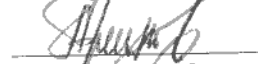


НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова
Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки
Кафедра морського приладобудування

ДОПУЩЕНИЙ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри



«24» 06 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему: Повірка приладів лінійно-кутових вимірювань
в умовах Миколаївської філії ДП "Одесастандартметрологія"

Виконав: студент групи 4631

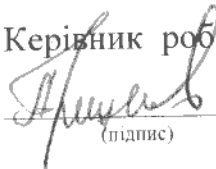


(підпис)

Шкуренко Т. С.

(ПІБ)

Керівник роботи:



(підпис)

доцент Грешнов А. Ю.

(посада, ПІБ)

Миколаїв - 2025 року

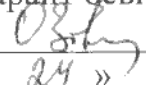
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

Інститут
Кафедра
Освітній ступінь
Спеціальність
Освітня програма

ННІАЕ
морського приладобудування
бакалавр
152 Метрологія та інформаційно-
вимірвальна техніка
Вимірально-інформаційні системи

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

 Зівенко О.В.
« 24 » 06 2025 рік

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

Студенту Шкуренко Тетяні Сергіївні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Повірка приладів лінійно-кутових вимірювань в умовах
Миколаївської філії ДП "Одесастандартметрологія"

Керівник роботи доцент кафедри Морського приладобудування Грешнов А.Ю.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ректора № 343-уч від " 23 " квітня 2025 року

2. Термін подання роботи 09.06.2025 року

3. Вихідні дані до роботи

СКП (σ) вимірювань кутів одним повним прийомом $S_\beta, S_\gamma = 5''$; максимально
допустима систематична похибка роботи компенсатора $\delta_{k_{\max}} = \pm 2\sigma$ "/; СКП роботи
компенсатора $S_k = 2\sigma$ "; максимальний вплив ексцентриситету вертикального круга на
вимірюваний кут, $\varepsilon_\alpha = \pm 1\sigma$ "; неперпендикулярність осі обертання труби до осі
обертання алідади $\beta_0 = \pm 1\sigma$ "

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів)

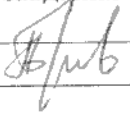
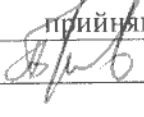
1. Загальні відомості про тахеометри; 2. Методика перевірки тахеометрів; 3.
Практична реалізація перевірки; 4. Обробка та оформлення результатів перевірки; 5.

Охорона праці

5. Перелік презентаційних матеріалів

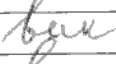
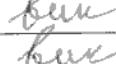
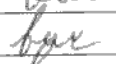
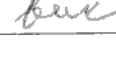
Загальний вигляд тахеометра; схема АУПНТ; схема конструкції предметного
столу; схема АУПН; конструкція кантувача АУПНТ; будова підвісок і
автоколімаційних зорових труб ; схема компаратора польового лінійного

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
5 ОП	Тубальцев А. М.		

7. Дата видачі завдання 10.02.2025 року

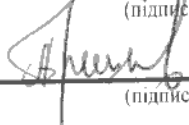
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальні відомості про тахеометри	10.02.25 - 19.02.25	
2	Методика повірки тахеометрів	19.02.25 - 19.03.25	
3	Практична реалізація повірки	19.03.25 - 17.04.25	
4	Обробка та оформлення результатів повірки	17.04.25 - 12.05.25	
5	Охорона праці	12.05.25 - 29.05.25	

Студент

Керівник роботи


(підпис)


(підпис)

Шкуренко Т. С.
(прізвище та ініціали)Грешнов А. Ю.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Шкуренко Т.С. «Повірка приладів лінійно-кутових вимірювань в умовах Миколаївської філії ДП "Одесастандартметрологія"». Кваліфікаційна робота зі спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка», освітньої програми «Вимірювально-інформаційні системи». Миколаїв: НУК ім. адм. Макарова. 2025 рік. 80 сторінок

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання метрологічного забезпечення електронних тахеометрів як засобів вимірювальної техніки, що застосовуються у сфері геодезії. Обґрунтовано необхідність проведення періодичної повірки тахеометрів відповідно до чинного законодавства України у сфері метрології. Наведено характеристику тахеометра як засобу вимірювання кутових і лінійних величин. Практична частина роботи виконана на базі Миколаївської філії ДП «Одесастандартметрологія» з використанням автоматизованого устаткування.

Ключові слова: метрологія, геодезичні прилади, тахеометри, метрологічні та технічні характеристики, клас точності, похибка вимірювань горизонтальних та вертикальних кутів, похибка вимірювань віддалі, середня квадратична похибка, колімаційна похибка, місце нуля (місце зеніту), ексцентриситет

ANNOTATION

Shkurenko Tetiana. «Verification of linear-angle measuring instruments in the conditions of the Mykolaiv branch of the SE "Odesastandartmetrology"». Qualification work in specialty 152 “Metrology and Information and Measurement Technology,” educational program “Measurement and Information Systems.” Mykolaiv: Admiral Makarov National University of Shipbuilding. 2025. 80 pages.

The qualification work considers the issues of metrological support of electronic total stations as measuring instruments used in the field of geodesy. The necessity of periodic verification of total stations in accordance with the current legislation of Ukraine in the field of metrology is substantiated. The characteristics of a total station as a means of measuring angular and linear quantities are given. The practical part of the work was carried out on the basis of the Mykolaiv branch of the State Enterprise “Odesastandartmetrology” using automated equipment.

					13. ДР. 152. 4631. 03. ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		4

Keywords: metrology, geodetic instruments, total stations, metrological and technical characteristics, accuracy class, horizontal and vertical angle measurement error, distance measurement error, root mean square error, collimation error, zero point (zenith point), eccentricity

					13. ДР. 152. 4631. 03. ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		5

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АУПН – Автоколімаційна установка для перевірки нівелірів

АУПНТ – Автоколімаційна установка для перевірки нівелірів та теодолітів

АУПТ – Автоколімаційна установка для перевірки теодолітів

ЕТ – Електронний тахеометр

GPS – Global Positioning System (глобальна система позиціонування)

ДСТУ – Державний стандарт України

ЗВТ – Засіб вимірювальної техніки

КЛ – Круг ліворуч (положення тахеометра)

КП – Круг праворуч (положення тахеометра)

МО/MZ – Місце нуля / місце зеніту вертикального круга

СКП – Середня квадратична похибка

					13. ДР. 152. 4631. 03. ПЗ	Лист
						6
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

					13. ДР. 152. 4631. 03. ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата				
Студент	Шкуренко Т. С.				Зміст	Лист	Лист	Листів
Керівник	Грешнов А. Ю.						6	3
Консульт.						НУК		
Н. Контр.	Грешнов А. Ю.							
Зав. Каф.								

ЗМІСТ

ВСТУП	10
РОЗДІЛ 1. Загальні відомості про тахеометри	12
1.1. Поняття та призначення тахеометрів	13
1.2. Принцип роботи та конструктивні особливості тахеометрів	13
1.3. Класифікація та порівняльна характеристика тахеометрів	16
1.4. Нормативно-правове забезпечення повірки	20
Висновки до розділу 1	20
РОЗДІЛ 2. Методика повірки тахеометрів	22
2.1. Загальні вимоги до повірки	23
2.2. Умови та засоби проведення повірки	23
2.3. Послідовність виконання операцій повірки	24
2.4. Параметри, що визначаються під час повірки	25
2.5. Допустимі похибки та критерії придатності	29
Висновки до розділу 2	34
РОЗДІЛ 3. Практична реалізація повірки	35
3.1. Опис та характеристики АУПНТ	36
3.2. Складові елементи АУПНТ	40
3.2.1. Конструкція кантувача	41
3.2.2. Будова підвісок і зорових труб	42
3.2.3. Конструкція предметного столу	44
3.2.4. Конструкція пристосування для перевірки оптичного центра геодезичних приладів	45
3.2.5. Будова оптичного кутоміра	47
3.3. Порядок проведення повірки на АУПНТ	48
3.4. Повірка віддалемірної частини тахеометра	51
Висновки до розділу 3	54
РОЗДІЛ 4. Обробка та оформлення результатів повірки	55
4.1. Розрахунок похибок за результатами вимірювання	56
4.2. Оформлення результатів повірки	61
Висновки до розділу 4	62

РОЗДІЛ 5. Охорона праці.....	63
Висновки до розділу 5	67
ВИСНОВКИ	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	70
Додаток 1. Форма протоколу повірки тахеометрів	72
Додаток 2. Форма свідоцтва про повірку законодавчо регульованого ЗВТ....	77
Додаток 3 Форма довідки про непридатність ЗВТ.....	79

ВСТУП

Визначення кутових та лінійних розмірів є однією з ключових задач сучасної науки і техніки. Точність таких вимірювань значною мірою залежить від метрологічних характеристик засобів вимірювальної техніки, а також від рівня професійної підготовки фахівців, які здійснюють вимірювання.

Сучасна геодезія є галуззю, у якій вимірювання переважно виконуються із застосуванням електронних засобів. Одним із основних приладів для здійснення комплексних вимірювань є тахеометр — геодезичний інструмент, призначений для визначення горизонтальних і вертикальних кутів, відстаней та перевищень на місцевості.

Засоби вимірювальної техніки потребують своєчасного та достовірного метрологічного забезпечення. Відповідно до частини першої статті 17 Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» [13], законодавчо регульовані засоби вимірювальної техніки, що перебувають в експлуатації, підлягають періодичній повірці та повірці після ремонту. Згідно з постановою Кабінету Міністрів України № 374 від 4 червня 2015 р. «Про затвердження переліку категорій законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що підлягають періодичній повірці» [11], а також відповідно до статті 3 зазначеного Закону, тахеометри, які застосовуються у топографо-геодезичних, картографічних, гідрометеорологічних роботах, у сфері землеустрою та при визначенні параметрів будівель, споруд і територій забудови, обов’язково підлягають метрологічному контролю.

Метою кваліфікаційної роботи є дослідження методики повірки тахеометрів і практичне виконання повірки з використанням сучасних засобів метрологічного забезпечення.

Предмет дослідження — процедура повірки електронних тахеометрів, зокрема оцінка їх метрологічних і технічних характеристик із використанням науково-технічної бази Миколаївської філії ДП «Одесастандартметрологія».

Для досягнення мети роботи визначено такі завдання:

- охарактеризувати конструкцію, принцип дії та класифікацію тахеометрів;
- проаналізувати нормативно-правові вимоги до повірки тахеометрів;
- описати засоби, умови та порядок проведення повірки;

- здійснити перевірку кутомірної та віддалемірної частин тахеометра на відповідному обладнанні;
- виконати обробку результатів перевірки та оформлення супровідної документації відповідно до чинних нормативних вимог.

					13. ДР. 152. 4631. 03. ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		11

					13. ДР. 152. 4631. 03. ПЗ							
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата	Загальні відомості про тахеометри			Лист	Лист	Листів		
Студент	Шкуренко Т. С.									12	10	
Керівник	Грешнов А. Ю.							НУК				
Консульт.												
Н. Контр.	Грешнов А. Ю.											
Зав. Каф.												

РОЗДІЛ 1. Загальні відомості про тахеометри

1.1 Поняття та призначення тахеометрів

Тахеометрія — це один із видів топографічної зйомки (від грец. tachy — швидко, metron — вимірювати), під час якої одночасно визначаються планове та висотне положення точок місцевості. У результаті тахеометричної зйомки створюється план із зображенням рельєфу та ситуації [15].

Тахеометр — це геодезичний прилад, призначений для вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів, відстаней та перевищень. За своєю суттю тахеометр є комбінованим приладом, який поєднує функції теодоліта і далекоміра.

Сучасні геодезичні роботи переважно виконуються за допомогою електронних тахеометрів, які витіснили оптичні аналоги. Поява електронних тахеометрів стала можливою завдяки розвитку електронних теодолітів і світловіддалемірів, що дозволило об'єднати в одному корпусі кутомірні та далекомірні функції з вбудованими обчислювальними можливостями.

Електронний тахеометр (ЕТ) — це вимірювальний прилад, який конструктивно об'єднує електронний теодоліт, світловіддалемір і мікропроцесор із прикладним геодезичним програмним забезпеченням [16]. Такий прилад дозволяє здійснювати вимірювання, автоматичну обробку результатів і збереження даних безпосередньо в польових умовах.

Завдяки інтеграції обчислювальних модулів, ЕТ забезпечує миттєвий розрахунок координат точок за результатами вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів та відстаней, що значно підвищує продуктивність та точність геодезичних робіт.

1.2 Принцип роботи та конструктивні особливості тахеометрів

Конструктивно тахеометр включає такі основні вузли [4]:

- електронний теодоліт (кутомір);
- електронний далекомір;
- GPS-приймач (опційно);

- мікропроцесорний обчислювальний блок із пам'яттю для зберігання, обробки та передачі результатів вимірювань.

Вимірювання відстаней у сучасних тахеометрах здійснюється одним із двох основних методів:

фазовим — за різницею фаз між випроміненим і відбитим сигналом;

імпульсним — за часом проходження лазерного променя до відбивача і назад.

Дальність і точність вимірювання залежать як від технічних характеристик приладу, так і від зовнішніх умов: температури, вологості, атмосферного тиску та відбивної здатності поверхні об'єкта [14].

У режимі з відбивачем (призмою) максимальна дальність вимірювань може досягати 5 км і більше. У безвідбивному режимі дальність зазвичай обмежується 500–1000 м і суттєво залежить від властивостей поверхні.

Окремі моделі поєднують функції далекоміра з системою автофокусування зорової труби, що підвищує точність наведення.

Типові значення точності для сучасних приладів [16]:

кутові вимірювання — $0,5'' - 7''$;

лінійні вимірювання — $\pm(1 \text{ мм} + 1 \text{ мм/км}) - \pm(3 \text{ мм} + 2 \text{ мм/км})$;

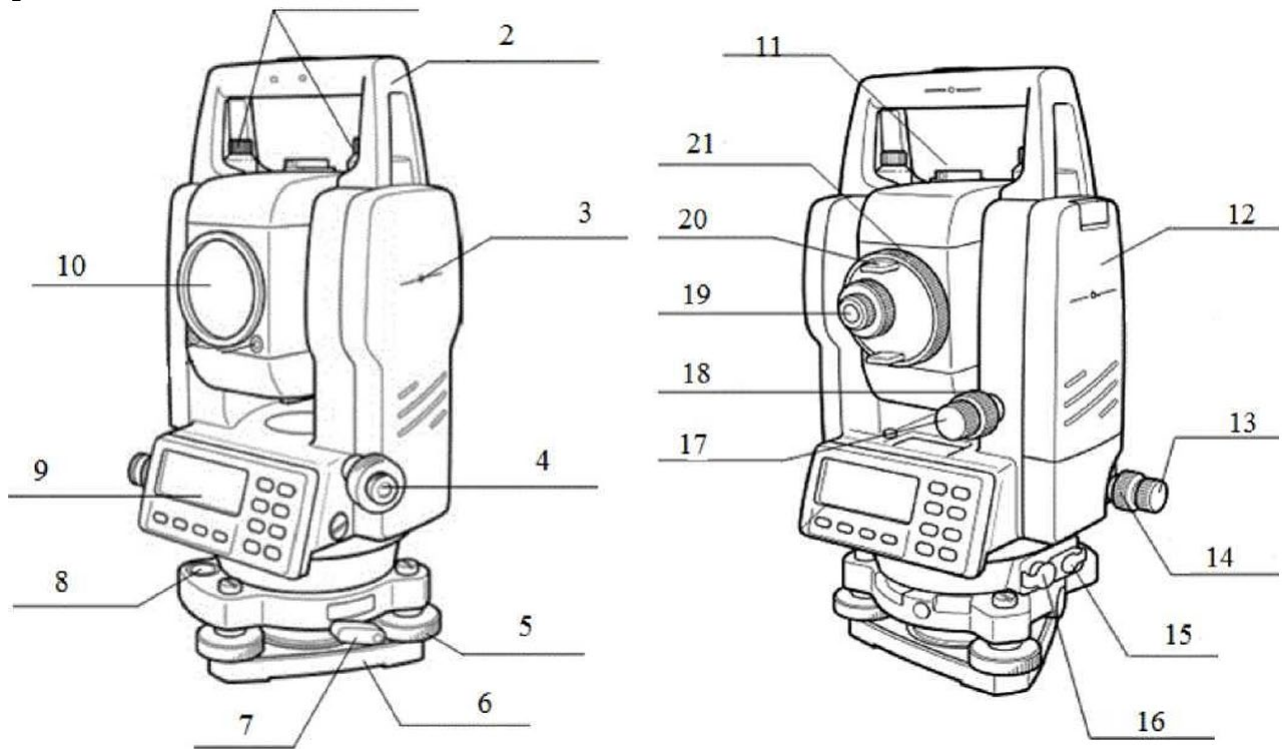
Більшість сучасних тахеометрів оснащені великим обсягом внутрішньої пам'яті, можливістю підключення до ПК, виведенням даних у вигляді протоколів, а також GPS-модулями для визначення координат у глобальних системах.

Конструктивно будь-який електронний тахеометр складається з системи горизонтальної та вертикальної вісей обертання, що забезпечують вимірювання кутових величин, і корпусу зорової труби, закріпленого між двома опорами [7]. Поворот зорової труби у вертикальній площині здійснюється за допомогою мікрометричного та закріплюючого гвинтів вертикального лімба (позиції 17, 18), а обертання навколо вертикальної осі — за допомогою аналогічних гвинтів горизонтального лімба (позиції 13, 14). Окуляр зорової труби (19) і об'єктив (10) забезпечують візуалізацію об'єктів спостереження, а зорову трубу можна точно наводити за допомогою кремальєри (20).

Корпус тахеометра встановлюється на трегер (6), який містить гвинти вирівнювання (5) та фіксуючий гвинт (7), що забезпечують точне горизонтальне

орієнтування приладу. Вертикальність положення тахеометра контролюється за допомогою круглого рівня (8), а центрування над точкою вимірювання — за допомогою оптичного виска з окуляром (4).

Живлення приладу здійснюється від батареї (12), також передбачено роз'єми для підключення зовнішнього джерела живлення (15) та обміну даними з іншими пристроями (16). Візування виконується за допомогою візирів (11, 21), а керування режимами вимірювання та зчитування результатів здійснюється через екран і панель керування (9).



1 – затискні гвинти ручки для переносу, 2 – ручка для переносу, 3 – мітка висоти тахеометра, 4 – окуляр оптичного виска, 5 – підймальний гвинт, 6 – трегер, 7 – зажимний гвинт трегера, 8 – круглий рівень, 9 – екран та органи керування, 10 – лінза об'єктиву, 11 – візир, 12 – батарея, 13 – мікрометричний гвинт горизонтального лімба, 14 – закріплюючий гвинт горизонтального лімба, 15 – роз'єм для підключення зовнішнього живлення, 16 – роз'єм для підключення до зовнішніх пристроїв, 17 – мікрометричний гвинт вертикального лімба, 18 – закріплюючий гвинт вертикального лімба, 19 – окуляр зорової труби, 20 – кремальєра зорової труби, 21 – візир [8]

Рисунок 1.1 - Загальний вигляд тахеометра

1.3 Класифікація та порівняльна характеристика тахеометрів

Залежно від принципу дії та рівня автоматизації, тахеометри класифікують наступним чином [5] :

1. За типом вимірювального далекоміра:

Оптико-механічні (номограмні, з подвійним зображенням);

Електронно-оптичні;

Електронні;

Реєструвальні (з автоматичною фіксацією результатів вимірювання у вбудованій пам'яті або на зовнішньому носії).

