

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЧЕРНІГІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
Кафедра ІВТ, метрології та фізики

## **ВИПРОБУВАННЯ ТА СЕРТИФІКАЦІЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ**

### **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання лабораторних робіт  
для студентів спеціальності 152 - Метрологія  
та інформаційно-вимірjuвальна техніка

Обговорено і рекомендовано  
на засіданні кафедри ІВТ, метрології та фізики  
від «24» січня 2020 року № 6

Чернігів ЧНТУ 2020

Випробування та сертифікація засобів вимірювальної техніки. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка / уклад.: П. І. Наумчик. – Чернігів : ЧНТУ, 2020. – 35 с.

Укладач: **Наумчик Павло Іванович**, кандидат педагогічних наук,  
доцент кафедри ІВТ, метрології та фізики.

Відповідальний за випуск: **Пристапа Анатолій Леонідович**,  
кандидат технічних наук, доцент,  
завідувач кафедри ІВТ, метрології та фізики.

Рецензент: **Мошель Микола Васильович**,  
професор кафедри ІВТ, метрології та фізики,  
доктор технічних наук, професор.

## Зміст

Вступ.....	4
Лабораторна робота № 1. ПОВІРКА ШТАНГЕНЦИРКУЛЯ.....	8
Лабораторна робота № 2. ПОВІРКА ДАТЧИКА ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА МУЛЬТИМЕТРА .....	16
Лабораторна робота № 3. ПОВІРКА МАНОМЕТРА.....	20
Лабораторна робота № 4. ПОВІРКА ВОЛЬТМЕТРА МУЛЬТИМЕТРА .....	26
Додатки.....	31
Використана література .....	35

## Вступ

Процес виконання лабораторного практикуму спрямований на формування таких компетенцій:

К01. Здатність застосовувати професійні знання та уміння в практичних ситуаціях.

К02. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

К06. Навички здійснення безпечної діяльності.

К08. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

К10. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

К13. Здатність проводити аналіз складових похибки за їхніми суттєвими ознаками, оперувати складовими похибки/невизначеності відповідно до моделей вимірювання.

К18. Здатність виконувати технічні операції при випробуванні, повірці, калібруванні та інших операціях метрологічної діяльності.

К19. Здатність до забезпечення метрологічного супроводу технологічних процесів та сертифікаційних випробувань.

К20. Здатність здійснювати технічні заходи із забезпечення метрологічної простежуваності, правильності, повторюваності та відтворюваності результатів вимірювань і випробувань за міжнародними стандартами.

К21. Здатність до здійснення налагодження і дослідної перевірки окремих видів приладів у лабораторних умовах і на об'єктах.

У результаті виконання лабораторного практикуму студент повинен:

ПР02. Знати й розуміти основні поняття метрології, теорії вимірювань, математичного та комп'ютерного моделювання, сучасні методи обробки та оцінювання точності вимірювального експерименту.

ПР05. Вміти використовувати принципи й методи відтворення еталонних величин при побудові еталонних засобів вимірювальної техніки (стандартних зразків, еталонних перетворювачів, еталонних засобів вимірювання).

ПР08. Вміти організовувати та проводити вимірювання, технічний контроль і випробування.

ПР11. Знати стандарти з метрології, засобів вимірювальної техніки та метрологічного забезпечення якості продукції.

ПР14. Вміти організувати процедуру вимірювання, калібрування, випробувань при роботі в групі або окремо.

Успішне виконання лабораторних робіт великою мірою залежить від правильної організації та методики їх проведення. Виконання будь-якого лабораторного завдання складається з попередньої теоретичної підготовки, проведення лабораторного експерименту та обробки результатів експерименту.

Лабораторні роботи виконуються за розкладом занять, тому кожний студент знає послідовність та строки їх виконання протягом семестру й має можливість вчасно підготуватися до них. Насамперед необхідно ознайомитись з описом роботи, її теоретичним обґрунтуванням.

Треба вміти відповісти на контрольні запитання, які сприяють більш глибокому розумінню змісту лабораторної роботи, а отже, і її свідомому, якісному виконанню.

Без належної попередньої підготовки студент до виконання лабораторної роботи не допускається.

*Під час виконання лабораторних робіт слід дотримуватися таких правил:*

1) студенти починають виконання лабораторної роботи лише з дозволу керівника заняття. Без перевірки викладачем або лаборантом готовності студента до роботи не дозволяється починати вимірювання;

2) не можна брати без дозволу прилади з інших робочих місць;

3) результати вимірювань заносяться до таблиць, поданих у інструкціях. Величини, які під час вимірювання залишаються сталими (константи, параметри приладів тощо), записують у примітках до таблиці;

4) після закінчення вимірювань, не розбираючи установки (схеми), слід одразу ж обчислити кінцевий результат і показати розрахунки викладачу. Якщо вони будуть незадовільні, вимірювання і розрахунки треба повторити. За умови отримання правильного результату лабораторна робота вважається виконаною;

5) при складанні заліку з лабораторної роботи студент повинен подати оформлений протокол (звіт) про виконання роботи, у якому, крім даних попередньої підготовки, мають бути первісні дані експерименту (таблиця), кінцеві показники експерименту (розрахункові результати, графіки, розрахунки абсолютної і відносної похибок), правильно записаний результат вимірювань та основні висновки.

*Звіт про виконання лабораторної роботи має бути оформлений і поданий викладачу не пізніше наступного заняття.*

Звіт про виконання лабораторної роботи оформляється чорнилом (пастою) з одного боку аркуша формату А4 (297×210 мм). Поля: ліве – 25 мм, праве – не менше 10 мм, верхнє та нижнє – 20 мм.

Схеми, рисунки та графіки виконуються олівцем. Скорочення слів у тексті, крім загальноприйнятих, не дозволяється.

### **Основні поняття випробування та сертифікації засобів вимірювальної техніки**

Для оцінки параметрів окремих фізичних величин використовують контрольні-вимірювальні засоби. Якість вимірювальних засобів характеризується сукупністю показників, що визначають його працездатність, точність, надійність і ефективність застосування.

Для забезпечення гарантованої точності вимірювань проводиться періодична повірка вимірювальної апаратури.

**Півірка вимірювального засобу** – це визначення відповідності дійсних характеристик вимірювального засобу технічним умовам або державним стандартам.

При здійсненні повірки застосовуються вимірювальні засоби повірки – спеціально передбачені засоби підвищеної точності в порівнянні з тими вимірювальними засобами, що повіряють.

**Методи повірки** – це сукупність перевірочних вимірювальних засобів, пристосувань і способів їх застосування для встановлення дійсних метрологічних показників вимірювальних засобів, що повіряють.

У практиці повірки вимірювальних приладів використовують два способи:

- зіставлення показань вивіреного й зразкового приладів;
- порівняння показань вивіреного приладу з зразковим цієї величини.

При повірці першим способом як зразкові прилади вибираються прилади з кращими метрологічними якостями.

**Вимірювальний прилад** – засіб вимірювань, призначений для вироблення сигналу вимірювальної інформації у формі, зручній для безпосереднього сприйняття спостерігачем.

**Пряме вимірювання** – вимірювання, при якому шукане значення величини знаходять безпосередньо з дослідних даних.

**Метод безпосередньої оцінки** – метод вимірювань, в якому значення величини визначають безпосередньо за відліковим пристроєм вимірювального приладу прямої дії.

