних гвинти окуляра і повернути його так, щоб вертикальний штрих сітки ниток розташувався паралельно до нитки виска, вільно підвішеного на відстані 5 – 6 м від теодоліта. Після юстирування сітки закріпити окуляр і нагвинтити ковпачок.

**5. Візирна вісь зорової труби повинна бути перпендикулярною до осі обертання труби** (колімаційна похибка).

*Виконання перевірки.* На місцевості вибирають віддалену точку, яку добре видно, і наводять на неї зорову трубу при *КЛ*. Знімають відлік з горизонтального круга *КЛ<sub>1</sub>*. Після цього відгвинчують закріпні гвинти аліадади горизонтального круга та зорової труби, переводять трубу через зеніт і, при *КП*, наводять її на ту саму точку, що і при *КЛ<sub>1</sub>*. З горизонтального круга знімають відлік *КП<sub>1</sub>*. Для теодолітів Т30, 2Т30П і 4Т15П повторюють наведення на цю саму точку і знімають відліки *КЛ<sub>2</sub>* і *КП<sub>2</sub>*. При цьому горизонтальний круг відкріплюють у підставці і обертають його приблизно на 180°. За отриманими відліками з горизонтального круга обчислюють колімаційну похибку за формулою:

$$c = \frac{(КЛ_1 - КП_1 \pm 180^\circ) + (КЛ_2 - КП_2 \pm 180^\circ)}{4}, \quad (26)$$

де *КЛ*, *КП* – відліки по горизонтальному лімбу.

Якщо  $c \leq 1'$ , то умова виконана. В іншому випадку виконують юстирування.

*Юстирування.* Зняти ковпачок, який закриває доступ до юстирувальних гвинтів сітки ниток. Навести зорову трубу на віддалену візирну ціль і зняти відліки *КЛ* (чи *КП*) з горизонтального круга. Обчислити виправлені показники за формулами:

$$КЛ_{випр.} = КЛ - c \quad \text{чи} \quad КП_{випр.} = КП + c \quad (27)$$

і встановити їх на горизонтальному крузі. Перемістити юстирувальними гвинтами сітку ниток до суміщення її перехрестя із зображенням точки, що спостерігається.

**6. При горизонтальному положенні зорової труби відлік з вертикального круга теодоліта повинен бути рівним нулю або близьким до нуля** (визначення місця нуля *МО* (місця Зеніта *МЗ*) вертикального круга теодоліта).

*Виконання перевірки.* Значення місця нуля вертикального круга визначають візуванням на віддалену ціль при двох положеннях теодоліта і зняттям відповідно показників *КЛ* та *КП* з вертикального круга. **Перед наведенням потрібно перевірити положення пухирця рівня при аліададі горизонтального круга і, у разі відхилення, вивести його в середнє положення підйомними гвинтами.**

Місце нуля визначити за формулами:

$$\text{Теодоліт Т30:} \quad МО = 0.5(КЛ + КП + 180^\circ). \quad (28)$$

Значення, менші за 90°, необхідно збільшити на 360°.

$$\text{Теодоліт 2Т30П:} \quad MO = 0,5(KЛ + КП); \quad (29)$$

$$\text{Теодоліт 4Т15П:} \quad MZ = \frac{KЛ - КП + 360^\circ}{2}. \quad (30)$$

Повторити визначення  $MO$  ( $MZ$ ) та обчислити його середнє арифметичне значення.

Якщо середнє арифметичне значення місця нуля більше  $1'$ , провести юстирування і повторити перевірку.

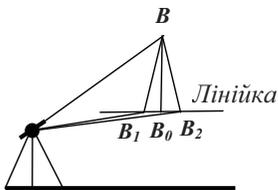
**Юстирування.** Навести зорову трубу на віддалену візирну ціль та зняти відліки  $KЛ$  (чи  $КП$ ) з вертикального круга. Визначити виправлені показники для вертикального круга за формулами:

$$KЛ_{\text{випр.}} = KЛ - MO \quad \text{чи} \quad КП_{\text{випр.}} = MO - КП \quad (31)$$

і встановити їх на вертикальному крузі. Перемістити юстирувальними гвинтами сітку ниток до суміщення її перехрестя із зображенням точки, що спостерігається. При цьому слідкують за положенням пухирця рівня і, у випадку відхилення, виводять його в середнє положення підйомними гвинтами підставки.

### **7. Горизонтальна вісь обертання зорової труби повинна бути перпендикулярна до вертикальної осі обертання приладу.**

*Виконання перевірки.*



**Рис. 17. Перевірка осі обертання зорової труби**

Встановити теодоліт на штативі на відстані 2 – 3 м від стіни споруди (рис. 17); вибрати і відмітити на стіні точку під кутом  $25^\circ - 35^\circ$  до горизонту; навести на вибрану точку зорову трубу; привести зорову трубу в горизонтальний стан і зробити на стіні позначку  $B_1$  так, щоб зображення точки точно співпало з серединою бісектора сітки ниток; повернути алідаду на  $180^\circ$  і знову навести

зорову трубу на верхню точку; нахилити зорову трубу донизу і визначити відхилення відміченої позначки  $B_2$  відносно середини бісектора сітки ниток в частках ширини бісектора; повторити перевірку і визначити середнє арифметичне значення відхилення нижньої точки з двох визначень. Різниця між значеннями відхилень не повинна перевищувати величини:

$$\frac{B_2 - B_1}{B - B_0} \leq \frac{1}{1000}. \quad (32)$$

При середньому відхиленні нижньої точки більше, ніж на ширину бісектора (що відповідає нахилу горизонтальної осі, рівному 30"), рекомендують виправити його в майстерні.

**8. Оптична вісь коліматорного візира повинна бути паралельною візирній осі зорової труби.**

*Виконання перевірки.* Навести зорову трубу коліматорним візором на віддалену точку предмета і оцінити відхилення зображення точки предмета відносно перехрестя сітки ниток зорової труби. Якщо зображення точки відхилено від перехрестя зорової труби більше, ніж на 0,25 поля зору, необхідно провести юстирування і повторити перевірку.

*Юстирування.* Легенько вигвинтити чотири гвинти, які скріплюють візир з горизонтальною віссю, навести зорову трубу на точку предмета і повернути візир по азимуту до суміщення його вертикальної нитки з точкою предмета. При закріпленні візира послідовність загвинчування гвинтів регулюють так, щоб горизонтальна нитка сітки візира також сумістилася з візирною ціллю.

**9. Вісь оптичного центрального пристрою повинна бути паралельною до вертикальної осі обертання приладу.**

*Виконання перевірки.* Покласти теодоліт з підставкою на бік на край столу на відстані 1,5 м від стіни. Спостерігаючи в окуляр центрального пристрою, намітити на стіні крапку, яка потрапляє в перехрестя сітки ниток. Відкріпивши закріпний гвинт аліади горизонтального круга, повернути теодоліт на 180°. При зсуванні перехрестя сітки ниток на стіні більше, ніж на 0,5 мм, провести виправлення центрального пристрою.

*Юстирування.* Половину зсуву зображення точки, яка спостерігається, виправити виправними гвинтами сітки центрального пристрою і повторити перевірку.

**10. Визначення похибки орієнтирної бусолі.**

*Виконання перевірки.* Перевірка виконується в польових умовах. Радіусом 6 м від теодоліта не повинно бути великих магнітних мас.

Вибрати орієнтир, магнітний азимут якого відомий із визначень іншим методом, виміряти його теодолітом, оснащеним орієнтирною бусоллю, дванадцятьма прийомами і обчислити середнє арифметичне значення. Систематичну складову похибки орієнтування обчислити як різницю між відомим значенням азимута, прийнятим за істинне, і середнім значенням.

