

**Оптико-механічний коледж  
Київського національного університету імені Тараса Шевченка**

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
Директор ОМК**

\_\_\_\_\_ Т. Г. Колесник

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

# **МАТЕРІАЛИ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ**

**ДО ТЕМИ: «ГЕОДЕЗИЧНІ ПРИЛАДИ»**

**З ДИСЦИПЛІНИ: «ОПТИЧНІ І ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ ПРИЛАДИ»**

для спеціальностей: 152 «Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка»,  
153 «Мікро- та наносистемна техніка», 171 «Електроніка»

Підготував: Сокурєнко О.М.

Затверджено на засіданні ЦК  
оптичних дисциплін

Протокол №

Від «\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

Голова циклової комісії:

\_\_\_\_\_ О. М. Сокурєнко

## ЗМІСТ

1 Призначення і область застосування геодезичних приладів .....	3
2 Класифікація геодезичних приладів .....	4
3 Основні типи геодезичних приладів .....	5
3.1 Нівеліри .....	5
3.2 Теодоліти .....	13
3.2.1 Фототеодоліти .....	18
3.2.2 Кінотеодоліти .....	19
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	20

## 1 Призначення і область застосування геодезичних приладів

Геодезія – наука, що займається визначенням форми і розмірів Землі, зображенням земної поверхні на планах і картах і точними вимірами на місцевості. Для вирішення цих завдань на поверхні Землі будується *опорна геодезична сітка*, яка являє собою сукупність належним чином обраних і закріплених на земній поверхні точок, які називаються *опорними геодезичними пунктами*, взаємні положення і висоти яких точно визначені.

Прилади для вимірювання земної поверхні називаються *геодезичними*.

За допомогою геодезичних приладів:

- виконують зйомку місцевості, тобто складають плани і карти;
- роблять розбивку різних наземних інженерних споруд (житлових масивів, промислових об'єктів, мостів, полігонів, гребель, гідроелектростанцій);
- виконують будівництво підземних об'єктів (шахт, тунелів, ліній метрополітену);
- визначають напрямки залізничних колій і автомагістралей.

Геодезичні прилади стали основою для розвитку астрономічних приладів.

Знаходження положення опорних геодезичних пунктів проводиться в основному *методом тріангуляції*, який полягає в побудові на місцевості мережі трикутників, послідовно пов'язаних між собою спільними сторонами.

Вимірявши в трикутнику одну з його сторін, звану *базисом*, і не менше двох кутів, інші сторони трикутника визначають шляхом тригонометричних обчислень.

Пункти тріангуляції намічаються на піднесених точках місцевості і закріплюються шляхом закладки на деяку глибину бетонного блоку з вправленої в нього металевою маркою, що позначає вершину трикутника.

Висоти опорних геодезичних пунктів визначають методом геометричного нівелювання, яке полягає у вимірюванні та підсумовуванні різниць висот кожних двох послідовних точок, розташованих одна від одної на певній лінії, що утворює *нівелірний хід*.

Для вимірювання кутів, довжин ліній і різниць висот двох точок використовуються геодезичні прилади.

Горизонтальні і вертикальні кути вимірюють за допомогою теодоліта відповідно по його горизонтальному і вертикальному лімбах.

Точність вимірювання кутів знаходиться в межах 0,5" до 2'.

Різницю висот двох точок вимірюють за допомогою нівеліра визначенням різниці відліків по вертикальних рейках, встановленим в двох вимірюваних точках.

Точність вимірювання різниці висот двох точок становить  $\pm 0,5$  мм на 1 км.

Відстань між точками на місцевості вимірюється за допомогою оптичних далекомірів.

Точність вимірювання відстаней між точками характеризується *відносною помилкою* ( $\Delta L/L$ ) в межах від  $1 \cdot 10^{-6}$  до  $1 \cdot 10^{-2}$ .

Істотна особливість роботи геодезичних приладів полягає в тому, що вони призначені для використання в польових (експедиційних) умовах.

#### ***Умови експлуатації геодезичних приладів:***

- висока вологість;
- різкі коливання і широкий діапазон температур (від +50 до –50° С);
- пил;
- тряска при перенесенні.

Тому до їх конструктивних елементів висувають вимоги щодо:

- широкого застосування легких і міцних сплавів;
- антикорозійності матеріалів;
- зручності форм вузлів і корпусу приладу;
- герметичності;
- стійкості до механічних пошкоджень покриттів, а також матеріалів з близькими значеннями коефіцієнтів лінійного розширення (наприклад, для склейок).

## **2 Класифікація геодезичних приладів**

### **Геодезичні прилади класифікують:**

- *за призначенням;*
- *за точністю.*

**За призначенням** можна виділити наступні основні групи приладів:

- ◆ прилади для вимірювання кутів: теодоліт, вертикальний круг, бусоль, гіроскопічний компас;
- ◆ прилади для визначення висот і перевищень: нівелір, профілограф, барометр;
- ◆ прилади лінійних вимірювань – далекоміри;
- ◆ прилади графічної зйомки місцевості і фотографічні прилади: мензула з кипрегелем, фотограмметр, фототеодоліт;
- ◆ оптичні проектори: оптичний висок, оптичний проектор напрямку, світловий показчик;
- ◆ прилади для камеральних робіт: планіметр, пантограф, світлокопіювальний апарат.

Наведена класифікація є умовною, оскільки окремі прилади служать для декількох видів вимірювань. Прилади одного призначення утворюють ряд залежно від точності. Точність вимірювання змінюється поступово.

### **За точністю:**

- високоточні,
- точні,
- технічні.

Геодезичні прилади повинні забезпечувати можливість відповідних вимірювань з необхідною точністю, тому при їх проектуванні розрахунки на точність є основними.

