

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ЩОДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ  
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
**«ГЕОДЕЗИЧНІ ПРИЛАДИ»**  
ДЛЯ СТУДЕНТІВ ДЕННОЇ ТА ЗАОЧНОЇ ФОРМ НАВЧАННЯ  
ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ  
193 – «ГЕОДЕЗІЯ ТА ЗЕМЛЕУСТРІЙ»  
ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ «БАКАЛАВР»

КРЕМЕНЧУК 2020

Методичні вказівки щодо виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Геодезичні прилади» для студентів денної та заочної форм навчання зі спеціальності 193 – «Геодезія та землеустрій» освітнього ступеня «Бакалавр»

Укладач      старш. викл. Л. М. Козарь

Рецензент    к. т. н., доц. В. І. Козарь

Кафедра геодезії, землевпорядкування та кадастру

Затверджено методичною радою Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 2020 р.

Голова методичної ради \_\_\_\_\_ проф. В. В. Костін

## ЗМІСТ

Вступ .....	4
1 Перелік практичних робіт.....	6
Практична робота № 1 Вивчення теодолітів різних типів, основних видів відлікових пристроїв, методики їх відлічування .....	6
Практична робота № 2 Дослідження рівня.....	23
Практична робота № 3 Перевірки та дослідження нівелірних рейок.....	30
2 Критерії оцінювання знань студентів.....	34
Список літератури.....	36

## ВСТУП

«Геодезичні прилади» – обов’язкова навчальна дисципліна циклу дисциплін професійної підготовки студентів зі спеціальності 193 – «Геодезія та землеустрій» освітньої програми «Геодезія та землеустрій» освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр».

Предметом вивчення навчальної дисципліни є сучасні геодезичні прилади як інструмент для розв’язання практичних завдань у галузі геодезії та землеустрою.

Отже, майбутні фахівці галузі повинні

### **знати:**

- правила використання геодезичних приладів у галузії геодезії та землеустрою;
- призначення геодезичних приладів;
- основні вимоги до геодезичних приладів;
- технічні та метрологічні характеристики основних типів геодезичних приладів;
- призначення та будову основних частин геодезичних приладів;
- правила експлуатації, зберігання та догляду за геодезичними приладами;

### **уміти:**

- показувати знання і розуміння основних теорій, методів, принципів, технологій використання геодезичних приладів у галузії геодезії та землеустрою;
- проводити польові, дистанційні та камеральні дослідження в галузії геодезії та землеустрою;
- використовувати сучасне геодезичне обладнання для розв’язання практичних завдань.

Виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Геодезичні прилади» ґрунтується на знаннях з навчальних дисциплін «Вища математика»,

«Фізика», «Вступ до спеціальності», «Технічно-інформаційні засоби комунікації та обробки галузевих даних», «Геодезія» та забезпечує розуміння базових понять для вивчення навчальних дисциплін «Математична обробка геодезичних вимірів та основи метрології та стандартизації», «Вища геодезія», «Супутникова геодезія», «Картографія», «Інженерна геодезія та основи маркшейдерії».

Робочою навчальною програмою навчальної дисципліни «Геодезичні прилади» для студентів зі спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» передбачено виконання практичних робіт у 3-му семестрі для денної та заочної форм навчання.

Метою виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Геодезичні прилади» є реалізація системних знань щодо основних завдань і принципів геодезичного приладобудування, сформованих на базі основного понятійно-термінологічного апарату навчальної дисципліни та завдяки набуттю практичних навичок щодо роботи з сучасними геодезичними приладами, правилами їх зберігання і експлуатації.

Методичні вказівки визначають зміст і порядок виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Геодезичні прилади».

Роботи виконуються з використанням геодезичних приладів різного класу точності з дотриманням вимог техніки безпеки. Перед виконанням кожної роботи рекомендується ознайомитися з основними теоретичними положеннями теми заняття та контрольними питаннями для самоперевірки.

Заняття проводяться під безпосереднім керівництвом викладача. Дані геодезичних вимірювань для виконання практичного заняття отримує кожен студент у складі бригади з 3–4 чоловік, а їх обробку виконує кожен студент окремо і оформлює самостійно у вигляді звіту. Звіт повинен містити назву та мету роботи, перелік використаного обладнання, короткий опис виконання завдань, отримані результати та самостійне їх опрацювання, висновки. Індивідуальний звіт у зошиті для практичних робіт студент подає для перевірки викладачеві та захищає індивідуально згідно з контрольними питаннями.

## ПЕРЕЛІК ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

### Практична робота № 1

**Тема. Вивчення теодолітів різних типів, основних видів відлікових пристроїв, методики їх відлічування**

**Мета роботи:** ознайомитися з конструктивними особливостями приладів різних типів, полями зору відлікових пристроїв, установити відлік  $235^{\circ}15'20,3''$ .

**Прилади й устаткування:** теодоліти різних класів точності.

#### Короткі теоретичні відомості

Виробництво вітчизняних теодолітів регламентується Державним стандартом. На сьогодні діє ДСТ, відповідно до якого випуску підлягають такі типи оптичних теодолітів:

- високоточні: Т05, Т1;
- точні Т2, Т5, 2Т5К;
- технічні Т15, Т30, 2Т30П, Т60.

Буква «Т» у марці приладу вказує на назву приладу – теодоліт. Числа після букви Т відповідають середній квадратичній похибці виміру горизонтального кута в секундах та вказують на точність приладу. Числа перед буквою «Т» вказують на модифікацію приладу. «К» – наявність компенсатора для самовстановлення лінії візування, замість рівня при трубі. «П» – труба прямого зображення.

Теодоліт Т05 випускають за замовленням і використовують для спеціальних спостережень (астрономічні спостереження, триангуляція 1-го і 2-го класів). Інші теодоліти випускають серійно. У геодезичній практиці застосовують прилади випуску закордонними підприємствами «Карл Цейс» Німеччина і МОМ Угорщина, що відповідають вітчизняним приладам (табл. 1).

Таблиця 1 – Приклади теодолітів за класами точності

Тип	Точність	Модифікація	Галузь використання
T05, T1	Високоточні	-	Астрономічні спостереження, триангуляція та полігонометрія I та II класів
T2, T5	Точні	2T2A, 2T2, 3T2КП, 2T5К, 2T5КП	Триангуляція та полігонометрія III та IV класів, 1-го та 2-го розрядів
T15 T30 T60	Технічні	T15К, 2T15К T30М, 2T30М, 2T30, 2T30П	Теодолітні ходи, знімальні роботи й інші інженерно-технічні роботи

### ***Відлікові пристрої та методика їх відлічування***

Усі сучасні теодоліти належать до категорії оптичних. Їхні кола – горизонтальне та вертикальне, що є робочими мірами, виготовляють з оптичного скла. Передавання інформації від робочої міри в поле зору відлікового мікроскопа відбувається за допомогою оптичної відлікової системи.