Середнє квадратичне відхилення  $m$  випадкової похибки бусолі обчислюють за формулою:

$$m = \sqrt{\frac{\sum v_i^2}{n-1}}, \quad (33)$$

де  $v_i$  – відхилення результатів окремих вимірювань від їхнього середнього арифметичного значення;

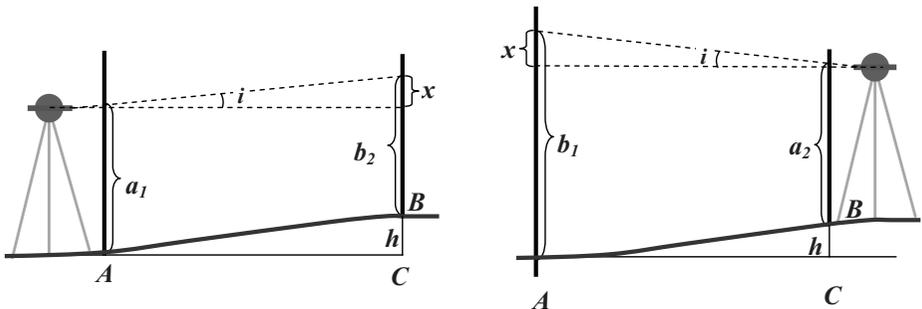
$n$  – кількість прийомів вимірювань.

Якщо значення систематичної похибки не відповідає точності роботи, бусоль необхідно виправити і повторити перевірку.

**Юстирування.** Встановити візирну вісь теодоліта, який перевіряється, за напрямком магнітного меридіану, використовуючи значення магнітного азимута орієнтира, що прийняте за істинне. Ослабити кріпильні гвинти на нижній частині кронштейна бусолі і, розвернувши її корпус відносно кронштейна, сумістити кінці стрілки з індексом бусолі. Закріпити гвинти.

**11. Перевірка рівня при трубі. Візирна вісь зорової труби повинна бути паралельна осі циліндричного рівня (кут  $i$ ).**

**Виконання перевірки.** Паралельність перевіряють методом нівелювання. На відстані 50 – 80 м один від одного (рис. 18) закріпити в землі два металевих костилі (нівелірні башмаки). По створу лінії  $A - C$  між костиллями, на відстані 1.5 – 2 м від першого, встановити теодоліт і навідним гвинтом зорової труби привести повітряний пухирець рівня на середину. Зняти відлік  $a_1$  по нівелірній рейці на перші точці, та відлік



**Рис. 18. Перевірка рівня при трубі теодоліта**

$b_2$  на другій точці. Встановити теодоліт по створу за другою точкою. Встановити повітряний пухирець в середнє положення, зняти відліки  $a_2$  по другій рейці та  $b_1$  по першій. Обчислити кут  $i$  за формулою:

$$i = \frac{(a_1 + a_2) - [b_1 + b_2]}{2S} \cdot \rho'' , \quad (34)$$

де  $S$  – відстань до дальньої рейки;  
 $\rho'' = 206265''$ .

При значенні кута  $i$  більше  $30''$  провести його виправлення і повторити перевірку.

**Юстирування.** Якщо кут  $i$  перевищує встановлене значення ( $30''$ ), положення рівня виправити так:

використовуючи результати  $a_1, a_2, b_1, b_2$ , обчислити поправку  $x$  за формулою:

$$x = \frac{(b_1 + b_2) - [a_1 + a_2]}{2}. \quad (35)$$

Нахилом зорової труби встановити відлік по дальній рейці ( $b_1 - x$ ) і виправними гвинтами привести повітряний пухирець ампули у середнє положення.

### 6.3. Дослідження постійних віддалеміра зорової труби з внутрішнім фокусуванням

Для вимірювання ліній на її кінцях встановлюють теодоліт і нівелірну рейку з сантиметровими поділками. При горизонтальному положенні візирної осі зорової труби, промені від віддалемірних ниток (рис. 19) перетнуть нівелірну рейку на різних відліках.

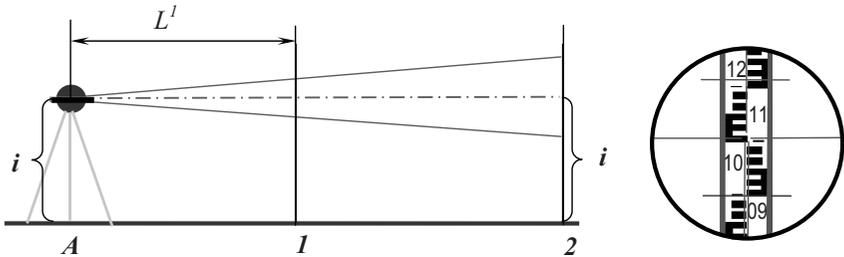


Рис. 19. Визначення постійного коефіцієнта віддалеміра

Відстань  $L$  по нитковому віддалеміру визначають за формулою:

$$L = L^1 + c = kn + c, \quad (36)$$

де  $k$  – коефіцієнт віддалеміра,

$c$  – постійна складова,

$n$  – кількість поділок між нитками віддалеміраміра.

Для цього нижню віддалемірну нитку наводять на довільний дециметровий відлік і роблять відлік по верхній нитці (до мм). Обчислюють різницю  $n_1$  з відліків між нитками. Наприклад,  $121,1\text{см} - 100,0\text{ см} = 21,1\text{ см}$ .

Такі самі вимірювання виконують для другої точки.

Для визначення точності вимірювання ліній нитковим віддалеміром необхідно:

1. Виміряти відстань  $L$  від приладу до точки рулеткою і вважати її точною.
2. Виміряти відстань  $L_c$  від приладу до тієї ж точки віддалеміром.
3. Обчислити абсолютну точність  $\delta$  вимірювання віддалеміром за формулою:

$$\delta = L - L_c \quad (37)$$

та відносну точність за формулою:

$$\frac{\delta}{L_c}. \quad (38)$$

4. Аналогічні дії виконати для другої довжини.

Значення коефіцієнта віддалеміра  $k$ , та постійної складової  $c$  обчислюють за формулами:

$$k = \frac{L_1 - L_2}{n_1 - n_2}, \quad (39)$$

$$c = \frac{L_1 \cdot n_2 - L_2 n_1}{n_2 - n_1}. \quad (40)$$

Значення  $n_1$  і  $n_2$ ,  $L_1$  і  $L_2$  при обчисленнях приймають в сантиметрах. Значення постійних віддалекоміра округляють до цілих чисел.

У сучасних приладах  $k = 100$ , тобто різниця відліків по нівелірній рейці в сантиметрах, дорівнює відстані від приладу до рейки в метрах.

При вимірюваннях ліній з підвищеною точністю візирну вісь зорової труби бажано наводити на відлік, близький до висоти приладу  $i$ .

#### **6.4. Програма виконання роботи**

1. Встановити теодоліт у робочий стан.
2. Виконати перевірки теодоліта.
3. Виконати дослідження постійних теодоліта.
4. Обчислити точність вимірювання довжин ліній нитковим віддалеміром.

### **6.5. Порядок виконання роботи**

1. Вивчити перевірки теодоліта.
2. Навчитись виконувати перевірки.
3. Виконати перевірку сітки ниток теодоліта.
4. Виконати перевірку колімаційної похибки зорової труби.
5. Виконати перевірку місця нуля теодоліта *МО*.
6. Виконати перевірку перпендикулярності осі обертання труби.
7. Виконати перевірку візирної осі оптичного діоптрійного візира.
8. Виконати перевірку візирної осі центрувального пристрою.
9. Виконати перевірку циліндричного рівня при трубі.
10. Виконати перевірку орієнтир-бусолі.
11. Навчитись вимірювати довжину ліній нитковим віддалеміром.
12. Провести дослідження ниткового віддалеміра теодоліта.
13. Набути навичок юстирування теодоліта.