Необхідна точність результатів вимірювань може задаватись:

- *середньоквадратичною похибкою кінцевого результату*. При цьому повинно враховуватися, що частиною похибки кінцевого результату буде помилка від впливу зовнішніх умов (прозорості атмосфери, її рефракції, коливань основи приладу).
- *граничною помилкою*. Технологічні можливості зумовлюють граничні похибки у виготовленні відповідальних деталей і вузлів приладів і визначають досяжну точність цих приладів:
  - помилка нанесення штрихів на лімбах  $\pm 1''$ ;
  - найменша товщина штрихів сіток 1...2 мкм;
  - коливання ціни поділки рівня в 1" в межах  $\pm 10\%$  на різних частинах ампули;
  - помилка кроку мікрогвинтів в 1 мкм для мінімального шагу в 0,25 мм;
  - зазор в циліндричних осях 0,5...0,8 мкм.

Похибки можуть виражатися в кутовий або лінійній мірі в залежності від виду і характеру вимірювань.

### 3 Основні типи геодезичних приладів

Геодезичні прилади поділяються на дві основні групи: *теодоліти і нівеліри*.

#### 3.1 Нівеліри

**Нівеліри** – прилади, призначені для визначення лінійних відстаней (перевищень різних точок місцевості) (ГОСТ 21830-76).

**Нівеліри по конструкції діляться на три види:**

- *Оптичні;*
- *Цифрові;*
- *Лазерні.*

**Оптичні нівеліри**, як правило, призначені для використання спеціально підготовленими виконавцями, котрі представляють суть процесу і мають певні професійні навички.

**Цифрові нівеліри** дозволяють виконувати ті ж роботи, що й оптичні нівеліри. Їх особливістю є наявність електронного датчика, що дозволяє з високою точністю знімати відліки з спеціальної штрих-кодової рейки. Оператору достатньо навести прилад на рейку, сфокусувати зображення й натиснути кнопку. Прилад виконує

самостійно зняття відліку по рейці й вимірювання відстані до неї, що відображується на екрані.



Рисунок 1 – Цифровий нівелір Leica Sprinter 50 і нівелірна двухстороння рейка для роботи в режимах оптичного / електронного зняття відліків

**Лазерні нівеліри**, навпаки, створені для того, щоб ними могла користуватися будь-яка людина для вирішення найрізноманітніших завдань. Рівень автоматизації і наочність роботи лазерних нівелірів, такі, що їх використання в більшості випадків не вимагає спеціальної підготовки. Існує велика кількість різних моделей лазерних нівелірів, що відрізняються за конструкцією, за призначенням і точністю роботи.



Рисунок 2 – Лазерні нівеліри

Найбільшого поширення лазерні нівеліри набули у будівництві при монтажних і оздоблювальних роботах, замінивши звичні рівні.

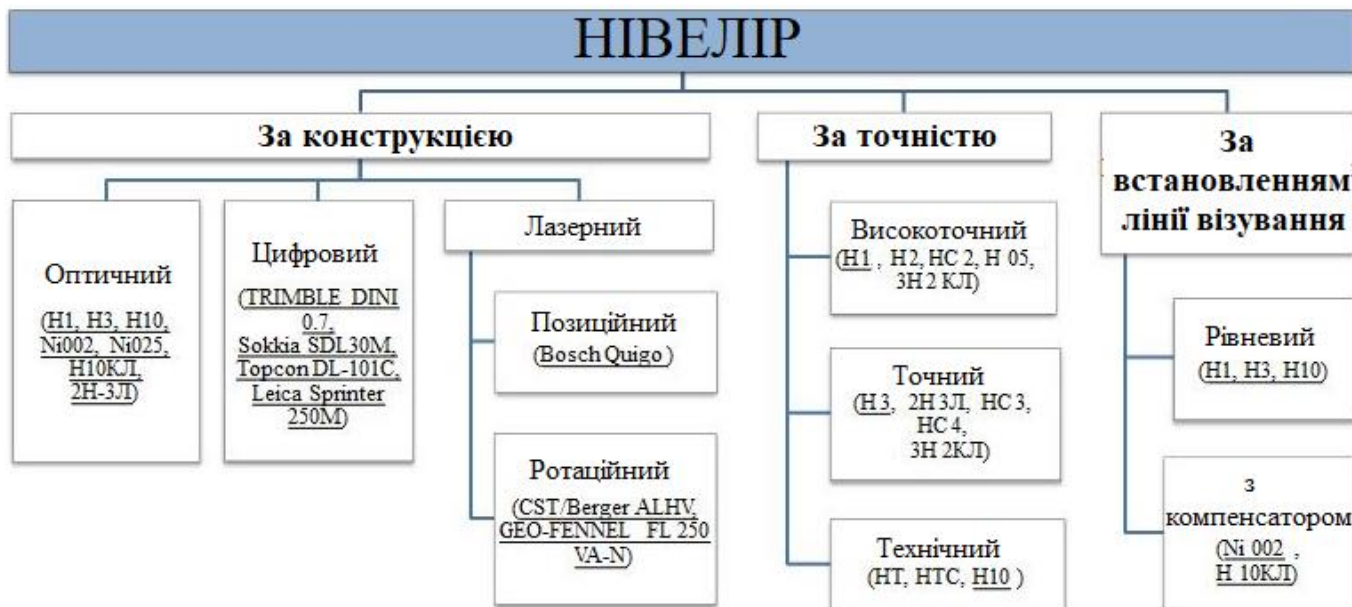


Рисунок 3 – Класифікація нівелірів

### Нівеліри класифікують:

- *За точністю;*
- *За способом установки візирного променя в горизонтальне положення.*

### За точністю нівеліри поділяються на групи:

- **Високоточні** – середньоквадратична похибка на 1 км подвійного ходу – 0,5 мм. При роботі з цими нівелірами допускається довжина плечей (відстань від нівеліра до рейки) до 50 метрів.
- **Точні (прецизійні)** – середньоквадратична помилка на 1 км подвійного нівелювання 3 мм. Допускається довжина плечей до 75–100 метрів. Використовувані в тріангуляції I і II класів (зйомка державного значення). Помилка у визначенні перевищень становить  $\pm 1...1,5$  мм на 1 км нівелірного ходу.
- **Технічні** – використовувані при топографічних і геодезичних зйомках невисокого класу (місцевого значення). Помилка у визначенні перевищень становить  $\pm 2...3$  мм на довжину 100 м; 10 мм на 1 км подвійного ходу. Довжина плечей допускається до 100–150 метрів.  
Точні і технічні нівеліри можуть виготовляти із зоровими трубами прямого або перевернутого зображення, допускається виготовляти з горизонтальним лімбом. Зорові труби технічних нівелірів забезпечуються циліндричним рівнем з ціною поділки 10...20". Для збільшення точності установки рівня циліндричний рівень забезпечений блоком призм з окуляром, розташованим поруч з окуляром зорової труби. Ціна поділок рівнів зорової труби точних нівелірів близько 10".

