

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет водного господарства та  
природокористування  
Навчально-науковий інститут агроекології та землеустрою  
Кафедра геодезії та картографії

**05-04-98**

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни  
«Геодезичні прилади з основами метрології та стандартизації»  
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня  
за освітньо-професійною програмою «Геодезія та землеустрій»  
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»  
денної та заочної форм навчання  
Частина I. Оптичні геодезичні прилади. Метрологія

Рекомендовано  
науково-методичною радою з якості  
навчально-наукового інституту  
агроекології та землеустрою  
Протокол № 7 від 14.04.2020 р.

Рівне – 2020

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Геодезичні прилади з основами метрології та стандартизації» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Геодезія та землеустрій» спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» Частина I. Оптичні геодезичні прилади. Метрологія [Електронне видання] / Трохимець С. М., Янчук О. Є., Німкович Р. С. – Рівне : НУВГП, 2020. – 44 с.

Укладачі: Трохимець С. М., ст. викладач кафедри геодезії та картографії НУВГП;  
Янчук О. Є., к.т.н., доцент кафедри геодезії та картографії НУВГП;  
Німкович Р. С., ст. лаборант кафедри геодезії та картографії НУВГП.

Відповідальний за випуск: Янчук Р. М. – к.т.н. доцент,  
завідувач кафедри геодезії та картографії.  
НУВГП

Керівний групи забезпечення  
спеціальності

Мошинський В. С.

© Трохимець С. М.,  
Янчук О. Є.,  
Німкович Р. С., 2020  
© НУВГП, 2020

## Зміст

ВСТУП.....	4
<i>Лабораторна робота №1.</i> Типи відлікових пристроїв. Будова точних теодолітів.....	5
<i>Лабораторна робота №2.</i> Центрування. Перевірка оптичного центра.....	10
<i>Лабораторна робота №3.</i> Будова високоточних нівелірів. Визначення перевищень.....	12
<i>Лабораторна робота №4.</i> Визначення ціни поділки шкали відлікового мікрометра нівеліра.....	16
<i>Лабораторна робота №5.</i> Визначення середньої довжини метрового інтервалу шашкової рейки .....	18
<i>Лабораторна робота №6.</i> Дослідження нівелірів з компенсаторами.....	20
<i>Лабораторна робота №7.</i> Визначення діапазону дії компенсатора.....	22
<i>Лабораторна робота №8.</i> Одиниці вимірювання різних систем та їх взаємне перетворення.....	23
<i>Лабораторна робота №9.</i> Метрологічна повірка нівеліра. Визначення середньоквадратичної похибки вимірювання перевищення на станції.....	32
<i>Лабораторна робота №10.</i> Оформлення результатів метрологічної повірки нівеліра .....	36
Додатки.....	39
Список використаної літератури.....	44

## Вступ

Методичні вказівки складено відповідно до програми навчальної дисципліни «Геодезичні прилади з основами метрології та стандартизації» і призначено для студентів спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» денної та заочної форм навчання.

Лабораторні роботи складаються з двох блоків: будова та дослідження оптичних теодолітів і нівелірів та метрологічна повірка і атестація геодезичних приладів.

Лабораторні роботи з дисципліни мають за мету ознайомити студентів з будовою основних оптичних геодезичних приладів, навчити виконувати вимірювання, перевірки та дослідження, визначати інструментальні помилки, проводити атестацію геодезичних приладів.

Для реалізації завдань лабораторних робіт застосовується широкий спектр технічного обладнання. Заняття проводяться в спеціалізованих лабораторіях або у польових умовах. Вивчення будови приладу та підготовку бланків таблиць, журналів студенти виконують перед проведенням лабораторної роботи в процесі самостійної підготовки до заняття.

## Лабораторна робота №1

### Типи відлікових пристроїв. Будова точних теодолітів

Мета роботи: вивчити будову точних теодолітів та призначення всіх гвинтів. Навчитись знімати відліки з різних типів відлікових пристроїв.

Основні відомості: Згідно ДСТУ 8955:2019 за точністю теодоліти поділяють на високоточні, точні та технічні, які в свою чергу поділені на класи точності залежно від величини СКП вимірювання горизонтального кута одним прийомом (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Класи точності теодолітів

Клас точності	Високоточні		Точні		Технічні
	A05	A1	B2	B3	C5
СКП вимірювання горизонтального кута одним прийомом, "...", не більше	0,5; 1	1,5; 2	3; 4; 5; 6	7; 8; 9; 10	15; 20; 30

### Будова точних теодолітів

Нагадаємо, що будь-який теодоліт складається з таких основних вузлів: підставка (трегер), алідадна частина, зорова труба. На рисунку 1.1 наведено будову теодоліта 2Т2.

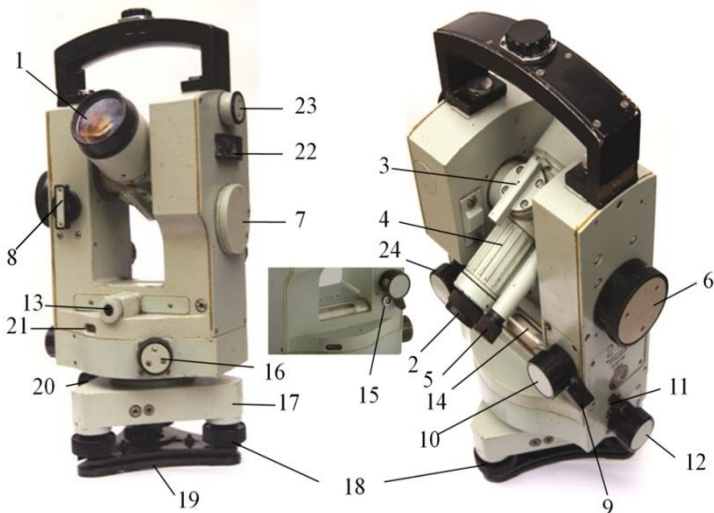


Рис. 1.1. Будова теодоліта 2Т2

1 – об’єктив; 2 – окуляр; 3 – візирка на трубі (для грубого візування); 4 – кремальєра; 5 – мікроскоп для взяття відліків; 6 – гвинт оптичного мікрометра; 7 – дзеркальце для освітлення поля зору мікроскопа; 8 – перемикач кругів (ГК та ВК); 9 – закріпний гвинт ВК; 10 – навідний гвинт ВК; 11 – закріпний гвинт ГК; 12 – навідний гвинт ГК; 13 – оптичний центрир; 14 – циліндричний рівень; 15 – юстувальний гвинт циліндричного рівня; 16 – гвинт для зміщення лімба; 17 – підставка (трегер); 18 – піднімальні гвинти; 19 – пружна пластинка; 20 – закріпний гвинт трегера; 21 – віконце з підписами градусів лімба; 22 – контактний рівень при ВК; 23 – віконце для зведення кінців бульбашки контактного рівня при ВК; 24 – елеваційний гвинт рівня при ВК.

Теодоліт **Theo 010 В** аналогічний за точністю до теодоліта 2Т2, але має ряд конструктивних особливостей. Будову теодоліта **Theo 010 В** представлено на рисунку 1.2.

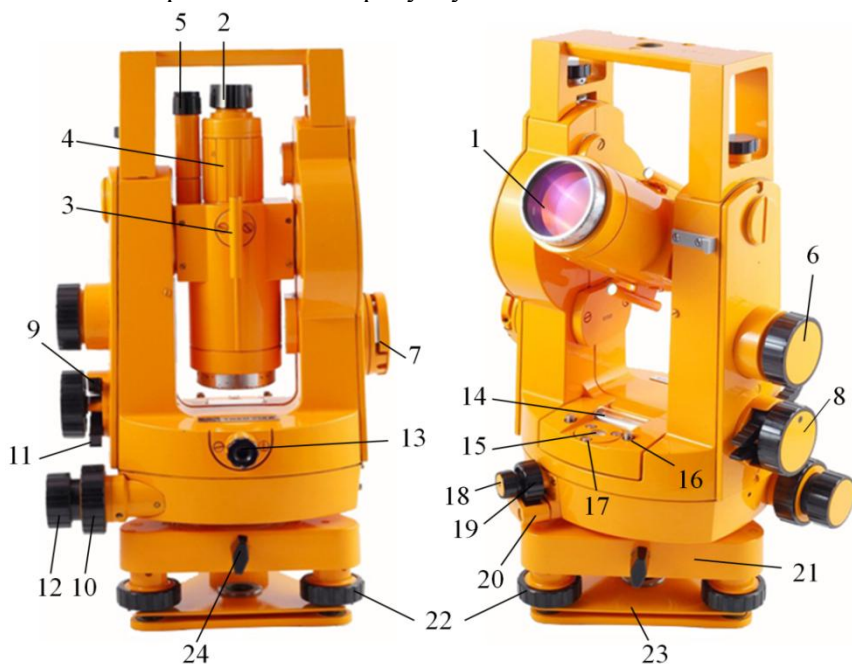


Рис. 1.2. Будова теодоліта Theo 010 В

1 – об’єктив; 2 – окуляр; 3 – візирка на трубі (для грубого візування); 4 – кремальєра; 5 – мікроскоп для взяття відліків; 6 –

гвинт оптичного мікрометра; 7 – дзеркальце для освітлення поля зору мікроскопа; 8 – перемикач кругів (ГК та ВК); 9 – закріпний гвинт ВК; 10 – навідний гвинт ВК; 11 – закріпний гвинт ГК; 12 – навідний гвинт ГК; 13 – оптичний центрир; 14 – циліндричний рівень; 15 - круглий рівень; 16 – юстувальні гвинти циліндричного рівня; 17 – юстувальні гвинти круглого рівня; 18 – гвинт для зміщення лімба; 19 – навідний гвинт лімба; 20 – фіксатор гвинта для зміщення лімба; 21 – підставка (трегер); 22 – піднімальні гвинти; 23 – пружна пластинка; 24 – закріпний гвинт трегера.

### Взяття відліків з різних типів відлікових пристроїв

У сучасних оптичних теодолітах розрізняють такі основні типи відлікових пристроїв: *штрихові, шкалові мікроскопи* (в технічних) та *оптичні мікрометри* (в точних та високоточних).