Вольтметри відносяться до групи електромеханічних приладів. Електромеханічний прилад включає в себе вимірювальну ланцюг, вимірювальний механізм і відліковий пристрій.

Вимірювальна ланцюг призначений для перетворення вимірюваної електричної величини в іншу електричну величину, безпосередньо впливає на вимірювальний механізм.

Вимірювальний механізм перетворює електричну величину в кут повороту рухомої частини відлікового пристрою.

Відліковий пристрій служить для візуального відліку значень вимірюваної величини залежно від кута повороту рухомої частини. Відліковий пристрій електромеханічного приладу складається зі шкали й покажчика.

**Шкала засобу вимірів** – частина відлікового пристрою, що являє собою сукупність відміток і проставлених у деяких із них чисел відліку або інших символів, відповідних послідовних значення величини.

**Відмітка шкали** – знак на шкалі, що відповідає деякому значенню вимірюваної величини.

**Числова відмітка шкали** – відмітка шкали, у якій проставлено число відліку.

Засоби вимірювання, що знаходяться в користуванні, повинні підлягати періодичній повірці згідно з ДСТУ 2708:2006. Повірка засобів вимірювальної техніки проводиться для встановлення придатності їх до застосування.

Повірка вимірювальних приладів передбачає оцінку їх метрологічних характеристик.

**Метрологічна характеристика шкали вимірів** – характеристика однієї з властивостей засобу вимірювань, що впливають на результат вимірювань або його похибка.

## Класифікація метрологічних характеристик

Нормовані метрологічні характеристики:

1. Характеристики для визначення результатів вимірювань (без введення поправки):

- ціна ділення шкали – різниця значень величини, що відповідають двом сусіднім позначок шкали;

- чутливість вимірювального приладу – співвідношення зміни сигналу на виході вимірювального приладу до викликає його зміни вимірюваної величини.

2. Характеристики похибок засобів вимірювань:

- основна похибка засобу вимірювань – похибка засобу вимірювань, що використовується в нормальних умовах;

- зведена похибка засобу вимірювань – співвідношення похибки вимірювального приладу до нормуючих значень;

- варіація показань вимірювального приладу – різниця показань приладу в тій же самій точці діапазону вимірювань при плавному підході до цієї точки з боку менших і більших значень;

- зміна показань вимірювального приладу під дією впливає величини (додаткова похибка) – зміна похибки вимірювального приладу, викликане відхиленням однією з впливають величин від нормального значення або виходом її за межі нормальної області значень.

Ненормовані метрологічні характеристики:

1) діапазон показань – область значень шкали, обмежена кінцевим і початковим значеннями шкали;

2) діапазон вимірювань – область значень вимірюваної величини, для якої нормовані допустимі похибки засобу вимірювань;

3) клас точності засобу вимірювань – узагальнена характеристика засобу вимірювань, яка визначається межами допустимих основних і додаткових похибок, а також іншими властивостями засобів вимірювань, що впливають на точність, значення яких встановлюються в стандартах на окремі види засобів вимірювань;

4) межа допустимої похибки засобу вимірювань – найбільша (без урахування знака) похибка засобу вимірювань, при якій воно може бути визнано придатним і допущено до застосування.

## Лабораторна робота № 1 ПОВІРКА ШТАНГЕНЦИРКУЛЯ

**Мета роботи:** ознайомлення з поняттям терміна «повірка», видами повірок, об'ємом і послідовністю операцій повірки штангенциркуля, із засобами повірки, що застосовується. Придбання навичок проведення повірки, оформлення протоколу повірки.

### Лабораторне завдання:

1. Ознайомитися з видами перевірок і основними операціями процедури повірки штангенциркуля.
2. Вивчити пристрій і характеристики штангенциркулів.
3. Провести повірку штангенциркуля.
4. Оформити протокол повірки.

**Обладнання та інструменти:** вимірювальна лінійка, штангенциркуль, мікрометр, набір кінцевих мір довжини.

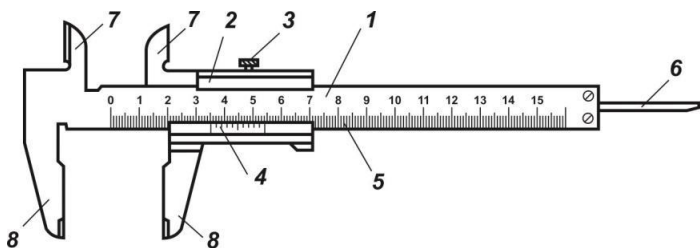
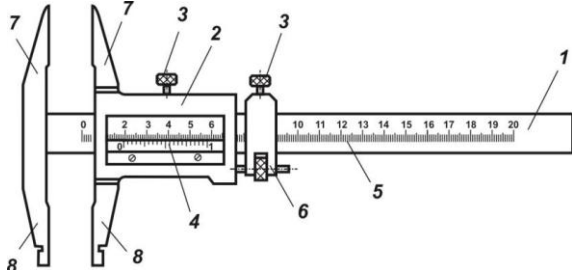
### Теоретична частина

Штангенциркулі призначені для вимірювання зовнішніх та внутрішніх розмірів до 2000 мм. Штангенциркулі спеціального призначення використовують для вимірювання канавок на зовнішніх і внутрішніх поверхнях, проточок, відстаней між осями отворів малих діаметрів і стінок труб.

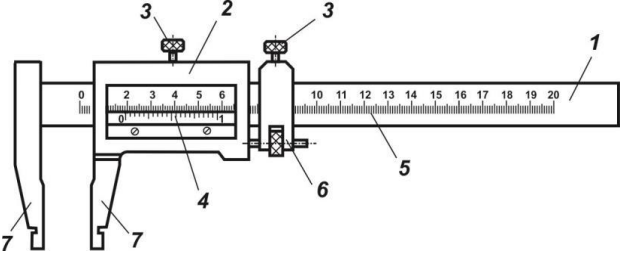
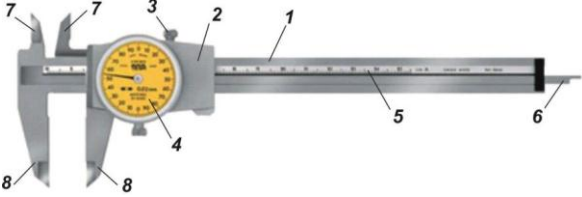
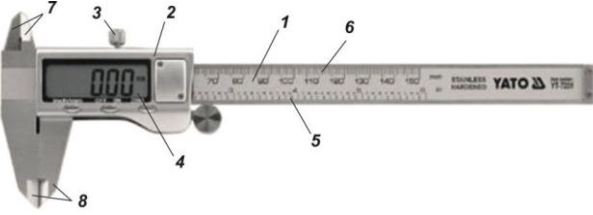
### Типи штангенциркулів

Розрізняють такі типи штангенциркулів (табл. 1.1):