### **6.6. Контрольні запитання**

1. Назвіть основні осі теодоліта.
2. Як формулюється перевірка циліндричного рівня?
3. У чому полягає сутність перевірки сітки ниток теодоліта?
4. Сформулюйте визначення колімаційної похибки.
5. У чому полягає сутність перевірки горизонтальної осі обертання зорової труби?
6. Що називають місцем нуля теодоліта?
7. Сформулюйте визначення перевірки оптичного прицілювального пристрою?
8. Сформулюйте визначення перевірки оптичного центрувального пристрою.
9. Як виконати юстирування вертикальної нитки сітки ниток зорової труби?
10. Як виконати юстирування осі циліндричного рівня при алідаді горизонтального круга?
11. Як виконати юстирування візирної осі зорової труби?
12. Як виконати юстирування місця нуля теодоліта?
13. Як виконати юстирування візирної осі прицілювального пристрою?
14. Як виконати юстирування візирної осі центрувального пристрою?
15. Як називають віддалеміри з постійним кутом?
16. Як визначити коефіцієнт ниткового віддалеміра?
17. Напишіть формулу, за якою визначається абсолютна похибка вимірювання ліній нитковим віддалеміром?
18. Напишіть формулу відносної похибки визначення ліній нитковим віддалеміром.



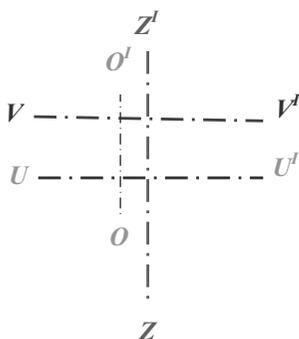
## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 7

### Перевірки та юстирування нівеліра

**Мета роботи** – вивчити перевірки нівелірів з циліндричними рівнями та компенсаторами кутів нахилу, навчитись їх виконувати і робити потрібні виправлення.

#### 7.1. Загальні положення

Під перевітками розуміють дії, що контролюють забезпечення відповідних умов, яким повинен задовольняти прилад для геометричного нівелювання.



Основні геометричні умови, яким повинен задовольняти нівелір, випливають із геометричної схеми основних осей нівеліра (рис. 20).

- $ZZ'$  – вертикальна вісь обертання нівеліра;
- $UU'$  – вісь циліндричного рівня;
- $VV'$  – візирна вісь зорової труби нівеліра;
- $OO'$  – вісь круглого рівня.

Рис. 20. Геометрична схема осей нівеліра

#### 7.2. Перевірки нівеліра

**1. Вісь круглого рівня повинна бути паралельною вертикальній осі нівеліра.**

**Виконання перевірки.** Підйомними гвинтами приводять повітряний пухирець круглого рівня в нуль-пункт. Якщо після обертання верхньої частини нівеліра на  $180^\circ$  пухирець залишиться в нуль-пункті, умову виконано, якщо ні – то, діючи виправними гвинтами рівня, переміщують пухирець по напрямку до нуль-пункту на половину дуги відхилення, а іншу половину переміщують підйомними гвинтами.

**2. Вертикальний штрих сітки ниток повинен бути паралельним вертикальній осі нівеліра.**

*Виконання перевірки.* Центр сітки ниток труби наводять на шнур виска, підвешеного за 25 – 30 м від нівеліра. Якщо при цьому вертикальна нитка співпадає зі шнуром, то умову виконано.

В протилежному випадку повертають сітку ниток в потрібну сторону, попередньо відкріпивши гвинти, які скріплюють сітку з корпусом труби.

**3. Візирна вісь зорової труби повинна бути паралельна осі циліндричного рівня.** (Перевірка головної геометричної умови). Для нівеліра з компенсатором кутів нахилу ця умова формулюється так: **Візирна вісь зорової труби нівеліра повинна бути горизонтальною.**

*Виконання перевірки.* Цю умову перевіряють дворазовим нівелюванням одного і того самого відрізка довжиною 50 – 80 м (рис. 21). Нівелюванням способом «вперед», при встановленні нівеліра спочатку в точці *A*, а потім в точці *B* двічі визначають перевищення  $h = BC$ . Якщо візирна вісь не паралельна осі циліндричного рівня, то відліки по рейці  $b_1$  та  $b_2$ , будуть помилкові на величину  $x$ . З рис. 21 видно, що:

$$h = (b_2 + x) - a_1 \quad \text{та} \quad h = a_2 - (b_1 + x),$$

звідки:

$$b_2 + x - a_1 = a_2 - x - b_1, \quad (41)$$

або:

$$x = 0,5(a_1 + a_2) - 0,5(b_1 + b_2). \quad (42)$$

Значення  $x$  не повинне бути більшим  $\pm 4$  мм. В протилежному випадку на другій станції за допомогою елеваційного гвинта середню нитку встановлюють на відлік по рейці  $b = b_1 - x$  і вертикальними виправними гвинтами циліндричного рівня точно суміщають зображення половинок кінців рівня, видимих у полі зору труби. Для контролю відрізок *AB* нівелюють повторно.

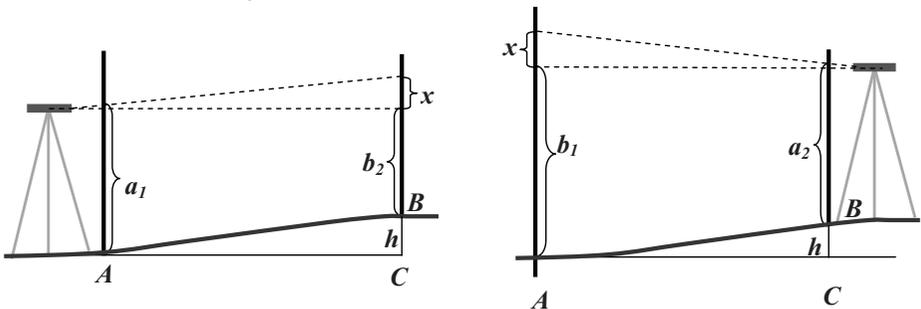


Рис. 21. Перевірка головної умови нівеліра

#### 4. Перевірка діапазону та правильності роботи компенсатора.

Діапазон роботи компенсатора нівеліра залежить від конструктивних особливостей і може мати різну величину. Щоб упевнитись у правильності роботи компенсатора та визначити його діапазон, контур пухирця установчого рівня розташовують концентрично до кіл сітки рівня. Зорову трубу розташовують перпендикулярно напрямку двох підйомних гвинтів так, щоб третій зайняв положення у створі візирного променя. На відстані  $L = 5$  м, на висоті візування встановлюють лінійку з міліметровими поділками. Вимкнувши аретир компенсатора та сфокусувавши зорову трубу, беруть відлік  $k_1$  по лінійці з точністю до 1 мм. Повертаючи підйомний гвинт, розташований у створі візирного променя зорової труби, на один оберт за ходом годинникової стрілки, нахилиють нівелір і беруть другий відлік  $k_2$  по лінійці. Обчисливши різницю відліків, за формулою:

$$v = \frac{k_2 - k_1}{L} \rho'' , \quad (43)$$

де  $\rho'' = 206265''$  – число секунд в одному радіані, обчислюють величину кута нахилу  $v$  візирного променя нівеліра при повертанні підйомного гвинта на один оберт.

Відкріпивши аретир, знову підправляють положення контуру пухирця установчого рівня концентрично до кіл сітки ампули. Злегка повертаючи підйомний гвинт, встановлений у створі візирного променя за ходом годинникової стрілки, визначають ту мить, коли відлік по лінійці почне змінюватись. Це буде свідчити про те, що компенсатор перестав працювати. Визначивши величину обертання підйомного гвинта за кількістю зовнішніх виступів  $n$ , відхилених від початкового стану та знаючи величину кута нахилу нівеліра при обертанні підйомного гвинта на один оберт, за формулою:

$$\Delta v = \frac{v}{n} \quad (44)$$

визначають величину кута нахилу  $\Delta v$  нівеліра в заданому напрямку.