**Штрихові: Т30.** Відлік береться за допомогою штриха, який в полі зору є нерухомим (насправді обертається разом з аліадою відносно нерухомого лімба). Поле зору мікроскопа зображене на рис. 1.3.

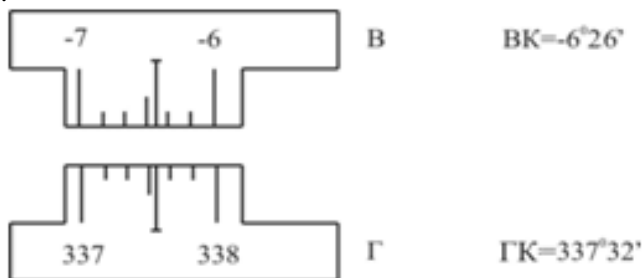


Рис. 1.3. Поле зору мікроскопа теодоліта Т30

**Шкалові: ОТШ, 2Т30.** Взяття відліку відбувається за допомогою допоміжної шкали, розмір якої відповідає відстані між сусідніми штрихами лімба. Для 2Т30 це шкала, яка розділена на 6 інтервалів (по 10') довгими штрихами, а кожен із цих інтервалів розділений ще на два (по 5') короткими штрихами. На краях шкали є цифри 0 та 6 (додатково -0 та -6 для ВК), що відображають десятки мінут (рис. 1.4). Индексом, за яким беруть відлік, є штрих з цифрою, що відображає ціле число градусів. Поле зору мікроскопа теодолітів 2Т30 та ОТШ зображене на рис. 1.4, 1.5.

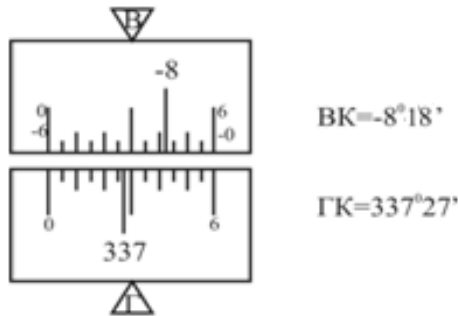


Рис. 1.4. Поле зору мікроскопа теодоліта 2Т30

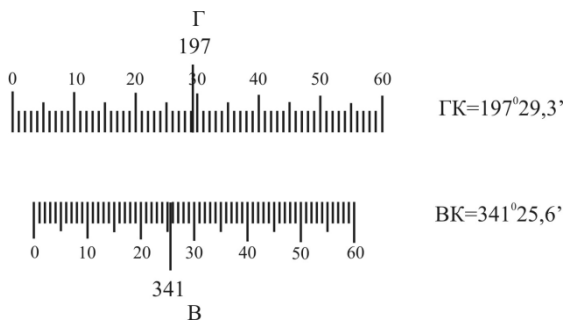


Рис. 1.5. Поле зору мікроскопа теодоліта ОТШ

**Оптичні мікрометри:** ТТ4, 2Т2, Theo 010 В, ТБ-1. Особливістю таких теодолітів є оптичний мікрометр за допомогою якого суміщаються протилежні штрихи лімба. Оптичний мікрометр має шкалу від 0 до 10' з ціною поділки 1'' (для ТТ4 від 0 до 20' з ціною поділки 10'').

**Приступати до взяття відліку можна тільки після суміщення штрихів гвинтом оптичного мікрометра!**

При вимірюванні зенітних віддалей (кутів, доповнювальних до 90°) деякими теодолітами (наприклад 2Т2, ТТ4) крім того, потрібно елеваційним гвинтом рівня при ВК звести «параболу» і лише тоді брати відлік.

Поле зору теодолітів 2Т2, ТБ-1 та Theo 010 В зображене на рис. 1.6, 1.7, 1.8 відповідно.

**2Т2:** для взяття відліку, потрібно під числом градусів визначити кількість десятків мінут, а за мікрометром – кількість одиниць мінут та секунд.



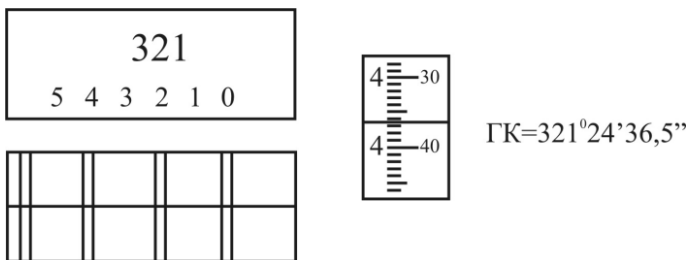


Рис. 1.6. Поле зору теодоліта 2Т2 (2Т2А)

**ТБ-1:** десятки мінут визначаються кількістю інтервалів між числом градусів  $A$  (зверху) та  $A+180^0$  (знизу). Далі так, як у 2Т2.

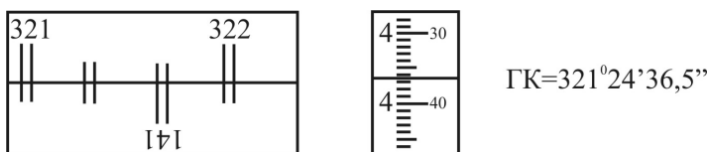


Рис. 1.7. Поле зору теодоліта ТБ-1

**Theo 010 В:** покази десятків мінут знімаються з одного із двох віконць, розміщених за діагоналлю. Кількість одиниць мінут та секунд знімаються за шкалою мікрометра.

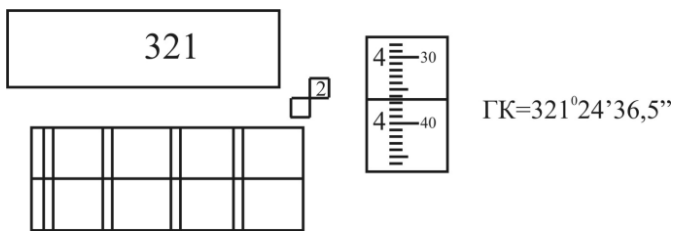


Рис. 1.8. Поле зору теодоліта Theo 010 В

**ТТ4:** для взяття відліку потрібно оптичним мікрометром ввести в бісектор найближчий штрих лімба. Відлік складається з двох частин, які потрібно додати: 1) градуси та міноти з лімба; 2) міноти та секунди з мікрометра (рис. 1.9).

В кінці заняття студент повинен мати в зошиті рисунки теодолітів 2Т2 та Theo 010 В з підписаними елементами та рисунки поля зору теодолітів 2Т2, Theo 010 В, ТБ-1, ТТ4, ОШ, ТЗ0 з підписаними відліками.

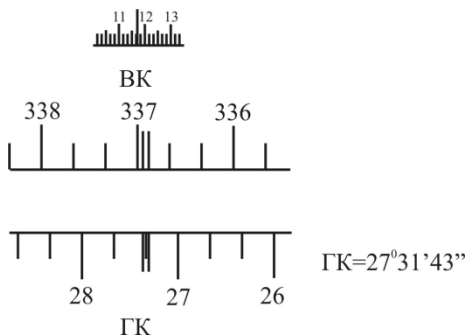


Рис. 1.9. Поле зору теодоліта ТТ4

## Лабораторна робота №2 Центрування. Перевірка оптичного центра

Мета роботи: навчитись центрувати теодоліт за допомогою оптичного центра та виконувати перевірку центра.

Основні відомості. Центрування – це встановлення вертикальної осі приладу на одній прямовисній лінії з вершиною кута. Є два способи центрування теодоліта оптичним центром.

Перший спосіб: 1) дивлячись в оптичний центр, ставлять штатив з теодолітом приблизно над точкою так, щоб головка штатива була горизонтальною і точка знаходилась в полі зору центра (чіткість кіл регулюється обертальним рухом центра, чіткість зображення точки – поступальним); 2) ніжки штатива міцно всаджуються в землю; 3) піднімальними гвинтами точно наводять центр внутрішнього кола на точку; 4) встановлюють циліндричний рівень паралельно двом ніжкам штатива та виводять бульбашку рівня на середину піднімаючи або опускаючи відповідну ніжку, поки бульбашка буде відхилитись від середини не більше як на одну-дві поділки; 5) повертають прилад на  $90^\circ$  у напрямку третьої ніжки та виводять нею бульбашку на середину; 6) повторюємо дії п. 4)-5) доки бульбашка циліндричного рівня залишатиметься на середині в межах однієї-двох поділок; 7) перевіряють чи знаходиться центр внутрішнього кола на точці, якщо ні, то піднімальними гвинтами підводять центр кола до точки і ніжками штатива продовжують виведення бульбашки на середину.

*Примітка: при неможливості ніжками штативу вивести бульбашку циліндричного рівня на середину (в межах однієї-двох поділок), можна довести в робоче положення піднімальними гвинтами, пам'ятаючи при цьому, що точка трохи зійде з центра внутрішнього кола. Тому після закінчення центрування потрібно оцінити це розходження і вирішити чи достатня точність такого центрування. При необхідності повторити центрування.*

Другий спосіб: п. 1)-2) першого способу повторюють; 3) циліндричним рівнем приводять теодоліт в робоче положення; 4) послабити становий гвинт і поступально перемістити теодоліт на штативі до суміщення центра внутрішнього кола центрира із зображенням точки; 5) якщо бульбашка зійшла з середини, тоді знову привести теодоліт в робоче положення; 6) п. 4), 5) повторюють до виконання двох умов: зображення точки в центрі внутрішнього кола та бульбашка на середині при довільних поворотах алідади.

### **Перевірка оптичного центрира**

Умова: вісь оптичного центрира повинна співпадати з віссю обертання приладу.

Виконання. Залежно від конструкції теодоліта оптичний центрир може бути вбудованим в алідадній частині приладу або в трегері. У першому випадку перевірка оптичного центрира виконується наступним чином. Теодоліт приводиться в робоче положення на висоті близько 1,5 м. На поверхні (підлозі) під штативом закріплюється папір на якому відмічається положення центра внутрішнього кола. Повертають алідаду на  $60^{\circ}$  та знову відмічають положення центра. Так роблять через кожні  $60^{\circ}$ . На папері вималюється еліпс з шести точок (рис.2.1). Його діаметр потрібно порівняти з діаметром внутрішнього кола. Якщо еліпс виявиться більшим, то потрібно провести юстування (виконується в майстерні).