**Таблиця 1.1 – Типи штангенциркулів**

<p style="text-align: center;"><i>ШЦ-I</i> – штангенциркулі двосторонні з глибиноміром (відлік за ноніусом)</p> 	<p>1 – штанга, 2 – рамка, 3 – стопорний гвинт, 4 – ноніус, 5 – шкала штанги, 6 – лінійка глибиноміра, 7 – губки для вимірювання внутрішніх розмірів, 8 – губки для вимірювання зовнішніх розмірів.</p>
<p style="text-align: center;"><i>ШЦ-II</i> - штангенциркулі двосторонні (відлік за ноніусом)</p> 	<p>1 – штанга, 2 – рамка, 3 – стопорний гвинт, 4 – ноніус, 5 – шкала штанги, 6 – механізм мікроподачі, 7 – губки для розмітки та вимірювання зовнішніх розмірів, 8 – губки для вимірювання зовнішніх та внутрішніх розмірів.</p>



<b>ШЦ-III - штангенциркулі односторонні (відлік за ноніусом)</b>	
	<p>1 – штанга, 2 – рамка, 3 – стопорний гвинт, 4 – ноніус, 5 – шкала штанги, 6 – механізм мікроподачі, 7 – губки для вимірювання зовнішніх і внутрішніх розмірів.</p>
<b>ШЦК - штангенциркулі з відліком за круговою шкалою</b>	
	<p>1 – штанга, 2 – рамка, 3 – стопорний гвинт, 4 – кругова шкала відлікового пристрою, 5 – шкала штанги, 6 – лінійка глибиноміра, 7 – губки для вимірювання внутрішніх розмірів, 8 – губки для вимірювання зовнішніх розмірів.</p>
<b>ШЦЦ - штангенциркулі з цифровим відліковим пристроєм</b>	
	<p>1 – штанга, 2 – рамка, 3 – стопорний гвинт, 4 – цифровий відліковий пристрій, 5 – шкала штанги в дюймах, 6 – шкала штанги в мм, 7 – губки для вимірювання внутрішніх розмірів, 8 – губки для вимірювання зовнішніх розмірів.</p>

Штангенциркулі, як і всі інші прилади, мають:

**Діапазон показань** – це область значень шкали, обмежена кінцевим і початковим значеннями шкали.

**Діапазон вимірювань** – це область значень вимірюваної величини, для якої нормуються допустимі похибки ЗВ. Наприклад, для штангенциркуля ШЦ-I – 0...135 мм.

**Ціна поділки шкали** – це різниця значень величини, що відповідають двом сусіднім позначкам шкали.

### Повірка штангенциркуля

Повірка штангенциркуля проводиться відповідно до вимог ДСТУ ГОСТ 8.113:2009 ГСИ «Штангенциркулі. Методика повірки». Процедура перевірки штангенциркуля включає такі операції:

**1. Умови повірки та підготовка до неї.** Температура повітря в приміщенні, де проводиться перевірка, повинна бути в межах  $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ . Перед повіркою штангенциркуль повинен бути розмагнічений, промитий бензином, насухо витертий і витриманий на робочому місці не менше трьох годин.

**2. Зовнішній огляд.** Перевіряється виразність і правильність оцифрування штрихів основної шкали і шкали ноніуса, відсутність на вимірювальних поверхнях слідів корозії і дефектів (відколи, подряпини, забоїни, вм'ятини, тріщини й ін.). Не допускається перекіс краю ноніуса щодо штрихів основної шкали.

**3. Випробування.** Необхідно перевірити плавність переміщення рамки вздовж штанги, відсутність переміщення рамки під дією власної ваги, можливість затиску рамки в будь-якому положенні в межах діапазону вимірювань. Для штангенциркуля з мікрометричною подачею додатково перевіряється можливість плавного регулювання положення рамки на штанзі й мертвий хід мікрометричної пари (механізм мікроподачі), який не повинен перевищувати половини обороту (у нових інструментів – не більше третини обороту).

### **Періодична повірка**

При періодичній повірці визначають такі технічні й метрологічні характеристики штангенциркуля:

- 1) довжина вильоту губок;
- 2) відхилення від площинності і прямолінійності вимірювальних поверхонь губок і торця штанги;
- 3) відхилення від паралельності вимірюваних поверхонь губок;
- 4) відстань між вимірювальними поверхнями губок для внутрішніх вимірювань;
- 5) похибка показань інструменту в декількох точках, рівномірно розташованих по довжині основної шкали і шкали ноніуса.

### **Повірка штангенциркуля після ремонту**

Під час повірки штангенциркуля після завершення його ремонту перевіряють:

- 1) шорсткість вимірювальних поверхонь<sup>1</sup> (не більше ніж 0,32 мкм за параметром  $R_a$ );
- 2) відстань від верхньої кромки ноніуса до поверхні штанги (не більше ніж 0,25 мм при ціні поділки інструменту 0,05 мм і не більше ніж 0,30 мм при ціні поділки 0,1 мм);
- 3) зусилля переміщення рамки (не більше ніж 15 Н для штангенциркулів із межами вимірювання до 250 мм).

Результати перевірки оформляються протоколом, форма якого визначена стандартом ДСТУ EN ISO 13385-1:2018.

### **Порядок виконання роботи**

1. При домашній підготовці оформити розділи «Мета роботи», «Теоретичні відомості». Підготувати форму протоколу повірки (табл. 3).

2. Записати у форму протоколу повірки характеристики вивіреного штангенциркуля та умови повірки.

---

<sup>1</sup> Шорсткість поверхні – характеристика нерівностей, виражена в числових величинах, що визначають ступінь їхнього відхилення на базовій довжині від теоретично гладких поверхонь заданої геометричної форм.  $R_a$  – середнє арифметичне відхилення профілю (середнє арифметичне абсолютних значень відхилень профілю в межах базової довжини). ДСТУ 2413-94 Основні норми взаємозамінності. Шорсткість поверхні. Терміни та визначення.

## **Порядок проведення повірки**

### **1. Проведення зовнішнього огляду**

**1.1.** Проводять візуально зовнішній огляд штангенциркуля. Засоби вимірювання не використовують.

**1.2.** Встановлюють чіткість і правильність оцифрування штрихів шкал. Не допускаються помітні під час візуального огляду дефекти, що погіршують експлуатаційні якості та перешкоджають відліку показань.

**1.3.** Результати зовнішнього огляду документують у протоколі повірки.

### **2. Випробування елементів штангенциркуля**

Під час випробування елементів штангенциркуля перевіряють:

**2.1)** плавність переміщення рамки;

**2.2)** відсутність переміщення рамки під дією власної маси;

**2.3)** можливість затиску рамки в будь-якому положенні в межах діапазону вимірювання;

**2.4)** знаходження рамки з ноніусом по всій довжині штанги під час вимірювання розмірів, що дорівнюють верхній границі вимірювання;

**2.5)** відсутність поздовжніх подряпин на шкалі штанги під час переміщення по ній рамки (візуально).

**2.6)** результати випробування елементів штангенциркуля документують у протоколі повірки.

### **3. Визначення відхилення від прямолінійності вимірювальних поверхонь**

**3.1.** Контроль відхилення від площинності та прямолінійності вимірювальних поверхонь губок для зовнішніх вимірювань;

Оцінити візуально відхилення від прямолінійності вимірювальних поверхонь губок. Тобто перевірити, наскільки щільно губки змикаються між собою. Оцінювання проводиться таким чином. Губки щільно зводять і дивляться крізь них на будь-яке джерело світла. Допустимі відхилення від прямолінійності для губок штангенциркуля з ціною поділки 0,05 мм – 4 мкм (з ціною поділки 0,1 мм – 7 мкм).