Цифра у шифрі нівеліра свідчить про допустиму середню квадратичну похибку (в міліметрах) при нівелюванні на 1 км подвійного ходу. Наприклад, Н-5, Н-3, Н-10, Н-3П.

При наявності компенсатора до шифру нівеліра додається індекс *K*, наприклад, Н-05К, Н-3К, Н-10К.

При наявності лімба до шифру нівеліра додається індекс Л, наприклад, 2Н-3Л, Н-3КЛ, 3Н-2КЛ.

Числа, які стоять попереду *Н* – номери наступних моделей. Наприклад, Н-10КЛ.

**За способом установки візирного променя в горизонтальне положення нівеліри розрізняють:**

- Рівневий нівелір (з циліндричним рівнем);
- Нівелір з самовстановленою лінією візування (з компенсатором).

Всі сучасні нівеліри є самовстановлючими.

**За конструкцією нівеліри можна розділити на два типи:**

1. Глухі, у яких зорова труба, рівень при ній і підставка жорстко з'єднані між собою;
2. Нівеліри з перекладною трубою, у яких зорова труба перекладається в лагерах на 180°.

Посадочні поверхні труби називаються цанфами. Штатив (триніжник) нівелірів містить горизонтальний лімб.

Всі труби забезпечені вузлом фокусування. Межі візування від 1,5...4 м до нескінченності.

**Основними вузлами нівеліра є:**

- зорова труба;
- рівень;
- штатив (триніжник) з підйомними гвинтами;
- осьовий пристрій.

Схема оптичного нівеліра (Рис. 4). Верхня частина приладу (1, 2, 3) може обертатися в горизонтальній площині щодо нерухомої основи 4.

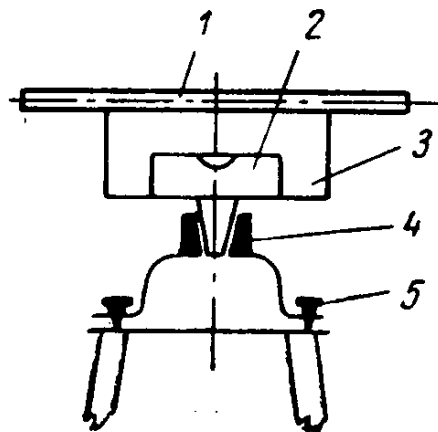


Рисунок 4 – Схема оптичного нівеліра: 1 – зорова труба; 2 – рівень;  
3 – підставка (лагери); 4 – основа; 5 – підйомні гвинти



Труба виводиться в горизонтальне положення підйомними гвинтами 5, за рівнями. Перевищення точок визначається горизонтальним променем візування, отриманим за допомогою нівеліра.

Нівелір встановлюють на штативі становим гвинтом по виску над точкою місцевості. Сферичний рівень на тринозі виводять в серединне положення підйомними гвинтами. Зорова труба на вертикальній осі може обертатися тільки в горизонтальній площині.

Площина обертання візирної осі зорової труби повинна бути строго горизонтальною, для чого зорову трубу постачають точним циліндричним рівнем. Для повільного обертання зорової труби в горизонтальній площині при основі нівеліра передбачені закріпний і мікрометричний гвинти. Деякі нівеліри забезпечені гвинтом для швидкої установки зорової труби в горизонтальне положення по циліндричному рівню. При обертанні гвинта висувається штифт, що піднімає один кінець гвинта.

В даний час широкого поширення набули нівеліри з *самовстановлюючою лінією візування*, у яких зорова труба має пристрій для компенсації неточного встановлення горизонтальності візирної осі. Лінія візування, що проходить через центр об'єктива і перехрестя сітки, завжди горизонтальна в межах 2' і не залежить від нахилу зорової труби. Такі нівеліри мають циліндричний рівень з більшою ціною поділки. Характерною особливістю точних нівелірів є проектування за допомогою оптичної системи зображень кінців бульбашки в поле зору труби контактного (оконтактзовані два кінця бульбашки) рівня.

Наприклад, в нівелірі НС-2 суміщені кінці бульбашки рівня утворюють пряму лінію, що служить індексом для відліку по рейці. Лінія візування, що проходить через центр об'єктива і індекс, завжди горизонтальна.

Обов'язковою приналежністю нівеліра є *нівелірна рейка* з оцифрованою шкалою.

**Рейки можуть бути:**

- дерев'яні, алюмінієві, інварні, фібергласові;
- прості, складні або розсувні;
- яскраво забарвлені штрихові або шашкові з оцифруванням в перевернутому вигляді;
- сантиметрові або міліметрові (0,5 см);
- односторонні або двосторонні,
- довжиною 3 і 4 м на кінцях з металевою оковкою.

**Позначення нівелірної рейки складається з:**

- літерного позначення РН;
- цифрового позначення групи нівелірів, для якої вона призначена (для високоточних нівелірів – цифра 05, точних – 3, технічних – 10) і номінальної довжини рейки.

В позначенні складних рейок або рейок з прямим зображенням оцифровки шкал після вказівки номінальної довжини додають відповідно букву С або П.

Наприклад, умовне позначення нівелірної рейки до технічних нівелірів, номінальною довжиною 4000 мм, складної, з прямим зображенням оцифровки шкали: РН-10-4000 СП.

**Рейка РН-05** – одностороння, являє собою суцільну раму довжиною 3 або 1,2 м, на яку натягнута інварна стрічка з нанесеними двома шкалами, які зміщені одна відносно одної на 2,5 мм. На основній шкалі підписані півдециметрові поділки від 0 до 60, а на доповнювальній – від 60 до 120. Відлік по прецизійній рейці беруть за допомогою оптичного мікрометра.