Оптичні системи, що дозволяють сполучити зображення діаметрально протилежних штрихів лімба в поле зору одного відлікового мікроскопа, застосовують у теодолітах T05, T1, 3T2КП, 2T2A.

Оптичні системи, що дозволяють відраховувати по одному кінцю діаметра кутомірного кола, застосовують у всіх інших теодолітах.

Найбільш поширені в сучасних оптичних теодолітах такі типи відлікових пристроїв (табл. 2):

- 1) штриховий мікроскоп – застосовують у теодолітах T30;
- 2) шкаловий мікроскоп – застосовують у теодолітах 2T30, T30М, 2T30М, T5, 2T5К, 2T30М, 3T5КП, Theo-020;
- 3) двосторонній оптичний мікрометр – застосовують у теодолітах T05, T1, T2, ТБ-1, 2T2A, Theo-010, Те-В1, 31, 3T2КП;
- 4) односторонній оптичний мікрометр – застосовують у теодоліті ТТ-4;
- 5) верньєр – у теодоліті ТТ-50.

## *Приклади полів зору відлікових пристроїв даних теодолітів*

### **Теодоліт Т2**

Оптична відлікова система теодоліта Т2 двостороння і має дві незалежні ділянки. Одна ділянка – це відлікова система горизонтального кола, інша – вертикального. Кожна галузь призначена для передавання та сполучення зображення діаметрально протилежних штрихів горизонтального чи вертикального кола в поле зору відлікового пристрою мікроскопа. Переключення зображень кіл здійснюється рукояткою, розташованою на шпальті приладу.

Для сполучення зображень штрихів застосований оптичний мікрометр. Він складається з рухливих клинів і шкали, що містить 600 поділок. Ціна однієї поділки шкали – 1".

У полі зору відлікового мікроскопа теодоліта Т2 видно два віконця (рис. 1). Велике віконце розділене навпіл горизонтальною лінією. У верхній половині видно зображення штрихів основної частини кола, а у нижній – протилежної їй контрольної частини. У малому віконці видно горизонтальний штрих – індекс і зображення штрихів шкали мікроскопа. Щоб зняти відлік, необхідно обертанням маховика мікрометра сполучити зображення верхніх і нижніх штрихів лімба.

Відлік кількості градусів роблять по верхньому оцифрованому штриху, що знаходиться ліворуч від нижнього оцифрованого штриха, що відрізняється від верхнього на  $180^\circ$ .



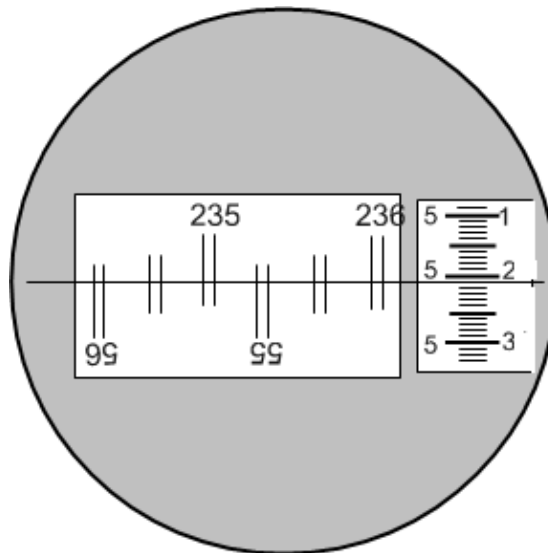


Рисунок. 1 – Поле зору відлікового мікроскопа теодоліта Т2.

Відлік по горизонтальному колу:  $235^{\circ} 15' 20,3''$

Кількість десятків хвилин дорівнює кількості інтервалів, покладених між цими штрихами. Одиниці хвилин відраховують у малому віконці за лівим рядом цифр. Десятки секунд відраховують там же, але за рядом цифр, що праворуч. Секунди та їх частки відраховують за нерухомим індексом. Таку ж систему відлічування мають теодоліти ТБ-1, Theo-010 та В1.

### Теодоліт 2Т2А

Теодоліт 2Т2А з автоколімаційною зоровою трубою слугує для вимірювання кутів між автоколімаційними зображеннями, які отримуються від віддзеркалюваних поверхонь (дзеркал) чи між автоколімаційним зображенням і напрямком на предмет, що знаходиться на місцевості. Виконання таких робіт є необхідним під час монтажу та налагодження устаткування, орієнтації окремих елементів чи конструкцій, спостереження за їх положенням у часі, побудови осьових ліній, під час будівництва різних технічних і промислових споруд. Автоколімаційне зображення від дзеркальних поверхонь є чітким і досить яскравим, так що цілком можливо робити вимірювання в ясну сонячну погоду на відкритій місцевості, знаходячись на відстані більше 50 м до дзеркала, що відбиває. Теодоліт обладнаний електроосвітленням, що дозволяє використовувати його в нічний час або в умовах поганого освітлення.

Теодоліт 2Т2А є модифікацією теодоліта 2Т2, його характеристики та конструкція аналогічна 2Т2. Відрізняється лише зорова труба, у якій застосований автоколімаційний окуляр.

На відміну від теодоліта Т2, у відліковій системі теодоліта 2Т2А застосована додаткова шкала десятків хвилин, що знаходиться у верхньому віконці (рис. 2).

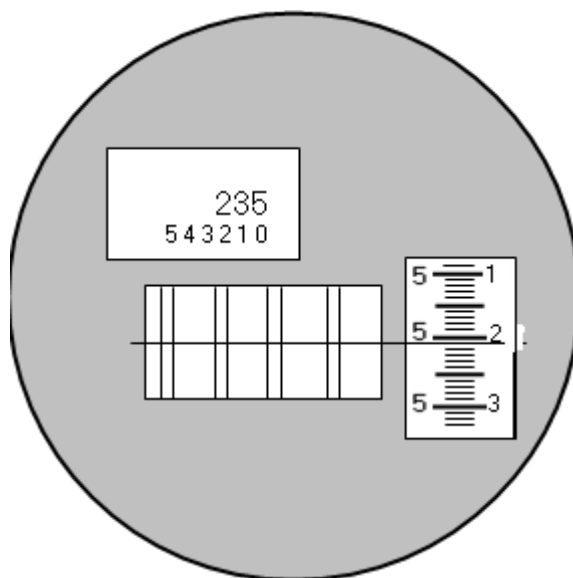


Рисунок 2 – Поле зору відлікового мікроскопа теодоліта 2Т2А.

Відлік по горизонтальному колу: **235° 15' 20,3"**

Після сполучення (суміщення) діаметрально протилежних зображень штрихів кола відраховують кількість градусів у межах шкали десятків хвилин. Цифра, що розташована під числом градусів, показує кількість десятків хвилин. Одиниці хвилин і секунди відраховують за індексом у малому правому віконці так, як у теодоліта Т2.