2. За способом вимірювання відстаней:

Відбивні (із застосуванням відбивачів — призмових або плівкових);

Безвідбивні (для вимірювання безпосередньо до об'єкта без використання спеціального відбивача).

3. За типом оберտального механізму:

Механічні — наводяться вручну за допомогою навідних гвинтів;

Сервопривідні — керуються дистанційно, обертання здійснюється автоматично за допомогою сервоприводів.

У процесі повірки було досліджено два зразки електронних тахеометрів — South NTS-352R/L та Sokkia CX-105. Обидва прилади призначені для вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів, віддалей та перевищень, однак мають певні відмінності в технічних і метрологічних характеристиках, які слід враховувати (таблиця 1.1) [18, 19].

Таблиця 1.1 - Порівняльна таблиця основних характеристик досліджуваних тахеометрів

Характеристика	South NTS-352R/L	Sokkia CX-105
Зорова труба		
Довжина зорової труби	154 мм	171 мм
Діаметр об'єктива	45 мм (EDM 50 мм)	45 мм (EDM 48 мм)
Збільшення	30X	30X
Тип зображення	Пряме	Пряме

Продовження таблиці 1.1

Роздільна здатність	3"	2,5"
Кут поля зору	1° 30'	1° 30'
Мінімальна відстань фокусування	1 м	1,3 м
Вимірювання кутів		
Одиниці вимірювання	Градус	Градус / Гон / Міл (вибирається)
Найменше значення відліку	1" / 5" (вибирається)	1" / 5" (вибирається)
Точність	±2"	±5" (0,0015 гон / 0,025 міл)
Компенсатор		
Тип	Рідинний електронний	Рідинний двовісний датчик нахилу
Діапазон компенсації	± 3°	±6' (±0,1111 гон)
Автоматичний компенсатор	Автокомпенсатор вертикального кола (ВК)	Вкл. (В / В і Г) / Викл.
Точність	1"	1"
Вимірювання віддалей		
Джерело сигналу	Видимий червоний лазер 0,670 мкм	Лазерний діод (690 нм, клас 3R)
Дальність вимірювання (призма/плівка)	до 5000 м (залежно від призми) до 800 м (залежно від плівки)	до 6000 м (залежно від призми) до 500 м (залежно від плівки)
Дальність вимірювання (без призми)	до 200 м (біла поверхня), до 120 м (сіра поверхня)	до 500 м (біла поверхня), до 220 м (сіра поверхня)
Мін. ціна поділки	0,1 мм	Точне: 0,001 м / Слідкування: 0,01 м

Продовження таблиці 1.1

Точність (на призму)	Точне: $\pm(2 + 2\text{ppm})$ мм; Швидке: $\pm(3 + 2\text{ppm})$ мм	Точне: $\pm(2 + 2\text{ppm} \times D)$ мм; Швидке: $\pm(5 + 2\text{ppm} \times D)$ мм
Точність (на плівку)	$\pm(5 + 2\text{ppm})$ мм	Точне: $\pm(3 + 2\text{ppm} \times D)$ мм; Швидке: $\pm(5 + 2\text{ppm} \times D)$ мм
Точність (без призми, біла поверхня)	$\pm(5 + 2\text{ppm})$ мм	Від $\pm(3 + 2\text{ppm} \times D)$ мм до $\pm(15 + 10\text{ppm} \times D)$ мм
Точність (без призми, сіра поверхня)	$\pm(10 + 2\text{ppm})$ мм	Від $\pm(3 + 2\text{ppm} \times D)$ мм до $\pm(15 + 10\text{ppm} \times D)$ мм
Час вимірювання	Точне: $< 1,8$ с; Швидке: $< 1,2$ с; Слідкування: $< 0,8$ с	Точне: $1,7$ с + $0,9$ с; Швидке: $1,4$ с + $0,7$ с; Слідкування: $1,4$ с + $0,3$ с
Загальні характеристики		
Атмосферна поправка	Ручне введення, автокорекція	Введення T, P, ppm
Поправка за рефракцію та кривизну	Ручне введення, автокорекція	Вибирається: ні / $K=0,142$ / $K=0,20$
Дисплей	РК-дисплей, 4-рядковий, цифровий з двох сторін	Односторонній графічний LCD (192×80), з підсвічуванням
Тип акумулятора	Перезаряджувана Ni-H батарея 6 В, 4000 мА·год	Літій-іонний, 7.2 В, 5800 мА·год
Час роботи	8 год	До 36 год
Діапазон температур	-20°C ... +45°C	-20°C ... +60°C
Вага з батареєю	5.2 кг	5.6 кг
Розміри	160×150×330 мм	191×181×348 мм

Під час повірки тахеометрів ключовими є параметри точності вимірювання, наявність компенсації похибок, діапазон вимірювання віддалей, а також ергономічні та експлуатаційні характеристики приладу.

Щодо кутомірної частини, South NTS-352R/L забезпечує точність вимірювання $\pm 2''$, що вище, ніж у Sokkia CX-105, де вона становить $\pm 5''$. Це свідчить про перевагу South у плані кутових вимірювань під час повірки.

У віддалемірній частині точність вимірювання на призму у обох приладів однакова в точному режимі — $\pm(2 + 2\text{ppm})$ мм, проте у швидкому режимі точність Sokkia трохи нижча. Для вимірювань без відбивача (по світлій поверхні) Sokkia забезпечує точність від $\pm(3 + 2\text{ppm} \times D)$ мм, тоді як у South цей показник становить $\pm(5 + 2\text{ppm})$ мм, що свідчить про перевагу Sokkia в даному режимі.

За максимальною дальністю вимірювання, Sokkia CX-105 також переважає: до 6000 м на призму проти 5000 м у South.

Обидва тахеометри оснащено компенсаторами: South має рідинний електронний компенсатор вертикального круга, тоді як у Sokkia застосовано двовісний компенсатор, що забезпечує автоматичну компенсацію похибок як у вертикальному, так і в горизонтальному колі — це суттєво підвищує стабільність приладу під час повірки.

Щодо атмосферних поправок, обидва прилади дозволяють ручне введення температури й тиску, але Sokkia додатково забезпечує можливість введення коефіцієнта заломлення (K), що дозволяє враховувати рефракцію точніше.

Важливим чинником при повірці є тривалість автономної роботи: у Sokkia вона значно більша — до 36 годин, що дозволяє виконувати серії вимірювань без переривань, тоді як South працює до 8 годин.

З точки зору ергономіки, South NTS-352R/L має два дисплеї з обох боків, що значно полегшує роботу під час повірки, особливо при зміні положення тахеометра. У Sokkia CX-105 дисплей один, що знижує зручність в експлуатації.

Таким чином, South NTS-352R/L вигідно вирізняється точністю кутомірної частини та ергономікою, тоді як Sokkia CX-105 демонструє кращі характеристики дальності, компенсатора, тривалості роботи та гнучкості врахування зовнішніх умов.

1.4 Нормативно-правове забезпечення повірки

Основні вимоги до тахеометрів визначені в національному стандарті ДСТУ 8955:2019 «Теодоліти й тахеометри. Метрологічні та технічні вимоги». Цей стандарт встановлює перелік основних метрологічних і технічних характеристик тахеометрів та теодолітів. Дотримання вимог цього стандарту може вважатися підтвердженням відповідності суттєвим вимогам Технічного регламенту законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки. Відтак, його положення можуть застосовуватись під час проведення процедури оцінки відповідності та повірки приладів.

За результатами випробувань відповідно до ДСТУ 8955:2019 приладу присвоюється клас точності, який є основою для його застосування в певному типі геодезичних робіт. У процесі експлуатації клас точності підтверджується за результатами періодичної повірки. У разі виявлення зниження метрологічних характеристик прилад може бути переведений до нижчого класу точності, а не визнаний непридатним.

Порядок проведення повірки тахеометрів, які використовуються як законодавчо регульовані засоби вимірювальної техніки (ЗВТ), регламентується ДСТУ 9102:2021 «Тахеометри. Методика повірки». Цей стандарт містить опис процедур повірки, перелік необхідних еталонів, вимоги до кваліфікації персоналу, умови проведення повірки, порядок обробки та оформлення результатів.

Міжповірочний інтервал для тахеометрів, які експлуатуються як законодавчо регульовані ЗВТ, встановлено наказом Міністерства економічного розвитку і торгівлі України від 13.10.2016 № 1747 (zareestrovano v Ministerstvi yustitsii Ukrainy 01.11.2016 za № 1417/29547) і становить 1 рік.

Висновки до розділу 1

У процесі дослідження проаналізовано основні поняття, пов'язані з конструкцією, класифікацією та принципом дії тахеометрів як засобів вимірювальної техніки. Визначено перелік метрологічних та технічних характеристик, які підлягають повірці згідно з чинною нормативною базою.

					13. ДР. 152. 4631. 03. ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		20

Проведено порівняльний аналіз основних параметрів тахеометрів South NTS-352R/L і Sokkia CX-105, що дало змогу виявити їх конструктивні особливості, різницю в функціональних можливостях та умовах експлуатації. Ці відомості створюють підґрунтя для обґрунтованого вибору методів та засобів перевірки в подальшій практичній частині дослідження.

Накопичені теоретичні знання є важливими для забезпечення точності, достовірності та ефективності виконання метрологічних процедур з перевірки тахеометрів.

					13. ДР. 152. 4631. 03. ПЗ			
Зм.	Лист	№ докцм	Підпис	Дата	Методика повірки тахеометрів	Лист	Лист	Листів
Студент		Шкуренко Т. С.					22	13
Керівник		Грешнов А. Ю.				НУК		
Консульт.								
Н. Контр.		Грешнов А. Ю.						
Зав. Каф.								

РОЗДІЛ 2. Методика повірки тахеометрів

2.1 Загальні вимоги до повірки

Під час проведення повірки тахеометрів необхідно дотримуватися вимог щодо безпеки праці, охорони навколишнього середовища, а також положень експлуатаційної документації, що супроводжує конкретний прилад.

Персонал, відповідальний за проведення повірки, повинен [3]:

- знати конструкцію та принцип дії автоколімаційної установки для повірки нівелірів і теодолітів типу АУПНТ;
- володіти знаннями нормативних і методичних документів, що регламентують вимоги до законодавчо регульованих ЗВТ;
- знати основні правила експлуатації ЗВТ, вимоги охорони праці, виробничої санітарії та протипожежної безпеки;
- мати знання про конструкцію, принцип дії та практичний досвід роботи з відповідними засобами вимірювальної техніки.

До початку повірки необхідно перевірити:

- наявність метрологічного маркування (для приладів, введених в обіг після набуття чинності технічним регламентом [12]);
- наявність свідоцтва про попередню повірку або відбитка повірочного тавра (для приладів, що вже експлуатуються);
- комплектність тахеометра, включаючи експлуатаційну документацію, акумуляторні батареї, зарядні пристрої та інші допоміжні елементи, що подаються на повірку разом із приладом.

2.2 Умови та засоби проведення повірки

Під час проведення повірки повинні бути забезпечені такі атмосферні умови:

- температура навколишнього повітря в лабораторії — від 15 °С до 25 °С;
- температура навколишнього повітря в польових умовах:
 - для тахеометрів класів точності А1, А2 — від -10 °С до +40 °С;
 - для тахеометрів класів точності В6, В10, С30 — від -25 °С до +40 °С;
- відносна вологість повітря — від 20 % до 80 %;

- атмосферний тиск — від 820 гПа до 1060 гПа;
- коливання температури в лабораторії під час повірки не повинне перевищувати 2 °С.

Фактичні умови повірки мають бути задокументовані у протоколі повірки.

Для проведення повірки використовують такі еталони, засоби вимірювань та допоміжне обладнання [3]:

Еталони:

- установка автоколімаційна для повірки нівелірів і теодолітів АУПНТ;
- компаратор польовий лінійний КПЛ-10;

Засоби повірки, допоміжне обладнання

- вимірювач параметрів повітря;
- поворотна платформа предметного столу (АУПТ).
- стрічка вимірювальна;
- рулетка вимірювальна металева (Р5УЗК);
- комплект відбивачів.

Всі еталони та засоби вимірювань, що застосовуються для повірки, повинні мати задокументовані метрологічні характеристики (вказані в сертифікатах калібрування), зокрема значення розширеної невизначеності вимірювань [11]. Від величини цієї невизначеності залежить максимальна точність, з якою можна виконувати перевірку приладів відповідно до вимог ДСТУ 8955. Зокрема, еталони з більш низькою невизначеністю забезпечують можливість повірки з вищою точністю, що є критично важливим для забезпечення метрологічної достовірності результатів.

2.3 Послідовність виконання операцій повірки

Під час періодичної, позачергової або післяремонтної повірки тахеометра обов'язковими є такі операції:

1. Первинний контроль:

- зовнішній огляд тахеометра;
- перевірка комплектності та працездатності.

2. Контроль технічного стану та юстування:

- перевірка та юстування положення бульбашки циліндричного рівня;

					13. ДР. 152. 4631. 03. ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		24

- контроль нахилу сітки ниток зорової труби та її юстування;
- контроль та юстування суміщення осі оптичного центру з вертикальною віссю обертання тахеометра.

3. Перевірка роботи компенсатора:

- визначення діапазону роботи компенсатора;
- вимірювання середньої квадратичної похибки роботи компенсатора;
- визначення систематичної похибки компенсатора на одну хвилину нахилу осі обертання.

4. Визначення метрологічних характеристик тахеометра:

- вимірювання колімаційної похибки;
- визначення місця нуля (зеніту) вертикального круга;
- контроль неперпендикулярності осі обертання зорової труби до вертикальної осі;
- вимірювання впливу ексцентриситету аліади на кутові вимірювання;
- вимірювання впливу ексцентриситету вертикального круга;
- визначення середньої квадратичної похибки вимірювань горизонтальних і вертикальних кутів.

5. Перевірка віддалемірної частини:

- вимірювання константи комплексу тахеометр – відбивач;
- визначення середньої квадратичної похибки вимірювання віддалей.

6. Завершальні етапи:

- оброблення результатів вимірювань;
- оформлення результатів перевірки згідно з чинними вимогами.

У разі отримання негативного результату на будь-якому з етапів, перевірка припиняється, а тахеометр визнається непридатним до застосування.

2.4 Параметри, що визначаються під час перевірки

Середню квадратичну похибку (СКП) вимірювань вертикального і горизонтального кутів одним повним прийомом, виражену в секундах дуги (.."), (експериментальну СКП вимірювань кута) визначають за формулами [2]:

$$S_v = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^n (v_{ij} - v_i^{ms})^2}{\chi_\alpha^2(v)}} \quad (2.1)$$

$$S_\beta = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^n (\beta_{ij} - \beta_i^{ms})^2}{\chi_\alpha^2(v)}} \quad (2.2)$$

де $v_{ij}(\beta_{ij})$ - вертикальні (горизонтальні) кути, виміряні одним повним прийомом, ...";

$v_i^{ms}(\beta_i^{ms})$ - еталонні значення вертикальних (горизонтальних) кутів;

$v = n \cdot p$ - кількість ступенів свободи, ...";

n - кількість виміряних окремих вертикальних чи окремих горизонтальних кутів;

p - кількість повних прийомів вимірювань вертикальних (горизонтальних) кутів;

$\chi_\alpha^2(v)$ - коефіцієнт χ^2 -розподілу Пірсона.

Середню квадратичну похибку (СКП) вимірювань горизонтального напрямку одним повним прийомом S_N , виражену в секундах дуги (..."), (експериментальну СКП вимірювань напрямку) визначають за формулою:

$$S_N = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^{n-1} (N_{ij} - N_i^{ms})^2}{\chi_\alpha^2(v)}} \quad (2.3)$$

де N_{ij} - горизонтальні напрямки, виміряні одним повним прийомом, ...";

N_i^{ms} - еталонні значення горизонтальних напрямків, ...";

$v = (n - 1) \cdot p$ - кількість ступенів свободи;

n - кількість виміряних горизонтальних напрямків;

p - кількість повних прийомів вимірювань горизонтальних напрямків;

$\chi_\alpha^2(v)$ - коефіцієнт χ^2 -розподілу Пірсона.

Терміни СКП горизонтального кута та СКП горизонтального напрямку беруть тотожними, тобто $S_\beta \equiv S_N$.

Експериментальну систематичну похибку роботи компенсатора $\delta_{\kappa_{\max}}$, виражену в секундах дуги на 1' нахилу осі обертання приладу (.."/), - яка є

максимальною зміною нахилу візирної осі приладу від зміни нахилу осі його обертання в діапазоні роботи компенсатора, визначають за формулами:

$$\delta_{\kappa_i} = \frac{b_i - b_0}{\alpha_i} \quad (2.4)$$

$$\delta_{\kappa_{\max}} = \max \left\{ \frac{\delta_{\kappa_i}^+ + \delta_{\kappa_j}^-}{2} \right\} \quad (2.5)$$

де b_0 - вертикальний кут, виміряний еталоном на сітку ниток приладу в його початковому положенні, коли його вісь обертання вертикальна, ...";

b_i - вертикальний кут, виміряний еталоном на сітку ниток приладу, коли його вісь обертання нахилена на кут α_i відносно початкового положення, ...";

α_i - кут нахилу платформи, на яку встановлено прилад, ...';

$\delta_{\kappa_i}^+$ - систематична похибка роботи компенсатора на 1' нахилу осі обертання теодоліта для додатного кута нахилу приладу α_i , ... " 1 ;

$\delta_{\kappa_j}^-$ - систематична похибка роботи компенсатора на 1' нахилу осі обертання теодоліта для від'ємного кута нахилу приладу мінус α_i , ... " "

Експериментальну СКП роботи компенсатора приладу S_k , виражену в секундах дуги (..."), яка є усередненою характеристикою випадкових змін нахилу візирної осі приладу від зміни нахилу осі його обертання в діапазоні роботи компенсатора, визначають за формулою:

$$S_k = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(b_{\Pi i} - b_{3i})^2}{2 \cdot n}} \quad (2.6)$$

де $b_{\Pi i}$ - вертикальний кут, виміряний еталоном на сітку ниток приладу під час нахилу платформи на кут α_i у прямому напрямку, ...";

b_{3i} - вертикальний кут, виміряний еталоном на сітку ниток приладу під час нахилу платформи на - кут α_i у напрямку, зворотному до прямого на тому самому куті нахилу, ...";

n - кількість нахилів платформи.

Зміну неперпендикулярності осі обертання зорової труби до осі обертання алідади приладу під час нахилу зорової труби приладу $\tilde{O}_{np}$, виражену в секундах дуги

(.."), - систематичну складову похибки вимірювань горизонтальних кутів одним повним прийомом, яка виникає під час їх вимірювання на точки, що перебувають вище й нижче від горизонту приладу (експериментальне значення), оцінюють за формулою:

$$\tilde{\sigma}_{np} = \frac{\sum_{j=1}^p (\beta_j - \beta_i^{ms})}{p} \quad (2.7)$$

де β_j - значення вимірюного одним повним прийомом горизонтального кута під час наведення приладу на дві візирні цілі, які перебувають на 20° вище та нижче від горизонту відповідно, ...";

β_i^{ms} - еталонне значення кута, яке може дорівнювати, наприклад, 180° , якщо еталонний кут утворюють два автоколіматори, спрямовані один на другий, ...";

p - кількість повних прийомів вимірювань горизонтального кута.