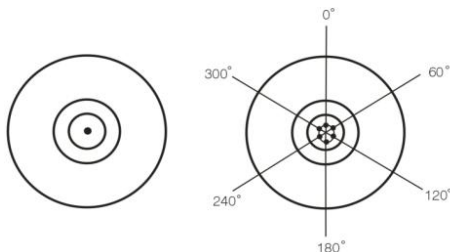


Рис. 2.1. Перевірка оптичного центрира

Для теодолітів, у яких оптичний центрир розміщений в трегері, виконання перевірки наступне. Ретельно центрують над точкою і точно встановлюють вертикальну вісь теодоліта у прямовисне положення. Окуляр оптичного центрира повинен бути встановлений на чітке зображення сітки та відфокусований на чітке зображення точки. Після цього олівцем окреслюють на верхній площині штатива контур трегера потім звільняють трохи становий гвинт і повертають підставку разом з теодолітом на  $120^{\circ}$ . Теодоліт після повороту встановлюють так, щоб контур трегера точно співпав з контуром, викресленим олівцем. Знову ретельно встановлюють вертикальну вісь теодоліта у прямовисне положення. Якщо зображення точки знаходиться в центрі внутрішнього кола, то юстування непотрібне. Якщо умова не виконується, то юстувальними гвинтами на половину дуги відхилення підводять внутрішнє коло до зображення точки. Після цього перевірку повторюють.

В кінці пари студент повинен мати листок паперу з результатами перевірки, де має бути зазначено: *ПІБ, дата, погода, марка та номер приладу, висновок про потребу в юстуванні*.

### Лабораторна робота №3

#### **Будова високоточних нівелірів. Визначення перевищень на станції нівелювання II класу**

Мета роботи: ознайомитись та вивчити будову нівелірів НА 1, Н 2 та Ні 002, навчитись брати відліки та визначати перевищення.

Основні відомості: Високоточні нівеліри використовуються для нівелювання I та II класів точності. Основним робочим елементом є плоско-паралельна пластина, що дозволяє нівелювати з точністю до десятих долей міліметрів. Детальна інформація про принцип роботи плоско-паралельної пластини подана на лекціях.

**Будова нівеліра НА 1.** Основними складовими частинами нівеліра є (рис. 3.1): 1 – окуляр; 2 – об’єктив; 3 – візирки; 4 – кремальєра; 5 – закріпний гвинт; 6 – навідний гвинт; 7 – барабан відлікового мікрометра; 8 – елеваційний гвинт; 9 – лупа для взяття відліків; 10 – підставка з піднімальними гвинтами; 11 – циліндричний контактний рівень; 12 – встановні рівні; 13 – пристрій з плоско-паралельною пластиною.

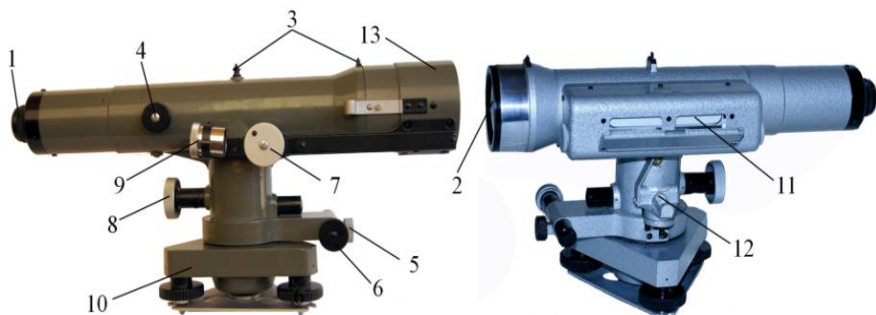


Рис. 3.1. Будова нівеліра НА 1.

**Будова нівеліра Н 2.** Основними складовими частинами нівеліра є (рис. 3.2): 1 – окуляр; 2 – об’єктив; 3 – візирка; 4 – кремальєра; 5 – елеваційний гвинт; 6 – барабан оптичного мікрометра; 7 – закріпний гвинт; 8 – навідний гвинт; 9 – підставка з піднімальними гвинтами; 10 – циліндричний контактний рівень; 11 – круглий (встанівний) рівень.

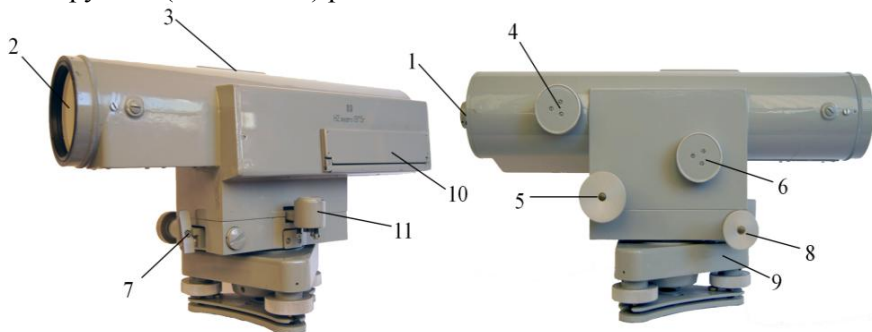


Рис. 3.2. Будова нівеліра Н 2.

**Будова нівеліра Ні 002.** Основними складовими частинами нівеліра є (рис. 3.3): 1 – об’єктив; 2 – окуляр; 3 – круглий встанівний рівень; 4 – дзеркальце круглого рівня; 5 – кремальєра; 6 – гвинт оптичного мікрометра; 7 – навідний гвинт; 8 – перемикач зміни горизонтів; 9 – піднімальний гвинт; 10 – підставка (трегер).

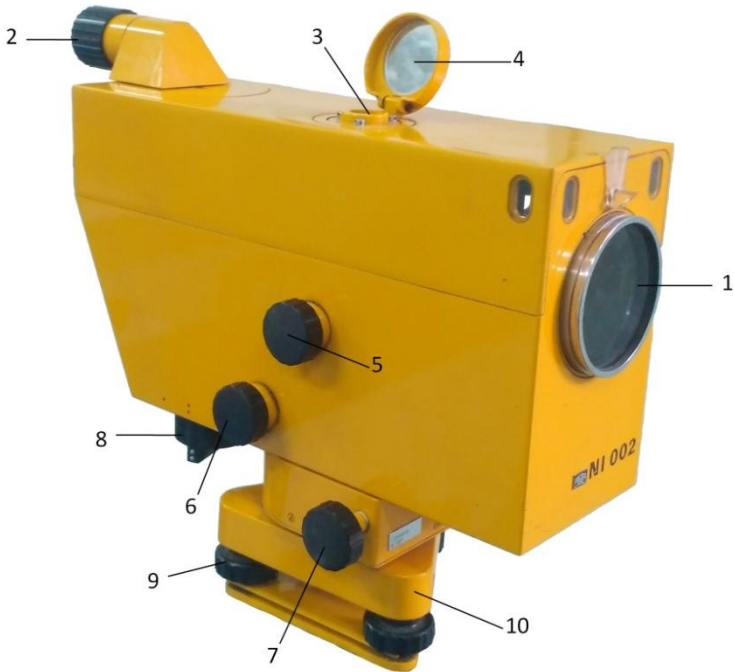


Рис. 3.3. Будова нівеліра Ni 002.

Для нівелювання I, II класів використовуються інварні рейки з ціною поділки 5 мм. Відлік виражається в поділках відлікового мікрометра та складається з двох частин (рис. 3.4): відлік з рейки  $P$  (61,4) та відлік з барабана мікрометра  $B$  (46,5). Остаточний відлік з основної шкали 61446,5 (в поділках барабана мікрометра).

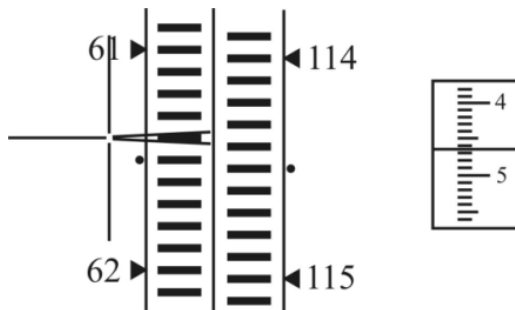


Рис. 3.4. Взяття відліку з інварної рейки та мікрометра нівеліра НА 1

Відстань між сусідніми штрихами інварної рейки складає 5 мм. Ця відстань рівна 100 поділкам барабана мікрометра. Тому ціна поділки відлікового мікрометра буде рівна 0,05 мм. Отже, щоб перевести відліки або перевищення з поділок мікрометра в міліметри, потрібно помножити на 0,05.

### **Послідовність роботи на окремії станції нівелювання II класу:**

1. Нівелір встановлюють посередині між задньою і передньою рейками, направляють зорову трубу на рейку, яка має спостерігатися першою, та приводять у робочий стан, встановивши бульбашки встановлених рівнів (рівня) на середину.
2. Наводять трубу на основну шкалу рейки, яка має спостерігатися першою. **Барабан нівеліра встановлюють на відлік 50.** Елеваційним гвинтом *наближено суміщують зображення кінців бульбашки циліндричного рівня*; після цього беруть два віддалемірних відліки з рейки, користуючись верхньою та нижньою нитками сітки.
3. Елеваційним гвинтом *точно суміщують зображення кінців бульбашки циліндричного рівня*; **обертанням барабана точно наводять бісектор на найближчий штрих основної шкали**; беруть відліки з рейки та барабану.
4. Наводять трубу на основну шкалу другої рейки й виконують усі дії, вказані у п. 2-3.
5. Навідним гвинтом наводять трубу на допоміжну шкалу другої рейки. *Зміщують циліндричний рівень обертанням елеваційного гвинта на чверть оберту; обертанням елеваційного гвинта знову точно суміщують зображення кінців бульбашки.* Повторюють решту дій перерахованих у п.3.
6. Наводять трубу на допоміжну шкалу першої рейки й діють згідно п.3.

При нівелюванні різниця перевищень на станції не повинна перевищувати: I кл. – 0,5 мм (10 поділок); II кл. – 0,7 мм (14 поділок). Допуски різниць плечей: I кл. – до 0,5 м; II кл. – до 1 м.