Надаючи нівеліру нахили в різні сторони, аналогічно вищезгаданим діям, визначають кути нахилу нівеліра при різних положеннях повітряного пухирця установчого рівня.

#### 7.3. Програма виконання роботи

1. Виконати перевірку круглого рівня.
2. Виконати перевірку правильності встановлення сітки ниток.
3. Виконати перевірку головної умови нівеліра.
4. Виконати перевірку роботи компенсатора.

#### **7.4. Порядок виконання роботи**

1. Встановити штатив і прикріпити до нього нівелір становим гвинтом. Перевірити правильність обертання зорової труби, окуляра і кремальєри фокусуєчого пристрою. Перевірити роботу елеваційного, закріпного і навідного гвинтів.

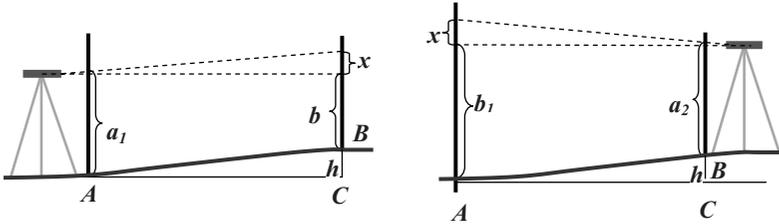
2. Виконати перевірку круглого рівня.
3. Виконати перевірку сітки ниток нівеліра.
4. Перевірити головну умову нівеліра.
5. Перевірити роботу компенсатора.

#### **7.5. Контрольні запитання**

1. Для чого призначений нівелір?
2. Що називають віссю циліндричного рівня?
3. Що називають віссю круглого рівня?
4. Яким геометричним умовам повинні задовольняти осі нівеліра?
5. Які частини нівеліра мають виправні гвинти?
6. У чому сутність подвійного нівелювання при визначенні головної умови нівеліра?
7. Як виконується перевірка круглого рівня?
8. У чому сутність головної умови нівеліра?
9. Як виконати перевірку головної умови нівеліра?
10. У чому сутність головної умови нівеліра з компенсатором кутів нахилу?
11. Як перевірити правильність встановлення сітки ниток нівеліра?

## Виконання перевірок нівеліра

### 1. Перевірка головної умови нівеліра



Станція	Відліки по рейці		Перевипення
	Ближня	Дальня	
<i>A</i>	$a_1 =$	$b_2 =$	$h =$
<i>B</i>	$a_2 =$	$b_1 =$	$h =$
$\Sigma$			$b_1 - x =$
$x = 0.5(a_1 + a_2) - 0.5(b_1 + b_2) =$			

### 2. Визначення діапазону роботи компенсатора

Положення підйомних гвинтів та труби	Кут повороту гвинта	Положення пухирця рівня	$k_2 - k_1$	$v = \frac{k_2 - k_1}{L} \rho''$ $\Delta v = \frac{v}{n}$
			$k_2 =$ $k_1 =$	$\Delta v =$
			$n =$	$v =$
			$n =$	$v =$
			$n =$	$v =$
			$n =$	$v =$

		Підпис	Дата	
Розробив				Перевірки нівеліра
Перевірив				

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 8

### Компарування приладів для лінійних вимірювань

**Мета роботи** – вивчити методи компарування приладів для лінійних вимірювань, навчитись їх виконувати і робити потрібні обчислення та виправлення результатів вимірювань довжин ліній.

#### 8.1. Загальні положення

Всякий робочий прилад для лінійних вимірювань перед використанням на місцевості порівнюють з еталоном – компарують. За еталони приймають відрізки ліній на місцевості чи в лабораторії, довжини яких відомі з високою точністю. Польовий компаратор – це лінія на рівній місцевості, кінці якої закріплені в бетоні металевими центрами.

Довжина  $l$ -мірного приладу (стрічки, рулетки) виражається рівнянням, яке в загальному вигляді можна записати так:

$$l = l_0 + \Delta l_k + \Delta l_t, \quad (45)$$

де  $l_0$  – номінальна довжина стрічки при температурі  $t = 20^\circ \text{C}$ ;

$\Delta l_k$  – поправка за компарування;

$\Delta l_t$  – поправка за температуру.

Робочою стрічкою вимірюють довжину компаратора  $l$ . Різниця між дійсною довжиною  $l$  та результатом вимірювання робочою стрічкою  $l_0$  відповідає значенню поправки  $\Delta l_k$  за компарування вимірювальної стрічки. Поправка  $\Delta l_k$  за компарування вважається додатною, якщо робоча довжина стрічки довша від еталонної, і від'ємною в протилежному разі. Поправка за температуру визначається за формулою:

$$\Delta l_t = \alpha(t - t_0)l, \quad (46)$$

де  $\alpha = 12,5 \cdot 10^{-6}$  – коефіцієнт лінійного розширення сталі,

$t_0$  – температура компарування.

Рівняння вимірювального приладу може мати такий вигляд:

$$l = 20 + 3,8 \text{ при } t = 20^\circ \text{C}.$$

Це значить, що вимірювальний прилад довжиною 20 м, при температурі  $+20^\circ \text{C}$  має поправку до кінцевого штриха  $+3,8$  мм.

Щоб визначити номінальну довжину вимірювального приладу, спочатку визначають величину поправки за температуру. Нехай

потрібно визначити повну поправку при температурі  $-6^{\circ}\text{C}$ . Тоді для вимірювального приладу довжиною 20 м, поправка буде:

$$\Delta l_t = \alpha(t - t_0)l = 12,5 \cdot 10^{-6}(-6^{\circ} - 20^{\circ}) \cdot 20000 = -6,5 \text{ мм},$$

а загальна довжина стрічки становить:

$$l = 20000 + 3,8 - 6,5 = 19997,3 = 19,9973 \text{ м}.$$

## 8.2. Порядок виконання роботи

1. Вимірювальну стрічку (рулетку) помістити біля компаратора і дати їй час для встановлення температури компарування.

2. Сумістити нульовий штрих робочої стрічки з нульовим штрихом компаратора.

3. Виміряти різницю кінцевих штрихів компаратора та робочої стрічки (рулетки).

4. Обчислити поправку в робочу стрічку за температуру.

5. Обчислити поправку в робочу стрічку за компарування.

## 8.3. Контрольні запитання

1. Для чого призначений компаратор?
2. Що називають номінальною довжиною робочої стрічки?
3. При якій температурі здійснюється компарування?
4. Що розуміють під температурою вимірювання ліній?
5. При якій різниці температур вводять поправку за температуру в довжину?
6. За якою формулою підраховують поправку в довжину лінії за компарування?
7. За якою формулою обчислюють загальну довжину виміряної лінії?

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 9

## Інженерно-геодезичні задачі

**Мета роботи** – навчитись основним прийомам елементів розмічувальних робіт, а саме: побудові проектного кута; винесенню на місцевість проектної позначки; знаходженню висоти недосяжного предмета.

### 9.1. Загальні положення

Винесенням проекту споруди в природу або його розмічуванням називають геодезичні роботи, які виконуються для закріплення на місцевості точок осей і площин, що визначають розташування всієї споруди, а також його частин та елементів. В основу цієї роботи мають бути покладені робочі креслення проекту.

*Геометричною основою проекту* для перенесення його на місцевість служать *розмічувальні осі*, відносно до яких даються розміри всіх деталей споруди.

Дві взаємно перпендикулярні осі, відносно яких будівля або споруда розташовується симетрично, називаються *головними осями*. Головними осями лінійних споруд (залізниць, доріг, каналів, мостів тощо) служать поздовжні осі цих споруд.

Поздовжні та поперечні осі, які визначають зовнішні контури будинків і споруд у плановому положенні, називають *основними осями*.

Якщо окремі будівлі чи група будівель мають загальні конструктивні зв'язки, то для визначення місцезнаходження головних осей створюють *геодезичну розмічувальну основу* будівельного майданчика.