Експериментальну постійну складову СКП вимірювань віддалей $\tilde{a}$, виражену в міліметрах, визначають за формулою:

$$\tilde{a} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - D_i^{ms})^2}{\chi_\alpha^2(v)^*}} \quad (2.8)$$

де D_i - виміряні значення віддалей, мм;

D_i^{ms} - еталонні значення віддалей завдовжки до 100 м, мм;

$v = n_\alpha$ - кількість ступенів свободи, яка дорівнює кількості виміряних віддалей завдовжки до 100 м ;

$\chi_\alpha^2(v)$ - коефіцієнт χ^2 -розподілу Пірсона.

Експериментальну змінну складову СКП вимірювань віддалей $\tilde{b}$, виражену в міліметрах визначають за формулою:

$$\tilde{b} = \max \left\{ \frac{|D_i - D_i^{ms}| - t_\alpha(v) \cdot \tilde{a}}{t_b(v) \cdot D_i^{ms}} \right\} \cdot 10^6 \quad (2.9)$$

де D_i - виміряні значення віддалей, мм;

D_i^{ms} - еталонні значення віддалей завдовжки понад 100 м, мм;

$t_\alpha(v)$ - коефіцієнт t -розподілу Стьюдента.

Середню квадратичну похибку (СКП) вимірювань віддалі S_D (експериментальну СКП вимірювань віддалі), виражену в міліметрах, - отриману з випробувань основну метрологічну характеристику віддалемірної частини тахеометра визначають за формулою:

$$S_D = \tilde{a} + \tilde{b} \cdot D \cdot 10^{-6} \quad (2.10)$$

D -вимірювана віддаль, виражена в міліметрах.

Константу комплексу «тахеометр-відбивач» $\tilde{c}$, виражену в міліметрах, – адитивну похибку тахеометра й відбивача визначають за формулою:

$$\tilde{c} = \frac{\sum_{i=1}^n (D_i - D_i^{ms})}{n_a} \quad (2.11)$$

де D_i - виміряні значення віддалей, мм;

D_i^{ms} - еталонні значення віддалей завдовжки до 100 м, мм;

n_a - кількість виміряних віддалей завдовжки до 100 м.

2.5 Допустимі похибки та критерії придатності

Отримані під час випробувань експериментальні значення метрологічних і технічних характеристик кутомірної частини тахеометрів не повинні перевищувати нормованих значень, наведених у таблицях 2.1, 2.2 та 2.3 [2].

Основною нормованою метрологічною характеристикою, що визначається під час оцінки відповідності тахеометрів, є середня квадратична похибка (СКП) вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів. Цей показник вважається забезпеченим у разі, якщо всі інші метрологічні та технічні характеристики, визначені експериментально, відповідають нормованим значенням згідно з таблицями 2.1 і 2.2.

Тахеометри класифікують на електронні з одновісним або двовісним компенсатором, а також на оптико-механічні, оснащені компенсатором або циліндричним рівнем у складі вертикального та горизонтального круга.

СКП вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів, наведені в таблиці 2.1, нормуються для оптико-механічних та електронних тахеометрів при фокусуванні на нескінченність. Ця характеристика не враховує похибок, зумовлених центруванням, редукцією, перефокусуванням та впливом зовнішніх факторів.

Таблиця 2.1 - Основні нормовані метрологічні характеристики оптико-механічних й електронних тахеометрів

Номер	Назва метрологічної характеристики	Значення нормованої метрологічної характеристики для класів точності				
		високоточні		точні		технічні
1	Познака класу	A1	A2	B6	B10	C30
2	СКП (σ) вимірювань кута одним повним прийомом, ...", не більше ніж	0,5; 1	1,5; 2	3; 4; 5; 6	7; 8; 9; 10	15; 20; 30
3	Діапазон вимірювань кутів: — горизонтальних, ...°; — вертикальних, ...°	Від 0 до 360 Від мінус 50 до 50				
4	Діапазон роботи компенсатора, ...', не менше ніж	± 2	± 2	± 3	± 3	± 5
5	Максимально допустима систематична похибка роботи компенсатора на 1' нахилу осі обертання приладу, ..."/, у межах	$\pm 2,0\sigma$	$\pm 2,0\sigma$	$\pm 2,0\sigma$	$\pm 2,0\sigma$	$\pm 2,0\sigma$
6	СКП роботи компенсатора, ...", не більше ніж	$2,0\sigma$	$2,0\sigma$	$2,0\sigma$	$2,0\sigma$	$2,0\sigma$
7 ²⁾	Максимальний вплив ексцентриситету алідади (лімба ¹⁾) горизонтального круга на вимірюваний кут,", у межах	$\pm 4,0\sigma$	$\pm 3,0\sigma$	$\pm 3,0\sigma$	$\pm 2,0\sigma$	$\pm 2,0\sigma$

Продовження таблиці 2.1

8 ³⁾	Максимальний вплив ексцентриситету вертикального круга на вимірюваний кут,", у межах	$\pm 1,0\sigma$	$\pm 1,0\sigma$	$\pm 1,0\sigma$	$\pm 1,0\sigma$	$\pm 1,0\sigma$
9	Зміна неперпендикулярності осі обертання зорової труби до осі обертання аліади приладу під час нахилу зорової труби приладу на $\pm 20^\circ$, ...", у межах	$\pm 0,7\sigma$	$\pm 0,7\sigma$	$\pm 0,7\sigma$	$\pm 0,7\sigma$	$\pm 1,0\sigma$

1) Нормують лише для оптико-механічних теодолітів.

2) Максимальний вплив ексцентриситету аліади (лімба) горизонтального круга на вимірюваний кут нормують для кута 90° . для результатів вимірювань за круга ліворуч (середнє значення кута за результатами вимірювань за круга ліворуч та круга праворуч вважають вільним від систематичного впливу ексцентриситету).

3) Максимальний вплив ексцентриситету вертикального круга на вимірюваний кут нормують для середнього значення за результатами вимірювань за круга ліворуч та круга праворуч. Він може містити інші (невідомого походження) систематичні складові похибки вимірювань.

Таблиця 2.2 - Основні нормовані технічні характеристики оптико-механічних та електронних теодолітів і тахеометрів

Номер	Назва параметра	Значення нормованої технічної характеристики та її допустимий відхил для класів точності				
		високоточні		точні		технічні
1	Познака класу	A1	A2	B6	B10	C30

Продовження таблиці 2.2

2	Збільшення зорової труби, ...", не менше ніж	30	30	25	25	20
3	Колімаційна похибка приладу, ...", не більше ніж	4σ	3σ	3σ	2σ	1σ
4	Місце нуля (місце зеніту) вертикального круга приладу, не більше ніж	4σ	3σ	3σ	2σ	1σ
5	Зміна колімаційної похибки та місця нуля (зеніту) від зміни температури, ..."/°C, не більше ніж	0,5σ	0,5σ	0,5σ	0,4σ	0,3σ
6	Зміна колімаційної похибки та місця нуля (зеніта) від перефокусування, ..."	5σ	5σ	5σ	4σ	3σ
7 ²⁾	Найменша віддаль візування, м, не більше ніж	2	2	1,5	1,5	1,5
8 ¹⁾	Ціна поділки сферичного (установчого) рівня, ...'/2мм, не більше ніж.	10	10	10	10	20
9	Відхил від перпендикулярності осі обертання зорової труби до осі обертання аліади приладу, ...", не більше ніж	5σ	4σ	3σ	2σ	1,5σ

Продовження таблиці 2.2

10	Максимально допустима похибка оптичного чи лазерного виска на 1 м висоти приладу, мм, не більше ніж	1	1	1,5	2	3 ²⁾
11	Робочий діапазон температури, °С	Від -10 до 40	Від -10 до 40	Від -25 до 55	Від -25 до 55	Від -25 до 55

¹⁾ Сферичний рівень може бути відсутній за наявності циліндричного.

²⁾ Прилад може не мати оптичного чи лазерного виска.

Отримані з випробувань експериментальні значення метрологічних та технічних характеристик віддалемірної частини тахеометрів не повинні перевищувати нормованих значень, наведених у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Основні нормовані метрологічні та технічні характеристики віддалемірної частини тахеометрів

Номер	Назва метрологічної характеристики	Значення нормованої метрологічної характеристики для класів точності				
		високоточні		точні		технічні
1	Познака класу	A1 (1)	A2(2)	B6(3)	B10(4)	C30(5)
2	Діапазон вимірювань віддалей на стандартну призму, м, у межах	Від 2 до 3000	Від 2 до 2500	Від 2 до 2000	Від 2 до 1500	Від 2 до 500
3	СКП вимірювань віддалі, мм, у режимі:					
	— на призму, не більше ніж;	$1+1\cdot 10^{-6}D$	$2+2\cdot 10^{-6}D$	$3+3\cdot 10^{-6}D$	$4+3\cdot 10^{-6}D$	$5+5\cdot 10^{-6}D$
	— на плівку, не більше ніж;	$1+1\cdot 10^{-6}D$	$2+2\cdot 10^{-6}D$	$3+3\cdot 10^{-6}D$	$4+3\cdot 10^{-6}D$	$5+5\cdot 10^{-6}D$
	— без відбивача на гладку поверхню, не більше ніж	$2+2\cdot 10^{-6}D$	$3+3\cdot 10^{-6}D$	$5+3\cdot 10^{-6}D$	$5+5\cdot 10^{-6}D$	$10+5\cdot 10^{-6}D$

Продовження таблиці 2.3

4	Константа комплекту «тахеометр-відбивач», мм. у межах	$\pm 0,3$	$\pm 0,6$	$\pm 1,0$	$\pm 2,0$	$\pm 2,5$
5	Фазова похибка, мм, у межах	± 1	± 2	± 3	± 3	± 5

D — вимірювана віддаль, виражена в міліметрах.

Діапазон вимірювань віддалей на плівку та без відбивача нормує виробник.

В експлуатації допустимо зменшення діапазону вимірювань віддалей.

Висновки до розділу 2

У розділі наведено повну та структуровану методику періодичної, позачергової та післяремонтної повірки тахеометрів згідно з чинними національними стандартами. Визначено послідовність операцій, перелік засобів повірки та еталонів, умови проведення повірки, а також параметри, що підлягають контролю. Розглянуто методи перевірки технічного стану тахеометра, юстування його вузлів, оцінювання метрологічних характеристик кутомірної та віддалемірної частин приладу.

Наведено формули для обчислення колімаційної похибки, середньої квадратичної похибки вимірювань кутів і віддалей, систематичної похибки роботи компенсатора та інших нормованих характеристик. Зазначено допустимі межі похибок, відповідність яким є критерієм придатності тахеометра до подальшої експлуатації.

Запропонована методика забезпечує об'єктивну оцінку технічного стану та метрологічних характеристик тахеометрів, що дозволяє гарантувати достовірність результатів вимірювань у геодезичній практиці.

					13. ДР. 152. 4631. 03. ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата	Практична реалізація повірки	Лист	Лист	Листів
Студент		Шкуренко Т. С.						
Керівник		Грешнов А. Ю.					35	20
Консульт.						НУК		
Н. Контр.		Грешнов А. Ю.						
Зав. Каф.								

РОЗДІЛ 3. Практична реалізація повірки

3.1 Опис та характеристики АУПНТ

Установка автоколімаційна для повірки нівелірів і теодолітів (далі за текстом - АУПНТ), призначена для відтворення лінії горизонту і плоского розгорнутого кута 180° в горизонтальній і вертикальній площинах світловими автоколімаційними візирними осями. [17]

АУПНТ застосовують для визначення та (або) контролю метрологічних характеристик геодезичних приладів - нівелірів, теодолітів і кутомірної частини оптичних та електронних тахеометрів під час їхніх випробувань, державної метрологічної атестації та повірки.

АУПНТ експлуатуються лабораторіями державного нагляду за засобами вимірювальної техніки, підприємствами-виготовлювачами геодезичної техніки та ремонтними організаціями і підприємствами.

Таблиця 3.1 - Основні параметри, розміри та характеристики АУПНТ

Параметр / Характеристика	Значення
Діапазон змін кута нахилу візирної осі (АУПТ)	від -40° до 40°
Середня квадратична похибка відтворення кута 180° у вертикальній і горизонтальній площинах (АУПТ)	не більше $0,7''$
Систематична складова похибки відтворення горизонтальної візирної осі (АУПН)	$\pm 2,0''$
Середня квадратична похибка відтворення горизонтальної візирної осі (АУПН)	не більше $0,7''$
Діапазон вимірювань кутоміром кута неузгодженості нівелірів (АУПНТ)	від $-30''$ до $30''$
Номінальне значення ціни поділки шкали мікроподачі кутоміра (АУПНТ)	$0,5''$ (фактичне — за результатами повірки)

Продовження таблиці 3.1

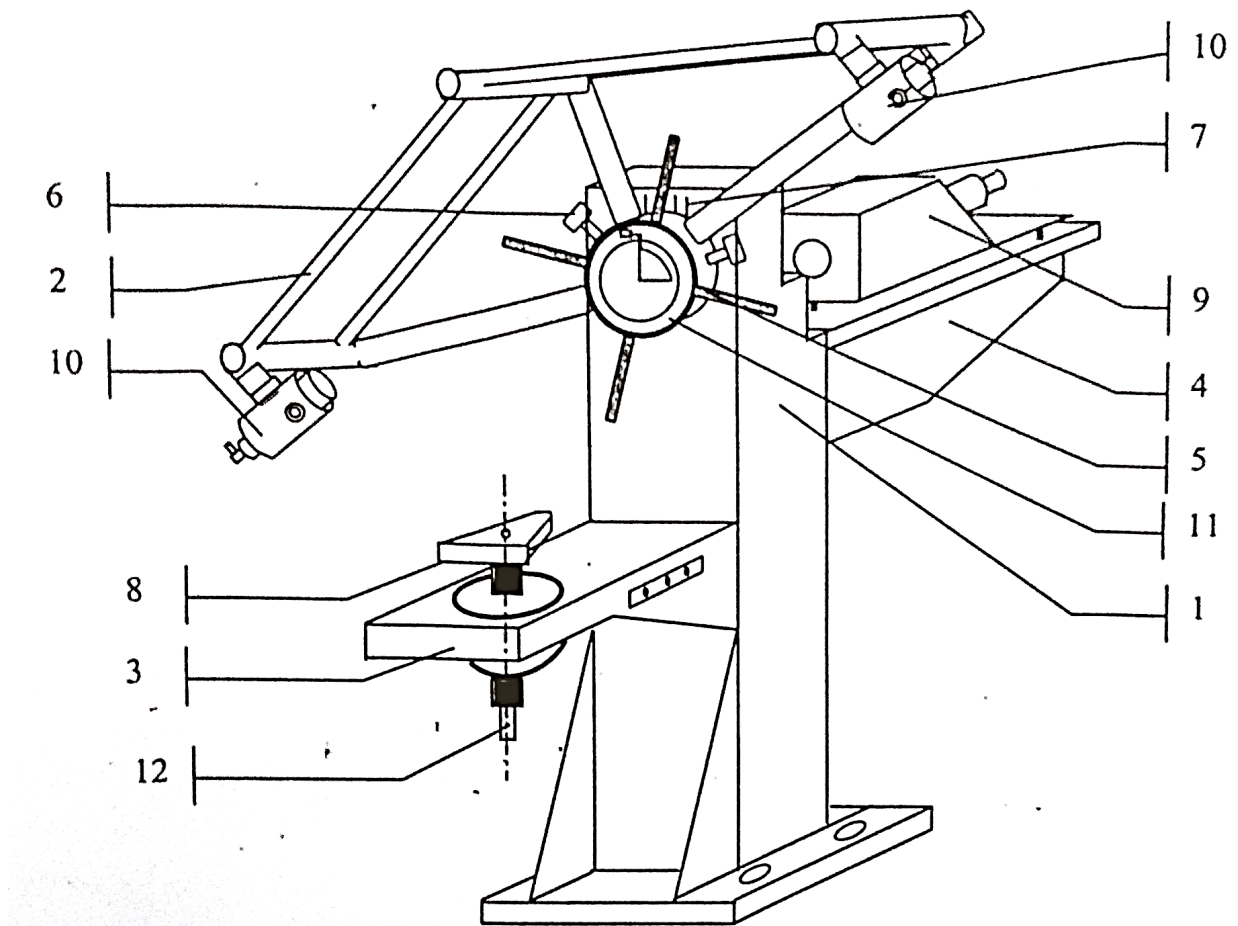
Середня квадратична похибка вимірювання кута неузгодженості нівелірів (кутомір АУПНТ)	не більше 0,7"
Діапазон кута нахилу поворотної платформи предметного столу (АУПТ)	від -40' до 40'
Ціна найменшої поділки шкали мікроподачі поворотної платформи (АУПТ)	2'
Середня квадратична похибка визначення діапазону роботи компенсатора	не більше 0,5'
Максимальна висота підйому предметного столу	не менше 110 мм
Джерело живлення	мережа змінного струму 187–242 В, 50 ± 1 Гц
Споживана потужність	не більше 25 ВА
Робочий діапазон температур	від 10 °С до 35 °С
Габаритні розміри, мм	довжина — 850; ширина — 1500; висота — 1400
Маса	не більше 90 кг

Умови експлуатації АУПНТ:

- температура навколишнього повітря, °С від 10 до 35;
- відносна вологість повітря, % від 30 до 80;
- тиск, кПа від 84 до 106;
- амплітуда вібрації фундаменту за частоти від 20 до 45 Гц, мкм, не більше 1;
- швидкість руху повітря, м/с, не більше 0,1.

АУПНТ є оптико-механічним приладом, що складається з двох основних частин:

АУПН - установки автоколімаційної для перевірки нівелірів та АУПТ - установки автоколімаційної для перевірки теодолітів, що можуть застосовуватись окремо, але конструктивно та функціонально являють собою єдиний прилад.



1 - стійка; 2 - кантувач; 3 - кронштейн предметного стола; 4 - кронштейн АУПН; 5 - штурвал; 6 - фіксувальний гвинт; 7 - шкала; 8 - предметний стіл із поворотною платформою; 9 - АУПН; 10 - підвіски з колімаційними зоровими трубами; 11 - вісь кантувача; 12 - пристосування для перевірки оптичного центра геодезичних приладів.

Рисунок 3.1 - Схема АУПНТ

АУПН складається з платформи, на якій закріплено автоколімаційну трубу і плоске дзеркало, а також встановлено кювету з рідиною. Вільна поверхня рідини відтворює горизонтальну площину. Перед роботою за допомогою автоколімаційної труби дзеркало виставляють вертикально (перпендикулярно до поверхні рідини), а потім візирну вісь труби ставлять горизонтально - перпендикулярно до відбивної поверхні дзеркала.

АУПН виконана у вигляді вертикальної стійки, у верхній частині якої закріплений кантувач і два кронштейни (див. рис. 3.1). На одному кронштейні

встановлюється АУПН, на іншому кронштейні закріплено предметний стіл, за допомогою якого прилад, що повіряється, під час контролю його метрологічних характеристик, встановлюють на необхідну висоту, та нахиляють на заданий кут. На осі встановлено кантувач, на якому закріплено дві зорові труби, візирні осі яких співвісні в горизонтальній і вертикальній площинах.

Оптичний кутомір встановлено на станині установки таким чином, що він перекриває частину світлового потоку, який виходить з об'єктива АУПН. Обертанням гвинта мікроподачі, що впливає на один з оптичних клинів, можливе відхилення цього світлового потоку на деякий кут, що дає змогу оцінювати за лімбом мікрогвинта кут неузгодженості нівелірів і теодолітів.