Якщо умова не виконується, то змінюють висоту приладу не менше як на 3 см та повторюють нівелювання на станції.

Приклад журналу нівелювання II кл. (для непарних станцій) дано в табл. 3.1. На парних станціях спостереження виконують навпаки: основна шкала – передня, задня рейки; додаткова шкала – задня, передня рейки.

Таблиця 3.1

## ЖУРНАЛ

нівелювання II класу

Дата: 25.10.2018 Нівелір НА-1 № 513545 Хід від Rp1 до Rp2Початок: 10<sup>h</sup> 30<sup>m</sup> Кінець: 10<sup>h</sup> 55<sup>m</sup> Погода: хмарно, зображення чіткеСпостерігав: О. ПетрукЗаписував: Р. Сиротюк

№ шт. № рейок	Відліки по далекомірним ниткам (1/2 мм)			Відліки по бісектору (1/2 дм)				Контроль
	З	П		Основна шкала		Додаткова шкала		
				Р	Б	Р	Б	
1	3	4	5	6	7	8	9	10
<u>1</u> <u>Rp1-Rp2</u>	1910(1)	2840(5)	З	19,8(3)	58(4)	79,0(11)	102(12)	59,244(25)
	2050(2)	2980(6)	П	29,1(7)	58(8)	88,4(9)	8(10)	59,250(26)
	140(21)	140(22)	3-П	-9,3(13)	0(14)	-9,4(16)	+94(17)	
	-9,30(24)	0/0(23)	h	-9,300 (15)		-9,306(18)		+6(19) +6(20)

**Послідовність обчислень****(21)** = (2) - (1); **(22)** = (6) - (5);**(13)** = (3) - (7); **(14)** = (4) - (8); **(15)** = (13) + (14) / 1000;**(16)** = (11) - (9); **(17)** = (12) - (10); **(18)** = (16) + (17) / 1000;**Контроль обчислень на станції****(19)** = [(15) - (18)] \* 1000 = [(26) - (25)] \* 1000 ≤ ±14;**(20)** = накопичення **(19)** за ходом;чисельник **(23)** = (21) - (22) ≤ ±20;знаменник **(23)** - накопичення нерівності плеч за ходом ≤ ±40;**(24)** = [(1) - (5) + (2) - (6)] / 2 / 1000;**(25)** = [(11) + (12) / 1000] - [(3) + (4) / 1000];**(26)** = [(9) + (10) / 1000] - [(7) + (8) / 1000].

Для переведення віддалей (21), (22) та різниці плеч (23) у метри отримані значення слід домножувати на коефіцієнт 50 та ділити на 1000. Для переведення перевищень (15), (18) у міліметри слід домножувати значення у поділках барабану мікрометра на 0,05 мм.



## Лабораторна робота №4

### Визначення ціни поділки шкали відлікового мікрометра нівеліра

Мета роботи: навчитись визначати ціну поділки відлікового мікрометра нівеліра НА 1 та знати допустимі відхилення.

Основні відомості. Барабан відлікового мікрометра має 100 поділок. Якщо барабан повернути від нульової до сотої поділки, то плоско-паралельна пластина повинна зміститись на 5 мм, що відповідає відстані між сусідніми штрихами інварної рейки. Визначення ціни поділки проводять з допомогою компарованої контрольної лінійки (шкали) з врахуванням температурних впливів та компарування самої лінійки через її рівняння довжини.

При виконанні дослідження, перед введенням штриха в бісектор ретельно суміщають кінці бульбашки контактного рівня. Відліки з барабана відлікового мікрометра беруть до 0,1 поділки. Для отримання кращої точності визначення проводять декількома прийомами. В кожному прийомі перший штрих, на який наводять бісектор повинен бути іншим.

Приклад визначення ціни поділки шкали відлікового мікрометра наведений в табл. 4.1 (для двох прийомів).

Таблиця 4.1

Визначення ціни поділки шкали відлікового мікрометра нівеліра  
Нівелір: НА 1, №16252 Дата: 20.10.19 р. Спостерігав: *Р.Німкович*

Інтервал шкали мікрометра	Штрихи лінійки, см	Відліки мікрометра		Сер. з вгвинч. вигвинч.	Різн. вгвинч. вигвинч.	Інтервал лінійки		Ціна поділки ділянки шкали, мм
		Вг-ввинч.	Ви-гвинч.			Компар $b_0, мм$	В діл., $b$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0-20	11,1	14,3	13,5	13,9	+0,8	1	19,1	0,052
20-40	11,0	33,5	32,5	33,0	+1,0	1	19,8	0,051
40-60	10,9	52,4	53,2	52,8	-0,8	1	20,1	0,050
60-80	10,8	73,3	72,5	72,9	+0,8	1	21,2	0,047
80-100	10,7	93,6	94,6	94,1	-1,0			

0-20	10,1	9,0	9,0	9,0	0,0	1	20,8	0,048
20-40	10,0	30,2	29,4	29,8	+0,8	1	19,4	0,052
40-60	9,9	49,1	49,3	49,2	-0,2	1	20,2	0,050
60-80	9,8	69,4	69,4	69,4	0,0	1	20,5	0,049
80-100	9,7	90,2	89,6	89,9	+0,6			

Нижче наведено середні значення для кожного з інтервалів та загальне середнє ціни поділки (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Середні значення для кожного з інтервалів та загальне середнє ціни поділки

0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	Загальне середнє
	0,050	0,052	0,050	0,048	0,050
	0,000	+0,002	0	-0,002	

У висновку потрібно визначити максимальне відхилення ціни поділки від загального середнього (останній рядок табл. 4.2) та середню різницю вгвинчування-вигвинчування і порівняти їх допустимими значеннями, наведеними нижче.

Допустимі значення: максимальне відхилення ціни поділки від загального середнього **0,0025 мм**; середня різниця вгвинчування-вигвинчування  $\pm 1,0$  поділка.

#### Лабораторна робота №5

### Визначення середньої довжини метрового інтервалу шашкової рейки

Мета роботи: виконати компарування нівелірної шашкової рейки та визначити середню довжину її метрового інтервалу.

Основні відомості. Компарування – порівняння значення величини з еталоном. Компарування рейки виконується контрольною лінійкою, яка виготовлена з латуні. Для врахування температурних впливів та компарування самої лінійки на футлярі лінійки записане її рівняння довжини  $l$ . Перед початком

компарування потрібно записати в зошит номер лінійки та її рівняння, а також виміряти температуру повітря в аудиторії  $t^{\circ}\text{C}$ .

Контрольна лінійка має дві шкали: з ціною поділки 1 мм і з ціною поділки 0,2 мм. При компаруванні слід використовувати шкалу з ціною поділки 0,2 мм. Приклад взяття відліку з контрольної лінійки наведений на рис. 5.1.

Компарування триметрової рейки виконують на дециметрових діленнях, які вказані в першій графі табл. 5.1. Лінійку прикладають таким чином, щоб її нуль був біля першого дециметра і беруть відліки з її лівого  $L$  та правого  $P$  боку. Різниця відліків дасть довжину частини рейки. Для підвищення точності лінійку трохи зміщують і повторно беруть відліки. Потім лінійку прикладають на наступні інтервали. Всі вищенаведені дії будуть становити прямий хід.

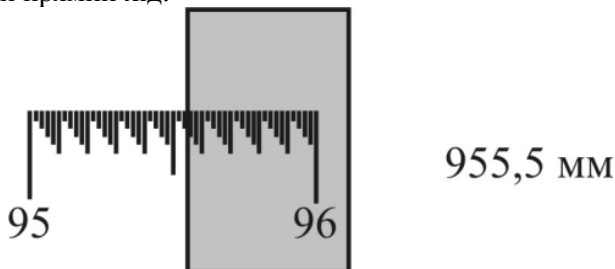


Рис. 5.1. Відлік з контрольної лінійки

При компаруванні в зворотному ході нуль лінійки встановлюють біля 29 дециметра. Тепер відлік біля нуля лінійки буде лівим  $L$ , а біля 20 дециметра – правим  $P$ .

Поправка за компарування та температуру береться з рівняння лінійки шляхом відкидання однієї тисячі мм (графа 6 табл. 5.1).

Середня довжина метрового інтервалу обчислюється шляхом ділення суми довжин частин рейки на 5,6 (номінальна сума довжин). Тобто  $5600,34/5,6=1000,06$  мм.

Допустимі відхилення середньої довжини метрового інтервалу рейки від його номінального значення для класів точності є такими: I кл. – 0,10 мм; II кл. – 0,20 мм; III кл. – 0,5 мм; IV кл. – 1 мм.

В кінці роботи студент повинен зробити висновок про придатність рейки для нівелювання відповідного класу точності.

Таблиця 5.1

Визначення середньої довжини метрового інтервалу шашкової рейки

Дата: 20.10.19 р. лінійка №3614 Спостерігав: Р. Німкович

$$l=1000,01+0,018(t-20) \quad t^{\circ}\text{C}=16^{\circ}\text{C}$$

Інтервали рейки, дм	Відліки лінійки		$P-L$	$(P-L)_{\text{сеп}}$	Попр. за компар. і темпер.	Довжина частини рейки, мм
	$L$ , мм	$P$ , мм				
1	2	3	4	5	6	7
1-10	0,0	900,1	900,1	900,1	-0,06	900,04
	0,6	900,7	900,1			
10-20	0,2	1000,1	999,9	999,95	-0,06	999,89
	0,5	1000,5	1000,0			
20-29	0,1	900,3	900,2	900,2	-0,06	900,14
	0,6	900,8	900,2			
29-20	0,3	900,6	900,3	900,3	-0,06	900,24
	0,0	900,3	900,3			
20-10	0,2	1000,2	1000,0	1000,05	-0,06	999,99
	0,6	1000,7	1000,1			
10-1	0,2	900,3	900,1	900,1	-0,06	900,04
	0,9	901,0	900,1			
$\Sigma$	4,2	11205,6	11201,4	5600,7	-0,36	5600,34

### Лабораторна робота №6 Дослідження нівелірів з компенсаторами

Мета роботи: дослідити якість компенсації та час демпфування в нівелірах з компенсаторами.

Основні відомості. Дослідження складається з двох частин:

- 1) дослідження якості компенсації;
- 2) визначення часу демпфування.