### **Теодоліт 2Т5ДО**

Теодоліт 2Т5ДО був розроблений на основі базової конструкції 2Т2. Теодоліт 2Т5ДО застосовують для проходження теодолітних, полігонометричних і тахеометричних ходів 1-го і 2-го розрядів, для побудови аналітичних мереж, для топографічних зйомок усіх масштабів, для дослідницьких робіт, для гідрографічних досліджень, у міській і інженерній полігонометрії.

Випробовування теодолітів показують, що середня квадратична похибка вимірювання горизонтального кута складає 4,5–5,5", вертикального – після введення виправлень на ексцентриситет – 2,8–3,7", похибка визначення перевищень з використанням самовстановлювального індексу вертикального кола складає 1,2–2,2 см на 1км ходу.

Оптична відлікова система двоканальна – зображення штрихів горизонтального та вертикального кола проектується по двох незалежних оптичних каналах.

У теодоліті 2Т5ДО, як і у 2Т30, застосовано шкаловий відліковий мікроскоп і вертикальне коло із секторною оцифровкою. Основне положення теодоліта – коло ліворуч. За такого положення відлічують по вертикальному колу кути відповідають за знаком. Горизонтальні кути вимірюють способом колових прийомів (рис. 3).

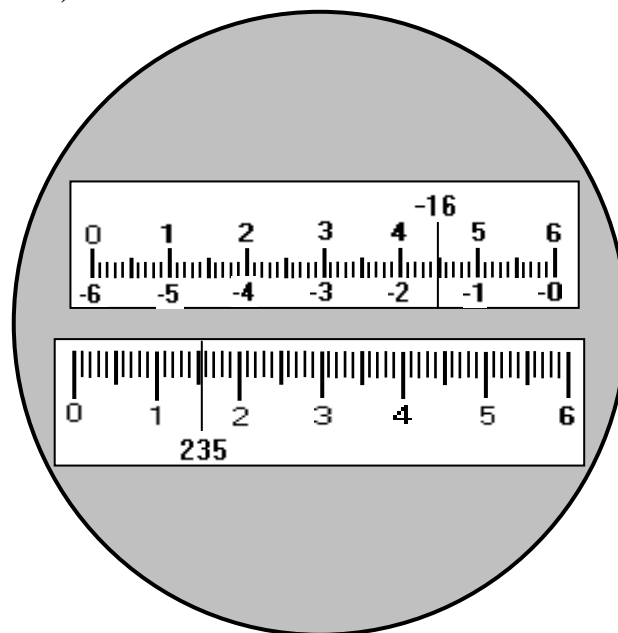


Рисунок 3 – Поле зору відлікового мікроскопа теодоліта 2Т5ДО.

Відлік по горизонтальному колу:  $235^{\circ}15,3'$ ,

по вертикальному колу:  $-16^{\circ}15,1'$

### Теодоліт 2Т30П

Теодоліт 2Т30П переважно повторює конструкцію теодоліта Т30, водночас він має ряд особливостей, що і дозволили значно підвищити точність

приладу. На відміну від Т30, теодоліт 2Т30П має шкаловий відліковий мікроскоп. Тому для усунення рена – зміни збільшення системи – вводиться додаткова лінза.

У теодоліті 2Т30П застосована шкала з ціною ділення 5'. Відомо, якщо видимий інтервал між штрихами шкали складає 1–3 мм, то похибка оцінки частки ділення за умови фізіологічної можливості ока складає 0,05–0,1 ділення, тобто в даному випадку 15–30'.

Кутомірні кола розділені через 1°. Вертикальне коло має секторну оцифровку від 0 до 90°, причому за основного положення теодоліта – кола ліворуч – знаки відлічуваних по вертикальному колу кутів відповідають знакам вертикальних кутів на місцевості. Відлікова шкала вертикального кола оцифрована у двох протилежних напрямках: для позитивних і негативних кутів. Знак кута визначає підписаний штрих лімба, якщо в межах шкали знаходиться штрих, оцифрований зі знаком мінус, використовується оцифровка шкали десятків хвилин також зі знаком мінус і навпаки.

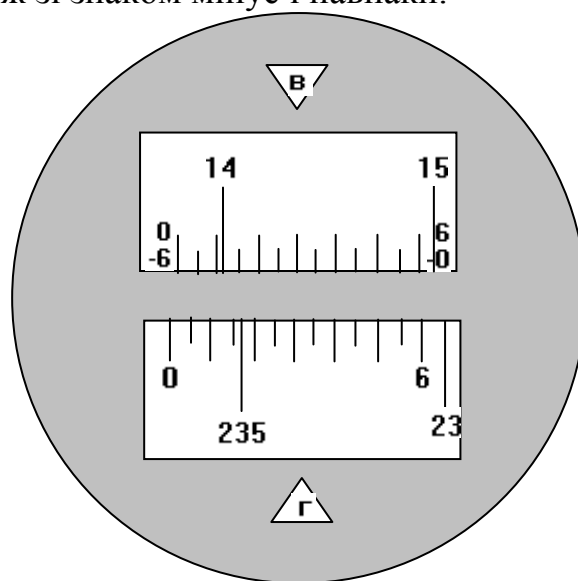


Рисунок 4 – Поле зору відлікового мікроскопа теодоліта 2Т30П.

Відлік по горизонтальному колу: **235° 15'**,

по вертикальному колу: **14° 12'**

Горизонтальні кути вимірюються способом колових прийомів чи способом повторень за двох положень теодоліта (коло ліворуч і коло праворуч).

Вимірювання вертикальних кутів, як і у Т30, має супроводжуватися спостереженням за положенням бульбашки рівня: перед вимірюванням вертикального кута необхідно ретельно установити бульбашку рівня на середину за допомогою підйомних гвинтів підставки.

### Теодоліт Т20

Цей теодоліт має відліковий пристрій – штриховий мікроскоп. Відліки, як по горизонтальному, так і по вертикальному колах, беруться так само, як і в теодоліті Т30.

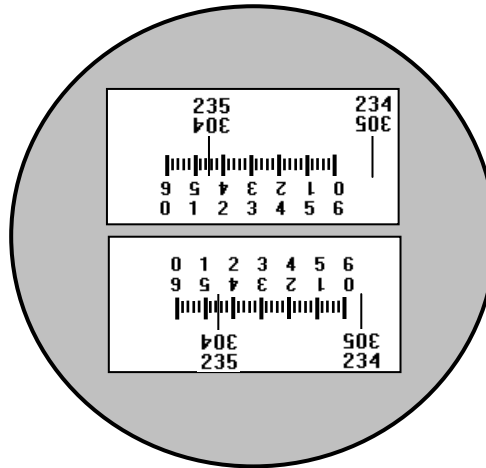


Рисунок 5 – Поле зору відлікового мікроскопа теодоліта Т20.