**3.2.** Контроль відхилення від паралельності вимірювальних поверхонь губок для внутрішніх вимірювань та відстані між ними.

Оцінити візуально відхилення від паралельності вимірюваних поверхонь губок для зовнішніх вимірювань по просвіту між цими поверхнями при зрушених губах (окремо при незатягнутій і при затиснутою рамці). Допустимі відхилення від паралельності – 8 (12) мкм.

**3.3.** Контроль відхилення від прямолінійності робочої поверхні штанги.

Оцінити візуально за допомогою лінійки відхилення від прямолінійності торця штанги. Допустимі відхилення від прямолінійності для торця штанги – 10 мкм.

**3.4** Виміряти відстань між губками для внутрішніх вимірювань за допомогою кінцевих мір довжини і мікрометра. Граничні відхилення цієї відстані (в міліметрах) для ШЦ-I: +0,07 і -0,03, для ШЦ-II і ШЦ-III:  $\pm 0,03$ .

**3.5.** Занести у форму протоколу повірки результати оцінок і вимірювань основних метрологічних і технічних характеристик вивіреного штангенциркуля.

## **4. Виконати оцінку точності штангенциркуля**

Ця операція включає в себе такі складові:

- перевірка нульової установки;
- визначення похибки під час вимірювання лінійних розмірів;
- визначення перевірку нульової установки;
- похибки під час вимірювання глибини.

Визначення похибок вимірювання штангенциркуля виконується за допомогою плоскопаралельних кінцевих мір довжини зразкових 5 розряду або 3 класу точності та інструментального мікроскопа.

### **4.1. Перевірка нульової установки**

**4.1.1.** Нуль на ноніусі при щільно зведених губках повинен точно відповідати нулю на штанзі.

**4.1.2.** Результати занести в протокол, зробити висновок щодо придатності штангенциркуля за цим параметром.

### **4.2. Визначення похибки штангенциркуля при зовнішніх вимірах**

**4.2.1.** Похибку штангенциркуля типу ШЦ-I при зовнішніх вимірах за кінцевої міри діаметром 42 мм.

**4.2.2.** Похибка штангенциркуля під час вимірювання глибини не повинна перевищувати значення, встановленого ДСТУ ГОСТ 166:2009 (табл. 1.3).

**4.2.3.** Результати занести в протокол, зробити висновок щодо придатності штангенциркуля за цим параметром.

### **4.3. Визначення похибки штангенциркуля при внутрішніх вимірах**

**4.3.1.** Похибку штангенциркуля типу ШЦ-I при зовнішніх вимірах за кінцевої міри внутрішнім діаметром 30 мм.

**4.3.2.** Похибка штангенциркуля під час вимірювання глибини не повинна перевищувати значення, встановленого ДСТУ ГОСТ 166:2009 (табл. 1.3).

**4.3.3** Результати занести в протокол, зробити висновок щодо придатності штангенциркуля за цим параметром.

### **4.4. Визначення похибки під час вимірювання глибини**

**4.4.1.** Похибку штангенциркуля типу ШЦ-I під час вимірювання глибини визначають за кінцевою мірою глибиною 10 мм. Торцець штанги притискають до вимірювальних поверхонь кінцевої міри. Лінійку глибиноміра переміщують до дотику з дном міри.

**4.4.2.** Похибка штангенциркуля під час вимірювання глибини не повинна перевищувати значення, встановленого ДСТУ ГОСТ 166: 2009 (табл. 1.2).

**4.4.3.** Результати занести в протокол, зробити висновок щодо придатності штангенциркуля за цим параметром.

**Таблиця 1.2 – Границі допустимої похибки штангенциркулів (за ДСТУ ГОСТ 166:2009. скорочено)**

Довжина вимірювання	Границі допустимої похибки ( $\pm$ ), мм							
	Ціна поділки з відліком за ноніусом			Ціна поділки кругової шкали				Крок дискретності цифрового пристрою
	0,05	0,1 для класу точності		0,02	0,05	0,1 для класу точності		
1		2	1			2		
До 100	0,05	0,05	0,10	0,03	0,04	0,05	0,08	0,03
Понад 100 до 200				0,04				
« 200 « 300								
« 300 « 400	0,10	0,10	-	-	-	-	-	0,04
« 400 « 600								0,05
« 600 « 800								0,06
« 800 « 1000								0,07

## 5. Вимірювання довжини вильоту губок штангенциркуля

**5.1.** За допомогою металевої вимірювальної лінійки виміряти довжину вильоту губок штангенциркуля для зовнішніх вимірів. Номінальні значення довжини вильоту губок штангенциркуля ШЦ-ІІ і ШЦ-ІІІ наведені в табл. 1.3.

**5.2** За допомогою металевої вимірювальної лінійки виміряти довжину вильоту губок штангенциркуля для внутрішніх вимірів. Номінальні значення довжини вильоту губок штангенциркуля ШЦ-ІІ і ШЦ-ІІІ наведені в табл. 1.3.

**Таблиця 1.3 – Довжина вильоту вимірювальних губок**

Діапазон вимірювань штангенциркуля	0-135	0-150	0-160	0-200	0-250	0-300
Довжина вильоту губок для зовнішніх вимірів	42	42	50	63	80	100
Довжина вильоту губок для внутрішніх вимірів	12	12	16	20	25	30

## 6. Визначення похибки під час вимірювання лінійних розмірів

У штангенциркулів з ціною поділки 0,1 мм, що випускаються з ремонту чи знаходяться в експлуатації, похибку визначають у трьох точках рівномірно розташованих по довжині штанги та ноніуса, наприклад, для штангенциркуля з довжиною штанги 150 мм:  $l_1 = 11,2$  мм;  $l_2 = 71,5$  мм;  $l_3 = 131,7$  мм.

Для визначення похибки використовують набір кінцевих мір довжини (рис. 1.1). За ДСТУ ISO 3650:2009 кінцеві міри довжини виконуються чотирьох класів:



*Рис. 1.1 – Середній комплект кінцевих міри довжини 1 класу*

- клас  $K$  (допуск від 0,05 до 0,15 мкм, залежно від розміру) – використовують для контролю за вимірювальними приладами у вимірювальних лабораторіях. Вони обов'язково повинні мати свідоцтво про калібрування;

- клас  $0$  (допуск від 0,01 до 0,18 мкм, залежно від розміру) – використовуються для калібрування засобів вимірювань високої точності;

- клас  $1$  (допуск від 0,15 до 0,20 мкм, залежно від розміру) – для повірки штангенциркулів та інших вимірювальних приладів у вимірювальних лабораторіях;

- клас  $2$  (допуск 0,25 мкм, незалежно від розміру) – для контролю вимірювальних приладів нижчої точності, ніж штангенциркуль.

Найбільш поширеним матеріалом для виготовлення кінцевих мір довжини є гартована підшипникова сталь.

Кінцеві міри довжин виконуються у трьох видах комплектів: малий комплект (47 штук); середній комплект (76 штук); великий комплект (103 штуки).