#### Дослідження якості компенсації

Суть дослідження полягає в тому, що нівелір встановлюють строго в створі та посередині між рейками і визначають п'ять перевищень при різних положеннях бульбашки круглого рівня (посередині, спереду, ззаду, справа, зліва відносно початкового положення нівеліра на станції) (рис. 6.1).

Відстань між рейками – до 100 м. Критерієм точності є різниця першого перевищення та середнього з останніх чотирьох. Якщо ця різниця не перевищує допустимої різниці перевищень на станції, то нівелір придатний для нівелювання відповідного класу

точності (5 мм для IV кл.; 3 мм для III кл.; 1 мм для II кл.; 0,5 мм для I кл.). Приклад подано в табл. 6.1.

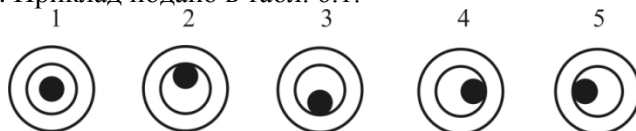


Рис. 6.1. Положення бульбашки круглого рівня при дослідженні якості компенсації

Таблиця 6.1

Дослідження якості компенсації

Дата: 20.10.19 р. Нівелір: South NL-C32 № X085175

Спостерігав: Р. Німкович

№ пере- вищення	Відліки з рейки			$h_{сер}$
	З	П	З-П	
1 (посередині)	1334	1850	-516	-515,5
	6133	6648	-515	
2 (спереду)	1332	1850	-518	-517
	6133	6649	-516	
3 (ззаду)	1333	1850	-517	-516
	6135	6650	-515	
4 (справа)	1333	1850	-517	-516
	6134	6649	-515	
5 (зліва)	1332	1849	-517	-517
	6131	6648	-517	

$$h_{сер} = (h_2 + h_3 + h_4 + h_5) / 4 = -516,5 \text{ мм};$$

$$h_1 - h_{сер} = -515,5 - (-516,5) = 1,0 \text{ мм}.$$

**Визначення часу демпфування**

Час демпфування (гасіння коливань) – це час між закінченням постукування по зоровій трубі і припиненням коливань зображення.

Встановивши прилад з компенсатором в робоче положення, легенько постукують пальцем по штативу або зоровій трубі з одночасним пуском секундоміра, спостерігають в окуляр за сіткою ниток, очікують її повного заспокоєння. Як тільки коливання затухнуть, викликають нові коливання підвісної системи компенсатора. Так роблять десять разів підряд, і після десятого затухання зупиняють секундомір та беруть з нього відлік. Одна десята різниці відліків з секундоміра відповідає часу демпфування.

$$\tau_{дем} = (t_2 - t_1) / 10$$

Час демпфування не повинен перевищувати 2 секунд для всіх типів компенсаторів.

За результатами виконання досліджень кожен студент має зробити висновок про *придатність компенсатора для нівелювання відповідного класу та про якість демпфування*.

## Лабораторна робота №7 Визначення діапазону дії компенсатора

Мета роботи: визначити діапазон дії компенсатора нівеліра.

Основні відомості. Дослідження діапазону дії компенсатора виконується при чотирьох напрямках нахилу нівеліра.

У польових умовах нівелір встановлюють на штативі на відстані 70 - 75 м від триметрової рейки, в лабораторних умовах використовують лінійку з міліметровими поділками, встановлену на відстані приблизно 10 метрів. Один з піднімальних гвинтів підставки розташовують по напрямку на рейку.

Перед початком вимірювань визначають кут  $\beta$ , на який нахиляють трубу нівеліра при повороті піднімального гвинта на один повний оберт його головки. Для цього піднімальним гвинтом, встановленим у напрямку на рейку, нахиляють нівелір на такий кут, при якому компенсатор не працює. Знімають з рейки відлік  $A_1$ , повертають піднімальний гвинт у той самий бік на один повний оберт і знімають з рейки відлік  $A_2$ . Кут нахилу  $\beta$  візирної осі обчислюють як

$$\beta = \frac{A_2 - A_1}{S} \rho' = \frac{801,2_{мм} - 685,0_{мм}}{9467_{мм}} 3438' = 42,2',$$

де  $S$  - відстань від приладу до рейки в мм,  $\rho' = 3438'$

Далі слід поррахувати кількість кроків головки піднімального гвинта (одному кроку відповідає виступ + заглиблення головки гвинта або інша комбінація залежно від конструкції головки гвинта) і визначити кут нахилу візирної осі на один крок ходу головки:

$$\beta_i = \frac{\beta}{n} = \frac{42,2'}{12} = 3,5',$$

де  $n$  - кількість кроків.

За допомогою круглого рівня нівелір попередньо горизонтують ( $i = 0'$ ) і знімають відлік з рейки, потім відповідним піднімальним гвинтом нівеліра надають нахил кожен раз на один крок, і

записують відліки з рейки в табл. 7.1. Кут нахилу візирної осі із поворотом головки піднімального гвинта на кожен крок буде збільшуватись на значення кута  $\beta_i$ . Зміна відліку більш, ніж на 1-2 мм, свідчить про припинення дії компенсатора.

Дослідження виконують для поздовжнього (вверх - вниз) та для поперечного (вліво-вправо) нахилів (таблиця 7.1).

Таблиця 7.1

Дослідження діапазону дії компенсатора

Дата: 18.09.19 р. Нівелір: South NL-C32 № X085175

Спостерігав: *Р. Німкович*

Поздовжній нахил				Бічний нахил			
Вверх		Вниз		Вліво		Вправо	
Кут нахилу $\beta'_i$	Відлік з лінійки	Кут нахилу $\beta'_i$	Відлік з лінійки	Кут нахилу $\beta'_i$	Відлік з лінійки	Кут нахилу $\beta'_i$	Відлік з лінійки
0	575,9	0	575,9	0	575,9	0	575,9
3,5	575,9	3,5	576,0	3,5	575,8	3,5	575,9
7,0	575,9	7,0	576,1	7,0	575,6	7,0	576,0
10,5	576,0	10,5	576,0	10,5	575,5	10,5	576,0
14,0	575,9	14,0	576,1	14,0	575,3	14,0	576,1
<u>17,5</u>	<u>576,0</u>	<u>17,5</u>	<u>576,1</u>	17,5	575,2	17,5	576,1
21,0	573,8	21,0	565,2	21,0	575,1	21,0	576,3

З табл. 7.1 випливає, що в діапазоні кутів нахилу  $\pm 17,5'$  компенсатор працює.

Для нівелювання I та II класів діапазон роботи компенсатора має бути більшим  $8'$ , для III та IV класів – більшим  $15'$ .

За результатами виконання досліджень кожен студент має зробити висновок про *придатність компенсатора для нівелювання відповідного класу*.

### Лабораторна робота №8

#### Одиниці вимірювання різних систем та їх взаємне перетворення

Мета роботи: Вивчити одиниці вимірювання основних систем світу та навчитись їх перетворювати.

Основні відомості. Міжнародна система одиниць СІ прийнята в 1960 р. XI Генеральною конференцією по мірах і вагах. Вона

складається із семи основних (табл. 8.1), двох додаткових (табл. 8.2) і ряду похідних одиниць (кілька для прикладу наведено в табл. 8.3), кількість яких необмежена.

Таблиця 8.1

Основні одиниці СІ

Величина		Одиниці вимірювання	Позначення		Визначення
Найменування	Символ		міжнародне	українське	
Довжина	$l$	метр	m	м	Один метр являє собою довжину шляху, який проходить світло у вакуумі за $1/299\,729\,758$ частину секунди.
Маса	$m$	кілограм	kg	кг	Один кілограм визначається через сталу Планка $h$ , яка точно дорівнює $6.62607015 \times 10^{-34}$ Дж·с (Дж = $\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2}$ ), та визначення метра і секунди.
Час	$t$	секунда	s	с	Одна секунда являє собою сумарну тривалість $9\,192\,631\,770$ періодів випромінювання, які відповідають переходу між двома надтонкими рівнями основного стану атома цезію-133.
Сила електричного струму	$I$	ампер	A	A	Один ампер являє собою такий постійний струм, який, проходячи по двох точно паралельних провідниках безкінечної довжини та нехтовно малого кругового перерізу, розташованих на відстані 1 метра у вакуумі, спричиняє між цими провідниками силу взаємодії, яка дорівнює $2 \cdot 10^{-7}$ ньютонів на 1 метр довжини.
Абсолютна температура	$T$	кельвін	K	K	Один кельвін являє собою $1/273.16$ частину від абсолютної температури потрійної точки води.



Кількість речовини	<i>n</i>	моль	mol	моль	Один моль являє собою кількість речовини, що містить $6.02214076 \times 10^{23}$ (Число Авогадро) структурних формульних одиниць (атоми, молекули, електрони...)
Сила світла	<i>I<sub>v</sub></i>	кандела	cd	кд	Кандела являє собою інтенсивність світіння у визначеному напрямку від джерела, яке випромінює монохроматичне випромінювання з частотою $540 \cdot 10^{12}$ герц та має інтенсивність випромінювання в цьому напрямку 1/683 вата на один стерадіан.

<sup>(\*)</sup>Якщо використано молі, то треба вказувати, до чого вони відносяться, приміром, атоми, молекули, іони, електрони чи інші частки або певні групи таких об'єктів.

Таблиця 8.2

#### Додаткові одиниці СІ

Величина	Назва одиниці	Позначення		Визначення
		міжна-родне	українське	
Плоский кут	радіан	rad	рад	Радіан – це кут утворений двома радіусами кола, довжина дуги між якими дорівнює радіусу.
Тілесний кут	стерадіан	sr	ср	Стерадіан – це тілесний кут з вершиною в центрі сфери, що вирізає на поверхні сфери площу яка дорівнює площі квадрату з стороною, рівною радіусу сфери.