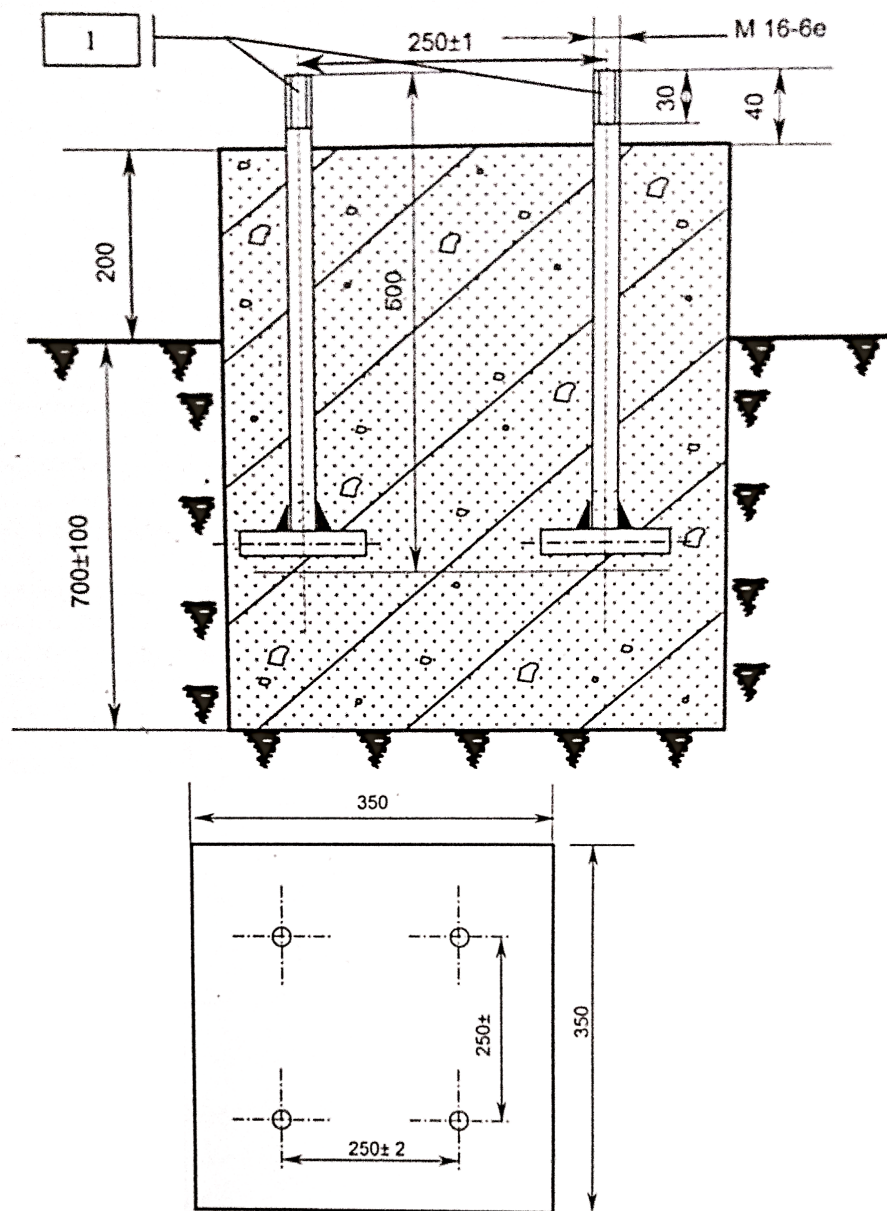


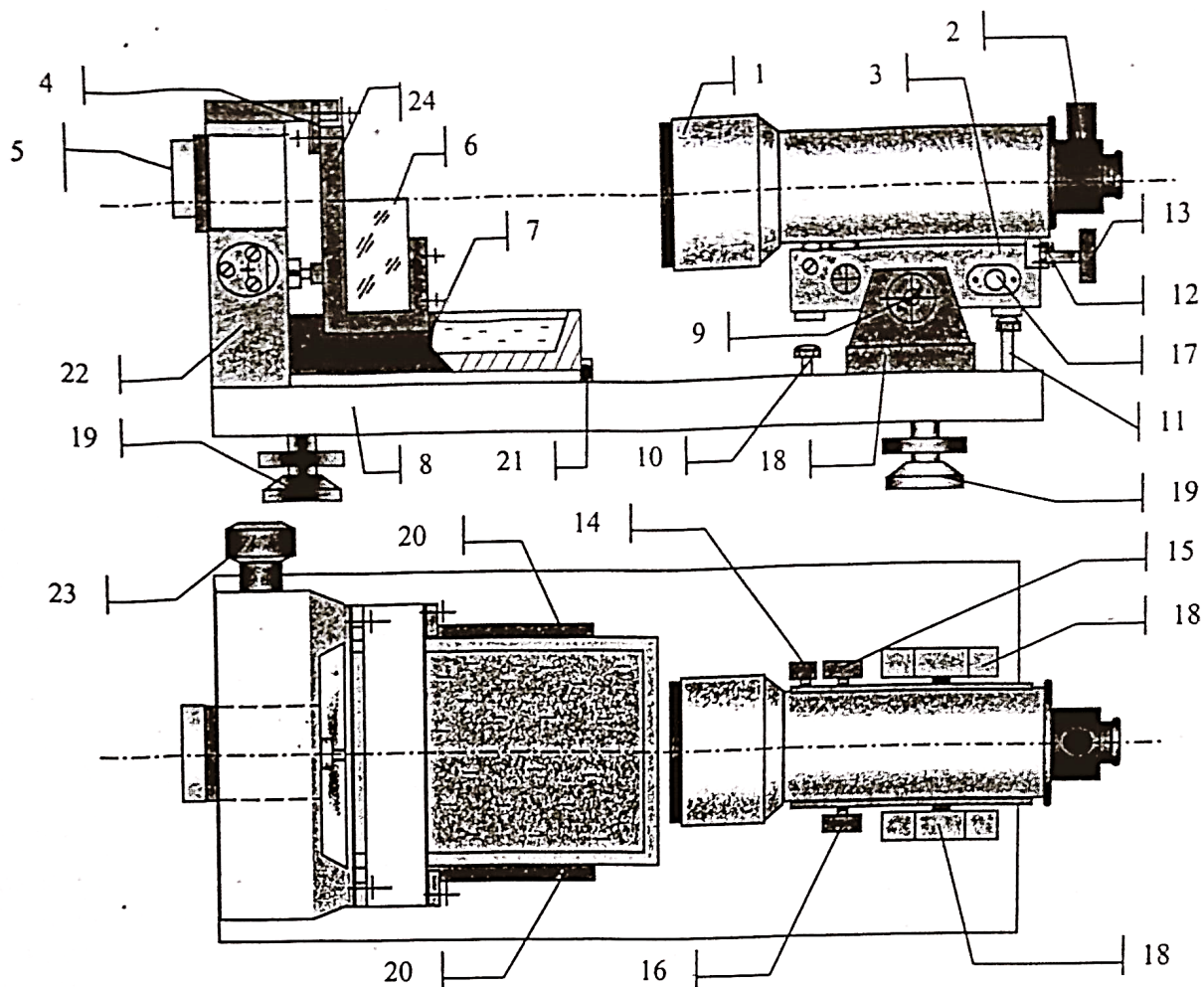
Рисунок 3.2 - Фундамент АУПНТ

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

13. ДР. 152. 4631. 03. ПЗ

Лист

39



1 - зорова труба, 2 - окуляр; 3 - підставка; 4 - пружина підвіски рамки; 5 - бленда; 6 - дзеркало; 7 - ванна; 8 - станина; 9 - вісь; 10 - упор передній; 11 - упор задній; 12 - пружина підвіски зорової труби; 13 - гвинт стопорний; 14 - гвинт підйому зорової труби; 15 - горизонтального повороту зорової труби; 16 - гвинт упорний; 17 - гніздо 6,3 В; 18 - стійка; 19 - опора; 20 - напрямна; 21 - обмежувач; 22 - стійка; 23 - рукоятка гвинта повороту дзеркала; 24 - рамка.

Рисунок 3.3 - Схема АУПН

3.2 Складові елементи АУПНТ

АУПНТ складається з жорсткої вертикально розміщеної стійки 1 (рис. 3.2), у верхній частині якої за допомогою болтів закріплені вісь 11 кантувача 2 і два кронштейни 3 і 4 (рис. 3.1). На кронштейні 4 встановлюється АУПН 9, на кронштейні 3 - регульований за висотою предметний тол 8 для встановлення приладу, що

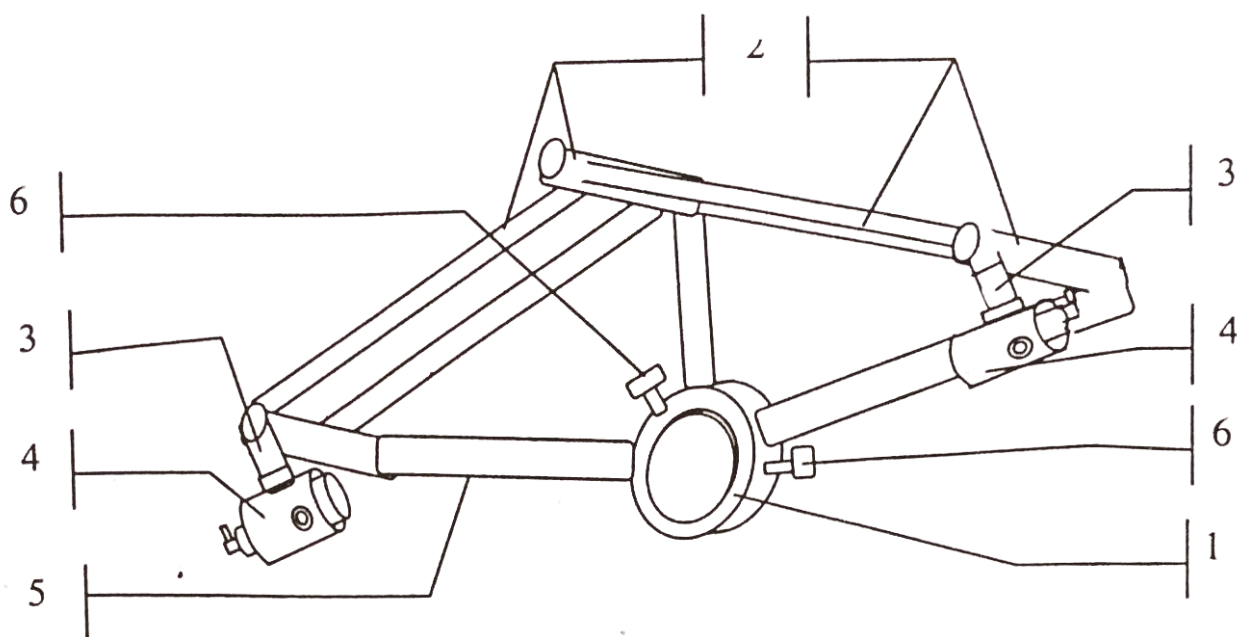
перевіряється. На осі 11 за допомогою штурвала 5 і двох стопорних гвинтів 6 закріплюється кантувач зі встановленими на ньому двома підвісками 10.

АУПН складається з таких основних вузлів: автоколімаційної зорової труби 1 (рис. 3.3) з окуляром 2 типу куб, стійки 22 з механізмом повороту дзеркала 6, ванни 7 з рідиною, станини 8, на якій змонтовані зазначені вузли установки. Зорова труба за допомогою плоскої пружини 12 закріплена на підставці 3, яка може повертатися навколо закріпленої в стійках 18 горизонтальної осі 9 до упору в обмежувальні опорні гвинти 10, 11 і фіксуватися в цьому положенні за допомогою затискного пристрою при обертанні рукоятки 13. У підставці розташовані механізми регулювання положення зорової труби, за допомогою яких під час обертання гвинта 14 зорова труба повертається у вертикальній площині, а під час обертання гвинтів 15 і 16 - у горизонтальній площині. На бічній поверхні підставки розташоване гніздо 17 для підключення штекера живлення лампочки підсвічування окуляра. Станина 8 базується на трьох регульованих опорах 19, під час обертання яких плита встановлюється в горизонтальне положення. На станині 8 розташовані дві напрямні 20 для встановлення ванни 7, обмежувач 21 і вертикальна стійка 22, на якій за допомогою плоскої пружини 4 підвішена рамка 24 із дзеркалом 6. Рамка може повертатися навколо горизонтальної осі на деякий кут при обертанні рукоятки 23 мікроподачі дзеркала. Вертикальна стійка, ванна і частина автоколімаційної зорової труби закриваються кожухом що обертається і оберігає дзеркало і рідину від потрапляння пилу і забруднення їхніх поверхонь, що відбивають.

3.2.1 Конструкція кантувача

Кантувач являє собою просторову зварену конструкцію, що складається з втулки 1 (рис. 3.4), приварених до неї розпірних 2 і базових труб 5, на закінченнях яких за допомогою різьбових перехідників 3 змонтовано дві підвіски 4 з установленими в них колімаційними зоровими трубами. Втулка кантувача підтискається до осі і фіксується двома гвинтами 7. У торцевій частині втулки кантувача є кільцева виточка, в яку входить палець обмежувача кута повороту кантувача. Показчик кута повороту кантувача закріплений на верхній частині фланця втулки. Усередині труб прокладено

монтажні дроти живлення лампочок окулярів зорових труб. Торцеві отвори труб кантувача закриті декоративними заглушками.



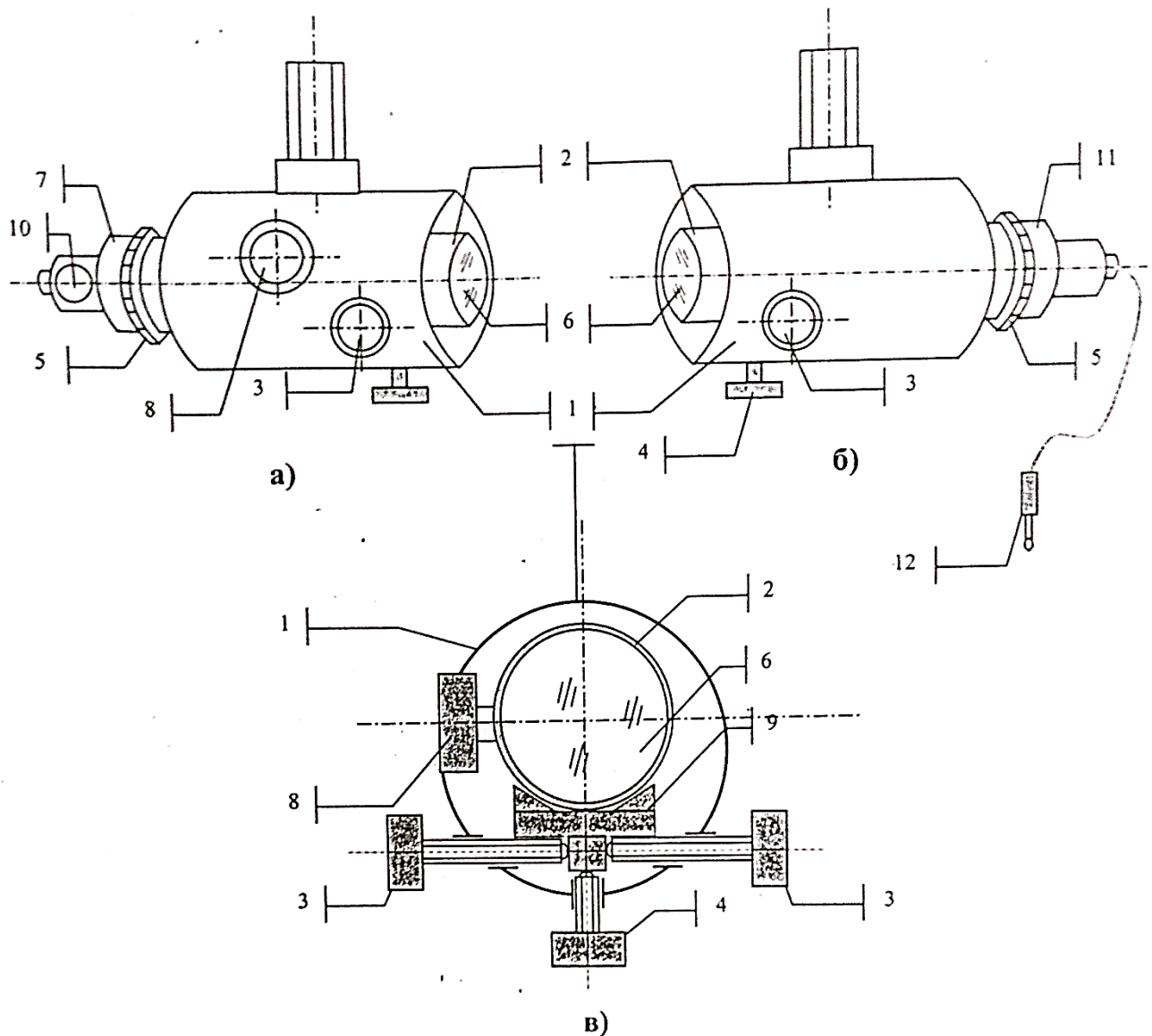
1- втулка, 2-труба розпірна, 3- різьбовий перехідник, 4 - підвіска, 5- труба базова, 6- гвинт.

Рисунок 3.4 - Конструкція кантувача АУПНТ

3.2.2 Будова підвісок і зорових труб

Підвіски являють собою сталеві тонкостінні труби 1 (рис. 3.5), усередині яких на плоских пружинах встановлено зорові труби 2. Положення зорових труб регулюється під час обертанням гвинтів 3 - у горизонтальній площині та підвіски 4 - у вертикальній площині. Ліва зорова труба оснащена окуляром Монченка, а права - окуляром із сіткою 11. Окуляри взаємозамінні, легко демонтуються і фіксуються на посадкових місцях зорових труб за допомогою накидних гайок 5. З обох торців зорові труби закриті захисними дисками. Принципова схема зорової колімаційної труби з одним з окулярів має такий вигляд. З одного боку литого алюмінієвого корпусу на різьбі встановлено об'єktiv 6, з іншого боку кріпиться один з окулярів 7. Усередині корпусу під час обертання рукоятки 8 уздовж осі переміщується негативний оптичний компонент, за допомогою якого забезпечується фокусування зорової труби. Корпус труби з'єднаний із платформою 9 (див. рис. 3.5, в), яка за допомогою гвинтів з'єднана

з плоскою пружиною, встановленою в тонкостінній трубі 1 підвіски. Наявність плоскої пружини спеціальної конфігурації дає змогу під час обертання відповідних регулювальних гвинтів 3 і 4 у певних межах юструвати напрямок візирної осі зорової труби у двох напрямках і встановлювати їх співвісно.



1 - труба підвіски, 2 - зорова труба, 3 - гвинт регулювальний, 4 - гвинт повороту зорової труби у вертикальній площині, 5 - гайка накидна, 6 - об'єктив, 7 - окуляр Монченка, 8 - ручка фокусування зорової труби, 9 - платформа, 10 - ковпачок лампочки підсвічування, 11 - окуляр із сіткою, 12 - штекер.

Рисунок 3.5 - Будова підвісок і автоколімаційних зорових труб.