Рисунок 5 – Зовнішній вигляд рейки РН-05

**Рейка РН-3** – двостороння шашкова, являє собою дерев'яний брусок завширшки 8...10 і завтовшки 2...3 см, на який нанесені шашкові сантиметрові поділки і підписані значення дециметрових поділок.

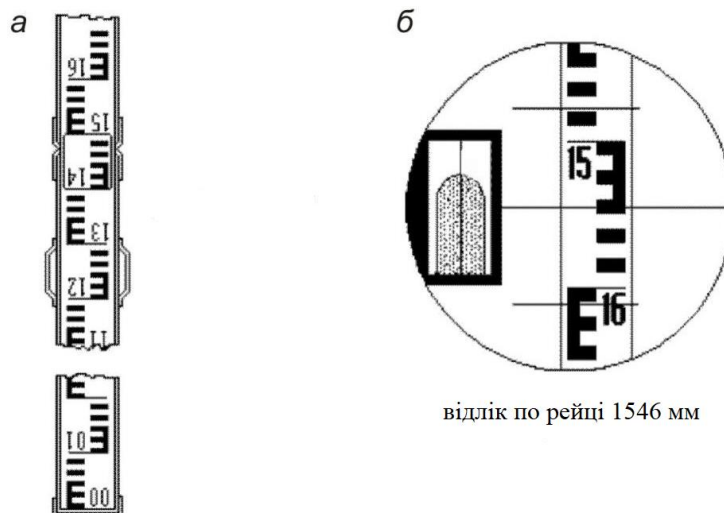


Рисунок 6 – Зовнішній вигляд рейки РН-3 (а) та поля зору зорової труби нівеліра (б)

На одному боці нанесені чорні і білі поділки (чорний бік), а на другому – червоні і білі (червоний бік). На обох боках рейки поділки виконані через 10 мм. По чорному боці поділки йдуть від нуля до 3 м. Нуль рейки суміщають з п'ятою рейки,

тобто з нижнім кінцем, що оббитий залізною скобою. По червоному боці початковий відлік починається з числа 4787 або 4687. Різниця відліків по різних боках рейки повинна бути сталою. Дециметрові підписи можуть бути прямими і оберненими.

**Рейка РН-10** – двостороння шашкова, має конструкцію, аналогічну до рейки РН-3, і, як правило, виготовлюється складаною, довжиною 4 м.

Нівелір Н-3 з циліндричним рівнем при зоровій трубі показано на Рис. 7.

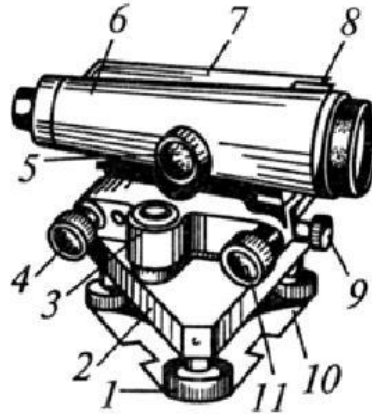


Рисунок 7 – Нівелір Н-3: 1 – підйомний гвинт; 2 – підставка; 3 – круглий рівень; 4 – елеваційний гвинт; 5 – кремальєра; 6 – зорова труба; 7 – циліндричний рівень; 8 – візир; 9 – закріпний гвинт; 10 – пластинка; 11 – гвинт наведення

Для установки нівеліра в робоче положення його закріплюють на штативі і, діючи трьома підйомними гвинтами, приводять бульбашку круглого рівня в центр ампули. При цьому вісь обертання нівеліра займає вертикальне положення. Наведення зорової труби на рейку здійснюють спочатку вручну за допомогою візира, а потім затискають закріпний гвинт зорової труби і гвинтом наведення виконують точне візування на рейку. Різкість зображення сітки ниток досягається обертанням окулярного кільця, а різкість зображення рейки – обертанням гвинта кремальєри. Сітка ниток має вертикальний штрих і три горизонтальних, верхній і нижній є нитяним далекоміром.

Перед кожним відліком по рейці візирну вісь нівеліра приводять у горизонтальне положення, домагаючись поєднання зображення кінців бульбашки циліндричного рівня (Рис. 8, 1) в поле зору зорової труби шляхом обертання елеваційного гвинта (Рис. 7, 4).

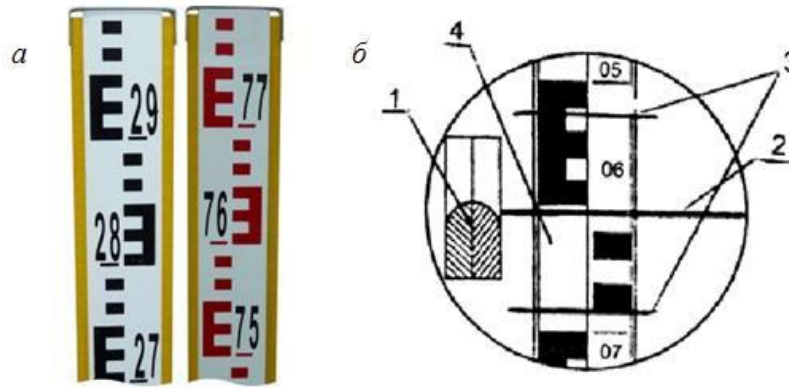


Рисунок 8 – Нівелірна рейка (а) і поле зору зорової труби нівеліра Н-3 (б):  
 1 – зображення кінців бульбашки циліндричного рівня; 2 – середній горизонтальний штрих сітки ниток; 3 – штрихи нитяного далекоміра; 4 – зображення рейки

Відлік по рейці складається з чотирьох цифр і відображає відстань від вимірюваної точки до візирної осі нівеліра в міліметрах. Виконують відлік по середньому горизонтальному штриху сітки ниток. Відлік по рейці беруть від меншого до більшого числа. Зображення в зоровій трубці перевернуте, отже, відліки зростають зверху вниз.

Перші дві цифри відліку, що позначають дециметри, підписані на рейці (Рис. 8, а), їх видно в зоровій трубці поблизу середнього горизонтального штриха. На рис. 8, б це цифра 06. Слід зазначити, що в кожному дециметрі перші п'ять шашок з сантиметровими поділками об'єднані в символ *E* (прямий або перевернутий).