Указані в проекті споруди координати, кути, відстані і перевищення називають *проектними*.

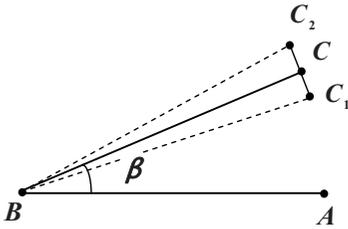
Детальне розпланування споруди в плані та по висоті ведеться безпосередньо в ході будівництва, супроводжуючи всі його етапи.

Для створення висотної геодезичної основи від реперів державної нівелірної мережі прокладають ходи геометричного нівелювання до реперів, що закладаються на ділянці будівництва. Якщо необхідно мати більшу кількість таких реперів, плану та висотну основи суміщують.

Необхідні для виносу в природу головних і основних осей розмічувальні елементи розраховують за координатами геодезичних пунктів і точок на осях.

### 9.2. Побудова кута заданої величини

Розмічування на місцевості проектного кута зводиться до фіксації тачок, які визначають геометрію споруди. Планове положення таких точок може визначатись за допомогою побудови на місцевості проектного кута від вихідної сторони (рис. 22).



**Рис. 22. Побудова на місцевості кута заданої величини**

При розплануванні заданого кута  $\beta$  мають заздалегідь закріплени на місцевості знаками точку  $A$ , вершину кута  $B$  і вихідний напрямком  $AB$ , що є однією зі сторін кута.

При необхідності підвищити точність розпланування застосовують прийом редукування, для чого побудований на місцевості кут  $\beta$  вимірюють декількома прийомами, знаходять його значення  $\beta_{вим}$  і вводять поправку у вимірний кут.

Основні похибки побудови кута – похибки центрування теодоліта на точці  $B$  і візирних цілей на точках  $A$  і  $C$ , фіксування на місцевості точок  $C_1$  і  $C_2$ , а також приладові похибки теодоліта.

### 9.2.1. Програма виконання роботи

1. Скласти схему побудови на місцевості кута заданої величини.
2. Обчислити необхідний відлік  $n$  точку  $C$ .
3. Встановити теодоліт в робоче положення в точці  $B$ .
4. Встановити відлік на горизонтальному крузі « $0^{\circ}00'$ », навівши зорову трубу на точку  $A$ .
5. Відкласти проектний кут, виставивши за цим напрямком віху, спочатку при позиції вертикального круга КЛ, а потім – КП.
6. Закріпити знайдені точки  $C_1$  і  $C_2$ .
7. Знайти шукану точку  $C$  як середину між точками  $C_1$  і  $C_2$ .
8. Перевірити одержані результати вимірюванням побудованого кута декількома прийомами.
9. Оформити звіт на бланку до лабораторної роботи.

### 9.2.2. Порядок виконання роботи при побудові заданого проектного кута

1. Встановити теодоліт у точці  $B$  в робоче положення, ретельно відцентрувавши та відгоризонтувавши його.
2. Встановити відлік на лімбі горизонтального круга « $0^{\circ}00'$ » і навести зорову трубу на точку  $A$ .

3. Повернути теодоліт на заданий кут і закріпити алідаду горизонтального круга. При цьому, якщо кут  $\beta$  відкладається праворуч від вихідного напрямку  $BA$ , то  $\beta$  береться зі знаком «+», якщо ліворуч, – тоді зі знаком «-».
4. Зафіксувати на місцевості другу сторону проектного кута  $BC_1$  при позиції вертикального круга КЛ.
5. Повторити цю дію ще раз при позиції вертикального круга КП; при цьому одержують ще одну другу сторону проектного кута  $BC_2$ .
6. Закріпити на місцевості знайдені точки  $C_1$  і  $C_2$ , знайти середину між ними. Це і є шукана точка  $C$ . Закріпити її кілочком, цвяхом, дюбелем тощо.
7. Виміряти побудований кут  $ABC$  двома напівприйомами.
8. Результати всіх вимірювань занести в таблицю звіту.

### 9.3. Побудова проектних позначок

Проектні позначки  $H_{пр}$  розмічують на місцевості від найближчих реперів, використовуючи горизонт приладу: при встановленні «будівельних нулів»; монтажі будівельних конструкцій по висоті; при викопуванні траншей і котлованів; при вертикальному упорядкуванні майданчиків.

Розмічування проектних позначок виконують різними способами залежно від умов або наявності тих чи інших приладів або приладдя.

*Спосіб полярних координат* застосовують, коли є можливість відкласти відстані мірною стрічкою, або коли для розпланування споруди використовується електронний тахеометр, в якому вимірювання і відкладання відстаней автоматизовано.

*Спосіб прямокутних координат* застосовують за наявності закріпленої на місцевості будівельної сітки, червоної лінії забудови або осей споруди, що будується.

*Спосіб прямої кутової засічки* застосовують, коли потрібно винести запроектовану точку у неприступному або незручному для вимірювання місці.

*Спосіб лінійної засічки* найчастіше застосовують, коли відстані від шуканої точки до прямокутного контура будівлі або споруди не перевищують довжини мірної стрічки або рулетки, і кут при шуканій точці знаходиться в межах від  $40^\circ$  до  $140^\circ$

*Спосіб створної засічки* застосовують при виносі в натуру точок від пунктів будівельної сітки, а також при детальному розплануванні будинків і промислових споруд, де осі, здебільшого, перетинаються під прямим кутом.

### 9.3.1. Програма виконання роботи

1. Скласти схему виконання роботи методом геометричного нівелювання.
2. Встановити нівелір у робоче положення.
3. Визначити горизонт приладу.
4. Розрахувати відлік по рейці на точці, яку потрібно побудувати.
5. Знайти шукану точку та закріпити її на місцевості.
6. Зробити контрольну перевірку, знайти перевищення між точками по чорній і червоній сторонах рейки.

### 9.3.2. Порядок виконання роботи при побудові проектних позначок

1. Нівелір встановити на деякій відстані від вихідного пункту А так, щоб відстань до нього відповідала відстані до точки В з точністю  $\pm 5$  м (рис. 23.).
2. Встановити нівелір в робоче положення.
3. На вихідний пункт встановити нівелірну рейку і по чорній стороні з точністю до 1мм взяти відлік  $a$ .
4. Підрахувати горизонт приладу за формулою:

$$ГП = H_A + a \quad (47)$$

де  $H_A$  – відмітка пункту теодолітного ходу А.

5. Визначити відлік у точці В за формулою:

$$b = ГП - H_B. \quad (48)$$

6. Дивлячись у зорову трубу нівеліра, наведеного на точку В, по чорній стороні рейки знайти обчислений відлік  $b$  і сумістити його з горизонтальною лінією сітки ниток, слідкуючи, щоб повітряний пухирець рівня знаходився в нуль-пункті. При цьому низ нівелірної рейки вкаже положення шуканої відмітки, яке необхідно закріпити, забиваючи в землю дерев'яний кілок.
7. Проконтролювати зроблену роботу. Для цього знайти перевищення між точками А і В. Якщо воно не перевищує  $\pm 10$ мм від заданого, задачу можна вважати виконаною.



### 9.4.3. Порядок виконання роботи при визначенні висоти недосяжного предмета.

**Увага! При виконанні цієї задачі слід суворо дотримуватись правил техніки безпеки.**

1. Теодоліт встановити в точці *A* (рис. 24) на відстані, яка наближено в два рази більша, ніж невідома висота.
2. Встановити теодоліт в робоче положення.
3. За допомогою нівелірної рейки визначити висоту до візирної осі теодоліта.
4. Повітряний пухирець циліндричного рівня при алідаді горизонтального круга привести в нуль-пункт, візирну вісь направити на точку, висоту якої треба визначити.
5. Взяти відлік з вертикального круга *i*, знаючи місце нуля теодоліта, розрахувати вертикальний кут  $\nu_1$ .
6. Встановити нівелірну рейку в точці перетину горизонтальної площини, створеної візирною віссю теодоліта і створу об'єкта, висоту якого треба визначити.