Лампочка 10 підсвічування окуляра 7 (окуляр Монченка) встановлена в спеціальному знімному регульованому сферичному патроні і закрита ковпачком. З'єднання з ланцюгом електроживлення здійснюється завдяки двом пружним

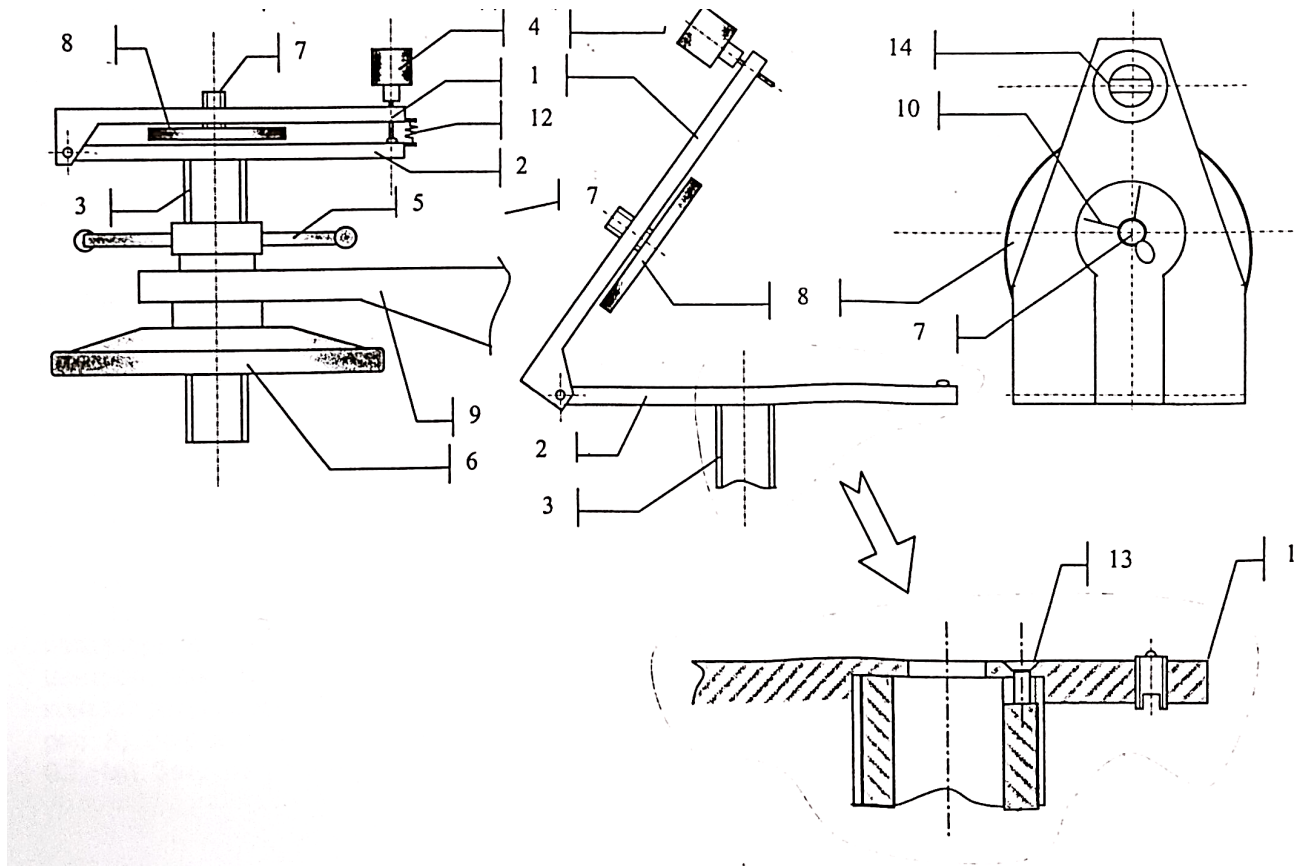
контактам, вбудованим у корпус окуляра. Діоптрійне регулювання в межах ± 4 діоптрії здійснюється обертанням оправы окуляра. Другий окуляр із сіткою також має лампочку підсвічування, положення якої не регулюються, а з'єднання з ланцюгом електроживлення здійснюється за рахунок двожильного дроту зі штекером, під'єданого до гнізда в корпусі підвіски. Підвіски в зборі встановлюються на різьбі М39 на 1,5 у відповідних стійках кантувача, регулюються за висотою і кутом розвороту, чим досягається їхня співвісність. Положення підвісок фіксується за допомогою двох хомутів, що стягуються гвинтами М5.

3.2.3 Конструкція предметного столу

Встановлений у кронштейні 3 предметний стіл (рис. 3.1), складається з таких основних частин. Порожнистий циліндричний підйомний гвинт 3 (рис. 3.6) із зовнішнім стрічковим різьбленням і шпонковим пазом переміщується вертикально під час обертання маховика 6. Маховик з'єднаний з бронзовою гайкою, яка двома вкладишами з'єднується з нерухомою цангою, закріпленою чотирма болтами на плиті кронштейна. У цанзі розташована шпонка, що запобігає повороту підйомного гвинта під час його руху при обертанні бронзової гайки. Цанга має розрізний конус і зовнішнє різьблення, на яке накручується стопорна конічна гайка 5 з чотирма ручками, під час затягування якої цанга стискається і надійно утримує підйомний гвинт на заданій висоті. На верхньому торці гвинта 3 встановлено стаціонарну платформу 2 (рис. 3.6) предметного столу, яка за допомогою двох центрів з'єднується з поворотною платформою 1. У платформі 1 закріплена мікрометрична головка 4 з гвинтом мікроподачі, торець якого впирається в кульку, запресовану в стрижень регульовального гвинта 11. Мікрометричний гвинт 4 з різьбленням М8Н0.5 встановлений у цанговому стеблі з конічною гайкою, під час затягування якої усуваються люфти в сполученні гвинт-стебло.

Регульовальний гвинт 11 на різьбі М12х1,25 встановлений у стаціонарній платформі 2 і фіксується на необхідній висоті стопорним гвинтом. У гнізді поворотної платформи 1 за допомогою фіксатора 10 (рис. 3.6) встановлюють один із трьох змінних дисків 8 із закріплювальними гвинтами 7 з різьбленням М16х1,5; М16х2 або 5/8", відповідними типу різьблення в трегері приладу, що повіряється. Обидві

платформи стягнуті пружиною розтягування 12, яка легко знімається з верхнього гвинта в разі повороту платформи для заміни змінних дисків.



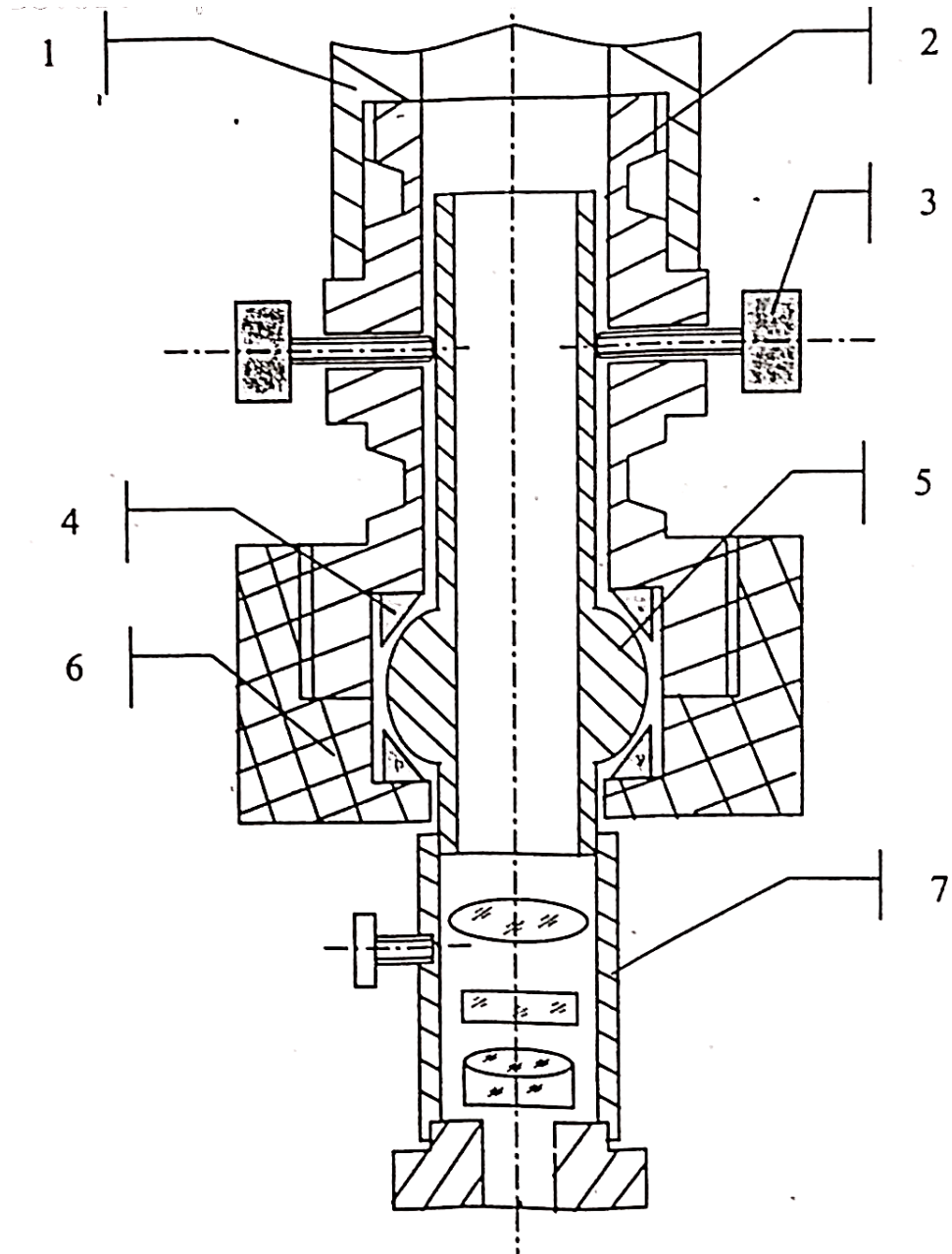
1 - поворотна платформа; 2 - стаціонарна платформа; 3 - підйомний гвинт; 4 - гвинт мікроподачі; 5 - гайка затискного пристрою; 6 - маховик; 7 - гвинт; 8 - диск; 9 - кронштейн столу; 10 - фіксатор диска; 11 - гвинт регулювальний; 12 - пружина; 13 - гвинт М4, 14 - контргайка.

Рисунок 3.6 - Схема конструкції предметного столу

3.2.4 Конструкція пристосування для перевірки оптичного центра геодезичних приладів

У нижній частині підйомного гвинта 1 (рис. 3.7) розташований пристрій для перевірки оптичного центра теодолітів і тахеометрів. Пристрій являє собою діоптрійну трубку 7, закріплену за допомогою кульової опори 5 у переходнику 2, різьбова частина якого вкручується до упору у гвинт 1 і одночасно є обмежувачем підймання столу.

Сферична частина кульової опори базується на двох конічних пластмасових шайбах 4 і підтискається накладною гайкою 6. Для юстування положення діоптрійної трубки передбачено чотири діаметрально розташованих регулювальних гвинта 3, обертаючи які за відпущеної гайки 6 можна нахилити діоптрійну трубку на деякий кут і поєднати зображення марки діоптрійної трубки із сіткою центрира теодоліта. Освітлення марки діоптрійної трубки здійснюється за рахунок загального світлового фону.

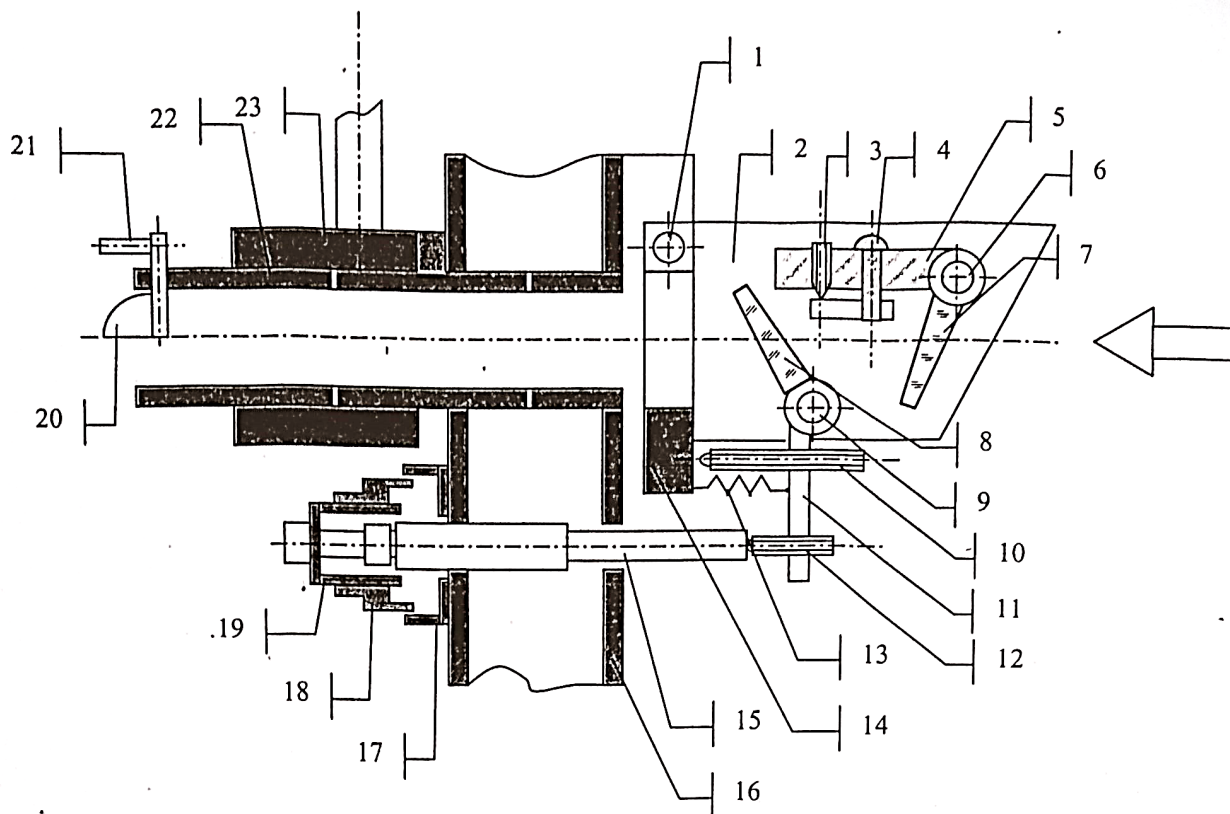


1 - підйомний гвинт столу, 2 - перехідник, 3 - регулювальний гвинт, 4 - шайба конічна, 5 - кульова опора, 6 - гайка накладна, 7 - трубка діоптрійна.

Рисунок 3.7 - Конструкція пристосування для перевірки оптичного центрира теодоліта

3.2.5 Будова оптичного кутоміра

Оптичний кутомір є окремим знімним вузлом, що складається з платформи 14 і кронштейна 2, у якому на двох осях 6 і 9 під відповідними кутами розташовані нерухомий 7 і рухомий 8 оптичні клини (рис. 3.8). Вісь нерухомого клина з'єднана клемовим затискачем із тягою 5, за допомогою якої здійснюється регулювання кута нахилу клина. Тяга повертається за допомогою регулювального гвинта 3 і фіксується в заданому положенні стопорним гвинтом 4.



1 - центр, 2 - кронштейн, 3 - гвинт регулювальний, 4 - гвинт стопорний, 5 - поводок, 6 - вісь клина, 7 - клин нерухомий, 8 - клин рухомий, 9 - вісь. клина, 10 - гвинт обмежувальний, 11 - тяга, 12 - гвинт регулювальний, 13 - пружина, 14 - платформа, 15 - гвинт мікроподачі, 16 - станина, 17 - покажчик, 18 - лімб, 19 - втулка, 20 - прапорець, 21 - поводок, 22 - вісь кантувача, 23 - втулка кантувача.

Рисунок 3.8 - Схема оптичного кутоміра

Другий клин 8 закріплений на поворотній осі 9, на хвостовику якої встановлено тягу 11, регулювальний гвинт 12, якої за рахунок пружини 13 перебуває в постійному контакті з п'ятою мікрометричного гвинта 15. Мікрометричний гвинт закріплений в

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

отворі станини 16 установки за допомогою 4-х гвинтів. Під час обертання гвинта 15 його п'ята впливає через регулювальний гвинт на тягу, повертаючи в той чи інший бік вісь клина, що супроводжується відхиленням світлового потоку, який проходить від АУПН, на деякий кут. Значення кута оцінюється за барабаном 18, закріпленим на втулці 19 гвинта за допомогою двох стопорних гвинтів М2,5. Нульова установка відлікового пристрою досягається за рахунок повороту диска 17, на торці якого виконана риска. Розмір клинів обрано таким чином, що вони перекривають тільки частину світлового потоку, що виходить з АУПН. Друга частина потоку проходить без відхилень і тому в полі зору окуляра досліджуваного приладу спостерігатимуться два зображення марки АУПН, які у звичайному випадку зміщені у вертикальній площині. Для зручності роботи ці потоки можуть перекриватися за допомогою 20, встановленого на вертикальній поворотній осі в торці осі 22 кантувача. Під час повороту повідця 21 прапорець перекриває частину світлового потоку, що виходить з об'єктива АУПН. При цьому можливі три положення прапорця: перше, за якого спостерігаються два зображення марки - від АУПН і те, що проходить через клини; друге - коли спостерігається зображення марки, після проходження світлового потоку через блок клинів; і третє положення - коли спостерігається пряме зображення марки АУПН. Весь блок кутоміра підвішений на двох центрах 1, які проходять через дві напрямні стійки і може повертатися навколо горизонтальної осі, що необхідно під час попереднього налаштування кутоміра. Після налаштування платформа 14 фіксується в робочому положенні за допомогою регулювальних і упорних гвинтів, встановлених у двох планках платформи.

3.3 Порядок проведення перевірки на АУПНТ

Перевірка працездатності

Перевірку працездатності тахеометра здійснюють відповідно до експлуатаційної документації на дану модель приладу.

Алідада, зорову трубу та навідні гвинти тахеометра перевіряють на плавність обертання без заїдань.

Алідада і труба повинні надійно фіксуватись відповідними гвинтами (за їх наявності).

					13. ДР. 152. 4631. 03. ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		48

Результати вважаються задовільними, якщо виконано вимоги, установлені у технічній документації.

Контроль положення бульбашки циліндричного рівня та його юстування

1. Повертаючи алідаду, встановлюють рівень у напрямку двох підйомних гвинтів трегера. Обертаючи ці гвинти у протилежних напрямках, встановлюють бульбашку у середнє положення.

2. Повертають алідаду на 90° і, обертаючи третій підйомний гвинт, знову встановлюють бульбашку по центру. Після чого повертають алідаду на 180° і оцінюють відхилення бульбашки.

3. Якщо відхилення перевищує допустиме значення, виконують юстування відповідно до експлуатаційної документації або за таким алгоритмом: половину зміщення усувають підйомними гвинтами, другу – юстувальними гвинтами рівня.

Якщо після обертання алідади бульбашка не відхиляється від центра більше ніж на встановлене допустиме значення (зазвичай пів поділки), тахеометр вважається приведеним у робоче положення. Пункти 1–2 повторюють, а за потреби – і пункт 3.

Контроль нахилу сітки ниток зорової труби та її юстування

1. Наводять трубу на перехрестя автоколімаційної марки АУПН і суміщають центр марки з лівим кінцем горизонтальної нитки.

2. Повертають алідаду до правого краю горизонтальної нитки і оцінюють відхилення зображення марки відносно нитки.

3. За потреби виконують юстування, якщо відхилення перевищує допустиме (як правило, три ширини сітки ниток).