Третя цифра визначається за кількістю сантиметрових шашок від початку дециметрового поділу (від верхньої частини знака символу *E* вниз) до середнього горизонтального штриха сітки ниток (на рис. 8 сантиметрових шашок – 5).

Четверта цифра, що позначає міліметри, по рейці оцінюється на око (на рис. 8, б це приблизно 2 мм). Тоді повний відлік по рейці складе 0652.

Відстань по рейці визначається за допомогою штрихів нитяного далекоміра:

$$S = (0690 \text{ мм} - 0612 \text{ мм}) \times 100 = 7800 \text{ мм} = 7,8 \text{ м.}$$

Перевищення визначаються різницею відліків по рейках, встановленим в точках, між якими вони вимірюється. Наприклад, за відліком  $h_1$  і з (рис. 9) знаходимо перевищення  $H$  між точками  $A$  і  $B$ , тоді

$$H = h_1 - h_2.$$

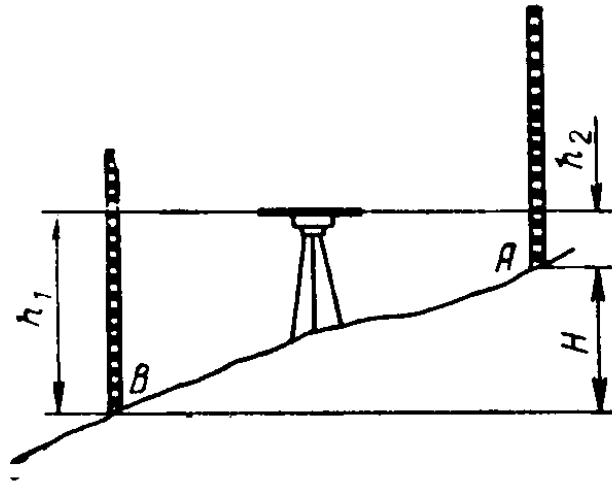


Рисунок 9 – Схема нівелювання

**Приклад:**

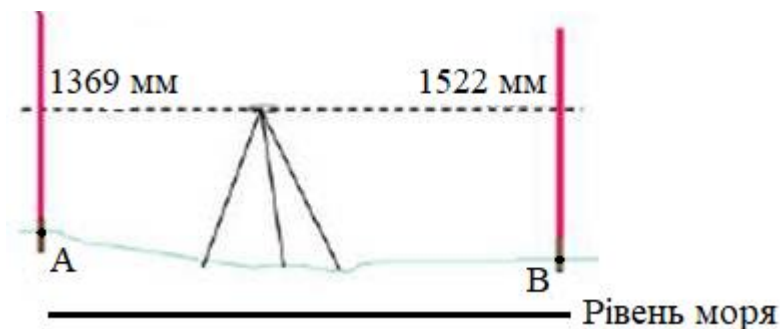


Рисунок 10 – Вимірювання перевищення

Нехай точка  $A$  є початковою з відомою відміткою  $G_A = 201,100$  м (відстать від рівня моря до точки  $A$ ).

Тоді перевищення між точками:

$$H = 1369 \text{ мм} - 1522 \text{ мм} = -153 \text{ мм} = -0,153 \text{ м}.$$

Відмітка точки  $B$

$$G_B = G_A + (\pm H) = 201,100 \text{ м} + (-0,153 \text{ м}) = 200,947 \text{ м}.$$

### 3.2 Теодоліти

**Теодоліт** з грецької мови перекладається як «дивлюся» і «далеко» («theomai і dolichos»). Вперше був згаданий як «теодолітос» в 1571 році.

Теодоліт є основним кутомірним приладом, що застосовуються для інженерно-технічних, лабораторних і геодезичних робіт, за допомогою якого можна вимірювати як горизонтальні, так і вертикальні кути в межах від  $0$  до  $360^\circ$  ( $400^\circ$ ) (ГОСТ 21830-76).

Крім цього основного призначення за допомогою теодоліта встановлюють горизонтальність і вертикальність ліній і площин, задають напрямки; застосовуючи нитяний далекомір і рейку з поділками, визначають відстані й перевищення.

При визначенні горизонтальних кутів висота вимірюваних об'єктів не має значення, оскільки теодоліт вимірює проекції кутів на горизонтальну площину.

Для вимірювання магнітних азимутів теодоліти забезпечені буссолю. Візирної частиною приладу служить зорова труба, що має механізми грубого і точного наведення. Кут визначають як різницю відліків по лімбах. Точність відліків залежить від конструктивних особливостей приладу.