#### 6.1.1. Сформувати блок мір довжиною $l_1$ .

З набору плоскопаралельних мір довжини підбирають міри так, щоб сума їх довжин дорівнювала заданому розміру (у цьому випадку для блока  $l_1 = 11,2$  мм беруть міру завдовжки 1,2 мм та міру завдовжки 10 мм). Кількість мір у наборі має бути мінімальною. З підібраних мір формують блок. Для цього міри притискають і, доклавши зусилля, насувають одна на одну. У результаті міри зчіплюються між собою. Розмір блоку  $l_1$  записати в протокол повірки.

6.1.2. Визначити похибку штангенциркуля під час вимірювання розміру  $l_1$ . Для цього блок мір розташовують між вимірювальними губками штангенциркуля. Зусилля стискання губок повинне забезпечити нормальне ковзання губок по поверхнях блока мір. Стопорний гвинт рухомої рамки має бути відпущеним. Під час вимірювання губки штангенциркуля розміщують перпендикулярно до довшого ребра кінцевої міри. Контакт губок з мірами має бути розташованим у середній частині робочої поверхні губок.

6.1.3. За допомогою інструментального мікроскопа вимірюють незбіг штрихів основної шкали і шкали ноніуса, що відповідає дійсному розміру блока мір. Незбіг штрихів дорівнює похибці штангенциркуля  $\Delta_1$  (рисунок 1.2) у заданій точці  $l_1$ .

6.1.4. Незбіг штрихів виконується за схемою, наведеною в протоколі. Вимірювання виконують тричі та знаходять середнє значення похибки  $\Delta_{1с}$  з точністю до 0,01 мм. Значення похибки занести в протокол.

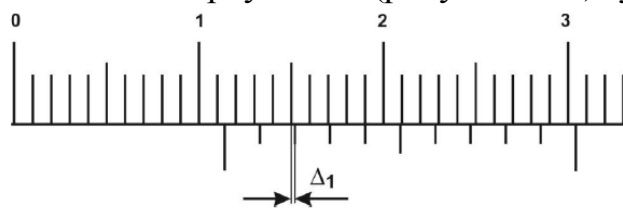


Рис. 1.2 – Визначення похибки вимірювання  $\Delta_1$  на мікроскопі

6.2.1. Сформувати блок мір довжиною  $l_2$ . Розмір блока  $l_2$  записати в протокол.

#### 6.2.2. За допомогою штангенциркуля виміряти довжину блока мір $l_2$ .

На відміну від попереднього вимірювання стопорний гвинт рухомої рамки має бути затисненим, при цьому повинне зберігатися нормальне ковзання вимірювальних поверхонь губок по поверхнях кінцевих мір. На інструментальному мікроскопі виміряти похибку штангенциркуля  $\Delta_2$  в точці  $l_2$ .

**6.2.3.** Вимірювання виконуються тричі, середнє значення похибки  $\Delta_{2C}$  занести в протокол.

**6.3.1.** Сформувати блок мір довжиною  $l_3$ . Розмір блока  $l_3$  записати в протокол.

**6.3.2.** За допомогою штангенциркуля виміряти довжину блока мір  $l_3$ .

Під час вимірювання стопорний гвинт рухомої рамки має бути відпущеним, при цьому повинне зберігатися нормальне ковзання вимірювальних поверхонь губок по поверхнях кінцевих мір.

**6.3.3.** На інструментальному мікроскопі виміряти похибку штангенциркуля  $\Delta_3$  в точці  $l_3$ . Значення похибки  $\Delta_3$  занести в протокол.

**6.3.4.** Отримані похибки  $\Delta_{1C}$ ,  $\Delta_{2C}$ ,  $\Delta_{3C}$  необхідно порівняти з нормами допустимих відхилень за ДСТУ ГОСТ 166:2009 (табл. 1.2) та зробити висновок щодо придатності штангенциркуля. Результати занести в протокол.

## **7. Виміряти розміри деталі за допомогою штангенциркуля**

**7.1.** За завданням викладача виконати ескіз деталі (додаток А).

**7.2.** Виконати вимірювання заданих розмірів, результати занести в протокол.

## **8. Зробити висновок по роботі:**

- 1) щодо придатності штангенциркуля;
- 2) щодо точності вимірювання деталі.

## **Вимоги до звіту**

Звіт повинен містити:

- 1) назву та мету роботи, основні теоретичні відомості;
- 2) перелік засобів повірки, їх метрологічні характеристики;
- 3) ескіз вивіреного штангенциркуля із зазначенням його елементів;
- 4) оформлений протокол повірки;
- 5) висновок за результатами перевірки;
- 6) відповіді на контрольні запитання.

## **Контрольні питання**

1. Які типи штангенциркулів передбачені стандартом?
2. З яких частин складається штангенциркуль?
3. Що таке діапазон вимірювань, діапазон показань шкали, ціна поділки шкали?
5. Що таке похибка вимірювання, границя допустимої похибки?
6. Що таке повірка, які є види повірок, хто їх виконує?
7. За яких умов проводиться повірка?
8. Які операції включає процедура перевірки?
9. Назвіть засоби повірки штангенциркуля.
10. Що називають набором кінцевих мір довжини? Які існують класи наборів? Для чого призначені кожен клас набору?



## Лабораторна робота № 2

### ПОВІРКА ДАТЧИКА ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА МУЛЬТИМЕТРА

**Мета роботи:** ознайомлення з об'ємом і послідовністю операцій повірки, із засобами повірки що застосовується. Здобуття навичок проведення повірки, оформлення протоколу повірки.

#### Лабораторне завдання:

1. Ознайомитися з видами перевірок і основними операціями процедури повірки термометра термоелектричного перетворювача.
2. Вивчити принцип дії та конструкцію термоелектричного перетворювача.
3. Провести повірку термоелектричного перетворювача мультиметра.
4. Оформити протокол повірки.

**Обладнання та інструменти:** Мультиметр, термоелектричний перетворювач мультиметра, зразковий ртутний скляний термометр з діапазоном вимірювань (0-100) °С, термостат, електричний кип'ятильник, калібратор, лід, кухонна сіль, дистильована вода, психрометр, барометр.

#### Теоретична частина

##### Основні відомості про термоелектричний перетворювач

**Призначення пристрою.** Термоелектричний перетворювач являє собою термопару – пристрій, призначений для безпосереднього перетворення тепла в електричну енергію.

**Будова пристрою.** Схематично пристрій зображено на рис. 2.2. Термопара складається з двох дротів, кожен з яких виготовлений із різних сплавів. Кінці цих провідників утворюють контакт (робочий спай), виконаний шляхом скручування, або за допомогою вузького зварювального шва чи зварюванням у стик. Вільні кінці термопари замикаються в ізотермічній зоні, утворюючи так званий холодний спай. На практиці при вимірюванні температур широко використовується техніка «компенсації холодного спаю»: температура холодного спаю вимірюється іншим датчиком температури, а потім величина термо-е.р.с. холодного спаю програмно або апаратно віднімається від сигналу термопари.

**Принцип дії пристрою.** Принцип дії термоелектричного перетворювача базується на виникненні термо-е.р.с. внаслідок порушенням термодинамічної рівноваги електронів провідності на контакті двох металів. Це явище пояснюють ефектом Зеебека, суть якого полягає у виникненні електричного струму в замкнутому електричному колі з різнорідних металів.