Визначення діапазону роботи компенсатора та його характеристик

1. Підготувати АУПН (з фотоелектричним перетворювачем або з оптичним автоколіматором) відповідно до документації. Навести трубу на марку АУПН і встановити відлік 0° або 90° за вертикальним кругом. Виміряти кут нахилу візирної осі.

2. Обертаючи гвинт мікроподачі за годинниковою стрілкою, поступово змінюють нахил предметного столу через кожну мінуту, кожного разу відновлюючи

відлік $0^{\circ}/90^{\circ}$ та вимірюючи кут. Досягнувши верхньої межі діапазону, повторюють ті самі дії у зворотному напрямку.

3. Потім, аналогічно, виконують зміни нахилу у зворотний бік (проти годинникової стрілки), аж до нижньої межі діапазону.

Контроль суміщення осі оптичного центру з вертикальною віссю обертання тахеометра

1. Встановити тахеометр на предметному столі. Привести вісь у прямовисне положення. Встановити перехрестя сітки ниток коліматора в центр сітки центру.

2. Повернути алідаду на 180° та оцінити зміщення марки.

3. Якщо зміщення перевищує допустимий рівень — виконати юстування.

Визначення технічних і метрологічних характеристик тахеометра [3]

Зокрема:

- колімаційна похибка,
- положення нуля (місце зеніту) вертикального круга,
- неперпендикулярність осей,
- ексцентриситет алідади й вертикального круга,
- середньоквадратична похибка вимірювання.

Підготувати АУПНТ і тахеометр згідно з документацією. Встановити горизонтальний відлік 0° у положенні «круг ліворуч» (КЛ). Виконати юстування колімаційної похибки та місця зеніту (місяця нуля).

Проводити вимірювання горизонтальних напрямків і вертикальних кутів на марки АУПН та коліматорів АУПТ, ритмічно та швидко. Допускається вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів одночасно при наведенні перехрестя сітки ниток тахеометра на хрест автоколіматора. При КЛ алідаду обертати за годинниковою стрілкою, послідовно наводячись на марки АУПН, правого і лівого автоколіматорів, , при КП – проти годинникової стрілки і наводитись послідовно на лівий і правий автоколіматори, а потім на АУПН. Кожен прийом охоплює обидва положення (КЛ і КП). Перерва між прийомами не повинна перевищувати 3–5 хв.

Виконати шість повних прийомів. Після кожного повертати трегер з тахеометром на 60° проти годинникової стрілки для оцінки впливу ексцентриситету.

Усі результати вносять до протоколу повірки (форма — у додатку 1). Юстування виконують згідно з розділом «Юстування» документації.

3.4 Повірка віддалемірної частини тахеометра

Повірка віддалемірної частини тахеометра виконується за допомогою польового компаратора шляхом визначення константи комплекту тахеометр – відбивач, а також оцінки середньої квадратичної похибки вимірювань віддалей. [9]

На базі МФ ДП "Одесастандартметрологія" створено польовий лінійний компаратор, що має статус робочого еталону II розряду, призначений для зберігання та відображення одиниці довжини понад 24 метри.

Польовий компаратор КПЛ-10 має 8 базових ліній, значення довжин яких від 24 м до 1351 м (рис. 3.9)

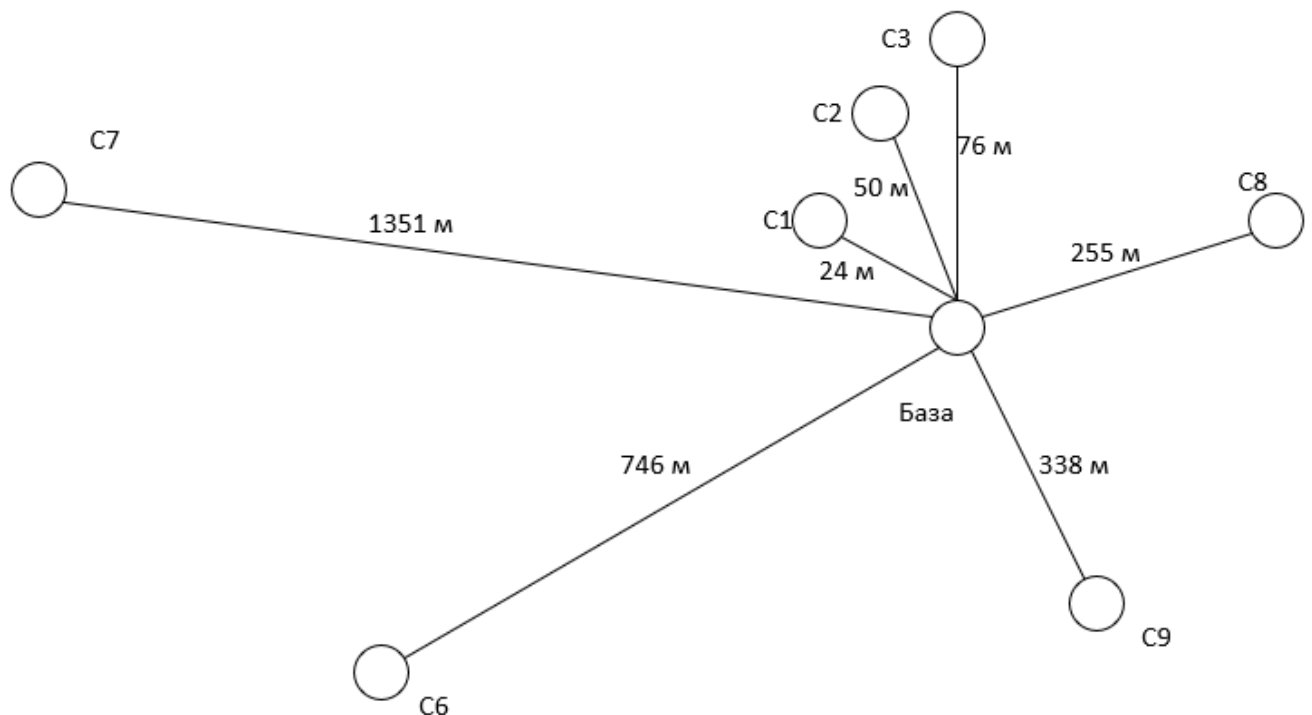


Рисунок 3.9 - Схема компаратора польового лінійного

Вимірювання під час визначення константи комплекту тахеометр – відбивач

Визначення константи комплекту тахеометр – відбивач здійснюється двома методами: методом порівняння виміряної віддалі з еталонним значенням та методом «трьох точок», розташованих в одному створі.

Метод порівняння з еталонною віддаллю.

Для виконання вимірювань тахеометр встановлюють на позначці «0 м» вимірної стрічки (рис. 3.10, точка А) та приводять у робоче положення. Відбивач встановлюють на позначці «10 м» тієї самої стрічки (рис. 3.10, точка В) і також приводять у робоче положення.

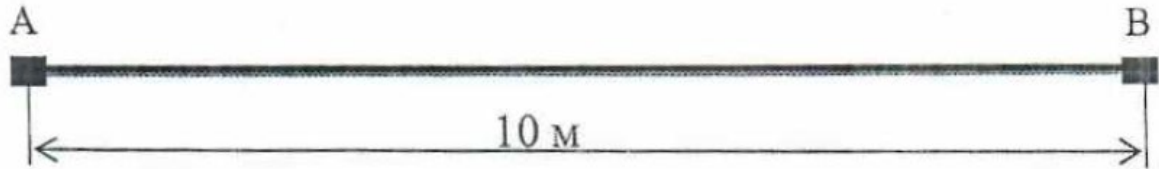


Рисунок 3.10 - Схема вимірювань константи комплексу тахеометр – відбивач методом порівняння з еталонною віддаллю

Трегери для тахеометра та відбивача повинні бути однакової конструкції та розміру. Відбивач закріплюють на адаптері так, щоб різниця у висоті з тахеометром не перевищувала 2 см. Установлення трегерів на шкалу виконується ідентично, із суміщенням одного і того ж краю трегера з серединою відповідного штриха стрічки.

Проводять не менше п'яти вимірювань віддалі між тахеометром і відбивачем. Рекомендується повторити вимірювання на кількох ділянках стрічки для підвищення надійності результатів.

Метод трьох точок.

Розмічають три точки — А, В і С — у створі, на відстані від 7 до 10 м одна від одної, при цьому відхилення точки В від створу АС не повинно перевищувати 2 см (рис. 3.11).

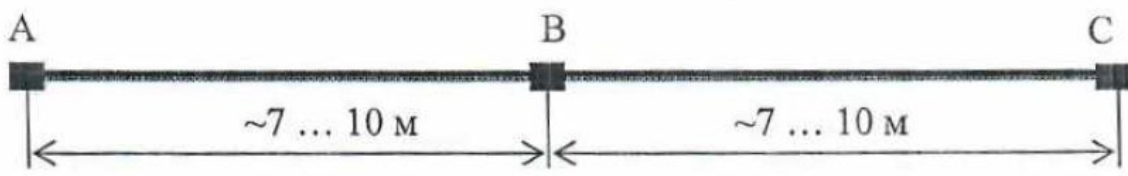


Рисунок 3.11 - Схема вимірювань методом трьох точок

Тахеометр послідовно встановлюють у кожній із трьох точок, а відбивачі — у двох інших. Для кожного положення виконують не менше п'яти вимірювань горизонтального прокладення до обох відбивачів.

Результатом є середні значення віддалей, отриманих у прямому та зворотному напрямках. Вони не повинні відрізнятися більше ніж на величину, визначену коефіцієнтом a у формулі (4.7). У разі перевищення цієї різниці вимірювання повторюють.

Визначення середньої квадратичної похибки вимірювань віддалей

Для визначення СКП тахеометр установлюють на базову точку польового компаратора та переводять у режим вимірювання віддалей «на призму». Проводять вимірювання температури, атмосферного тиску та вологості в зоні приладу, фіксуючи значення у пам'яті тахеометра.

Визначають висоту встановлення тахеометра та відбивачів над точками закріплення компаратора за допомогою металевої вимірювальної рулетки.

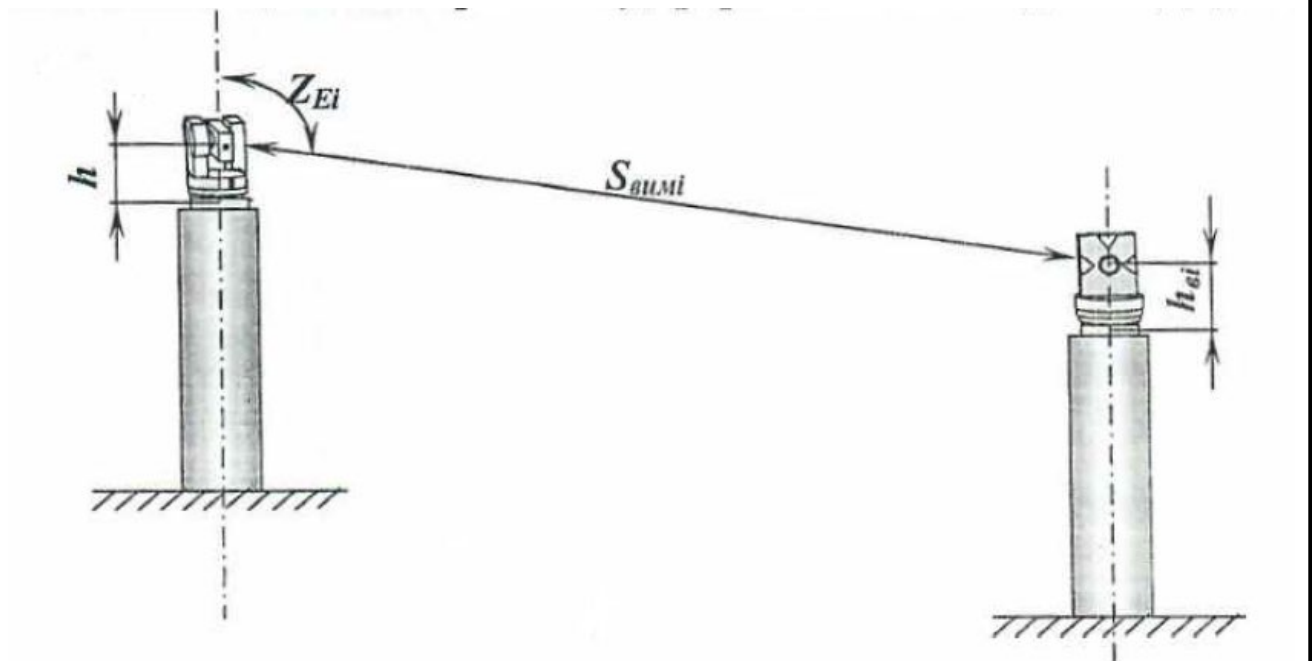


Рисунок 3.12 - Схема вимірювання висот тахеометра і відбивачів на польовому компараторі

Виконують вимірювання зенітної відстані до кожного відбивача, а також не менше 10 вимірювань нахиленої віддалі до кожного з них.

Якщо тахеометр підтримує додаткові режими, зокрема «на плівку» або «без відбивача», виконують аналогічні вимірювання для кожного режиму. За потреби вимірювання повторюють для інших точок компаратора.

Висновки до розділу 3

У даному розділі розглянуто порядок проведення повірки електронного тахеометра на базі АУПНТ та польового компаратора. Наведено конструктивні особливості складових елементів установки АУПНТ та описано методику контролю метрологічних характеристик кутомірної і віддалевимірної частин тахеометра.

Під час виконання повірки реалізовано перевірку працездатності тахеометра, визначено технічні та метрологічні характеристики, здійснено контроль суміщення осей та параметрів компенсації похибок. Визначено діапазон роботи компенсатора та його характеристик, а також проведено повірку віддалемірної частини приладу за допомогою польового компаратора, зокрема визначено константу комплексу тахеометр – відбивач і середню квадратичну похибку вимірювання віддалей.

Усі етапи виконано згідно з вимогами експлуатаційної документації, ДСТУ 8955 та з урахуванням методичних рекомендацій. Одержані результати можуть бути використані для підтвердження відповідності тахеометра встановленим технічним і метрологічним вимогам.

					13. ДР. 152. 4631. 03. ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата	Обробка результатів вимірювання та оформлення документів	Лист	Лист	Листів
Студент		Шкуренко Т. С.						
Керівник		Грешнов А. Ю.					55	8
Консульт.						НУК		
Н. Контр.		Грешнов А. Ю.						
Зав. Каф.								

РОЗДІЛ 4. Обробка та оформлення результатів повірки

4.1 Розрахунок похибок за результатами вимірювання

Визначення діапазону роботи компенсатора тахеометра, середньої квадратичної похибки та систематичної складової похибки його роботи.

Діапазон роботи компенсатора визначається як максимальне допустиме нахилання вертикальної осі обертання тахеометра, за якого систематична складова похибки компенсатора на одну мінуту нахилання та середня квадратична похибка (СКП) його роботи не перевищують встановлених граничних значень.

Систематичну складову похибки роботи компенсатора на одну мінуту нахилання вертикальної осі обертання тахеометра для кожного кута нахилання візирної осі визначають за формулою (2.4).

Загальне значення систематичної складової похибки компенсатора на одну мінуту нахилання вертикальної осі обертання обчислюють за формулою (2.5).

Середню квадратичну похибку (СКП) роботи компенсатора обчислюють за формулою (2.6).

Результати розрахунків дають змогу встановити межі робочого діапазону компенсатора та оцінити його придатність для подальшої експлуатації.

Значення колімаційної похибки, горизонтальні напрямки, приведені до початкового, а також місце нуля (або зеніту) та відповідні вертикальні кути (зенітні відстані) обчислюються за формулами, наведеними в експлуатаційній документації до тахеометра.

Позначення, які використовуються для вимірювань та обчислених величин, наведено в таблиці 4.1. [3]

Значення максимального впливу ексцентриситету алідади; відхилення осі обертання зорової труби від перпендикулярності до осі обертання алідади; максимального впливу ексцентриситету вертикального круга; середньої квадратичної похибки вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів визначаються за відповідними формулами, наведеними в таблиці 4.2. [3]

Таблиця 4.1 - Символи, що позначають виміряні і обчислені значення колімаційних похибок, горизонтальних напрямків, приведених до початкового, і вертикальних кутів

Номер прийому, положення алідади ГК	Об'єкт наведення	Круг	Відліки по горизонтальному колу	С	Горизонтальні напрямки, приведені до "0"	Відліки по вертикальному колу	МО	Вертикальні кути
			° ' "			° ' "		
1-6	АУПН (А)	КЛ	N_{Ai}^{KL}	C_{Ai}	$00^{\circ}00'00''$	V_{Ai}^{KL}	MO_{Ai}	ν_{Ai}
		КП	N_{Ai}^{KP}			V_{Ai}^{KP}		
	Прави коліматор (П)	КЛ	N_{Pi}^{KL}	C_{Pi}	β_{Pi}	V_{Pi}^{KL}	MO_{Pi}	ν_{Pri}
		КП	N_{Pi}^{KP}			V_{Pi}^{KP}		
	Лівий коліматор (Л)	КЛ	N_{Li}^{KL}	C_{Li}	β_{Li}	V_{Li}^{KL}	MO_{Li}	ν_{Livi}
		КП	N_{Li}^{KP}			V_{Li}^{KP}		
Середнє	АУПН (А)		-	C_{Acp}	$00^{\circ}00'00''$	-	MO_{Acp}	ν_{Acp}
	Прави коліматор (П)		-	C_{Pcp}	β_{Pcp}	-	MO_{Pcp}	ν_{Pcp}
	Лівий коліматор (Л)		-	C_{Lcp}	β_{Lcp}	-	MO_{Lcp}	ν_{Lcp}

Таблиця 4.2 - Формули розрахунку максимального сумісного впливу ексцентриситету алідади на вимірний кут, неперпендикулярності осі обертання труби до осі обертання алідади, максимального впливу ексцентриситету вертикального круга на вимірюваний кут, середньо квадратичної похибки вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів

Номер при-йому, положення лімба і алідади ГК	Об'єкт наведе-ння	Різниці напрямків (кутів) на коліматори		Розрахунок впливу ексцентриситету алідади на вимірний кут в проекції на	
		горизонта-льні напрямки	вертика-льні кути	умовну вісь У	умовну вісь Х
1	АУПН	-	$\Delta_{A_1} = v_{A_1}$	$\varepsilon_{Y_1} = \frac{C_{A_4} - C_{A_1}}{2}$	$\varepsilon_{L(\Pi)_1} = \frac{C_{L(\Pi)_4} - C_{L(\Pi)_1}}{2}$
0°	Правий коліматор	Δ_{β_1} $= \beta_{\Pi_1} - \beta_{Л_1}$	Δ_{v_1} $= v_{\Pi_1}$		$\varepsilon_{X_1} = \frac{\varepsilon_{Л_1} - \varepsilon_{\Pi_1}}{2}$
0°	Лівий ко-ліматор	+ 180°	+ $v_{Л_1}$		
2	АУПН	-	$\Delta_{A_2} = v_{A_2}$	$\varepsilon_{Y_1} = \frac{C_{A_5} - C_{A_2}}{2}$	$\varepsilon_{L(\Pi)_2} = \frac{C_{L(\Pi)_5} - C_{L(\Pi)_2}}{2}$
60°	Правий коліматор	Δ_{β_2} $= \beta_{\Pi_2} - \beta_{Л_2}$	Δ_{v_2} $= v_{\Pi_2}$		$\varepsilon_{X_2} = \frac{\varepsilon_{Л_2} - \varepsilon_{\Pi_2}}{2}$
60°	Лівий ко-ліматор	+ 180°	+ $v_{Л_2}$		
3	АУПН	-	$\Delta_{A_3} = v_{A_3}$	$\varepsilon_{Y_3} = \frac{C_{A_6} - C_{A_3}}{2}$	$\varepsilon_{L(\Pi)_3} = \frac{C_{L(\Pi)_6} - C_{L(\Pi)_3}}{2}$
120°	Правий коліматор	Δ_{β_3} $= \beta_{\Pi_3} - \beta_{Л_3}$	Δ_{v_3} $= v_{\Pi_3}$		$\varepsilon_{X_3} = \frac{\varepsilon_{Л_3} - \varepsilon_{\Pi_3}}{2}$
120°	Лівий ко-ліматор	+ 180°	+ $v_{Л_3}$		
4	АУПН	-	$\Delta_{A_4} = v_{A_4}$	$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_{X_1}^2 + \varepsilon_{Y_1}^2}$	
180°	Правий коліматор	Δ_{β_4} $= \beta_{\Pi_4} - \beta_{Л_4}$	Δ_{v_4} $= v_{\Pi_4}$		
180°	Лівий ко-ліматор	+ 180°	+ $v_{Л_4}$		