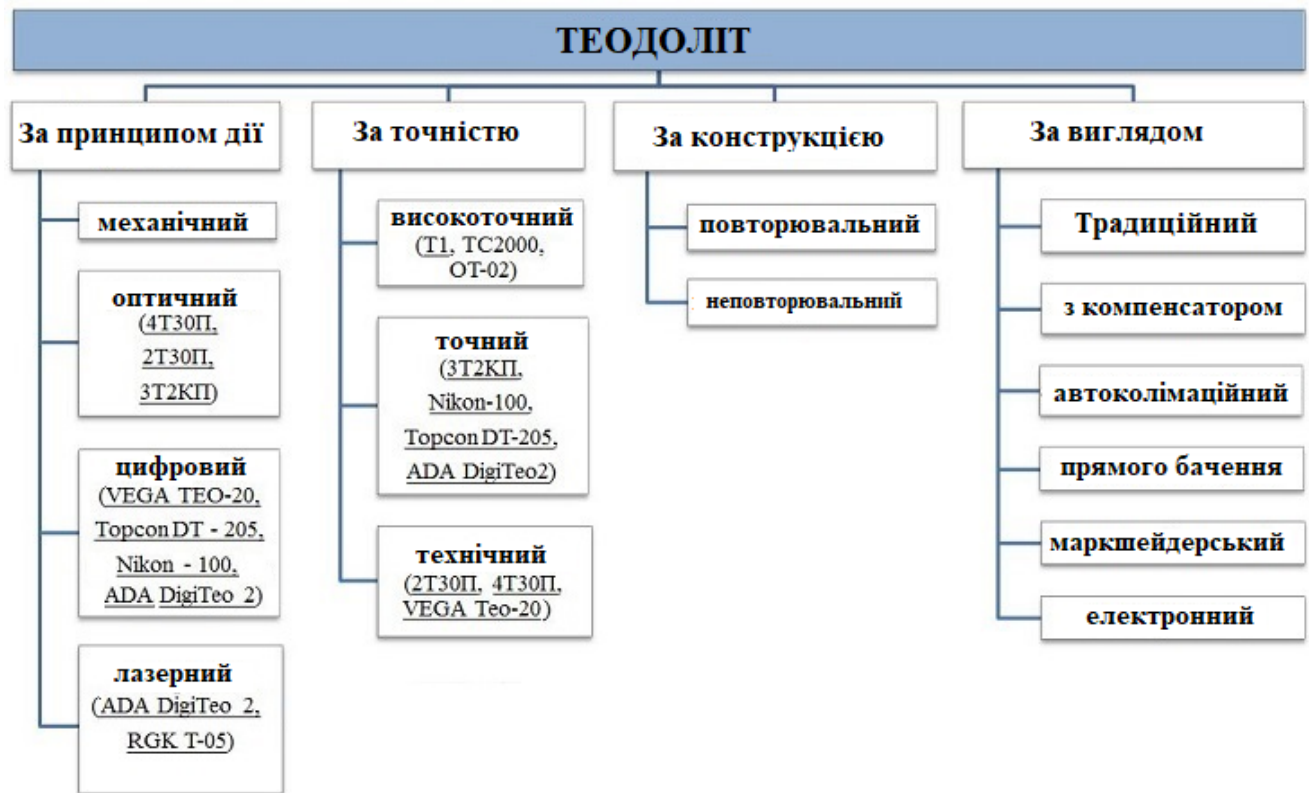


Рисунок 11 – Класифікація теодолітів

- **Механічний теодоліт** – це вимірювальний прилад, який в своїй конструкції не оснащений електронними та оптичними компонентами і має механічну систему наведення;
- **Оптичний теодоліт** – це прилад, який оснащений оптичним відліковим пристроєм для обчислення координат точок;
- **Електронний (цифровий) теодоліт** – це прилад, який оснащений процесором і дисплеєм для обчислення і запам'ятовування координат точок на місцевості;
- **Лазерний теодоліт** – являє собою електронний теодоліт з вбудованим лазером.

Кожен з видів має свої конструктивні особливості, сферу використання та точність вимірювання.

Залежно від допустимої похибки вимірювання горизонтального кута одним прийомом в лабораторних умовах теодоліти поділяють на такі типи і групи (ГОСТ 10529-96):

- **Високоточний теодоліт** – з похибкою вимірювання кута  $\leq 1''$
- **Точний теодоліт** – з похибкою вимірювання кута  $\leq 5''$
- **Технічний теодоліт** – з похибкою вимірювання кута  $\leq 15-60''$

В умовне позначення теодоліта входить позначення типу і виконання теодоліта. Відповідно до конструктивних особливостей слід розрізняти теодоліти:

- **З рівнем при вертикальному крузі** (традиційні, позначення не застосовується);
- **К** – з компенсатором кутів нахилу;
- **А** – з автоколімаційним окуляром (автоколімаційні);
- **П** – з зоровою трубою прямого бачення (зображення);
- **М** – маркшейдерський;
- **Е** – електронний.

Допускається поєднання зазначених виконань в одному приладі.

Якщо теодоліт має зорову трубу прямого зображення, то в умовне позначення теодоліта додають букву П.

Наприклад:

- Теодоліт з допустимою похибкою вимірювання горизонтального кута  $2''$  з компенсатором кутів нахилу, автоколімаційний: Т2КА.
- Теодоліт з допустимою похибкою вимірювання горизонтального кута  $30''$  з рівнем при вертикальному крузі і зоровою трубою прямого зображення, маркшейдерський: Т30МП.
- Теодоліт з допустимою похибкою вимірювання горизонтального кута  $5''$ , електронний: Т5Е.

Для модифікацій теодолітів допускається перед умовним позначенням теодоліта вказувати порядковий номер моделі, наприклад 3Т2КА.

#### **Теодоліти по конструктивній особливості також поділяються:**

- **Повторювальний теодоліт** – має спеціальну повторювальну систему осей лімба і алідади, що дозволяє лімб разом з алідадою обертатися навколо власної осі окремо і/або спільно. Такий теодоліт дозволяє, послідовним обертанням алідади, кілька разів виміряти на лімбі величину горизонтального кута. Це дозволяє збільшити точність вимірювань.
- **Простий теодоліт** – теодоліт, де лімб може повертатися, але спільного з алідадою обертання немає (тобто лімб жорстко скріплений з основою).

Для більш універсального використання теодолітів випускається ряд пристосувань до них:

- комплекти візирних цілей;
- оптичні двосторонні центрири;

- накладні рівні;
- бусолі;
- центрувальні плити;
- комплект електрообладнання.

### **Типи теодолітів:**

- *технічні;*
- *оптичні;*
- *радіотеодоліти;*
- *фото- і кімотеодоліти.*

**Технічні** теодоліти призначені для робіт середньої точності. Точність відліку кутів технічних теодолітів  $1'' \div 30''$ , відлікова система приладів лімба-верньєр (ноніус). Ці теодоліти можуть бути прості і повторювальні.

**Оптичні** теодоліти призначені для геодезичних робіт високої точності, а також для складання і юстирування в оптичному приладобудуванні. Вони характеризуються наявністю скляних лімбів і оптичних відлікових систем, що проєктують показання з горизонтальних і вертикальних лімбів в один відліковий окуляр. Точність відліку оптичних теодолітів  $0,5'' \div 30''$

### **Конструкція теодоліта складається з основних елементів:**

- оболонка з двома кругами, для відліку значень по горизонталі і вертикалі;
- трегера (підставки, що містить три підйомних гвинта);
- круглий або циліндричний рівень (служить для фіксації рівня горизонтування приладу);
- зорова труба;
- закріпні гвинти (дозволяють обертати і закріплювати становище зорової труби і алідади);
- центрира або виску (для центрування);
- спеціальний мікроскоп (для зняття результатів відліків).