Рис. 2.1 – Умовне графічне зображення термоелектричного перетворювача

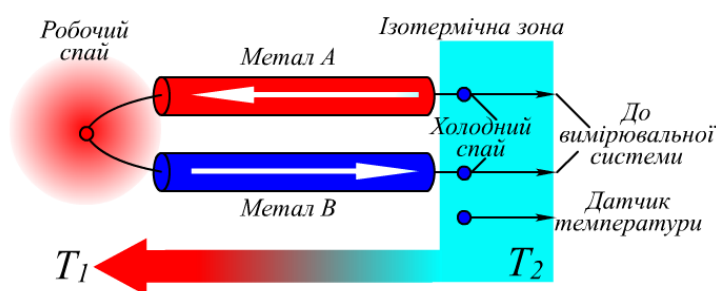


Рис. 2.2 – Принципова будова термоелектричного перетворювача



Внаслідок цього ефекту відбувається генерація так званої *термоелектрорушійної сили* (термо-е.р.с.) за наявності різниці температур ( $\Delta T = T_2 - T_1$ ) їх контактів (спаїв), яка згідно з електронною теорією та експериментальними дослідженнями пропорційна різниці температур спаїв

$$E = K(T_2 - T_1), \quad (2.1)$$

де  $K$  – *статична чутливість елемента (питома термо-е.р.с.)*, величина, що чисельно рівна е.р.с. при різниці температури спаїв у 1 К.

На практиці використання термопар регулюється ДСТУ 2857-94 (ГОСТ 6616-94) Перетворювачі термоелектричні. Загальні технічні умови (табл. 2.1).

**Таблиця 2.1 – Основні типи термопар та їх характеристики**

Тип термопар за МЭК*	Тип термопар за ДСТУ (ГОСТ)	Температурний діапазон °С (довготривало)	Температурний діапазон °С (короткотривало)
K	ТХА (хромель-алюмелеві)	0 до +1100	-180 до +1300
J	ТЖК (залізо-константанові)	0 до +700	-180 до +800
N	ТНН (ніхросил-нісильові)	0 до +1100	-270 до +1300
R	ТПП 13 (платинородій-платинові)	0 до +1600	-50 до +1700
S	ТПП 10 (платинородій-платинові)	0 до 1600	-50 до +1750
B	ТПР (платинородій-платинородієві)	+200 до +1700	0 до +1820
T	ТМКн (мідь-константанові)	-185 до +300	-250 до +400
E	ТХКн (хромель-константанові)	0 до +800	-40 до +900

### Опис лабораторної установки

Схема лабораторної установки наведена на рис. 2.3.

Перевірку проводять методом порівняння показань термоелектричного перетворювача з показаннями вивіреного рідинного термометра розширення.

За ДСТУ ГОСТ 8.338:2004 «Метрологія. Перетворювачі термоелектричні. Методика повірки», повірку термоелектричних термометрів здійснюють за допомогою ртутного термометра типу ТЛ з діапазоном вимірювань від 273,15 до 313,15 К, ціна поділу 0,5 К; або цифровим термометром з діапазоном вимірювань від 273,15 до 313,15 К, границі допустимої основної похибки  $\pm 0,5$  К.

Для проведення повірки вивірених термометр і термопару перетворювача занурюють у термостат із дистильованою водою на однакову глибину. Змінюючи температуру води в термостаті, проводять порівняння показань термометра термоелектричного перетворювача.



*Рис. 2.3 – Схема лабораторної установки:*

- 1 – зразковий термометр,*
- 2 – термоелектричний перетворювач мультиметра,*
- 3 – мультиметр,*
- 4 – термостат із водою;*
- 5 – електричний нагрівник води,*
- 6 – калібратор.*

## **Порядок виконання роботи**

При домашній підготовці оформити розділи «Мета роботи», «Теоретичні відомості». Підготувати форму протоколу повірки (додаток Б).

### **1. Умови проведення повірки**

**1.1.** Встановити умови проведення повірки:

- виміряти температуру в приміщенні;
- атмосферний тиск;
- відносну вологість повітря.

**1.2.** Результати документують у протоколі повірки.

### **2. Проведення зовнішнього огляду**

**2.1.** Провести візуально зовнішній огляд термоелектричного перетворювача мультиметра.

**2.2.** Результати вважаються задовільними, якщо під час зовнішнього огляду встановлено відсутність зовнішніх пошкоджень термоелектричного перетворювача.

**2.3.** Результати зовнішнього огляду документують у протоколі повірки.

### **3. Перевірка працездатності**

**3.1.** Для перевірки працездатності здійснюють такі операції:

- занурюють термоелектричний перетворювач, що підлягають повірці, у воду в термостаті, температура якого вище за температуру повітря, та перевіряють, чи змінюються показання термометра.

**3.2.** Результати перевірки працездатності документують у протоколі повірки.

### **4. Визначення метрологічних характеристик**

**4.1.** Визначення положення позначки 0 °С.

У калібратор наливають дистильовану воду, в яку занурюють термоелектричний перетворювач і зразковий термометр на глибину 10 мм. Калібратор розміщують у термостаті від'ємної температури. Для отримання від'ємної температури в термостат слід покласти водяний лід, у який додано кухонну сіль (Суміш солі з водою може дати температуру -21 °С). Далі очікують 3-5 хв до повного замерзання води у калібраторі. Виймають калібратор разом із перетворювачем і зразковим термометром із термостату від'ємної температури й очікують початку танення льоду в калібраторі. Записують показання мультиметра й зразкового термометра під час танення льоду в калібраторі.

**4.2.** Перевірка шкали температур.

Калібратор разом із перетворювачем і зразковим термометром занурюють у термостат із дистильованою водою і очікують 3-5 хв до встановлення теплової рівноваги. У термостат занурюють нагрівник (електрокип'ятильник) включають нагрівник і доводять воду в термостаті до кипіння. Записують показання мультиметра й зразкового термометра під час кипіння води. Виключають нагрівник і записують показання мультиметра та зразкового термометра при зниженні температури на кожні 10 °С.

## **5. Визначення основної абсолютної похибки показань**

**5.1.** Основну абсолютну похибку електроконтактних термометрів визначають як найбільшу різницю за абсолютним значенням, за формулою (2.2):

$$\Delta = t_m - t_{em}; \quad (2.2)$$

де  $t_m$  – значення температури за термоелектричним перетворювачем мультиметру в заданій точці, °С;

$t_{em}$  – значення температури, визначене за зразковим термометром у заданій точці, °С.

## **6. Обробка результатів вимірювання**

**6.1.** Результати вимірювань та розрахунків та інші дані, отримані під час проведення повірки, повинні бути задокументовані в протоколі повірки та в робочому журналі.

**6.2.** Результат повірки вважається позитивним, якщо одержане значення максимальної абсолютної похибки термоелектричного перетворювача мультиметра не перевищує значень, вказаних у технічній документації на мультиметр.

### **Вимоги до звіту**

Звіт повинен містити:

- 1) назву та мету роботи, основні теоретичні відомості;
- 2) перелік засобів повірки, їх метрологічні характеристики;
- 3) схему лабораторної установки;
- 4) розрахункові формули і розрахунки;
- 5) оформлений протокол повірки;
- 6) висновок за результатами перевірки.
- 7) відповіді на контрольні запитання.