Таблиця 8.3

Деякі допоміжні одиниці СІ та їх відповідність іншим одиницям

Величина		Одиниця		
Найменування	Символ	Найменування	Символ	Вираження в основних одиницях СІ
Площа	A,S	квадратний метр	м <sup>2</sup>	м <sup>2</sup>
Об'єм	V	кубічний метр	м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>
Частота	<i>v</i>	герц	Гц	с <sup>-1</sup>
Густина	$\rho$	кілограм на кубічний метр	кг/м <sup>3</sup>	кг·м <sup>-3</sup>
Швидкість	<i>v</i>	метр за секунду	м/с	м·с <sup>-1</sup>

*Префікси* Міжнародної системи одиниць СІ призначені для формування та скороченого написання кратних та частинних одиниць, для зручності обчислення громіздких чисел. Всі затвердені префікси позначають тільки ступені десяти і не повинні використовуватись для позначення ступенів інших чисел.

Як невід'ємна частина системи СІ, ці префікси офіційно затверджуються Міжнародним бюро з мір та ваг.

*Кратні* одиниці — одиниці, які в цілу ступінь десяти перевищують основну одиницю вимірювання деякої фізичної величини.

*Частинні* одиниці в цілу ступінь десяти менше від встановленої одиниці вимірювання деякої величини.

Міжнародна система одиниць СІ рекомендує наступні приставки для позначень кратних і часткових одиниць (табл. 8.4).

Таблиця 8.4

Множники та префікси для утворення десяткових кратних і часткових одиниць.

Множник	Приставка		
	Назва	Позначення	
		українське	міжнародне
$1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000 = 10^{18}$	екза	Э	E
$1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000 = 10^{15}$	пета	П	P
$1\ 000\ 000\ 000\ 000 = 10^{12}$	тера	T	T
$1\ 000\ 000\ 000 = 10^9$	гіга	Г	G
$1\ 000\ 000 = 10^6$	мега	М	M
$1\ 000 = 10^3$	кіло	к	k
$100 = 10^2$	гекто	г	h
$10 = 10^1$	дека	да	da
$0,1 = 10^{-1}$	деци	д	d
$0,01 = 10^{-2}$	санти	с	c
$0,001 = 10^{-3}$	мілі	м	m
$0,000\ 001 = 10^{-6}$	мікро	мк	μ
$0,000\ 000\ 001 = 10^{-9}$	нано	н	n
$0,000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-12}$	піко	п	p
$0,000\ 000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-15}$	фемто	ф	f
$0,000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-18}$	атто	а	a

На сьогодні СІ офіційно затверджена основною або єдиною системою одиниць у всіх країнах світу за винятком США, Ліберії

та М'янми. Сполучене Королівство прийняло систему СІ, але без наміру витіснення традиційних одиниць.

Крім того одиниці, відмінні від СІ застосовуються в окремих видах діяльності, наприклад, моряки досі використовують для вимірювання відстаней морські милі, а швидкостей – вузли.

Наступною найбільш поширеною системою одиниць вимірювання є Англо-Американська система. Її широке поширення відбулося внаслідок завоювань Англією значних територій в 17-20 ст. Ця система заснована на традиційних одиницях виміру і значення цих одиниць можуть відрізнятися в залежності від країни, де вони використовуються (табл. 8.5).

Таблиця 8.5

Одиниці інших країн в переводі в систему СІ

Англо-американська система мір	Переведення в систему СІ
Міри довжин	
1 дюйм	2,54 см
1 фут	30,48 см
1 ярд	91,44 см
1 барель винний	1,6093 км
1 миля морська (міжнародна)	1,852 км
1 миля морська (Великобританія)	1,8532 км
Міри об'єму рідин	
1 унція рідка (США)	29,5729 мл
1 пінта (США)	473,17 мл
1 пінта (Великобританія)	568,24 мл
1 кварта (США)	0,944 л
1 кварта (Великобританія)	1,1365 л
1 галон (США)	3,785 л
1 галон (Великобританія)	4,546 л
1 барель винний (США)	119,24 л
1 барель нафтовий (США)	158,987 л
Міри об'єму сипучих матеріалів	
1 пінта суха	0,5506 л
1 кварта суха (США)	1,1012 л
1 галон сухий (США)	4,4049 л
1 галон (Великобританія)	4,546 л
1 баррель (США)	115,63 л
1 баррель (Великобританія)	163,656 л

Міри маси (загальні)	
1 гран	64,8 мг
1 драхма	1,77 г
1 унція	28,35 г
1 фунт	453,592 г
1 тонна мала або коротка	907,18 кг
1 тонна велика або довга	1016,47 кг
Міри площі	
1 руд	1011,7141 м <sup>2</sup>
1 акр	4046,8564 м <sup>2</sup>

На території Київської Русі та деяких інших слов'янських держав сформувалася власна система одиниць вимірювання, яка проіснувала до революції 1917 р. (табл. 8.6).

Таблиця 8.6

Слов'янські одиниці в переводі в систему СІ

Величина	Одиниця	Переведення в систему СІ
Довжина	верста	1,0668 км
	сажень	2,1336 м
	аршин	0,7112 м
	вершок	4,445 см
	сотка	2,1336 см
Маса	пуд	16,380496 кг
	лот	12,797262 г
	золотник	4,265542 г
	доля	44,43494 мг
Площа	десятина	10925,4 м <sup>2</sup>
Об'єм місткість	відро	12,2994 дм <sup>3</sup>
	штоф	1,22994 дм <sup>3</sup>
	пляшка винна	0,768712 дм <sup>3</sup>
	пляшка горілчана	0,61497 дм <sup>3</sup>
	чарка	122,994 см <sup>3</sup>
	чверть	0,209909 м <sup>3</sup>
	четверик	0,0262387 м <sup>3</sup>
гарнц	3,27984 дм <sup>3</sup>	

В багатьох галузях люди традиційно використовували специфічні одиниці вимірювання. Вони настільки увійшли в

повсякденне життя, що часто використовуються навіть більш широко, ніж офіційні (державні) одиниці вимірювання. Такі одиниці вимірювання називаються позасистемними (табл. 8.7).

Таблиця 8.7

Позасистемні одиниці вимірювання

Назва одиниці	Одиниця			Співвідношення з одиницею СІ	Примітка
	Назва	Позначення			
		Міжнародне	Українське		
Маса	тонна	t	т	$10^3$ кг	
Час	хвилина	min	хв	60 с	
	година	h	год	3600 с	
	доба	d	доба	86400 с	
Плоский кут	градус	$\dots^\circ$	$\dots^\circ$	$(\pi/180)\text{рад} = 1,745329\dots \cdot 10^{-2}$ рад	
	мінута	$\dots'$	$\dots'$	$(\pi/10800)\text{рад} = 2,908882\dots \cdot 10^{-4}$ рад	
	секунда	$\dots''$	$\dots''$	$(\pi/648000)\text{рад} = 4,848137\dots \cdot 10^{-6}$ рад	
Плоский кут	град	$\dots g$	град	$(\pi/200)$ рад	В геодезії
Площа	гектар	ha	га	$1 \cdot 10^4$ м <sup>2</sup>	В с.г. та л.г.
Об'єм	літр	l	л	$10^{-3}$ м <sup>3</sup>	
Довжина	Астрономічна одиниця	ua	а.е.	$1,49598 \cdot 10^{11}$ м (приблизно)	В астрономії
	Світовий рік	ly	св.рік	$9,4605 \cdot 10^{15}$ м (приблизно)	
	парсек	pc	пк	$3,0857 \cdot 10^{16}$ м (приблизно)	
Маса	Атомна одиниця маси	u	а.е.м.	$1,66057 \cdot 10^{-27}$ кг (приблизно)	В атомній фізиці
	карат			200 мг	В ювелірній справі

Наявність одиниць вимірювання різних систем зумовлює в повсякденному житті необхідність їх взаємного перетворення.

На занятті студенти ознайомлюються з Міжнародною системою мір СІ, Англо-Американською та Старослов'янською

системами, а також позасистемними одиницями. Разом з викладачем перетворюють величини різних систем вимірювання в величини системи СІ і навпаки. Особливо звертають увагу на перетворення одиниць вимірювання площі і кутів.

*Перетворення одиниць вимірювання площі.*

Площа в системі СІ вимірюється в  $m^2$ . Проте на практиці для вимірювання площ великих земельних ділянок використовують в системі СІ  $km^2$ , а також позасистемну одиницю га (гектари).

Отже площа в  $1 m^2$  – це площа рівна квадратові зі стороною 1 м. Тобто

$$1m^2 = 1m \cdot 1m;$$

А площа  $1 km^2$  відповідно рівна

$$1 km^2 = 1 km \cdot 1 km = 1000 m \cdot 1000 m = 1000000 m^2$$

1 га – це квадрат зі стороною 100 м. Таким чином

$$1 га = 100 m \cdot 100 m = 10000 m^2$$

Отже

$$1 km^2 = 100 га = 1000000 m^2$$

*Перетворення одиниць вимірювання кутів*

Повне коло має  $360^\circ$ ,  $2\pi$  рад. та  $400$  град.

**Приклад №1.** Перетворимо кут  $100^\circ 30' 30''$  в радіани і градуси.

Для цього використаємо пропорції. В результаті отримаємо:

$$x = \frac{\left(100^\circ + \left(\frac{30'}{60'} \cdot 1^\circ\right) + \left(\frac{30''}{3600''} \cdot 1^\circ\right)\right) \cdot 2\pi \text{ рад}}{360^\circ} = 1,7542 \text{ рад}$$

$$x = \frac{\left(100^\circ + \left(\frac{30'}{60'} \cdot 1^\circ\right) + \left(\frac{30''}{3600''} \cdot 1^\circ\right)\right) \cdot 400 \text{ град}}{360^\circ} = 111,6759 \text{ град}$$

**Приклад №2.** Перетворимо  $1,23456789$  рад в  $^\circ ' ''$  та градуси.

І знову, як в попередньому випадку використовуємо пропорції, та отримуємо:

$$x^\circ = \frac{1,23456789 \text{ рад} \cdot 360^\circ}{2\pi \text{ рад}} = 70^\circ,73552961$$

$$x' = \frac{0^{\circ},73552961 \cdot 60'}{1^{\circ}} = 44',131777$$

$$x'' = \frac{0',131777 \cdot 60''}{1'} = 7'',9$$

Отже 1,23456789 рад = 70°44'08". Тепер переведемо 1,23456789 рад в гради

$$x = \frac{1,23456789 \text{ рад} \cdot 400 \text{ град}}{2\pi \text{ рад}} = 78,59 \text{ град}.$$

Також студенти виконують самостійно завдання згідно варіанту (n – номер варіанта студента – порядковий номер студента в журналі викладача).