Продовження таблиці 4.2

5 240° 240°	АУПН	-	$\Delta_{A_5} = v_{A_5}$	$\varepsilon_2 = \sqrt{\varepsilon_{X_2}^2 + \varepsilon_{Y_2}^2}$
	Правий коліматор	Δ_{β_5} $= \beta_{П5} - \beta_{Л5}$	Δ_{v_5} $= v_{П5}$	
	Лівий ко- ліматор	$+ 180^\circ$	$+ v_{Л5}$	
6 300° 300°	АУПН	-	$\Delta_{A_6} = v_{A_6}$	$\varepsilon_3 = \sqrt{\varepsilon_{X_3}^2 + \varepsilon_{Y_3}^2}$
	Правий коліматор	Δ_{β_6} $= \beta_{П6} - \beta_{Л6}$	Δ_{v_6} $= v_{П6}$	
	Лівий ко- ліматор	$+ 180^\circ$	$+ v_{Л6}$	
Сере- дне	АУПН		$\Delta_{A_{cp}}$ $= v_{A_{cp}}$	Максимальний вплив ексцентриситету алідади на виміряний кут $\varepsilon_A = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3}{3}$
	Правий коліматор	$\Delta_{\beta_{cp}} = \tilde{\theta}_{np}$	$\Delta_{v_{cp}}$ $= v_{П_{cp}}$	
	Лівий ко- ліматор		$+ v_{Л_{cp}}$	
Неперпендикулярність осі обертання труби до осі обертання алідади				$\beta_o = \frac{C_{Л_{cp}} - C_{П_{cp}}}{2 \cdot \operatorname{tg} v_{П_{cp}}}$
Максимальний вплив ексцентриситету вер- тикального круга на виміряний кут				$\varepsilon_\alpha = \left(\frac{\Delta_{v_{cp}}}{2 \cdot \cos \alpha_{П_{cp}}} + \Delta_{A_{cp}} \right) / 2$
Середня квадратична похибки вимірювання горизонтальних кутів				$S_\beta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_{\beta_i}^2}{2k}}$
Середня квадратична похибки вимірювання вертикальних кутів				$S_v = \sqrt{\frac{0.5 \cdot \sum_{i=1}^n \Delta_{v_i}^2 + \sum_{i=1}^n \Delta_{A_i}^2}{3k}}$

Визначення константи комплексу тахеометр – відбивач та середньої квадратичної похибки вимірювання віддалей

Обчислення константи комплексу тахеометр – відбивач

Константу комплексу тахеометр – відбивач було визначено двома методами:

- методом порівняння вимірної віддалі з еталонною, за формулою (4.1):

$$K_e = D_{AB} + D_0 \quad (4.1)$$

де D_0 – еталонне значення віддалі за сертифікатом калібрування стрічки;

D_{AB} – середнє значення результатів вимірювання тахеометром віддалі АВ.

- методом «трьох точок», за формулою (4.2):

$$K_e = D_{AC} - (D_{BA} + D_{BC}) \quad (4.2)$$

де D_{AC} , D_{BA} , D_{BC} – середнє арифметичне значення результатів вимірювань тахеометром віддалі АВ, ВА та ВС відповідно;

Обчислення при визначенні середньо квадратичної похибки вимірювань віддалей

Обчислення абсолютних похибок вимірювання віддалей

Абсолютні похибки ΔL_i визначаються як різниця між приведеною до центрів пунктів вимірюваною та еталонною віддалями, відповідно до формули (4.3):

$$\Delta L_i = L_{\text{вим } i}^0 - L_i^0 \quad (4.3)$$

де $L_{\text{вим } i}^0$ – приведені значення вимірюваної віддалі, обчислені за формулою (4.4):

$$L_{\text{вим } i}^0 = L_{\text{вим } i} + K_e + \Delta p \cdot m_{.i} - \Delta h_i \cdot \cos Z_{Ei} \quad (4.4)$$

де $L_{\text{вим } i}$ – середнє арифметичне значення результатів вимірювань тахеометром віддалі i -ої лінії польового компаратора, м;

K_e – константа комплексу тахеометр – відбивач, м;

Z_{Ei} – вимірюваний тахеометром зенітний кут для i -ої лінії польового компаратора (див. рис. 3.12), ...°;

Δh_i – різниця висот тахеометру та відбивача над точками польового компаратора, м, яка визначається за формулою (4.5):

$$\Delta h_i = h_B - h_n \quad (4.5)$$

де h_B – висота стояння відбивача, м;

h_n – висота стояння тахеометру, м;

$\Delta p. m. i$ – поправка за зовнішні умови для i -ої вимірюної лінії польового компаратора, м.

У разі, якщо тахеометр не враховує поправку за атмосферні умови, додатково враховувати поправку $\Delta p. m. i$, що визначається за формулою (4.6):

$$\Delta p. m. i = L_{\text{вим } i} \left(79,55 \cdot 10^{-6} \left(3,927 - \frac{P_0}{273,11 - C_0} \right) \right) \quad (4.6)$$

P_0 – виміряне значення атмосферного тиску, кПа;

C_0 – виміряне значення температури навколишнього повітря, °C.

Оцінка відповідності результатів вимогам

Результати повірки вважалися позитивними у випадку дотримання умови (4.7):

$$\Delta L_i \leq 2 \cdot (a + b \cdot L_i^0 \cdot 10^{-6}) \cdot \quad (4.7)$$

де a – адитивна складова похибки згідно з ДСТУ 8955, мм;

b – мультиплікативна складова похибки, що залежить від довжини, мм/км вимірюваної довжини.

4.2 Оформлення результатів повірки

Результати обчислень документують в протоколі повірки, форму якого наведено в додатку 1.

Результати повірки вважаються позитивними, якщо отримані значення метрологічних характеристик тахеометрів відповідають вимогам ДСТУ 8955. Відповідність цьому стандарту надає презумпцію відповідності суттєвим вимогам Технічного регламенту [12].

За позитивними результатами повірки тахеометру присвоюється відповідний клас точності згідно з ДСТУ 8955. Для тахеометрів, які пройшли процедуру оцінки відповідності, встановлюється клас точності не вищий за той, що був визначений за результатами оцінки відповідності.

Позитивні результати повірки підтверджуються оформленням свідоцтва про повірку тахеометра за формою, наведеною в додатку 2.

					13. ДР. 152. 4631. 03. ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		61

У разі, якщо за результатами перевірки тахеометр визнано таким, що не відповідає встановленим вимогам, свідоцтво про перевірку анулюється, а оформлюється довідка про непридатність тахеометра за формою, наведеною в додатку 3.

Висновки до розділу 4

У цьому розділі наведено порядок обробки результатів перевірки тахеометрів та описано процедури їх подальшого документального оформлення. Визначено ключові етапи розрахунків метрологічних характеристик, зокрема: діапазону роботи компенсатора, середньої квадратичної та систематичної похибок його роботи, колімаційної похибки, місця нуля, впливу ексцентриситетів, а також точні значення вимірювань горизонтальних і вертикальних кутів та віддалей.

Окремо розглянуто методи визначення константи комплекту тахеометр-відбивач та оцінювання похибок вимірювання віддалей з урахуванням поправок на зовнішні умови, відмінності висот та зенітних кутів. Результати аналізу порівнюються з установленими в нормативній документації граничними значеннями, що дає змогу обґрунтовано оцінити відповідність тахеометра встановленому класу точності.

Оформлення результатів перевірки здійснюється згідно з вимогами чинних стандартів шляхом заповнення протоколу перевірки, свідоцтва про перевірку або довідки про непридатність. Такий підхід забезпечує прозорість, простежуваність та достовірність проведених метрологічних робіт.

					13. ДР. 152. 4631. 03. ПЗ							
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата								
Студент	Шкурєнко Т. С.				Охорона праці				Лист		Лист	Листів
Керівник	Грєшнов А. Ю.										63	5
Консульт.									НУК			
Н. Контр.	Грєшнов А. Ю.											
Зав. Каф.												

РОЗДІЛ 5. Охорона праці

У процесі виконання робіт у науково-технічному відділі метрологічного забезпечення геометричних і механічних вимірювань, а також вимірювань рівня та об'єму речовин Миколаївської філії ДП «Одесастандартметрологія» на працівника можуть впливати наступні небезпечні та шкідливі виробничі чинники:

- рухомі частини технологічного обладнання, заготівель, матеріалів;
- електрична напруга в ланцюгах, замикання яких можливе через тіло людини;
- підвищена запиленість та загазованість повітря в робочій зоні;
- підвищена або знижена температура повітря і поверхонь обладнання;
- наявність гострих кромek, задирок та шорстких поверхонь на інструментах і заготовках;
- надмірний рівень шуму, вібрації;
- відхилення вологості та рухомості повітря від нормативних значень;
- недостатній рівень освітлення робочої зони;
- ризик падіння з висоти;
- фізичні перевантаження та інші непередбачені обставини.

Організаційно-технічні заходи з охорони праці регламентуються «Інструкцією з охорони праці для працівників науково-технічного відділу метрологічного забезпечення геометричних, механічних вимірювань, вимірювань рівня та об'єму речовин».

Загальні вимоги до працівника

Працівник відділу зобов'язаний:

- бути ознайомленим з посадовою інструкцією згідно з займаною посадою та характером виконуваних робіт;
- дотримуватися правил внутрішнього трудового розпорядку та встановленого режиму праці й відпочинку;
- виконувати вимоги безпеки при проведенні технологічних операцій, зокрема таких, що мають підвищену небезпеку;
- здійснювати лише доручену роботу та не передавати її виконання іншим особам;

- не допускати сторонніх осіб до робочого місця;
- не з'являтися на роботі в стані алкогольного чи наркотичного сп'яніння; не зберігати та не вживати відповідні речовини під час робочого часу;
- дотримуватися вимог чинних нормативно-правових актів з охорони праці та положень внутрішніх інструкцій;
- дбати про особисту безпеку та безпеку інших осіб;
- не використовувати непридатні або пошкоджені засоби захисту, інструменти чи обладнання;
- суворо дотримуватись правил експлуатації технічних засобів та використовувати їх лише за призначенням;
- не застосовувати робоче обладнання у власних цілях;
- володіти навичками надання домедичної допомоги та звільнення потерпілого від дії електричного струму;
- дотримуватись правил особистої гігієни;
- не приступати до виконання завдань у разі поганого самопочуття, повідомивши про це керівника;
- у разі настання нещасного випадку — негайно повідомити керівництво, зберігши обстановку на робочому місці (за можливості) до прибуття відповідальних осіб;
- інформувати працівників про виявлені порушення вимог безпеки;
- проходити обов'язкові медичні огляди згідно з чинним законодавством.

Під час виконання робіт з перевірки тахеометрів працівник здійснює операції як безпосередньо з автоматизованою установкою, так і з персональним комп'ютером, а також виконує частину вимірювань на відкритому повітрі, що зумовлює необхідність врахування комплексу факторів виробничого середовища в приміщенні та поза ним.

Заходи безпеки при експлуатації АУПНТ

- Під час виконання робіт необхідно керуватися загальними вимогами охорони праці, викладеними у ДСТУ 12.2.003-91 та в санітарних правилах № 1042-73.

					13. ДР. 152. 4631. 03. ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		65

- Робоче місце повинно бути забезпечене загальним і місцевим освітленням відповідно до норм СНіП II-4-79.

- Установка живиться від джерела постійного струму напругою 6,3 В. Особливих застережень не передбачено, однак необхідно контролювати справність блока живлення, який підключається до мережі змінного струму 220 В, 50 Гц. Усі ремонтні роботи повинні виконуватись лише при вимкненому живленні.

- Установку слід заземлювати відповідно до чинних норм щодо систем заземлення.

- Заборонено експлуатувати обладнання з пошкодженою ізоляцією електропроводки.

- Після завершення роботи установка має бути повністю знеструмлена, блок живлення — відключений від мережі.

Небезпечні і шкідливі фактори під час роботи з екранними пристроями
До основних ризиків під час роботи з екранними пристроями належать:

- неправильна робоча поза;
- нерациональна організація робочого місця;
- інтелектуальне, зорове, емоційне, нервово-психічне перенавантаження, монотонність;

- порушення режиму праці та відпочинку;
- несприятливі мікрокліматичні умови;
- статична електрика;
- підвищена напруженість електромагнітних полів;
- недостатнє або неякісне освітлення;
- шум, вібрація;
- електромагнітні випромінювання;
- ймовірність ураження електричним струмом.

Перед початком роботи з екранним обладнанням необхідно:

- перевірити стан кабелів, штепсельних з'єднань, вимикачів і панелі керування;
- забезпечити належну організацію робочого місця;

- встановити монітор під кутом, зручним для зору — з невеликим нахилом екрана донизу;
- налаштувати освітлення та переконатися у відсутності відблисків на екрані;
- перевірити чіткість зображення, стабільність зображення, яскравість та контрастність;
- забезпечити надійне встановлення обладнання;
- зафіксувати положення крісла відповідно до ергономічних вимог;
- підключення обладнання здійснювати лише при вимкненому живленні та лише уповноваженим персоналом;
- дотримуватися встановленої послідовності вмикання технічних засобів;
- у разі виявлення несправностей — не розпочинати роботу, а повідомити керівника;
- у разі виникнення пожежі або задимлення — діяти згідно з інструкцією з пожежної безпеки, застосовуючи первинні засоби пожежогасіння, або викликати відповідні служби за номером 101;
- у разі нещасного випадку — усунути дію травмуючого чинника, надати домедичну допомогу та викликати службу 103, повідомивши керівника.

Висновки до розділу 5

У ході дослідження окреслено основні небезпечні та шкідливі виробничі чинники, що можуть впливати на працівників, які здійснюють повірку геодезичних приладів. Визначено вимоги до безпечної організації робочого процесу, дотримання правил експлуатації електрообладнання та поводження з лазерними і оптичними системами.

З урахуванням специфіки виконуваних робіт розглянуто заходи щодо забезпечення електробезпеки, гігієнічних умов праці, правильного облаштування робочого місця під час роботи з комп'ютерною технікою та екранними пристроями. Наголошено на важливості дотримання інструкцій з охорони праці та техніки безпеки при роботі з вимірювальними установками.

Наведені положення мають практичну цінність для підвищення безпеки праці й зниження ризику виникнення аварійних ситуацій у лабораторних і польових умовах.

					13. ДР. 152. 4631. 03. ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		68

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розглянуто процес повірки електронних тахеометрів як важливий етап забезпечення точності та достовірності результатів геодезичних вимірювань. Дослідження проводилося з урахуванням чинних вимог законодавства України у сфері метрології, зокрема положень Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність», технічного регламенту законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки та національних стандартів ДСТУ 8955:2019 і ДСТУ 9102:2021.

У роботі охарактеризовано типи та конструктивні особливості тахеометрів, наведено вимоги до метрологічних і технічних характеристик, а також описано застосовувані в практиці засоби повірки – автоколімаційну установку для повірки нівелірів і теодолітів (АУПНТ) та польовий компаратор. Детально викладено методику проведення повірки як кутомірної, так і віддалевимірювальної частини приладу відповідно до діючих нормативних документів.

На основі проведених вимірювань виконано обробку результатів з використанням затверджених формул для визначення колімаційної похибки, місця нуля (місця зеніту), константи комплексу «тахеометр – відбивач», середньої квадратичної похибки та інших параметрів. Результати перевірялися на відповідність нормованим значенням. Оформлення результатів здійснювалося відповідно до передбачених форм документів.

Отримані в ході дослідження результати підтверджують ефективність застосовуваних методик і засобів повірки, які забезпечують необхідний рівень метрологічної надійності електронних тахеометрів. Практична реалізація повірки засвідчила відповідність технічного забезпечення, процедур і вимог нормативних документів сучасному рівню метрологічного забезпечення геодезичних приладів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Анисенко О. В., Платонова К. А. Сучасні геодезичні прилади, їх значення і роль у геодезичних вимірюваннях. *Інвестиції: практика та досвід* №4/201. 2018.
2. ДСТУ 8955:2019. Теодоліти й тахеометри. Метрологічні та технічні вимоги. Чинний від 2020-11-22. Вид. офіц.
3. ДСТУ 9102: 2021. Тахеометри. Методика повірки. Чинний від 2021-06-15. Вид. офіц.
4. Євдокімов А. А. Текст лекцій з дисципліни "Електронні геодезичні прилади". Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекет., 2016. 64 с.
5. Калинич І. В., Радиш І. П., Ваш Я. І. Електронні геодезичні прилади. Конспект лекцій. Ужгород : УжНУ "Говерла", 2021. 156 с.
6. Коломієць Л. В., Подостроєць К. О. Повірка або калібрування тахеометрів?. *Збірник наукових праць ОДАТРА №1(12)*. 2018.
7. Літнарів Р. М. Геодезичні прилади. частина 2. Чернігів : ЧДІЕіУ, 2005.
8. Методичні рекомендації до виконання розрахунково-графічної роботи з навчальної дисципліни «Електронні геодезичні прилади» / уклад. М. А. Кухар. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекет., 2020. 28 с.
9. МПУ 341/01-2013. Інструкція. Метрологія. Тахеометри електронні (віддалемірна частина). Методика повірки. Чинний від 2013-11-07. Вид. офіц.
10. Про затвердження Критеріїв, яким повинні відповідати наукові метрологічні центри, державні підприємства, які належать до сфери управління Міністерства економічного розвитку і торгівлі України та провадять метрологічну діяльність, та повірочні лабораторії, які уповноважуються або уповноважені на проведення повірки законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що перебувають в експлуатації : Наказ М-ва екон. розвитку і торгівлі України від 23.09.2015 № 1192 : станом на 22 верес. 2020 р.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1213-15#Text>
11. Про затвердження переліку категорій законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що підлягають періодичній повірці : Постанова Каб. Міністрів України від 04.06.2015 № 374 : станом на 1 січ. 2022 р.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/374-2015-п#Text>

12. Про затвердження Технічного регламенту законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки : Постанова Каб. Міністрів України від 13.01.2016 № 94 : станом на 27 верес. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/94-2016-п#Text>

13. Про метрологію та метрологічну діяльність : Закон України від 05.06.2014 № 1314-VII : станом на 15 листоп. 2024 р.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1314-18#Text>

14. Тарасенко М. І., Тіщенко А. Г. Методика визначення технічних параметрів електронних тахеометрів при роботі у безвідбивачевому режимі. 2009.

15. Термінологічний словник-довідник з будівництва та архітектури / Р. А. Шмиг та ін. ; ред. Р. А. Шмиг. Львів, 2010.