### **Контрольні питання**

1. З яких матеріалів виготовляють термопари?
2. Яка будова і принцип дії термоелектричного перетворювача?
3. Як конструктивно виконують термоелектричний перетворювач?
4. В яких межах можна вимірювати температуру за допомогою термоелектричних перетворювачів?
5. Які термометри згідно з ДСТУ можна використовувати для повірки термоелектричного перетворювача?

## Лабораторна робота № 3 ПОВІРКА МАНОМЕТРА

**Мета роботи:** ознайомлення з об'ємом і послідовністю операцій повірки, із засобами повірки що застосовується до манометра.

### Лабораторне завдання:

1. Ознайомитися з видами перевірок і основними операціями процедури повірки манометра.
2. Вивчити принцип дії та конструкцію манометрів призначених для вимірювання тиску газів.
3. Провести повірку манометра.
4. Оформити протокол повірки.

**Обладнання та інструменти:** манометр, модель вантажопоршневого манометра, психрометр, барометр.

### Теоретична частина

#### Тиск газу $p$ (ф.в.)

1. Тиск газу характеризує кількість і силу ударів молекул по тілу, внесеному в газ.

2. Визначення. **Тиск газу – це фізична величина, яка дорівнює співвідношенню середньої сили дії молекул газу, що діє на поверхню тіла, внесеного в газ, до площі поверхні цього тіла.**

3. Це скалярна величина.

4.  $p = F/S$ ; де  $F$  – середня сила дії молекул газу;  $S$  – площа поверхні тіла.

5.  $[p] = \text{Па}$  (Паскаль)  $1 \text{ Па} = \text{Н/м}^2$ . Несистемні одиниці: а) міліметр ртутного стовпчика,  $1 \text{ мм.рт.ст.} = 133,28 \text{ Па}$ ; б) технічна атмосфера  $1 \text{ ат} = 98066,5 \text{ Па}$ ; в) нормальна, стандартна або фізична атмосфера  $1 \text{ атм} = 101\,325 \text{ Па} = 1,033233 \text{ ат} = 760 \text{ мм.рт.ст.}$ , кілограм-сила на квадратний сантиметр  $1 \text{ кгс}\cdot\text{см}^2 = 98,0665 \text{ кПа} = 0,968 \text{ атм} = 735,559 \text{ мм.рт.ст.}$

Також для вимірювання тиску іноді застосовують таку одиницю, як бар –  $1 \text{ Бар} = 10^5 \text{ Па}$ .

6.  **$1 \text{ Па}$  – це тиск, який спричиняє сила в  $1 \text{ Н}$  на площу  $1 \text{ м}^2$ .**

7. Прилади для вимірювання тиску газу - це манометр і барометр.

#### Види тиску газу

Розрізняють такі види тиску: атмосферний (барометричний), вакуумметричний абсолютний, абсолютний та надмірний (манометричний).

*Атмосферний тиск* утворюється атмосферою Землі. Атмосферний тиск вимірюється барометром.

*Вакуумметричний тиск* – це різниця між абсолютним і барометричним тиском.

*Абсолютний тиск* визначається від величини абсолютного нуля (вакууму).

*Надмірний тиск* – це величина тиску, що перевищує значення атмосферного тиску.

## Основні відомості про манометри

*Призначення пристрою.* Манометри – це прилади призначені для вимірювання тиску газів і рідин. (У техніці найчастіше доводиться вимірювати надлишковий тиск).

*Будова приладів.* У різних технологічних процесах доводиться вимірювати різні за величиною тиски, причому їх інтервал досить широкий. Це обумовлює різноманітність видів манометрів, які різняться за призначенням, принципом дії конструкцією. У цій роботі ми розглядатимемо деформаційні манометри, які поділяють на: пружинні, сільфонні й мембранні.

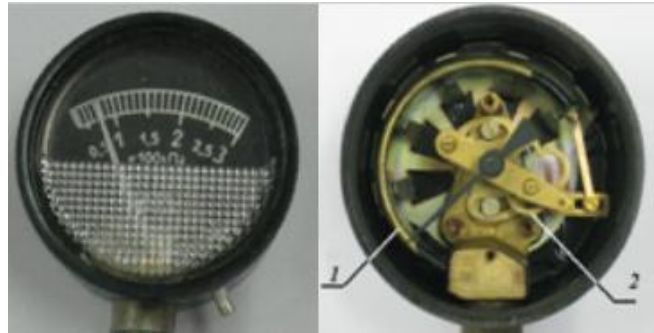


Рис. 3.1 – Зовнішній вигляд і будова пружинного манометра:  
1 - трубка Бурдона, 2- поворотний механізм

**Пружинний манометр** (рис. 3.1) - використовують для вимірювання великих тисків газів. Основною частиною є порожниста дугоподібна пружина – трубка Бурдона, яка сполучена із середовищем, тиск якого вимірюють. До кінця трубки Бурдона прикріплюють поворотний механізм, який при випрямленні трубки обертає стрілку приладу.

**Сільфонний манометр** (рис. 3.2) - використовують для вимірювання вакуумметричних і незначних надмірних тисків газів.

Складається з тонкостінної циліндричної оболонки з поперечними гофрами, здатної здійснювати значні переміщення під дією тиску. Для збільшення жорсткості всередину сільфона часто поміщають пружину. Сільфони виготовляють із бронзи, вуглецевої сталі, алюмінієвих сплавів. Серійно виробляють безшовні і зварні сільфони діаметром від 8-10 до 80-100 мм. Сільфони більш чутливі, ніж мембранні манометри і мають більший діапазон вимірювань.

**Мембранний манометр** (рис. 3.3) – використовують для вимірювання

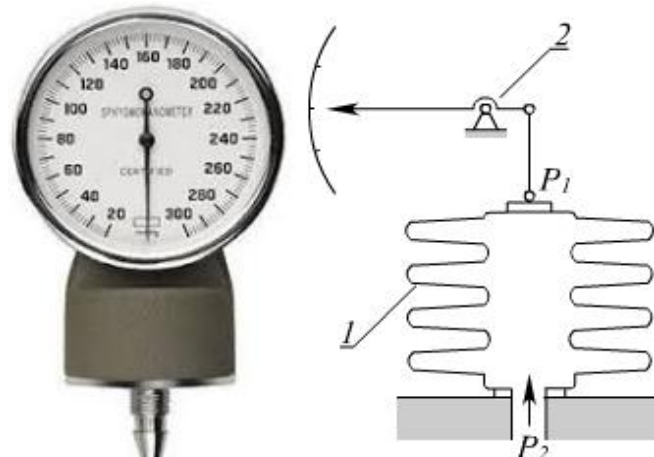


Рис. 3.2 – Зовнішній вигляд і будова сільфонного манометра:  
1 - сільфон, 2- поворотний механізм

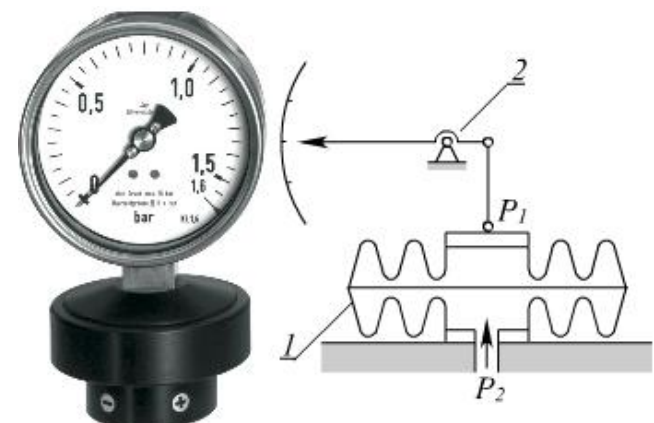


Рис. 3.3 – Зовнішній вигляд і будова мембранного манометра:  
1 - мембрана, 2- поворотний механізм

вакуумметричних і надмірних тисків газів. Головною частиною мембранного манометра є мембрана (гнучка кругла плоска пластина), здатна отримати прогин під дією тиску.