### **Завдання**

#### **Одиниці вимірювання кутів**

1.  $26^{\circ}35'27'' + 130'' \times n$  – перевести в радіани і гради.
2.  $1,56891 \text{ рад} + 0,05 \times n \text{ рад}$  – перевести в градуси і гради.
3.  $56,12 \text{ град} + 1,30 \times n \text{ град}$  – перевести в радіани і градуси.

#### **Одиниці вимірювання площ**

1. Знайти площу прямокутної ділянки  $65\text{м} \times (156 + 10 \times n)\text{м}$  в таких одиницях вимірювання площ:  $\text{м}^2$ ,  $\text{км}^2$ , гектар, десятина, кв. верста, кв. ярд, акр, руд.

2. Знайти площу прямокутної ділянки  $78 \text{ ярдів} \times (162 + 10 \times n)$  ярдів в таких одиницях вимірювання площ: кв. ярд,  $\text{м}^2$ ,  $\text{км}^2$ , гектар, десятина, кв. верста, акр, руд.

#### **Одиниці вимірювання системи СІ**

Перевести в одиниці вимірювання СІ:

1.  $25 + n$  фунтів
2.  $36 + n$  футів
3.  $125 + n$  дюймів
4.  $3,6 + n$  галонів (Великобританія)
5.  $14,5 + n$  барелів (нафтових)
6.  $3 + n$  каратів
7.  $156 + n$  доль
8.  $12,3 + n$  пудів
9.  $14,5 + n$  штофів
10.  $18 + n$  вершків

Лабораторна робота №9  
**Метрологічна повірка нівеліра. Визначення  
середньоквадратичної похибки вимірювання перевищення на  
станції**

Мета роботи: навчитись виконувати метрологічну повірку нівеліра в лабораторних або польових умовах.

Основні відомості. Періодична повірка проводиться з метою виявлення відповідності найважливіших метрологічних характеристик нівелірів вимогам і придатності їх до застосування.

Методи і засоби визначення метрологічних характеристик узгоджуються з вимогами відповідних інструкцій, науково-технічної й нормативно-технічної літератури.

Періодичність повірок нівелірів складає один раз у два роки.

#### **Операції повірки**

Повірка повинна включати операції: зовнішній огляд, перевірку взаємодії вузлів, перевірку встановленого рівня, перевірку установки сітки ниток, перевірку кута  $i$ , перевірку діапазону дії та працездатності компенсатора, визнання середньої квадратичної похибки виміру перевищення на станції.

#### **Засоби повірки**

При повірці повинні застосовуватися зразкові засоби вимірювань вищого класу точності (зразковий нівелір типу Н05, Ні 002) із штриховими рейками. При повірках польовим методом застосовують рейки з комплекту випробовуваного нівеліра і металеву рулетку, а також два «башмаки» чи залізничні «костилі», що забивають у ґрунт за 2-3 год. до початку робіт.

#### **Вимоги до кваліфікації повірників**

Виміри при повірці нівелірів і обробку результатів вимірів повинні проводити особи, що мають спеціальну технічну освіту та досвід практичної роботи за спеціальністю і пройшли курси повірників приладів.

#### **Вимоги до безпеки**

При повірці в польових або лабораторних умовах необхідно дотримуватись вимог, які встановлені діючими інструкціями з техніки безпеки.



### **Умови повірки**

Повірки повинні проводитися в наступних умовах:

- температура навколишнього повітря +15...+25°C;
- відносна вологість 65...85%;
- атмосферний тиск 82 ... 106 кПа.

При температурі вище 30°C відносна вологість не повинна перевищувати 70%.

Вплив вібрації, рефракції й руху повітря не повинний бути помітний при візуванні на ціль.

### **Підготовка до повірки**

Засоби повірки повинні бути попередньо випробувані й приведені в робочий стан. Для повірки в польових умовах завчасно обладнують станцію чи замкнутий полігон із трьох пунктів: забивають «костилі» чи «башмаки» у зручному для роботи місці з інтервалом 150-200 м так, щоб посередині між ними в створі було зручно встановлювати зразковий і випробовуваний нівеліри.

### **Проведення повірки**

Обов'язковий зовнішній огляд, при якому звіряється комплектність з експлуатаційною документацією, маркування – із паспортом чи технічним описом на прилад.

Взаємодія вузлів, плавність обертання ходових частин, чистота поля зору труби і відлікового мікроскопа перевіряються випробуванням.

При випробуванні повинні бути проведені також експлуатаційні повірки.

Повірка діапазону роботи компенсатора і його працездатності (виконувалась в лабораторних роботах № 6, 7).

Середню квадратичну похибку виміру перевищення на станції рекомендується визначати такими способами.

**Польовий метод** полягає в наступному. На спеціально обладнаній станції (два репери з інтервалом 200 м і місце між ними, зручне для роботи з інструментом) зразковим засобом, наприклад, нівеліром НА1 чи Ні 002 шість раз визначають перевищення. Середнє значення приймають за істинне. Потім 36 разів (3 серії з 12 визначень) знаходять величину перевищення між точками нівеліром, що перевіряється, з рейками з його комплекту. Серії повинні відрізнятися за часом чи їх, повинні

виконувати різні спостереження. Середню квадратичну похибку виміру перевищення на станції знаходять із виразу:

$$m_{\text{ст}} = \sqrt{\frac{[\varepsilon^2]}{n}}$$

де  $\varepsilon$  – відхилення результату кожного виміру від прийнятого за істинне, тобто, визначене зразковим нівеліром;

$n$  – кількість визначених перевищень нівеліром, що повіряється.

Перед кожним визначенням перевищення варто змінювати установку нівеліра (горизонт інструмента).

**Спосіб із штриховими шкалами** аналогічний польовому, але відстані до нівеліра значно менші. У просторому витягнутому по довжині приміщенні обладнується бетонна підставка, на якій може кріпитися прилад (зразковий і що перевіряється), а на стінах приблизно на одному рівні з передбачуваною візирною віссю приладу закріплюються шкали з міліметровими поділками (можна використовувати шкали звичайних металевих лінійок, або що мають емалеве покриття). Відстані між шкалами й приладом варто вибрати максимально можливими. Шкали закріплюються так, щоб гарантувалася їхня нерухомість.

Порядок роботи наступний. Установлюють на підставці зразковий (атестований) нівелір, визначають їм величину перевищення між нулями шкал шість разів, зі зміною горизонту інструмента. Середнє з шести вимірів приймається за істинне. Потім 36 разів (три серії з 12 вимірів) визначають те ж перевищення нівеліром, що перевіряється.

Середню квадратичну похибку виміру перевищення на станції знаходять за тією ж формулою, що і при польовому способі.

Приклад виконання вимірювань та розрахунків наведено в таблицях 9.1-9.2.

З метою економії часу в умовах лабораторної роботи кількість вимірів зразковим та випробовуваним нівелірами зменшена відповідно до 3 та 12 разів.

Таблиця 9.1

Відомість вирахування істинного перевищення за результатами  
вимірювання зразковим нівеліром

Дата: 18.09.19 р. Нівелір: Ні 002 № 45661

Спостерігав: С. Трохимець

№ з/п	Відліки		Перевищення	Середнє перевищення	Середнє перевищення (в мм)	Істинне перевищення, мм
	Задня	Передня				
1	29144	26863	+2281	+2281	+114,0	+114,0
	89794	87513	+2281			
	60650	60650	0			
2	29219	26943,5	+2275,5	2277,2	+113,9	+114,0
	89873	87594	+2279			
	60654	60650,5	+3,5			
3	29332	27052	+2280	2279,2	+114,0	+114,0
	89984	87705,6	+2278,4			
	60652	60653,6	-1,6			

Таблиця 9.2

Відомість відхилень перевищень від істинного значення

Дата: 18.09.19 р. Нівелір: South NL-C32 № X085175

Спостерігав: Р. Німкович

№ з/п	Відліки		Перевищення, мм	Істинне перевищення, мм	$\varepsilon = h_i - h_{\text{іст}}$	$\varepsilon^2$
	Задня	Передня				
1	1643,0	1528,9	+114,1	+114,0	+0,1	0,01
2	1621,5	1507,5	+114,0	+114,0	0	0
3	1590,0	1476,0	+114,0	+114,0	0	0
4	1568,1	1454,0	+114,1	+114,0	+0,1	0,01
5	1524,5	1410,5	+114,0	+114,0	0	0
6	1502,0	1387,9	+114,1	+114,0	+0,1	0,01
7	1471,4	1357,4	+114,0	+114,0	0	0
8	1446,0	1331,8	+114,2	+114,0	+0,2	0,04
9	1415,2	1301,2	+114,0	+114,0	0	0
10	1391,0	1277,0	+114,0	+114,0	0	0
11	1365,5	1251,6	+113,9	+114,0	-0,1	0,01
12	1330,3	1216,5	+113,8	+114,0	-0,2	0,04
$\Sigma$						0,12

$$m_{\text{ст}} = \sqrt{\frac{[\varepsilon^2]}{n}} = \sqrt{\frac{0,12}{12}} = 0,1 \text{ мм.}$$

Потім приводять знайдену величину до 100 м, множачи її на  $K = 100/l$ , де  $l$  - відстань від шкал до приладу.

$K = 100/l = 100/5,3 = 18,9$ ; Отже  $m_{ст} = 0,1 \cdot 18,9 = 1,9$ мм.

Отримане значення СКП вимірювання перевищень на станції нівелювання необхідно порівняти з нормативними значеннями для класів точності згідно ДСТУ 8926:2019 (табл. 9.3) і зробити висновок про відповідність випробуваного нівеліра конкретному класу точності.

Таблиця 9.3

Нормативні значення СКП вимірювання перевищень на станції

Клас точності	Високоточні		Точні		Технічні
	A05	A1	B2	B3	C5
СКП вимірювань перевищень на станції нівелювання; мм	0,15	0,3	0,65; 0,8	1,0; 1,3	2

### Лабораторна робота №10

#### Оформлення результатів метрологічної повірки нівеліра

Мета роботи: навчитись складати протокол повірки засобу вимірювальної техніки.