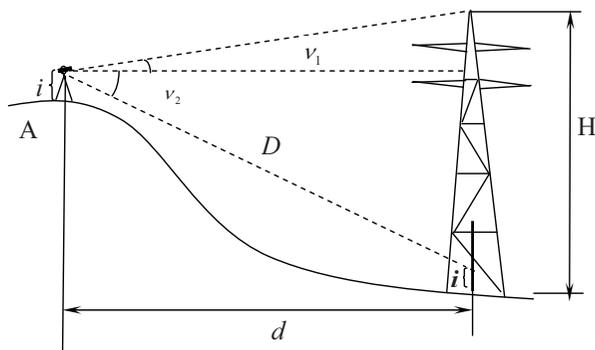


Рис. 24. Визначення висоти недосяжного предмета

7. Навести горизонтальну лінію сітки ниток теодоліта на відлік *i*, що відповідає висоті візирної осі зорової труби теодоліта, чорної сторони нівелірної рейки. Взяти відлік з вертикального круга і обчислити вертикальний кут  $\nu_2$ .
8. Нитковим віддалеміром визначити відстань *D* від теодоліта до рейки.

9. Результати всіх вимірювань записати в журнал вимірювання вертикальних кутів.
10. Обчислити недосяжну висоту об'єкта за формулами:

$$d = D \cdot \cos^2 \nu_2; \quad (49)$$

$$H = d \cdot (\operatorname{tg} \nu_1 - \operatorname{tg} \nu_2) + i. \quad (50)$$

11. Проконтролювати виконану роботу, переставивши теодоліт в інше місце і повторивши всі вимірювання. Розходження вимірних висот не повинно перевищувати 1/1000 від висоти об'єкта.

### 9.5. Контрольні запитання

1. Що називається винесенням проекту в натуру або розплануванням споруди?
2. Перерахуйте основні етапи розпланування споруди.
3. Що таке головні осі лінійних споруд?
4. Що таке планове розмічування? Якими методами воно здійснюється?
5. Як і за якими вихідними даними обчислюють розпланувальні кути та відстані?
6. Як побудувати на місцевості проектний кут? Що таке методи відкладення та редукування?
7. Як виконується винесення на площину точки?
8. Які способи побудови точки на площині є?
9. Що таке способи полярних координат, прямокутних координат, прямої кутової засічки, лінійної та створної засічки?
10. Як відбувається винесення в натуру проектної відмітки? Які прилади при цьому використовуються?
11. Як визначити висоту недосяжного предмета?
12. Як визначити відстань до недосяжного предмета?

## **10. Самостійна робота студентів над темою «Робота з приладами»**

### **10.1. Перелік запитань для самостійного вивчення**

1. Теодолітне знімання. З якою метою його виконують?
2. Які види польових робіт виконують під час теодолітного знімання?
3. Як ведуться камеральні роботи за результатами теодолітного знімання?
4. Фактори, що впливають на точність вимірювання горизонтальних кутів.
5. Підготовка теодоліта до роботи: перевірки теодолітів.
6. Опрацювання результатів кутових вимірювань у теодолітних полігонах.
7. Основний принцип і способи геометричного нівелювання.
8. В чому відмінність роботи з нівелірами типів НЗ та Н-10КЛ?
9. Як підготувати нівелір до роботи? Перевірки нівелірів.
10. Як влаштована нівелірна рейка? З якою точністю і як беруться відліки по нівелірній рейці?
11. Назвіть методи польового контролю нівелювання.
12. Як виконується нівелювання майданчика по квадратах?
13. Як і для чого здійснюється сторінковий контроль результатів технічного нівелювання?
14. У чому зручність і особливість тахеометричного знімання?
15. Що є плановою основою тахеометричного знімання? Які результати одержують при виконанні такої роботи?
16. У чому полягає метод тригонометричного нівелювання? Як, застосовуючи цей метод, створюють висотну основу тахеометричного знімання?
17. Що таке нитковий віддалемір, як він побудований і яка його точність?
18. Що таке станція в тахеометричному зніманні і в чому полягає робота на станції?
19. Що означає вираз «винесення в природу проектної лінії»? Як виконується така робота?
20. Методика винесення в природу проектної відмітки.
21. Побудова в польових умовах проектного кута.
22. Як визначити висоту недосяжного предмета?
23. Що називається геодезичним зніманням? Класифікація геодезичних знімань.

### **10.2. Завдання для перевірки засвоєння матеріалу, винесеного на самостійне опрацювання**

1. Назвіть основні частини теодолітів ТЗ0, 2ТЗ0П, 4ТЗ0П, 4Т15П. В чому відмінність цих теодолітів?
2. Що називається візирною віссю зорової труби?
3. Які три групи гвинтів має теодоліт?

4. Які перевірки необхідно виконати у теодоліта, перш ніж приступати до роботи з ним?
5. Які операції виконуються при встановленні теодоліта у робочій стан?
6. Які способи вимірювання горизонтальних кутів існують?
7. Сформулюйте правило вимірювання правого (внутрішнього) кута?
8. Як вимірюється кут повним прийомом?
9. Які розходження допустимі в значеннях величин вимірюваного кута у двох напівприйомах?
10. Які похибки впливають на точність вимірювання кута?
11. Які існують прилади для вимірювання ліній?
12. Яка точність вимірювання ліній вимірювальною стрічкою або рулеткою?
13. З якою метою необхідно визначати горизонтальні прокладення ліній, та який порядок їх визначення?
14. Коли і як проводиться безпосереднє вимірювання горизонтальних прокладень ліній?
15. Що називається трасою?
16. Що являє собою траса в плані?
17. Які геодезичні операції виконуються при прокладанні траси на місцевості?
18. Що називається пікетом та плюсовою точкою, та як вони закріплюються на місцевості?
19. Який документ ведеться при вимірюванні кутів?
20. Що називається геометричним нівелюванням?
21. Які існують способи геометричного нівелювання?
22. Як встановлюється нівелір у робочій стан?
23. Порядок взяття відліків по рейці на станції.
24. Які існують методи обчислення відміток точок?
25. Як і з якою метою проводиться сторінковий контроль у журналі технічного нівелювання?
26. Як визначається величина допустимої висотної нев'язки (похибки) при геометричному нівелюванні?
27. В якому випадку і за яким принципом розподіляється висотна нев'язка при технічному нівелюванні?
28. Що називається горизонтом приладу, як він визначається?
29. Як визначається нев'язка при геометричному нівелюванні?
30. Що називається тахеометричним зніманням? Його сутність.
31. Що називається місцем нуля вертикального круга? Як розраховується місце нуля для теодолітів різних марок?
32. Яка послідовність опрацювання журналу тахеометричного знімання?
33. Який порядок складання плану тахеометричного знімання?
34. Як обчислюються відмітки рейкових точок?

35. Яким приладом і як проводиться винесення в натуру точки із заданою відміткою?
36. Яким приладом і як може виконуватись винесення лінії із заданим ухилом?
37. Якими приладами і як можна визначити висоту недосяжного предмета?