Відлік по горизонтальному колу:  $235^{\circ} 15'$ , по вертикальному колу:  $235^{\circ} 15'$

### Теодоліт ТОМ

За точністю теодоліт ТОМ відповідає Т30. Має штриховий мікроскоп. Відліки беруться, як і в теодоліті Т30.

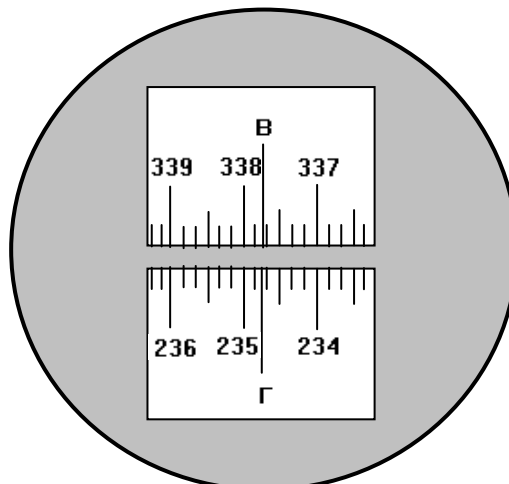


Рисунок 6 – Поле зору відлікового мікроскопа теодоліта ТОМ.

Відлік по горизонтальному колу:  $235^{\circ} 15'$ , по вертикальному колу:  $338^{\circ} 18'$

## Теодоліт Theo-08

Має штриховий мікроскоп.

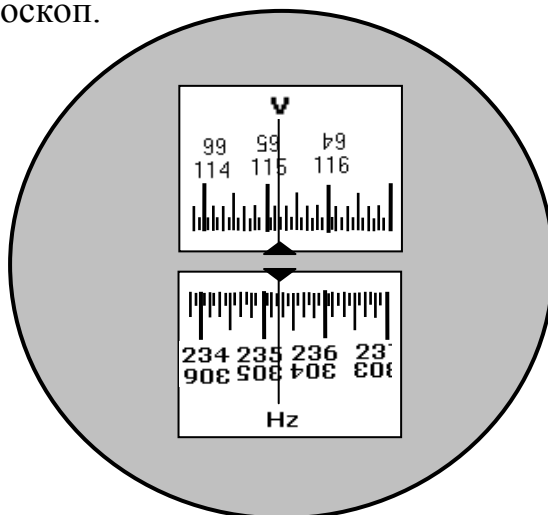


Рисунок 7 – Поле зору відлікового мікроскопа теодоліта Theo-08.

Відлік по горизонтальному колу:  $235^{\circ} 15'$ ,

по вертикальному колу:  $115^{\circ} 14'$

## Теодоліт 31

Має відліковий пристрій – двосторонній оптичний мікроскоп мікрометра.

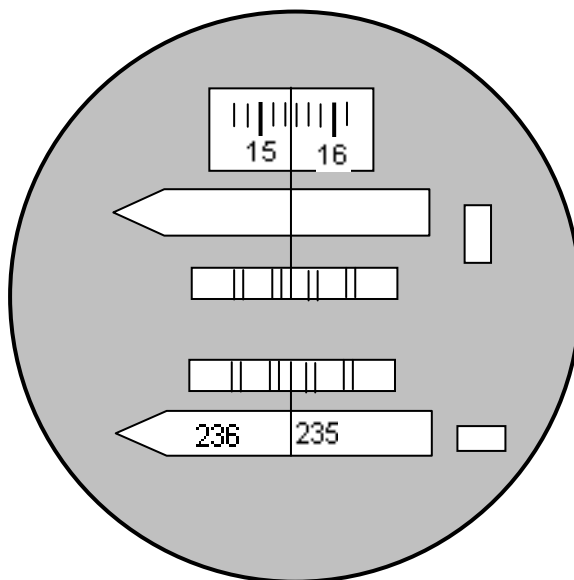
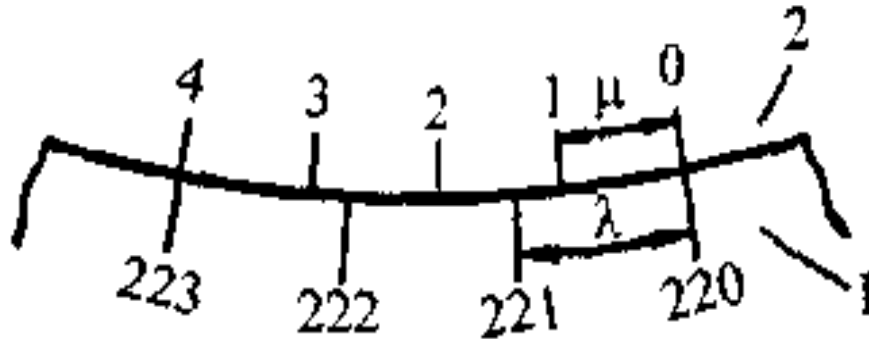


Рисунок 8 – Поле зору відлікового мікроскопа теодоліта 31.

Відлік по горизонтальному колу:  $235^{\circ} 15' 20,3''$

## Теодоліт ТТ-50

Відліковий пристрій у цього теодоліта – верньєр.



1 – коло, 2 – алідада,  
μ – ціна поділки верньєра; λ – ціна поділки кола

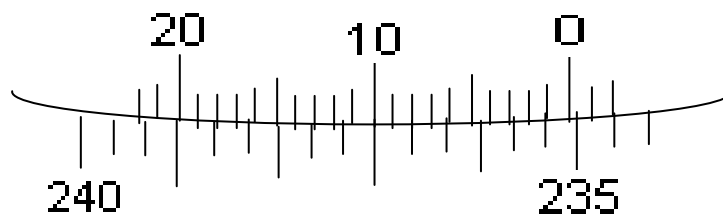


Рисунок 9 – Поле зору верньєра теодоліта ТТ-50.

Відлік по верньєру:  $235^{\circ} 15'$

На рис. 9 зображено приклад відлічування верньєра технічного теодоліта. Шкала кола (нижня) має підписані штрихи десятків градусів, на шкалі верньєра (верхній) підписано нульовий штрих (показчик) і десятки хвилин.

Відлік складається з відліку кола за показчиком верньєра та відліку власне верньєра. Нульовий штрих верньєра показує кількість градусів кола. Відліком верньєра є той його штрих, що збігається з будь-яким штрихом кола.

### Завдання до теми

*Завдання 1* Ознайомитися з конструктивними особливостями приладів різних типів, установити відлік  $235^{\circ} 15' 20,3''$  у кожному з вищезазначених відлікових пристроїв і зарисувати їх поля зору згідно з наведеними прикладами.