Основні відомості. Результати повірки вважаються позитивними, якщо одержані значення метрологічних характеристик приладів відповідають вимогам національного стандарту ДСТУ 8926:2019 «Метрологія. Нівеліри та прилади вертикального проектування оптичні, електронні, лазерні та рейки нівелірні. Метрологічні та технічні вимоги».

За позитивними результатами повірки приладам присвоюється відповідний клас точності за ДСТУ 8926:2019. Позитивні результати повірки приладів засвідчують оформленням свідоцтва про повірку.

У разі якщо за результатами повірки прилад визнано таким, що не відповідає встановленим вимогам, анулюють свідоцтво про повірку та (або) гасять попередній відбиток повірочного тавра чи роблять відповідний запис в експлуатаційних документах та оформлюють довідку про непридатність приладу.

Результати виконання повірки повинні документуватись в протоколі повірки. Приклад заповнення протоколу повірки засобу вимірювання наведено нижче.

**ПРОТОКОЛ №111 від “14” листопада 2019 р.**  
 повірки засобу вимірювальної техніки (ЗВТ)

1 Загальні відомості

№	Відомості	ЗВТ, що повіряється	Еталони та ЗВТ, що застосовуються під час проведення повірки
1	Назва	South NL-C32	Ni 002
2	Тип	Оптичний нівелір з компенсатором	Оптичний нівелір з компенсатором
3	Діапазон вимірювань компенсатора	15'	10'
4	Зав. номер	X085175	45661
5	Власник	НУВГП	НУВГП
6	Виробник	South (Китай)	Carl Zeiss Jena (Німеччина)
7	Клас точності	C5	A05

1.1 Методика повірки: ДСТУ 8926:2019 «Метрологія. Методика повірки. Нівеліри та прилади вертикального проектування лазерні»

1.2 Нормативний документ з вимогами до ЗВТ: Технічний регламент законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 13.01.2016 р. № 94.

1.3 Умови повірки: температура навколишнього повітря +20°C, атм. тиск 100 кПа, відн. вол. 70 %.

1.4 Місце проведення повірки: НУВГП корп. №7 навч. ауд. 707

2 Результати контролю метрологічних характеристик

2.1 Зовнішній огляд

№	Найменування операції	Відмітка про відповідність	Примітка
1	Перевірка наявності правильності маркування на приладі і футлярі	В нормі	
2	Перевірка комплектності	Все в наявності	
3	Перевірка відсутності (наявності) механічних пошкоджень	Пошкодження відсутні	
4	Перевірка відсутності (наявності) корозії	Корозії немає	
5	Перевірка чистоти оптичних систем	Оптична система чиста	

## 2.2 Перевірка працездатності

№	Найменування вимог	Відмітка про відповідність	Примітка
1	Працездатність замків, притисків і гвинтів, які фіксують прилад у футлярі	В нормі	
2	Плавність і легкість обертання всіх рухомих частин	Обертання плавне	
3	Працездатність навідних гвинтів	Зауважень немає	
4	Рівномірність освітлення поля зору оптичних систем	Освітлення рівномірне	
5	Регулювання чіткості зображення сітки ниток	Регулюється у всьому діапазоні	
6	Нахил сітки ниток	Нахилу немає	

## 2.3 Визначення метрологічних характеристик

№ з/п	Найменування характеристики	Значення параметра		Відмітка про відповідність
		фактичне	допустиме	
1	Діапазон роботи компенсатора кута нахилу		$\pm 15'$	Відповідає
2	СКП роботи компенсатора на $1'$ нахилення осі обертання приладу		$\pm 0,5''$	Відповідає
3	СКП визначення перевищення на станції нівелювання		2 мм	Відповідає

3. Висновки: нівелір South NL-C32 № X085175 відповідає вимогам інструкції з експлуатації. Клас точності за ДСТУ 8926:2019 - C5.

## Додаток А1

### ЖУРНАЛ

нівелювання II класу

Дата: \_\_\_\_\_ Нівелір \_\_\_\_\_ Хід від \_\_\_\_\_ до \_\_\_\_\_

Початок: \_\_\_\_\_ Кінець: \_\_\_\_\_ Погода: \_\_\_\_\_

Спостерігав: \_\_\_\_\_ Записував: \_\_\_\_\_

№ шт. № рейок	Відліки по далекомірним ниткам (1/2 мм)			Відліки по бісектору (1/2 дм)				Контроль
	3	П		Основна шкала		Додаткова шкала		
				Р	Б	Р	Б	
1	3	4	5	6	7	8	9	10
1	(1)	(5)	3	(3)	(4)	(11)	(12)	(25)
	(2)	(6)	П	(7)	(8)	(9)	(10)	(26)
	(21)	(22)	3-П	(13)	(14)	(16)	(17)	
	(24)	(23)	h		(15)		(18)	(19)
								(20)

## Додаток А2

Визначення ціни поділки шкали відлікового мікрометра нівеліра

Нівелір: \_\_\_\_\_, № \_\_\_\_\_ Дата: \_\_\_\_\_ Спостерігав: \_\_\_\_\_

Інтервал шкали мікро- метра	Штрихи лінійки, см	Відліки мікрометра		Сер. з вгвинч. вигвинч.	Різн. вгвинч. вигвинч.	Інтервал лінійки		Ціна поділки ділянки шкали, мм
		Вг- винч.	Ви- гвинч.			Компар $b_0, мм$	В діл., $b$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0-20								
20-40								
40-60								
60-80								
80-100								
0-20								
20-40								
40-60								
60-80								
80-100								

0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	Загальне середнє

### Додаток А3

Визначення середньої довжини метрового інтервалу шашкової рейки

Дата: \_\_\_\_\_ лінійка № \_\_\_\_\_ Спостерігав: \_\_\_\_\_

$l =$  \_\_\_\_\_  $t^{\circ}\text{C} =$  \_\_\_\_\_  $^{\circ}\text{C}$

Інтервали рейки, дм	Відліки лінійки		$P-L$	$(P-L)_{\text{сер}}$	Попр. за компар. і темпер.	Довжина частини рейки, мм
	$L$ , мм	$P$ , мм				
1	2	3	4	5	6	7
1-10						
10-20						
20-29						
29-20						
20-10						
10-1						
$\Sigma$						

### Додаток А4

Дослідження якості компенсації

Дата: \_\_\_\_\_ Нівелір: \_\_\_\_\_, № \_\_\_\_\_

Спостерігав: \_\_\_\_\_

№ пере- вищення	Відліки з рейки			$h_{\text{сер}}$
	З	П	З-П	
1 (посередині)				
2 (спереду)				
3 (ззаду)				
4 (справа)				
5 (зліва)				





**Додаток А7**

Відомість вирахування відхилень перевищень від істинного значення

Дата: \_\_\_\_\_ Нівелір: \_\_\_\_\_, № \_\_\_\_\_

Спостерігав: \_\_\_\_\_

№ з/п	Відліки		Перевищення, мм	Істинне перевищення, мм	$\varepsilon = h_i - h_{\text{іст}}$	$\varepsilon^2$
	Задня	Передня				
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
$\Sigma$						

**Додаток А8****ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_**

повірки засобу вимірювальної техніки

## 1 Загальні відомості

№	Відомості	ЗВТ, що повіряється	Еталони та ЗВТ, що застосовуються під час проведення повірки
1	Назва		
2	Тип		
3	Діапазон вимірювань компенсатора		
4	Зав. номер		
5	Власник		
6	Виробник		
7	Клас точності		

1.1 Методика повірки: ДСТУ \_\_\_\_\_:2018 «Метрологія. Методика повірки. Нівеліри та прилади вертикального проектування лазерні»

1.2 Нормативний документ з вимогами до ЗВТ: Технічний регламент законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 13.01.2016 р. № 94.

1.3 Умови повірки: температура навколишнього повітря \_\_\_\_\_, атм. тиск \_\_\_\_\_, відн. вол. \_\_\_\_\_.

1.4 Місце проведення повірки: \_\_\_\_\_

2 Результати контролю метрологічних характеристик

2.1 Зовнішній огляд

№	Найменування операції	Відмітка про відповідність	Примітка
1	Перевірка наявності правильності маркування на приладі і футлярі		
2	Перевірка комплектності		
3	Перевірка відсутності (наявності) механічних пошкоджень		
4	Перевірка відсутності (наявності) корозії		
5	Перевірка чистоти оптичних систем		

2.2 Перевірка працездатності

№	Найменування вимог	Відмітка про відповідність	Примітка
1	Працездатність замків, притисків і гвинтів, які фіксують прилад у футлярі		
2	Плавність і легкість обертання всіх рухомих частин		
3	Працездатність навідних гвинтів		
4	Рівномірність освітлення поля зору оптичних систем		
5	Регулювання чіткості зображення сітки ниток		
6	Нахил сітки ниток	Нахилу немає	

### 2.3 Визначення метрологічних характеристик

№ з/п	Найменування характеристики	Значення параметра		Відмітка про відповідність
		фактичне	допустиме	
1	Діапазон роботи компенсатора кута нахилу			
2	СКП роботи компенсатора на 1' нахилення осі обертання приладу			
3	СКП визначення перевищення на станції нівелювання			

3. Висновки: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### Список використаної літератури

1. Захаров А. И. Геодезические приборы. М. Недра, 1989. 314 с.
2. Полякова Н. О. Метрологія і стандартизація : навчальний посібник. К. : ПП «Фітосоціоцентр», 2015. 214 с.
3. Романчук С. В., Мальчук М. П. Будова, перевірки, дослідження геодезичних приладів : навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2009. 166 с.
4. Тарасова В. В., Малиновський А. С., Рибак М. Ф. Метрологія, стандартизація і сертифікація : підручник. К. : Центр навчальної літератури, 2006. 264 с.
5. Тревого І. С., Шевченко Т. Г., Мороз О. І. Геодезичні прилади. Практикум. Львів, 2007. 196 с.
6. Шевченко Т. Г., Мороз О. І., Тревого І. С. Геодезичні прилади. Львів : Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2006. 464 с.
7. Ямбаев Х. К., Гольгин Н. Х. Геодезическое инструментоведение. Практикум : учеб. пособие для вузов. М. : «ЮКИС», 2005. 312 с.