16. Тревого І., Баландюк А. Сучасні тенденції розвитку та класифікації електронних тахеометрів. *Геодезія і геодинаміка*. С. 109–115.

17. Установка автоколлимационная для поверки нивелиров и теодолитов АУПНТ. Руководство по эксплуатации. УкрЦСМ, 2003.

18. Sokkia Серия CX. Электронный тахеометр. Руководство по эксплуатации.

19. SOUTH NTS-350 (R/L) Электронные тахеометры. Руководство пользователя.

					13. ДР. 152. 4631. 03. ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата	Додаток 1 Форма протоколу повірки тахеометрів			
Студент	Шкуренко Т. С.							
Керівник	Грешнов А. Ю.							
Консульт.								
Н. Контр.	Грешнов А. Ю.							
Зав. Каф.					Лист Лист Листів 72 5 НУК			

Миколаївська філія ДП "ОДЕСАСТАНДАРТМЕТРОЛОГІЯ"

вул. 5 Слобідська, 2 А, м. Миколаїв, 54029, тел. (0512) 30-12-01

Протокол повірки ЗВТ №

5

від

01.06.2025

1 Загальні відомості

Найменування параметру	ЗВТ, що повіряється	Робочі еталони та ЗВТ, що застосовуються під
1.1 Назва	Тахеометр	Установка для повірки нівелірів та теодолітів;
1.2 Тип	CX-105	АУПНТ; КПЛ-10; Testo 680-H1; «Атмосфера-1»
1.3 Діапазон, похибка (клас номінальне значення)	від 0° до 360°; $\sigma_{\text{ГК}}=5''$ від мінус 50° до 50°; $\sigma_{\text{ВК}}=5''$ від 1,3 м до 6 км; $m_s=2+2 \cdot 10^{-6}L$	верт. кутів від -40° до +40°, $\Delta=0,5''$ гор. кутів від 0° до 360°; $\Delta=0,4''$; від 0 до 1500 м; U=0,002 м; (15-25)°C; (980-1030) гПа
1.4 Зав. номер		03042; 01; 34873688/903; 538
1.5 Власник		МФ ДП "ОДЕСАСТАНДАРТМЕТРОЛОГІЯ"
1.6 Виробник	SOKKIA	ДП "Укрметртестстандарт"
1.7 Статус	ЗВТ	Робочий еталон, ЗВТ

Методика повірки ДСТУ 9102:2021 «Метрологія. Тахеометри. Методика повірки»

НД з вимогами до ЗВТ ДСТУ 8955:2019 "Теодоліти й тахеометри. Метрологічні та технічні вимоги"

Умови повірки: лаб-рія температура 20,5 °C; атм. тиск 101,1 кПа; відносна вологість повітря 52 %
компаратор польовий: температура 27,0 °C; атм. тиск 101,1 кПа; відносна вологість повітря 40 %

Місце повірки вул. 5 Слобідська, 2 А, м. Миколаїв, 54029, тел. (0512) 30-12-01

2 Результати контролю метрологічних характеристик

2.1 Зовнішній огляд, опробування та перевірка робоздатності

задовільно

2.2 Контролювання положення бульбашки циліндричного рівня та його юстування

задовільно

2.3 Контролювання нахилу сітки ниток зорової труби та його юстування

задовільно

2.4 Контролювання суміщення осі оптичного виска з вертикальною віссю та його юстування

задовільно

2.5 Вимірювання під час визначення технічних та метрологічних характеристик - колімаційної похибки ("C"), значення місця нуля ("M0") (місця зеніту ("MZ")) вертикального круга, неперпендикулярності осі обертання зорової труби до осі обертання аліади, максимального впливу ексцентриситету аліади на виміряний кут, максимального впливу ексцентриситету вертикального круга на вимірюваний кут, середньої квадратичної похибки вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів

Номер прийому, полож. лімба ГК і аліади	Об'єкт наведення	Круг	Відліки по горизонтальному кругу			C	Горизонтальні напрямки, приведені до "0"			Відліки по вертикальному кругу			МО (MZ)	Вертикальні кути (зенітні відстані)		
			0	1	2		0	1	2	0	1	2		0	1	2
1 0° 0°	АУПН (А)	КЛ	0	0	0					90	0	5				
		КП	179	59	57	1,5	0	0	0,0	270	0	0	2,5	90	0	2,5
	Правий колім. (П)	КЛ	87	53	57					113	41	8,0				
		КП	267	53	55	1,0	87	53	57,5	246	18	51	-0,5	113	41	8,5
	Лівий колім. (Л)	КЛ	267	53	51					66	18	58				
		КП	87	53	59	-4,0	267	53	56,5	293	41	9	3,5	66	18	54,5
2 60° 60°	АУПН (А)	КЛ	0	0	0					90	0	5				
		КП	180	0	0	0,0	0	0	0,0	270	0	0	2,5	90	0	2,5
	Правий колім. (П)	КЛ	87	53	54					113	41	7				
		КП	267	54	1	-3,5	87	53	57,5	246	18	52	-0,5	113	41	7,5
	Лівий колім. (Л)	КЛ	267	53	56					66	18	59				
		КП	87	54	1	-2,5	267	53	58,5	293	41	9	4,0	66	18	55,0
3 120° 120°	АУПН (А)	КЛ	0	0	0					90	0	5				
		КП	179	59	57	1,5	0	0	0,0	269	59	59	2,0	90	0	3,0
	Правий колім. (П)	КЛ	87	53	57					113	41	7				
		КП	267	54	4	-3,5	87	54	2,0	246	18	49	-2,0	113	41	9,0
	Лівий колім. (Л)	КЛ	267	53	54					66	18	58				
		КП	87	53	51	1,5	267	53	54,0	293	41	6	2,0	66	18	56,0
4 180° 180°	АУПН (А)	КЛ	0	0	0					90	0	7				
		КП	180	0	6	-3,0	0	0	0,0	269	59	57	2,0	90	0	5,0
	Правий колім. (П)	КЛ	87	54	0					113	41	7				
		КП	267	54	7	-3,5	87	54	0,5	246	18	52	-0,5	113	41	7,5
	Лівий колім. (Л)	КЛ	267	54	4					66	18	58				
		КП	87	54	5	-0,5	267	54	1,5	293	41	7	2,5	66	18	55,5
5 240° 240°	АУПН (А)	КЛ	0	0	0					90	0	7				
		КП	179	59	58	1,0	0	0	0,0	269	59	57	2,0	90	0	5,0
	Правий колім. (П)	КЛ	87	54	0					113	41	8				
		КП	267	54	2	-1,0	87	54	2,0	246	18	52	0,0	113	41	8,0
	Лівий колім. (Л)	КЛ	267	54	2					66	18	59				
		КП	87	54	4	-1,0	267	54	4,0	293	41	6	2,5	66	18	56,5
6 300° 300°	АУПН (А)	КЛ	0	0	0					90	0	6				
		КП	180	0	6	-3,0	0	0	0,0	269	59	59	2,5	90	0	3,5
	Правий колім. (П)	КЛ	87	54	5					113	41	8				
		КП	267	54	2	1,5	87	54	0,5	246	18	51	-0,5	113	41	8,5
	Лівий колім. (Л)	КЛ	267	53	54					66	18	59				
		КП	87	54	6	-6,0	267	53	57,0	293	41	6	2,5	66	18	56,5
Середнє	АУПН (А)		-	-	-	-0,3	0	0	0,0	-	-	-	2,3	90	0	3,6
	Правий		-	-	-	-1,5	87	53	60,0	-	-	-	-0,7	113	41	8,2
	Лівий		-	-	-	-2,1	267	53	58,58	-	-	-	2,8	66	18	55,7

13. ДР. 152. 4631. 03. ПЗ

Лист

73

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

Номер прийому, полож. лімба ГК і алідади	Об'єкт наведення	Різниця напрямків (кутів) на коліматори		Вплив ексцентриситету алідади та лімба	
		горизонтальні напрямки, "	вертикальні кути, "	в проекції на умовну вісь Y	в проекції на умовну вісь X
1 0° 0°	АУПН (А) Правий Лівий	$D_{B1} = 1,0$	$DVA1 = -2,5$ $Dk1 = 3,0$	$E_{\lambda 1} = -0,2$ "	$E_{\lambda 1} = 0,4$ "
2 60° 60°	АУПН (А) Правий Лівий	$D_{B2} = -1,0$	$DVA2 = -2,5$ $Dk2 = 2,5$	$E_{\gamma A} = 1,3$ "	$E_{\gamma A} = -0,3$ "
3 120° 120°	АУПН (А) Правий Лівий	$D_{B3} = 8,0$	$DVA3 = -3,0$ $Dk3 = 5,0$	$E_A = 1,4$ "	
4 180° 180°	АУПН (А) Правий Лівий	$D_{B4} = -1,0$	$DVA4 = 0,0$ $Dk4 = 3,0$	$E_{\gamma K} = -0,1$ "	
5 240° 240°	АУПН (А) Правий Лівий	$D_{B5} = -2,0$	$DVA5 = -5,0$ $Dk5 = 4,5$	$E_{\gamma K} = -1,3$ "	
6 300° 300°	АУПН (А) Правий Лівий	$D_{B6} = 3,5$	$DVA6 = -3,5$ $Dk6 = 5,0$	$E_{\gamma K} = 1,3$ "	
Середнє	АУПН (А) Правий Лівий	$D_{Bcp} = 1,4$	$DVA_{cp} = -3,6$ $Dk_{cp} = 3,8$	Максим. сумісний вплив ексцентриситету ГК і алідади на виміряний в пів прийома кут $E_A = 0,9$ "	
Неперпендикулярність вісі обертання труби до вісі обертання алідади				$-0,7$ "	
Максимальний вплив ексцентриситету вертикального круга на виміряний кут				$0,3$ "	
Середня квадратична похибка вимірювання горизонтальних кутів				$2,6$ "	
Середня квадратична похибка вимірювання вертикальних кутів				$2,4$ "	

2.6 Вимірювання під час визначення діапазону роботи компенсатора приладу, середньої квадратичної та систематичної складової похибки компенсації на одну мінуту нахилу осі обертання приладу

Кут нахилу, V ' /	Відлік по кутоміру, ... "		D _b =b ₁ -b ₂ , ... "	b=0,5*(b ₁ +b ₂),... " b ₀ = 61,0	(b-b ₀)/v, ... "
	в прямому ході b ₁	в зворотньому ході b ₂			
3	55	55	0,0	55,00	-2,00
2	56	56	0,0	56,00	-2,50
1	60	60	0,0	60,00	-1,00
0	60	62	-2,0	61,00	0,00
-1	64	64	0,0	64,00	-3,00
Діапазон роботи компенсатора, ' /	від	3	Середня квадратична похибка роботи компенсатора S _k , ... "		0,53
	до	3	Систематична похибка роботи компенсатора Δk, ... "		-2,25

2.7 Визначення постійної поправки комплекту "тахеометр-відбивач" за методом порівняння виміряної віддалі з еталонним значенням

Номер та тип відбивача	Еталонна віддаль, м	Результати вимірювань віддалей, мм						Дійсне значення постійної поправки К, мм
		1	2	3	4	5	середнє	
0	7,9701	7,950	7,949	7,950	7,950	7,950	7,95	0,0017

2.8 Визначення середньої квадратичної похибки вимірювань віддалей в режимі "на призму"

Точка стояння	Точка наведення	номер наведення	Результати спостережень віддалей, мм					Середнє арифметичне значення віддалей S, м
			1	2	3	4	5	
База	База С1	1	24,010	24,010	24,010	24,010	24,014	24,0104
		2	24,010	24,010	24,010	24,010	24,010	
	База С2	1	49,850	49,849	49,849	49,849	49,849	49,8491
		2	49,849	49,849	49,849	49,849	49,849	
	База С3	1	75,702	75,702	75,702	75,702	75,702	75,702
		2	75,702	75,702	75,702	75,702	75,702	
	База С4	1	262,780	262,780	262,780	262,780	262,780	262,7795
		2	262,779	262,779	262,779	262,779	262,779	
	База С5	1	564,372	564,372	564,372	564,372	564,372	564,371
		2	564,370	564,370	564,370	564,370	564,370	
	База С6	1	745,950	745,949	745,951	745,950	745,948	745,9494
		2	745,951	745,950	745,948	745,948	745,949	
	База С7	1	1351,596	1351,596	1351,596	1351,596	1351,596	1351,596
		2	1351,596	1351,596	1351,596	1351,596	1351,596	
	База С8	1	255,076	255,076	255,076	255,076	255,076	255,076
		2	255,076	255,076	255,076	255,076	255,076	
	База С9	1	338,397	338,397	338,397	338,397	338,397	338,3975
		2	338,398	338,398	338,398	338,398	338,398	

2.9 Визначення середньої квадратичної похибки вимірювань віддалей в режимі "без відбивача"

Точка стояння	Точка наведення	номер наведення	Результати спостережень віддалей, мм					Середнє арифметичне значення віддалей S, м
			1	2	3	4	5	
0	База С0	1	7,92	7,92	7,92	7,92	7,92	7,9195
		2	7,919	7,919	7,919	7,919	7,919	
База	База С1	1	23,98	23,98	23,98	23,98	23,98	23,98
		2	23,98	23,98	23,98	23,98	23,98	
	База С2	1	49,82	49,82	49,82	49,82	49,82	49,8195
		2	49,819	49,819	49,819	49,819	49,819	
	База С3	1	75,672	75,672	75,672	75,672	75,672	75,672
		2	75,672	75,672	75,672	75,672	75,672	

2.10 Обробка результатів вимірювання віддалей тахеометром на польовому компараторі ПЛК-10

Назва лінії	Виміряна віддаль S _{вим.} , м	Постійна поправка К, м	Поправка за зов. умови Δ _{р.т.} , м	Δh, м	cos Z _E	Приведена віддаль S _о , м	Дійсна віддаль S, м	Δs=S _о -S мм
АУПНТ-С0	7,9500	0,0017	-	0,197	0,09379 #	7,9684	7,9701	0,0
База-С1	24,0104	0,0017	-	0,197	-0,01260 #	24,0096	24,0072	2,4
База-С2	49,8491	0,0017	-	0,197	-0,02520 #	49,8458	49,8451	0,7
База-С3	75,7020	0,0017	-	0,197	-0,00236 #	75,7032	75,7008	2,4
База-С4	262,7795	0,0017	-	0,197	-0,00777 #	262,7796	262,7729	6,7
База-С5	564,3710	0,0017	-	0,197	-0,02061 #	564,3686	564,3666	2,0
База-С6	745,9494	0,0017	-	0,197	-0,00876 #	745,9493	745,9422	7,1
База-С7	1351,5960	0,0017	-	0,197	-0,00658 #	1351,5964	1351,5930	3,4
База-С8	255,0760	0,0017	-	0,197	0,01743 #	255,0811	255,0763	4,8
База-С9	338,3975	0,0017	-	0,197	-0,02388 #	338,3945	338,3939	0,6
Середня квадратична похибка вимірювання віддалей ms = [2,2 + 2,1 · S(км)] мм								

$$S_o = S_{вим} + \Delta_c + \Delta_{p.t} - h \cdot \cos Z_E$$

2.11 Обробка результатів вимірювання віддалей тахеометром на польовому компараторі ПЛК-10

Назва лінії	Виміряна віддаль S _{вим.} , м	Постійна поправка К, м	Поправка за зов. умови Δ _{р.т.} , м	Δh, м	cos Z _E	Приведена віддаль S _о , м	Дійсна віддаль S, м	Δs=S _о -S мм
АУПНТ-С0	7,9200	0,0316	-	0,197	0,09379 #	7,9385	7,9701	0,0
База-С1	23,9804	0,0316	-	0,197	-0,01260 #	24,0095	24,0072	2,3
База-С2	49,8191	0,0316	-	0,197	-0,02520 #	49,8458	49,8451	0,7
База-С3	75,6720	0,0316	-	0,197	-0,00236 #	75,7032	75,7008	2,4
Середня квадратична похибка вимірювання віддалей ms = 2,0 мм								

$$S_o = S_{вим} + \Delta_c + \Delta_{p.t} - h \cdot \cos Z_E$$

Висновки відповідає ДСТУ 8955:2019 "Теодоліти й тахеометри. Метрологічні та технічні вимоги",
свідоцтво № _____ від _____

Персонал, який виконував роботи з перевірки

Підпис

Власне Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

					13. ДР. 152. 4631. 03. ПЗ									
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата	Додаток 2 Форма свідоцтва про перевірку законодавчо регульованого ЗВТ					Лист		Лист	Листів	
Студент	Шкуренко Т. С.											77		2
Керівник	Грешнов А. Ю.											НУК		
Консульт.														
Н. Контр.	Грешнов А. Ю.													
Зав. Каф.														

**МІНЕКОНОМІКИ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
«ОДЕСЬКИЙ РЕГІОНАЛЬНИЙ ЦЕНТР СТАНДАРТИЗАЦІЇ, МЕТРОЛОГІЇ
ТА СЕРТИФІКАЦІЇ»**

Миколаївська філія ДП «ОДЕСАСТАНДАРТМЕТРОЛОГІЯ»

54003, м. Миколаїв, вул. 5 Слобідська, 2а, (0512) 30-12-01, e-mail: metrologia@ncsms.com.ua
Свідоцтва про уповноваження № П-36-2019 від 24.07.2019 р.; № П-113-2023 від 12.05.2023 р.

**СВІДОЦТВО
про повірку
законодавчо регульованого засобу вимірювальної техніки**

№ _____

Чинне до 21.05.2026

Назва та умовне позначення _____

Зав.№ _____

Виробник _____

За результатами повірки встановлено, що засіб вимірювальної техніки
(далі - ЗВТ) відповідає вимогам _____

(назва нормативно-правового акта/нормативного документа,

що містить вимоги до метрологічних характеристик і значення метрологічних

характеристик (клас точності, похибки, діапазон вимірювання),(особливості застосування ЗВТ))

Додаток на — стор. у — прим.

Персонал, який виконував
роботи з повірки

Власне Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Місце відбитка
повірочного тавра

21.05.2025

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

13. ДР. 152. 4631. 03. ПЗ

Лист

78

					13. ДР. 152. 4631. 03. ПЗ							
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата								
Студент	Шкуренко Т. С.				Додаток 3 Форма довідки про непридатність ЗВТ				Лист	Лист	Листів	
Керівник	Грешнов А. Ю.										79	2
Консульт.									НУК			
Н. Контр.	Грешнов А. Ю.											
Зав. Каф.												

МІНЕКОНОМІКИ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
«ОДЕСЬКИЙ РЕГІОНАЛЬНИЙ ЦЕНТР СТАНДАРТИЗАЦІЇ, МЕТРОЛОГІЇ
ТА СЕРТИФІКАЦІЇ»

Миколаївська філія ДП «ОДЕСАСТАНДАРТМЕТРОЛОГІЯ»

54003, м. Миколаїв, вул. 5 Слобідська, 2а, (0512) 30-12-01, e-mail: metrologia@ncsms.com.ua

ДОВІДКА
про непридатність засобу вимірювальної техніки

№ _____ від 12 травня 2025 р.

Назва та умовне позначення _____

Зав.№ _____

Виробник _____

Власник _____

За результатами вимірювання (протокол № 4-19) встановлено, що засіб вимірювання (далі ЗВТ) не відповідає вимогам:

_____ (назва нормативно-правового документа,

_____ чи документа який визначає експлуатаційні характеристики)

Підстави для визнання ЗВТ непридатним: _____

інженер з метрології I категорії _____

Місце штампа

Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