### Контрольні питання:

1. Які теодоліти належать до високоточних? Назвіть галузь їх використання.
2. Які теодоліти належать до точних? Назвіть галузь їх використання.
3. Які теодоліти належать до технічних? Назвіть галузь їх використання.
4. Назвіть типи відлікових пристроїв (із прикладами теодолітів).
5. Нарисуйте поле зору відлікового мікроскопа теодоліта 3Т2КП.
6. Нарисуйте поле зору відлікового мікроскопа теодоліта 2Т5ДО.
7. Нарисуйте поле зору відлікового мікроскопа теодоліта Т20.
8. Які теодоліти дозволяють відраховувати по одному кінцю діаметра кутомірного кола діаметрально протилежний штрих?

**Література:** [1, с. 73–92; 6, с. 161–195; 10, с. 35–51; 11].

### Практична робота № 2

#### Тема. Дослідження рівня

**Мета заняття:** виконати дослідження рівня за методом похилого лімба (поворотів алідади).

**Прилади та устаткування:** теодоліт, штатив, калькулятор.

#### Короткі теоретичні відомості

Як відомо, усі геодезичні прилади розділені за точністю на класи. Кожному класу приладів відповідає визначений клас точності рівня. Від нього залежить точність установки осей приладів у робочому положенні. Для визначення відповідності рівня встановленим нормативам його випробовують.

Під час випробовування рівня визначають:

- ціну поділки рівня,
- якість шліфування ампули,
- чутливість рівня.

*Ціною поділки рівня* називають кут нахилу  $\tau$ , який опирається на дугу між двома найближчими рисками ампули рівня.

*Якість шліфування ампули* характеризується постійністю ціни поділки  $\tau$  по всій поверхні ампули. Якість шліфування вважають задовільною, якщо



відхилення значень  $\tau_i$ , визначених на різних ділянках робочої поверхні ампули, від середнього значення  $\tau_{\text{порівн}}$  не перевищують  $0,2 \tau_{\text{порівн}}$ .

$$\tau_i \leq 0,2 \tau_{\text{порівн}}. \quad (1.1)$$

Чутливість рівня (поріг чутливості рівня) визначається мінімальним кутом нахилу його осі, за якого переміщення бульбашки стає помітним неозброєним оком  $0,2$  мм. Чутливість ампули залежить від її ціни ділення, якості шліфування та чистоти внутрішньої поверхні, довжини бульбашки, температури та властивостей наповнювача.

Практично чутливість рівня визначають у такий спосіб.

Визначають положення середини бульбашки  $a$ , узявши відлік за його кінцями. Змінюють нахил осі рівня, зміщуючи бульбашку. Потім установлюють вісь рівня у колишнє положення  $i$ , узявши відлік за кінцями бульбашки, знову визначають положення середини  $a_{II}$ . Якщо різниця  $a - a_{II}$  не перевищує  $0,2$  ділення шкали ампули, то чутливість вважають задовільною:

$$a - a_n < (0,2-0,3) \tau \quad (1.2)$$

Основними методами випробовування рівнів є такі:

- 1) на екзаменаторі;
- 2) за шкалою нівелірної рейки;
- 3) за методом похилого лімба (поворотів аліадади).

На екзаменаторі можна випробовувати рівні, умонтовані у прилади, а також накладні рівні та рівні, що зняті з приладів.

За шкалою нівелірної рейки можна випробувати рівень нівеліра, а також рівень при трубі теодоліта.

Рівень при аліададі горизонтального кола теодоліта можна випробувати методом похилого лімба.

Сутність методу похилого лімба.

Якщо відхилити вісь алідади від вертикалі на кут  $V$  і повернути її на кут  $\Delta\alpha$ , то за малих  $V$  і  $\Delta\alpha$  вісь рівня нахилиться на кут  $\Delta\beta = \frac{V}{\rho} \Delta\alpha$ . При цьому пухирець зміститься на  $\Delta a$  ділень.

Отже, ціна поділки:

$$\tau = \frac{\Delta\beta}{\Delta a} \quad (1.3)$$

Зсув бульбашки  $\Delta a$  дорівнює різниці положень її середини до і після повороту алідади.

### Завдання до теми

*Завдання 1.* Визначити середню ціну поділки рівня теодоліта

Установлюємо теодоліт на спеціальній підставці, що вмонтована на підлозі лабораторії. Перевіряємо і якщо необхідно, юстуємо рівень при алідаді горизонтального кола. За рівнем приводимо лімб у горизонтальне положення. Установлюємо алідаду так, щоб зорова труба була перпендикулярна до напрямку між точками опори двох піднімальних гвинтів А та В (рис.10), при цьому рівень у теодолітів типу Т2 і Т15 виявиться рівнобіжним, а у теодолітів типу Т30 – перпендикулярним до напрямку між цими гвинтами.

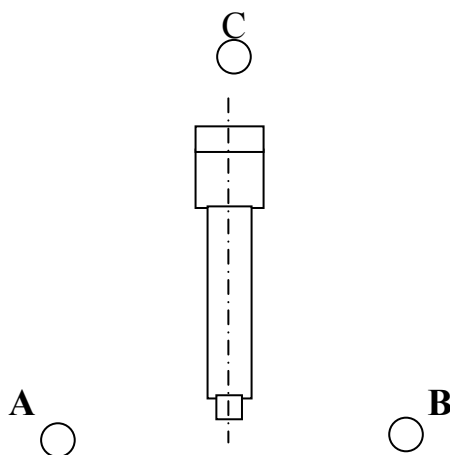


Рис.10 – Схема розташування труби теодоліта

щодо його піднімальних гвинтів з нахилом лімба на кут  $V$

Лімб нахиляємо таким чином. У напрямку візування труби знаходимо сигнал, на який наводимо трубу горизонтальною ниткою. Сигналом може бути будь-яка точка. Беремо відлік по вертикальному колу  $\varphi_1$ . Потім навідним гвинтом труби встановлюємо відлік:

$$\varphi_2 = \varphi_1 \pm 57,3'; \quad (1.4)$$

$$\varphi_2 = 166^\circ 07,5' + 57,3' = 167^\circ 04,8'.$$

Користуючись третім піднімальним гвинтом С (див. рис. 10), повертаємо горизонтальну нитку труби на сигнал. Складаємо схему поділок ампули і нумеруємо штрихи (рис. 11).