На рис. 12 зображена схема кутомірного приладу.

Вертикальна вісь  $00'$  є основною, навколо якої обертається горизонтальний лімб 6 з поділами і його алідада (лінійка з верньєром). Сама вісь  $00'$  встановлюється вертикально за допомогою підйомного пристрою 5, що складається з трьох гвинтів. Вертикальність осі і горизонтальність круга перевіряється за рівнем. На горизонтально розташованій алідаді закріплена підставка 4 U образної форми. На підставці розташовується горизонтальна вісь труби 3 ( $AA'$ ), сама зорова труба 2 ( $BB'$ ) і вертикальний лімб 1. Кутомірний інструмент центрується по виску і виставляється у вершині вимірюваного кута. Зорова труба наводиться на точки візування, а по лімбах за допомогою індексів знімаються відліки. Різниця відліків по горизонтальному лімбу дасть значення горизонтального кута між двома напрямками на точки візування.

Теодоліти класифікуються за точністю вимірювання.



В даний час поширені теодоліти оптичного типу із середньо-квадратичною похибкою в межах від  $0,5'$  до  $30''$ .

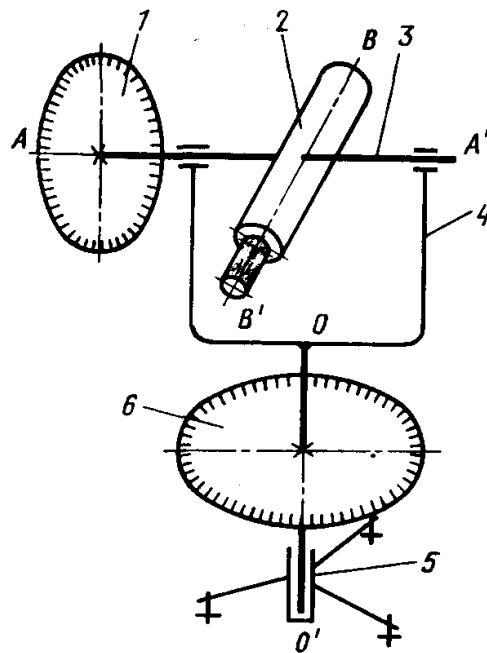


Рисунок 12 – Схема кутомірного приладу

Зовнішній вигляд теодоліта Т2А показаний на рис. 13.

Візирна труба **1** встановлена в підставці **2** і повертається навколо горизонтальної осі, підставка **2** має можливість повертатися навколо вертикальної осі щодо основи **3**. Відлік величини вимірюваних кутів проводиться за допомогою відлікового мікроскопа **4**. Підвищена точність вимірювання кутів забезпечується одночасним розглядом через мікроскоп протилежних сторін лімба (що виключає помилку ексцентриситету лімба) і використанням оптичного мікрометра.

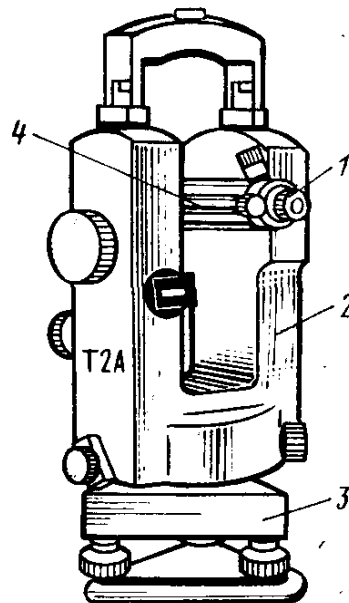


Рисунок 13 – Теодоліт Т2А

На рис. 14 приведена оптична система теодоліта для зняття відліків з вертикального 1 і горизонтального 2 лімбів.

Оптичні характеристики теодоліта Т2А:  $\Gamma_T=25^\times$ ;  $2\omega=1^\circ30'$ ;  $D=35$  мм;  $f'_{об}=250$  мм;  $D'=1,4$  мм; ціна ділення окулярного мікрометра горизонтального і вертикального дорівнює  $1''$ ; ціна поділки лімба горизонтального і вертикального дорівнює  $20'$ .