### 10.3. Задачі для самостійного опрацювання теми «Робота з приладами»

1. Визначте місце нуля та кут нахилу  $\nu$ , якщо при наведенні на точку  $A$  відліки з вертикального круга зроблені теодолітом 2Т30П:  $КЛ = 4^{\circ}18'$ ;  $КП = -4^{\circ}14'$ .
2. Визначте з точністю до однієї проміле ухил лінії, горизонтальне прокладення якої дорівнює 150,00 м, а перевищення між її кінцями становить 2,25 м.
3. У замкненому теодолітному ході теодолітом Т30 виміряні кути:  $\beta_1 = 85^{\circ}15,5'$ ;  $\beta_2 = 128^{\circ}10,5'$ ;  $\beta_3 = 155^{\circ}28'$ ;  $\beta_4 = 100^{\circ}20'$ ;  $\beta_5 = 70^{\circ}44'$ .  
Обчисліть кутову похибку та визначте, чи є вона допустимою.
4. Сума вимірних кутів замкненого дев'ятикутника дорівнює  $1259^{\circ}58'$ . Визначте кутову похибку полігону та порівняйте її з допустимою.
5. Сума вимірних кутів замкненого семикутника дорівнює  $900^{\circ}01,5'$ . Обчисліть кутову похибку полігону та визначте, чи є вона допустимою.
6. Визначте місце нуля теодоліта Т30 та кут нахилу  $\nu$ , якщо при наведенні на точку  $B$  відліки з вертикального круга були такими  $КЛ = 18^{\circ}31'$ ;  $КП = 161^{\circ}31'$ .
7. Обчисліть відмітку точки  $B$ , якщо при нівелюванні методом «із середини» лінії  $AB$  відліки по рейках, встановлених на точках  $A$  і  $B$ , становлять  $a=1280$  мм,  $b=2500$  мм. Відмітка точки  $A$  дорівнює  $H_A=150,000$  м.
8. Відмітка робочого репера  $H_{Rp}=100,300$ м. По рейці взято відлік на цей репер  $a=1680$  мм. Полічіть горизонт приладу на станції.
9. На тій самій станції (див. попередню задачу) взяті відліки у чотирьох кутах будівельного майданчика:  $v_1=1051$  мм;  $v_2=2036$  мм;  $v_3=0820$  мм;  $v_4=1574$  мм. Визначте відмітки чотирьох знівельованих точок.
10. При перенесенні в натуру проектною відмітки  $H_{np}=105,750$  м визначте, який має бути відлік по рейці, якщо відома відмітка репера на цьому майданчику  $H_{Rp}=105,340$  м і відлік по рейці на цьому репері  $a_{Rp}=1524$  мм.
11. Відліки по рейках, встановлених на точках  $A$  і  $B$  становлять:  $a=1800$  мм;  $b=1600$  мм. Відмітка точки  $A$   $H_A=146,800$  м. Визначте відмітку точки  $B$  за перевищенням і за горизонтом приладу.

12. Знайдіть відмітку проміжної точки ПК2+20, якщо  $H_{ПК2}=110.820$  м, відлік по рейці на ПК2 дорівнює  $a=1236$  мм, а відлік по рейці в проміжній точці  $c=2055$  мм.
13. У результаті вимірювання лінії на місцевості, отримані такі дані: 200,00 м; 200,03 м; 200,01 м; 200,00 м; 199,97 м; 199,99 м. Визначте середню квадратичну похибку вимірювання лінії.
14. У результаті вимірювання довжини ліній, отримали такі результати: 100,00 м; 99,99 м; 100,03 м; 100,01 м; 99,97 м; 100,00 м. Визначте відносну похибку вимірювання.
15. Панель, істинна довжина якої 10,00 м, виміряли п'ять разів і отримали такі результати: 9,97 м; 10,00 м; 10,13 м; 9,99 м; 10,00 м. Визначте граничну похибку довжини панелі.
16. Контрольна перевірка залізобетонних колон, істинна довжина яких 10,00 м, дала такі результати: 10,03 м; 10,01 м; 10,00 м; 9,99 м; 9,97 м. Визначте середню квадратичну похибку довжини виготовлених колон.
17. При вимірюванні вертикального кута теодолітом Т230П були одержані такі дані: відлік при  $КЛ = -18^{\circ}23'$ , відлік при  $КП = +18^{\circ}26'$ . Розрахуйте місце нуля  $МО$  цього теодоліта та значення вертикального кута.
18. Обчисліть значення внутрішнього (правого) горизонтального кута, якщо при вимірюванні його теодолітом Т30 відліки з горизонтального круга були такими:  $КЛ = 123^{\circ}45'$ ;  $КП = 87^{\circ}53'$ ;  $КЛ = 305^{\circ}17'$ ;  $КП = 269^{\circ}24'$ . Чи є похибка цього вимірювання допустимою?
19. При тахеометричному зніманні теодолітом Т30 були одержані такі дані: висота наведення труби теодоліта  $I = 1,54$  м; відстань від теодоліта до рейкової точки 4 –  $D = 112,50$  м; відлік з вертикального круга  $КЛ = 1^{\circ}15'$ ; відлік з горизонтального круга  $КЛ = 86^{\circ}22'$ . Відомо, що висота приладу цього теодоліта при вимірюванні становила  $i = 1,54$  м;  $МО = 0^{\circ}01'$ . Обчисліть позначку рейкової точки 4, якщо  $H_{cm.} = 100,00$  м.
20. Дирекційний кут початкового напрямку запроектованого каналізаційного колектора виявився рівним  $180^{\circ}$ . Як розрахувати румб? Які знаки будуть у приростках координат в даному випадку?
21. В замкненому полігоні осей очисної споруди спецпризначення всі внутрішні кути виявились однаковими. Їхні значення  $140^{\circ} \pm 0',3$ . Чи правильно виміряні кути і яка їх кількість?
22. Теодолітний хід знімального об'єктування для вишукування під будівництво заводу залізобетонних виробів проходить недалеко від лінії електропередач низької напруги. Основа однієї із опор лінії електропередач недосяжна з пункту теодолітного ходу через зарості густого колючого чагарнику. Однак з пункту теодолітного ходу видно вершину цієї опори. Яким методом виконати знімання цієї опори ЛЕП?

23. Перевищення замкненого нівелірного ходу прив'язки робочих реперів для будівництва нульового циклу цукрового заводу виявились такими:  $-1,832$ ;  $+2,341$ ;  $-2,003$ ;  $+0,738$ . Чи правильно виміряні перевищення?
24. Відмітка робочого реперу дорівнює  $101,223$  м. Ви взяли відлік по рейці на репері  $1332$ . Як Ви визначите з тієї самої станції відмітки трьох точок рельєфу будівельного майданчика, на яких реєчні відліки виявились такими:  $a_1 = 2333$ ,  $a_2 = 2305$ ,  $a_3 = 2111$ ?
25. Група робочих реперів на території будівельної транспортної розв'язки на різних рівнях прив'язані нівелірним ходом довжиною  $1$  км до двох розташованих на протилежних сторонах від будівництва стінних реперах. Відмітки цих реперів  $H_1 = 102,868$  і  $H_2 = 101,313$ . Сума дев'яти середніх перевищень по ходу від першого до другого репера дорівнює  $\Sigma h = -1607$ . Чи правильно виміряні перевищення?
26. Для роботи на будівництві нульового циклу великого житлового будинку одержано новий нівелір НЗ. Яку перевірку необхідно зробити насамперед і яким чином?
27. Для розпланування головних та основних осей будинку проектного інституту і для контролю пристрою обноси одержано із сусіднього будівельного тресту теодоліт. Які перевірки та юстирування його необхідно зробити?
28. Щоб передати відмітку з робочого репера на фундамент будинку, що саме будеється, на репер, а потім на фундамент, встановлена рейка і одержано по два наступні відліки (по чорній та червоній сторонам рейки):
- |      |       |
|------|-------|
| 2163 | 1816  |
| 6849 | 6514, |
- Як перевірити, чи безпомилково взяті відліки?
29. Необхідно забезпечити найбільш точне визначення перевищень між точками пересіченого рельєфу для благоустрою території. При цьому відстань від нівеліра до рейок на станції буде неоднакова (нерівні плечі). Яку перевірку та юстирування нівеліра необхідно виконати і яким чином?
30. При будівництві під'їзної автодороги до будівельного об'єкта виникла необхідність оперативно перевірити відстань між пікетами з точністю до  $1$  м. Є нівелір та рейка. Як слід діяти?
31. Необхідно одержати перевищення між двома точками, одна з яких на незначній відстані від будинку, який будеється, а друга – на краю перекриття поверху цього будинку. Як треба вчинити, якщо є теодоліт і рейка?
32. При зніманні для вишукування мостового переходу через річку отримано нахилена відстань по нитковому віддалеміру до одного із