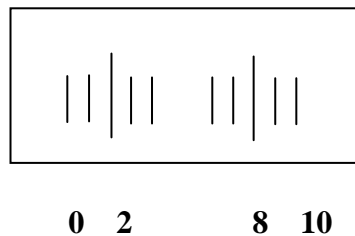


Рисунок 11 – Схема поділок ампули

Установити алідаду так, щоб рівень виявився рівнобіжним напрямку між піднімальними гвинтами А та В (рис. 12). Обертанням алідади привести бульбашку рівня в крайнє ліве положення, при якому ще можна взяти відлік по обох кінцях бульбашки. При цьому відлік по горизонтальному колу  $\alpha_1$  для зручності встановити кратним 10'. Зняти відліки  $L_1$  і  $\Pi_1$  по кінцях бульбашки до 0,1 ділення і записати в журнал спостережень (табл. 2). Виміряти температуру повітря.

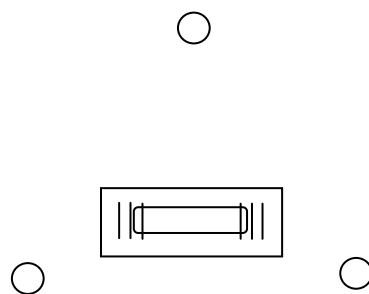


Рисунок 12 – Схема розташування рівня під час його випробування

Раціональний інтервал  $\Delta\alpha = 20'$  поворотів алідади, що відповідає зсуву бульбашки на 0,8–1 поділки, округляємо його до величини, кратної  $10'$ .

Повертаємо алідаду так, щоб бульбашка рухалася вправо і встановлюємо відліки по горизонтальному колу:

$\alpha_2 = \alpha_1 + \Delta\alpha$ ,  $\alpha_3 = \alpha_2 + \Delta\alpha, \dots, \alpha_n = \alpha_{n-1} + \Delta\alpha_i$  і беремо відповідно відліки  $L_2$  і  $P_2$ ,  $L_3$  і  $P_3, \dots, L_n$  і  $P_n$ . Коливання в довжині бульбашки повинні бути не більш 0,2 поділки.

З досягненням правим кінцем бульбашки крайнього положення, за якого ще можна взяти відлік, робимо зворотний хід, установлюючи алідаду на відліках  $\alpha_n$ ,  $\alpha_{n-1}$ ,  $\alpha_{n-2}$ , ...  $\alpha_1$ ... Результати спостережень записують у журнал (табл. 3). Наприкінці спостережень знову вимірюємо температуру.

Визначаємо середню ціну поділки:  $\tau_{сер} = \frac{[\tau_i]}{n}$ .

Таблиця 2 – Журнал вимірювань

Відлік		Довжи на бульбашки	Положення середини	Зрушення бульбашки	Ціна поділки	$\delta$	$\delta\delta$	
За лімбом	За рівнем							
$\alpha$	Л	П	П - Л	$a = \frac{Л + П}{2}$	$\Delta a = a_{i+1} - a_i$	$\tau = \frac{\Delta\beta}{\Delta a}$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>1 Бульбашка рухається вправо</b>								
307 <sup>0</sup> 20'	0,1	5,9	5,8	3				
307 <sup>0</sup> 00'	0,5	6,1	5,6	3,3	0,3	100	20,16	406,42
306 <sup>0</sup> 40'	0,9	6,5	5,6	3,7	0,4	75	-4,84	23,4256
306 <sup>0</sup> 20'	1,2	7,0	5,8	4,1	0,4	75	-4,84	23,4256
306 <sup>0</sup> 00'	1,9	7,3	5,4	4,6	0,5	60	-4,84	393,62
305 <sup>0</sup> 40'	2,0	7,9	5,9	4,95	0,35	85,71	5,87	34,507
305 <sup>0</sup> 20'	2,5	8,1	5,6	5,3	0,35	85,71	5,87	34,507
305 <sup>0</sup> 00'	2,9	8,6	5,7	5,75	0,45	66,67	-13,17	173,53
304 <sup>0</sup> 40'	3,1	9,0	5,9	6,05	0,3	100	20,16	406,42
304 <sup>0</sup> 20'	3,7	9,2	5,5	6,45	0,4	75	-4,84	23,42
304 <sup>0</sup> 00'	4,0	9,8	5,8	6,9	0,45	66,67	-13,17	173,53
						789,76		1685,38

Продовження табл. 2

**2 Бульбашка рухається вліво**

304 <sup>0</sup> 00'	4	9,8	5,8	6,9		0		
304 <sup>0</sup> 20'	3,9	9,5	5,6	6,7	0,2	150	70,16	4922,4
304 <sup>0</sup> 40'	3,2	9	5,8	6,1	0,6	50	-29,84	890,42
305 <sup>0</sup> 00'	3	8,8	5,8	5,9	0,2	150	70,16	4922,2
305 <sup>0</sup> 20'	2,6	8,1	5,5	5,35	0,55	54,55	-25,29	639,84
305 <sup>0</sup> 40'	2,2	8	5,8	5,1	0,25	120	40,16	1612,2
306 <sup>0</sup> 00'	1,9	7,5	5,6	4,7	0,4	75	-4,84	23,42
306 <sup>0</sup> 20'	1,4	7	5,6	4,2	0,5	60	-4,84	393,62
306 <sup>0</sup> 40'	1	6,6	5,6	3,8	0,4	75	-4,84	23,42
307 <sup>0</sup> 00'	0,8	6,1	5,3	3,45	0,35	85,71	5,87	34,50
307 <sup>0</sup> 20'	0,1	5,9	5,8	3	0,45	66,67	-13,17	173,53
						886,93		12857

Приклад:

Визначаємо середню ціну поділки:  $\tau_{сер} = \frac{[\tau_i]}{n}$ , де:  $[\tau_i]$  – сума всіх значень

ціни поділки рівня, отриманих у прямому і зворотному ходах;  $n$  – кількість визначень ціни поділки рівня;

$$\delta_i = \tau_i - \tau_{сер}$$

$$\tau_{сер} = \frac{789,76 + 886,93}{21} = 79,84$$

**Завдання 2** Визначити середню квадратичну похибку окремого та середнього значень і зробити необхідні висновки.

Середні квадратичні похибки:

– окремого значення  $m = \sqrt{\frac{[\delta\delta]}{n-1}}$  ;

– середнього значення  $M = \frac{m}{\sqrt{n}}$  ,

де  $[\tau_i]$  – сума всіх значень ціни поділки рівня, отриманих у прямому та зворотному ходах;  $n$  – кількість визначень ціни поділки рівня;  $\delta_i = \tau_i - \tau_{сер}$ ,  $\Delta\beta = 30''$ .

Приклад:

*середні квадратичні похибки:*

– окремого значення:  $m = \sqrt{\frac{[\delta\delta]}{n-1}}$ ;  $m = \sqrt{\frac{14538,12}{21}} = 26,31''$ ;

– середнього значення:  $M = \frac{m}{\sqrt{n}}$ ;  $M = \frac{26,31}{\sqrt{22}} = 5,61''$ .