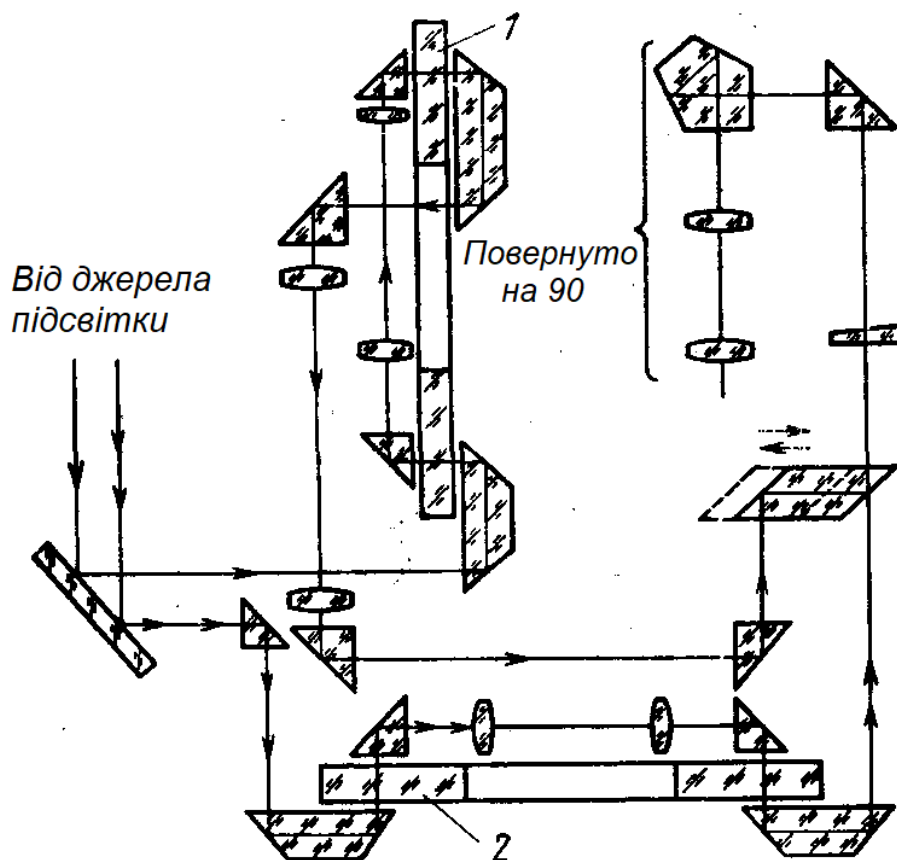


Рисунок 14 – Оптична схема теодоліта Т2А для зняття відліків

### 3.2.1 Фототеодоліти

**Фототеодоліт** – це теодоліт, з'єднаний з фотокамерою.

Вимірюючи фотографічні зображення предметів, визначають розміри предметів або відстані між ними.

Фотознімки ділянок місцевості отримують двома способами:

1. Наземною стереофотозйомкою;
2. Аерофотозйомкою.

При наземній стереофотозйомці з двох різних положень теодоліта отримують стереопари знімків заданої ділянки місцевості. При цьому осі зорової труби теодоліта повинні бути взаємно паралельні і горизонтальні. Отримані знімки потім обробляють на стереокомпараторі, після чого складають плани і карти.

Аерофотозйомка виконується з повітря аерофотоапаратом, встановленим на літаку, в результаті якої отримують плани великих ділянок місцевості з невисокою, але достатньою для топографічних цілей точністю.

При зйомці необхідно виконувати наступні умови:

- кути нахилу оптичних осей аерофотоапарата не повинні перевищувати  $3^{\circ}$ ;
- висота польоту повинна зберігатися з різницею не більше 25...30 м.

Зйомка виконується паралельними маршрутами з дотриманням поздовжнього перекриття приблизно на 60% і поперечного на 40% кадру. Після отримання знімків приступають до їх камеральної обробки, що включає дешифрування (розпізнавання об'єктів) і трансформування (виконання вимірювань по знімках, приведення до масштабу, складання плану).

### 3.2.2 Кінотеодоліти

**Кінотеодоліт** – це теодоліт з вмонтованою кінокамерою і годинниковим механізмом.

Вони призначені для визначення швидкості, висоти і напрямку повітряних цілей, що рухаються (літаків, куль-пілотів, а також куль-зондів, за параметрами руху яких визначають швидкість і напрямки повітряних потоків на різній висоті).

Кінотеодоліт є самореєструючим теодолітом, в якому є спеціальні пристрої, що дають можливість фіксувати показання лімбів. Самореєструючі теодоліти підвищують точність відліків, а отже, і точність визначення координат цілі, так як під час спостережень відсутні помилки спостерігача.

Роль спостерігача зводиться до спостереження за цілю за допомогою додаткових зорових труб до утримування цілі в перехресті сітки зорової труби. Можливі при цьому відхилення виключаються за допомогою спеціального пристрою, що визначає величину відхилення.

На кадр призмовою системою проектується ціль з перекриттям, час годинникового механізму, показання горизонтального і вертикального лімбів в момент експонування кадру, а також його порядковий номер.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бабушкин С. Г., Беркова М. Г., Гольдин К. Р., Крупн Н. Я., Муниц К. А., Сухопаров С. А., Тарасов К. И. Оптико-механические приборы. – М.: Машиностроение, 1965. – 363 с.
2. Гвоздева Н. П., Дитева Г. И. Оптико–механические контрольно-измерительные и лабораторные приборы. 1972. – 143 с.
3. Кулагин С. В., Гуменюк А. С., Дикарев В. Н., Зубарев В. Е., Лебедев Е. Н., Мосягин Г. М. Оптико-механические приборы. – М.: Машиностроение, 1984. – 352 с.
4. Апенко М. И., Араев Н. П., Афанасьев В. А. и др. Оптические приборы в машиностроении. Справочник. – М.: Машиностроение, 1974. – 238 с.
5. Захаров А. И. Геодезические приборы: Справочник. – М.: Недра, 1989. – 314 с.
6. Плотников В. С. Геодезические приборы. – М.: Недра, 1987. – 396 с.
7. Захаров А. И. Новые теодолиты и оптические дальномеры. – М.: Недра, 1970.
8. Аникст Д. А. Высокоточные теодолиты Т1 и Т05. – М.: Недра, 1978.
9. Афанасьев В. А., Усов В. С. Оптические приборы и методы контроля прямолинейности в инженерной геодезии. – М.: Недра, 1973.
10. Деймлих Ф. Геодезическое инструментоведение. – М.: Недра, 1970.
11. Елисеев С. В. Геодезические инструменты и приборы. М., Недра, 1973.
12. Кочетов Ф. Г. Нивелиры с компенсаторами. – М.: Недра, 1985.
13. Кузнецов П. Н., Васютинский И. Ю., Ямбаев Х. К. Геодезическое инструментоведение. – М.: Недра, 1984.
14. Кулагин В. В. Основы конструирования оптических приборов. –Л.: Машиностроение, 1982.
15. Литейное Б. А., Лобачев В. М., Воронков ИМ. Геодезическое инструментоведение. – М.: Недра, 1971.
16. Величко В. А., Мовчан С. Ф., Дементьев В. Е. Новая геодезическая техника и ее применение в строительстве. – М.: Высшая школа, 1982.
17. Аникст Д. А., Голубовский О. М., Петрова Г. В. Оптические системы геодезических приборов. – М.: Недра, 1981.
18. Основы спутниковой геодезии. Под ред. А. А. Изотова. – М.: Недра, 1974.
19. Селиханович В. Г. Геодезия. – М.: Недра, 1981.
20. Спиридонов А. М., Кулагин Ю.И., Кузьмин М. В. Проверка геодезических приборов. – М.: Недра, 1981.
21. Справочник геодезиста. Под ред. В. Д. Большакова и Г.П. Левчука. – М.: Недра, 1985.