- пікетів, яка дорівнює 120 м. Як визначити горизонтальне прокладення цієї відстані? Які дані для цього знадобляться?
33. В процесі будівництва терміново знадобився нівелір. Однак є тільки теодоліт. Як треба вчинити, щоб трубу теодоліта встановити якнайгоризонтальніше?
34. Необхідно винести в природу відмітки кронштейнів безнапірного трубопроводу, які розташовані на лінії заданого нахилу  $+0,015$ ; відстань між ними 20 м. Як визначити відмітки чотирьох кронштейнів, коли відмітка найнижчого 150,14 м?
35. Необхідно винести проектну відмітку в природу. Ви знаходитесь у нівеліра, труба якого направлена на рейку (відлік 1243), а рейка встановлена на робочому репері ( $H_{R_p} = 150,34$  м). Чому повинен дорівнювати відлік по рейці з тим, щоб її основа була на заданій проектній відмітці 150,83 м?
36. Необхідно визначити відстань від будь-якої точки базиса довжиною 70 м до недоступної точки на другому березі річки. Один кут між лінією базиса та напрямком на недоступну точку дорівнює  $90^\circ$ , другий – в два рази менше. Як визначити необхідну відстань?
37. Необхідно визначити відстань до недоступної точки на другому березі річки. Як вчинити, якщо є тільки теодоліт і рулетка?
38. Необхідно швидко визначити висоту будівлі. Як слід діяти, якщо є теодоліт, рейка і рулетка?
39. Необхідно контролювати вертикальність кутів і стін висотного будинку. Яку перевірку теодоліта для цього слід зробити перш за все і особливо старанно?

## Список рекомендованої літератури

1. *Войтенко С. П.* Інженерна геодезія: Підручник. – К.: Знання, 2009. – 557 с.
2. *Кузьмін В. І., Білятинський О. А.* Інженерна геодезія в дорожньому будівництві: Навч. посіб. – К.: Вища школа, 2006. – 278 с.
3. *Геодезія.* Частина перша /За заг. ред. проф., д.т.н. Могильного С. Г. і проф., д.т.н. *Войтенка С. П./*. – Чернігів: КП «Видавництво «Чернігівські обереги», 2002.– 408 с.
4. *Чопенко Є. Ф.* Геодезія / Конспект лекцій. – К.: ДЕТУТ, 2008. – 182 с.
5. *Романчик С. В., Кирилюк В. П., Шемякін М. В.* Геодезія. Навчальний посібник. – К.: Центр учбової літератури, 2008. – 296 с.
6. *Клюшин Е. Б., Киселев М. И., Михелев Д. Ш., Фельдман В. Д.* Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 2000. – 464 с.
7. *Фельдман В. Д., Михелев Д. Ш.* Основы инженерной геодезии. – М.: Высшая школа, 1999. – 300 с.
8. *Визгин А. А., Ганьшин В. Н., Коугия В. А., Купчинов И. И., Хренов Л. С.* Инженерная геодезия / Под общей ред. проф. Л. С. Хренова. – М.: Высшая школа, 1985. – 352 с.
9. *Хренов Л. С. и др.* Инженерная геодезия. – М.: Недра, 1985. – 352 с.
10. *Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500.* – К.: Мінекоресурсів України, 2001. – 256 с.
11. *Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 / ГКНТА – 2.04-02-98 (видання офіційне, виправлене та доповнене).* – К.: ГУГКК, 1999. – 156 с.
12. *Інструкція про умови і правила виконання аерознімальних топографо-геодезичних, картографічних робіт, кадастрових знімачь суб'єктами підприємницької діяльності, порядок видачі ліцензій та контроль за їх дотриманням, ДКНТА –2.07-01-93.* – К.: ГУГКК, 1993.
13. *Основні положення створення державної геодезичної мережі України. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України 8 червня 1998, №844.* – Укргеодезкартографія, 1998. – 26 с.
14. *Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 / ГУГК.* – М.: Недра, 1989.– 286 с.
15. *Інструкція по топографической съёмке в масштабах 1:5000; 1:2000; 1:1000; 1:500.* – М.: Недра, 1982. – 152 с.
16. *СН-212-73.* Инструкция по топографо-геодезическим работам при инженерных изысканиях для промышленного, сельскохозяйственного, городского и поселкового строительства. – М.: Стройиздат, 1975.

17. *Справочник по инженерной геодезии*. П. И. Баран, Н. Г. Видуев, С. П. Войтенко, Ю. В. Полищук, П. Г. Шевердин / Под общей ред. Н. Г. Видуева. – К.: Вища школа, 1978. - 376 с.
18. *Инструкция по нивелированию I, II, III, IV классов*. – М.: Недра, 1990. – 167 с.
19. *П. Г. Черняга, Г. Г. Лебідь, М. П. Мальчук, А. Т. Мануйлик, С. В. Романчук, О. А. Тадеєв. Інженерна геодезія: Лабораторні роботи; Ч. I / Навчальний посібник для студентів технічних вищих закладів освіти*. Рівне: РДТУ, 1999. – 137 с.
20. *Лукьянов В. Ф. и др. Лабораторный практикум по инженерной геодезии*. Учебник для ВУЗов. – М.: Недра, 1990. – 334 с.
21. *Ганьшин В. Н., Лебедев С. М., Хренов Л. С. Практикум по геодезии / Под ред. проф. Л. С. Хренова*. – М.: Недра, 1964. – 265 с.
22. *Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Інженерна геодезія» для студентів спеціальностей 7.100502 (ЗС) і 7.100403 (ОПУТ) «Топографічна карта»/ Креніда Ю. Ф., Костюкевич О. В.* – Донецьк: ХарДАЗТ, ДІЗТ, 2000. – 60 с.
23. *Чопенко Є. Ф., Артюхович Т. Д., Бідун О. М. Програма та методичні вказівки до навчальної геодезичної практики студентів 1 (2) курсу спеціальностей 6.100 502 «Залізничні споруди та колійне господарство» і 6.100 403 «Організація перевезень та управління на залізничному транспорті»*. – К.: ДЕТУТ, 2009. – 60 с.
24. *Чопенко Є. Ф., Крячок С. Д., Артюхович Т. Д. Робота з приладами: Методичні вказівки та завдання до виконання лабораторних робіт з курсу «Інженерна геодезія» студентами спеціальності 8.100502 «Залізничні споруди та колійне господарство» і курсу «Основи геодезії» для студентів спеціальності 8.100403 «Організація перевезень та управління на залізничному транспорті»*. – К.: КУЕТТ, 2004. – 52 с.

*Навчально - методичне видання*

**Євген Федорович Чопенко  
Тетяна Дмитрівна Артюхович  
Ольга Василівна Бамбура**

### ***РОБОТА З ПРИЛАДАМИ***

Методичні вказівки та завдання до виконання лабораторних робіт і самостійної роботи студентів з курсів «Інженерна геодезія» та «Основи геодезії» для студентів спеціальностей 6. 070 108 «Залізничні споруди та колійне господарство» і 6. 070 101 «Організація перевезень та управління на залізничному транспорті»

Відповідальний за випуск М. І. Карпов, канд. техн. наук.

Директор РВЦ ДЕТУТ Л. В. Пономаренко  
Редактор Н. В. Щербак  
Макет і верстка В. О. Андрієнка

Підписано до друку 01.09.2012. Формат паперу 60×84/16. Папір офсетний.  
Друк на ризографі. Зам. № 129-2/12. Наклад 300.

РВЦ ДЕТУТ. Свідоцтво про реєстрацію: серія ДК № 3069 від 27.12.2007 р.  
м. Київ – 49, вул. Миколи Лукашевича, 19.