Висновок:  $\tau_{сер}$  – цього приладу не відповідає прийнятій нормі для теодолітів типу Т30 (значення не повинне перевищувати 45''). Середньоквадратична похибка  $M$  виходить за допустимі межі. Отже, якість шліфування не відповідає вимогам, які висувають для рівнів цього типу, що, у свою чергу, впливає на чутливість рівня. З усього вищезгаданого можна зробити висновок, що користуватися таким приладом не рекомендується через несправність рівня.

### Контрольні питання

1. Методи випробовування рівнів
2. Сутність методу похилого лімба.
3. Порядок дослідження рівня методом поворотів аліади.
4. Схема ділень ампули циліндричного рівня.
5. Які показники визначаються в процесі випробовування рівнів?
6. Як визначити середню квадратичну похибку рівня?
7. Чим характеризується якість шліфування ампули рівня?
8. Що називають ціною поділки рівня?
9. Що називають порогом чутливості рівня?
10. Як визначити чутливість рівня?

**Література:** [1, с. 141–148; 2; 6, с. 92–97; 8; 10, с. 105–114].

### Практична робота № 3

#### Тема: Перевірки та дослідження нівелірних рейок

**Мета роботи:** навчитися оцінювати придатність нівелірних рейок для роботи в польових умовах і забезпечення їх використанням необхідного класу точності нівелювання.

**Прилади й устаткування:** нівелірні шашкові та інварні рейки, лінійка Дробишева, масштабна лінійка, циркуль-вимірювач, тонкий металевий дріт або нитка.

#### Короткі теоретичні відомості

Рейки, як і нівеліри, поділяються за класами точності. Їх перевіряють і досліджують у закритому приміщенні, куди їх заносять разом з допоміжним устаткуванням за дві години до початку вимірювань.

Щоб зробити висновок про придатність нівелірних рейок комплекту для роботи в польових умовах і забезпечення їх використанням необхідного класу точності нівелювання, необхідно виконати перевірки та дослідження рейок, а саме:

- визначити середню довжину одного метра кожної рейки комплекту;
- визначити похибки дециметрових поділок рейок;
- визначити різниці висот нулів червоного та чорного боків рейок;
- визначити прогин рейки;
- визначити середню довжину нівелірної рейки.

#### Завдання до теми

*Завдання 1.* Визначити середню довжину одного метра кожної рейки комплекту

Досліджуються дві рейки комплекту.

Укладають рейку так, щоб її кінці не провисали і за допомогою контрольної лінійки двічі, у прямому та зворотному напрямках, вимірюють довжини відрізків між поділками 1–10, 10–20, 20–30 дм.

За результатами досліджень знаходять середню довжину метра кожної з пари рейок. Допустима різниця між середньою довжиною метра пари рейок комплекту дорівнює 1,5 мм. Зробити необхідний висновок.

*Завдання 2.* Визначити похибки дециметрових поділок рейок.

Дослідження виконують за допомогою еталонної міліметрової штрихової лінійки, нуль якої спочатку суміщують з нульовою поділкою рейки. Вимірюють так всі дециметрові поділки в прямому та зворотному напрямках.

Помилки дециметрових поділок шкал рейок для нівелювання I класу не повинні перевищувати – 0,10 мм, для нівелювання II класу – 0,20 мм. Якщо дециметрові поділки рейки розходяться з дециметровими поділками контрольної лінійки не більше  $\pm 0,5$  мм для рейок четвертого класу і  $\pm 1$  мм для рейок технічних робіт, то умова виконана.

Виправлення. Якщо ці похибки перевищують указані межі, то рейками користуватися не можна, їх потрібно замінити на рейки з відповідними граничними похибками. Зробити необхідний висновок.

*Завдання 3.* Визначити різниці висот нулів червоної та чорної сторін рейок.

На відстані 20 м від нівеліра встановлюють прямовисно рейку і беруть відліки за чорним і червоним боками. Таких визначень роблять чотири і як остаточний результат беруть середнє значення з усіх отриманих значень різниць. Зробити висновок щодо різниці висот нулів між боками рейки.

*Завдання 4.* Визначити прогин.

Рейку вкладають горизонтально на бокове ребро та між її кінцями з вигнутого боку рейки натягують нитку або тонкий металевий дріт. За допомогою лінійки з міліметровими поділками вимірюють відстані  $a_1, a_2, a_3$  від рейки до поверхні рейки біля поділок 1, 15, 29 на чорному боці, або 48, 63, 76 – на червоному боці – для шашкових рейок, а для інварних – біля поділок 02, 30, 58.

Прогин рейки вираховують за формулою:



$$f = a_2 - \frac{a_1 + a_3}{2} \quad (1.5)$$

Для шашок дерев'яних рейок прогин не повинен бути більше ніж 10 мм, а для інварних – 5 мм. Прогин рейок визначають перед початком робіт і один раз на місяць під час робіт.

Якщо за час робіт прогин рейки почав наближатися до 10 мм (або 5 мм – для інварних), то на час перерви в роботі (на ніч) рейку укладають на опори під її серединою (рис. 13,в) або з країв (рис. 13,г).

Зробити висновок щодо допустимого прогину нівелірної рейки.

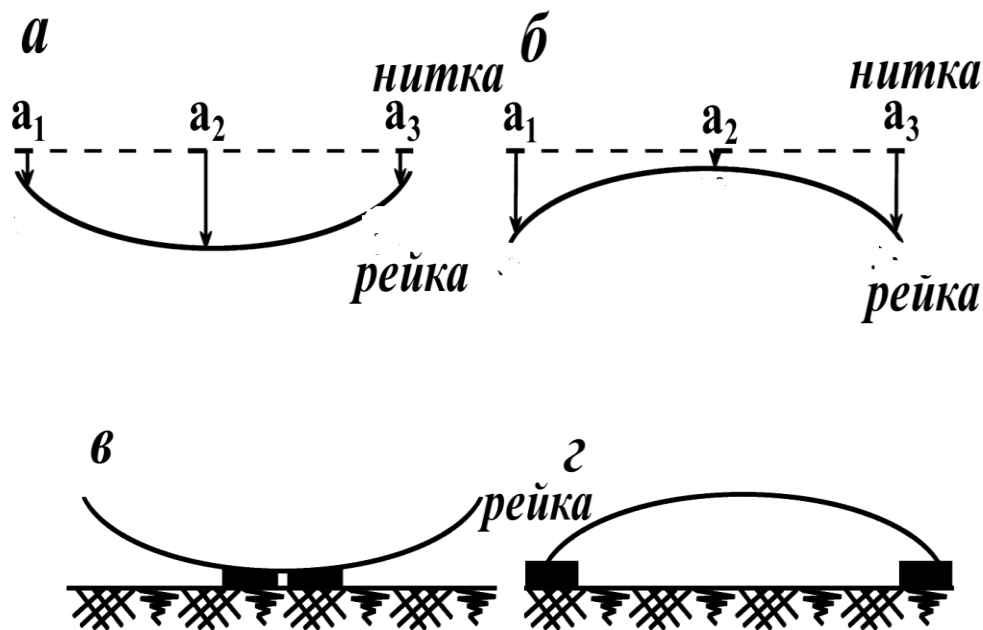


Рисунок 13 – Прогин рейки і його виправлення

**Завдання 5.** Визначити середню довжину нівелірної рейки.

Для цього зіставляють нульовий штрих нівелірної рейки з нульовим штрихом шкали лінійки Дробишева (як еталонної) і роблять вимірювання розмірів кожні 5 дм двічі, за чорним та червоним боками шашкової рейки. Невідповідність штрихів на нівелірній рейці з лінійкою Дробишева перевіряють за допомогою вимірювального циркуля та масштабної лінійки. Результати вимірювань заносять у журнал спостережень. Підсумовуємо середні значення

кожних 5 дм за чорним і червоним боками окремо та визначаємо середню довжину рейки за кожним з боків. Середнє значення між ними вказуватиме на довжину рейки.

Таблиця 3 – Журнал спостережень відхилень від номіналу

Рейка марки \_\_\_\_\_ №

№	0-50		50-100		100-150		.....		.....	
	$\pm\Delta$	$\pm\Delta_{\text{сер}}$	$\pm\Delta$	$\pm\Delta_{\text{сер}}$	$\pm\Delta$	$\pm\Delta_{\text{сер}}$	$\pm\Delta$	$\pm\Delta_{\text{сер}}$	$\pm\Delta$	$\pm\Delta_{\text{сер}}$
За чорним боком рейки										
1										
2										
За червоним боком										
3										
4										
Реальна довжина кожної вимірюваної відстані										
За чорним боком										
5										
За червоним боком										
6										

За результатами спостережень необхідно зробити висновок щодо середньої довжини рейки.

### Контрольні питання

1. Як поділяють рейки за класами точності?
2. Класифікація та марки рейок.
3. Порядок визначення похибок дециметрових ділень рейки.
4. Порядок визначення середньої довжини одного метра шашкової рейки комплекту.
5. Як визначити різниці висот нулів червоним та чорним боками рейок?
6. Як визначити прогин рейки?

7. Які допуски встановлюють щодо прогину рейок?
8. Порядок визначення середньої довжини нівелірної рейки.

**Література:** [1, с. 320–329; 4; 5; 6, с. 345–350; 10, с. 72–75].

## **1 КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ**

Практична робота – одна з форм роботи студента в лабораторії під керівництвом викладача, метою якої є поглиблене дослідження конкретних тем, що є складовими навчальної дисципліни, у межах якої виконується робота. Кінцевим етапом виконання роботи є отримані результати і їх захист.

Під час оцінюванні враховують низку складових, зокрема:

- своєчасність виконання завдань практичної роботи;
- оформлена звітність згідно з метою та завданнями роботи;
- аргументовані висновки за результатами роботи;
- уміння студента якісно подати результати роботи.

<i><b>Практичні роботи</b></i>			
№	Тема	Оцінювання	Бал
1	Вивчення теодолітів різних типів, основних видів відлікових пристроїв, методики їх відлічування	Виконання роботи Захист звіту	2
2	Дослідження рівня	Виконання роботи Захист звіту	2
3	Перевірки та дослідження нівелірних рейок	Виконання роботи Захист звіту	2
	Усього		6

Порядок перерахунку рейтингових показників 100-бальної системи в національну шкалу оцінювання знань і європейську шкалу ECTS.

### Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
90–100	A	Відмінно
82–89	B	Добре
74–81	C	
64–73	D	Задовільно
60–63	E	
35–59	FX	Незадовільно, з можливістю повторного складання
0–34	F	Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням навчальної дисципліни

### Розподіл балів, що отримують студенти

Вид контролю	Бали	
	Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Лекції	Відвідування – 7 балів Конспект – 3 бали <b>Усього – 10 балів</b>	Відвідування – 6 балів Конспект – 4 бали <b>Усього – 10 балів</b>
Робота на практичних і лабораторних заняттях	20 балів <b>Усього – 20 балів</b>	20 балів <b>Усього – 20 балів</b>
Поточний контроль	Виконання модульних контрольних робіт: контр. робота № 1 – 25 балів; контр. робота № 2 – 25 балів <b>Усього – 50 балів</b>	Виконання індивідуального завдання згідно з варіантом (контрольна робота) – 50 балів <b>Усього – 50 балів</b>
Підсумковий іспит	<b>Усього – 20 балів</b>	<b>Усього – 20 балів</b>
<b>Усього</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Шевченко Т. Г., Мороз. О. І., Тревого І. С. Геодезичні прилади. Львів: Національний університет «Львівська політехніка», 2006. 458 с.
2. Костецька Я. М. Геодезичні прилади. Електронні геодезичні прилади. Львів: ІЗМН, 2000. Ч. II. 324 с.
3. Могильний С. Г., Войтенко С. П. Геодезія. Ч. I. Чернігів, 2002. 612 с.
4. Большаков В. Д., Левчук Г. П. Справочник геодезиста. М.: Недра, 1985. Кн. 1. 198 с.
5. Большаков В. Д., Левчук Г. П. Справочник геодезиста. М.: Недра, 1985. Кн. 2. 212 с.
6. Ващенко В., Літинський В., Перій С. Геодезичні прилади та приладдя. Львів: Євросвіт, 2003. 160 с.
7. Литвинов Б. А., Лобачёв В. М., Воронков Н. Н. Геодезическое инструментоведение. М.: Недра, 1971. 417 с.
8. Ямбаев Х. К. Специальные приборы для инженерно-геодезических работ. М.: Недра, 1990. 267 с.
9. Захаров А. И. Геодезические приборы: справочник. М.: Недра, 1989. 235 с.
10. Тревого І. С. Геодезичні прилади: практикум. Львів: Львівська політехніка, 2007. 196 с.
11. Спиридонов А. И. Справочник-каталог геодезических приборов. М.: Недра. 1984. 167 с.

Методичні вказівки щодо виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Геодезичні прилади» для студентів денної та заочної форм навчання зі спеціальності 193 – «Геодезія та землеустрій» освітнього ступеня «Бакалавр»

Укладач старш. викл. Л. М. Козарь

Відповідальний за випуск проф. В. В. Артамонов

Підп. до др. \_\_\_\_\_. Формат 60×84 1/16. Папір тип. Друк ризографія.  
Ум. друк. арк. \_\_\_\_\_. Наклад \_\_15\_\_ прим. Зам. № \_\_\_\_\_. Безкоштовно.

Редакційно-видавничий відділ  
Кременчуцького національного університету  
імені Михайла Остроградського  
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600