Мембранні манометри менш чутливі, ніж сильфонні манометри і мають менший діапазон вимірювань.

*Принцип дії приладів.*

**Пружинні манометри.** У цьому типі манометра збільшення тиску в трубці Бурдона приводить до того, що вона розпрямляється. Це пояснюється так: виділимо частину трубки (рис. 3.4) в неї площа зовнішньої стінки більша за площу внутрішньої. Це приводить до того, що сила тиску ( $F_1 = P \cdot S_1$ ) більша, ніж на внутрішню стінку ( $F_2 = P \cdot S_2$ ), що і приводить до її випрямлення. Рух вільного кінця трубки викликає повертання стрілки приладу.

**Сильфонні манометри.** У цих приладах (рис. 3.2) пружним елементом є сильфон (1), який виконаний у вигляді гофрованої тонкостінної трубки. Під тиском газу цьому сильфон змінює свою довжину і ця зміна за допомогою передавального механізму (2) приводить у дію стрілку.

**Мембранні манометри.** У цих приладах (рис. 3.3) пружним компонентом є мембрана (1). Вона прогинається під тиском, і за допомогою передавального механізму (2) приводить у дію стрілку.

Основним недоліком вказаних манометрів є зміна їхніх показань, внаслідок поступових змін пружних властивостей пружного елемента (трубки Бурдона, сильфона, мембрани) виникнення в ньому залишкової деформації і зносу передавального механізму. Тому для таких приладів проводять періодичну перевірку.

**Види перевірок манометрів:**

- первинна – проводиться при випуску манометра з виробництва, при ввезенні з імпорту, після ремонту;
- періодична – проводиться після закінчення міжповірочного інтервалу;
- позачергова – проводиться при порушенні функціонування манометра в разі його механічних пошкоджень або втрати документації;
- інспекційна – проводиться під метрологічним контролем за рішенням органу державної метрологічної служби;
- експертна – проводиться у разі появи розбіжностей щодо придатності манометра до роботи.

### Прилади, призначені для перевірки манометрів

За ДСТУ 7224:2011 для перевірки

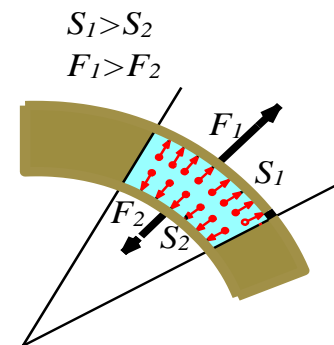


Рис. 3.4 – До пояснення принципу роботи трубки Бурдона

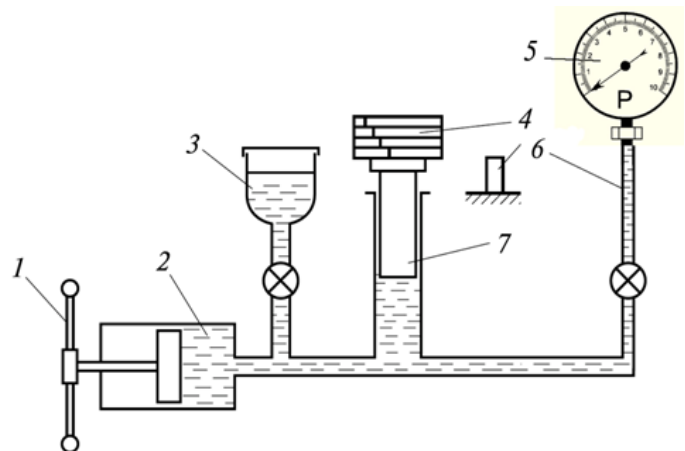


Рис. 3.5 – Схематична будова вантажопоршневого манометра:  
1 - регулятор настройки, 2 - насос, 3 - резервуар, 4 - зразки вантажів, 5 - приймач тиску, 6 - покажчик підйому, 7 - поршень.



манометрів використовують вантажопоршневі манометри, калібратори низького тиску й інші засоби вимірювальної техніки, що відповідають вимогам ДСТУ. Причому засоби вимірювальної техніки, які застосовують під час повірки, мають бути повірені в органах державної метрологічної служби.

Вантажопоршневий манометр являє собою зразковий прилад, за яким проводять повірку манометрів (рис. 3.5).

Робочий зразковий деформаційний манометр типу МО (рис. 3.6) застосовують при повірці технічних манометрів а також перетворювачів тиску та перепаду тиску, а також для виконання точних вимірювань тиску в лабораторних установках. Прилади мають трубчасту пружину і передаточний механізм, які розміщені в металевому корпусі діаметром 160 або 250 мм.

В зразкових манометрах (рис. 3.6) застосовують пружину високої якості й точно вивернений передавальний механізм. Прилади випускаються з кінцевим значенням шкали 1–600 кгс/см<sup>2</sup> (58,8399 МПа ≈ 580,7 атм.). Шкала має 100 умовних поділок із числовими відмітками через кожні 5 поділок. Для перерахунку умовних поділок у кгс/см<sup>2</sup> зразкові манометри забезпечують перевідною таблицею або графіком. Кінцеве значення тиску вказується на циферблаті приладу. Клас точності манометрів діаметром 250 мм – 0,16 або 0,25, а діаметром 160 мм – 0,4. Користування приладами допускається при температурі навколишнього середовища 10–350 °С і відносній вологості повітря до 80 %.

Калібратори тиску (рис. 3.7) складаються з цифрового манометра з вбудованим зразковим модулем тиску, вбудованого джерела створення тиску (пневматичний насос або гідравлічний преса).

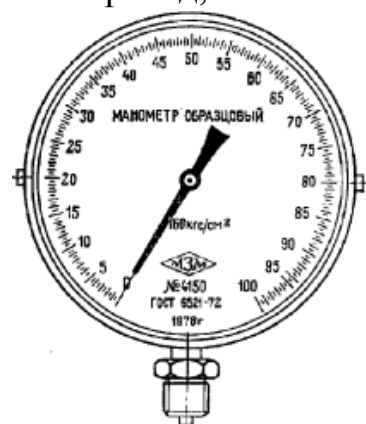


Рис. 3.6- Зразковий манометр типу МО



Рис. 3.7 - Портативний калібратор тиску

### Опис лабораторної установки

Конструкція моделі вантажопоршневого манометра наведена на рис. 3.8.

Перевірку проводять методом порівняння показань вивіреного манометра з показаннями зразкового манометра.

Для проведення повірки вивірений манометр з'єднують зразковим манометром і сильфоном. Змінюючи об'єм повітря в сильфоні, проводять порівняння показань вивіреного і зразкового манометрів.

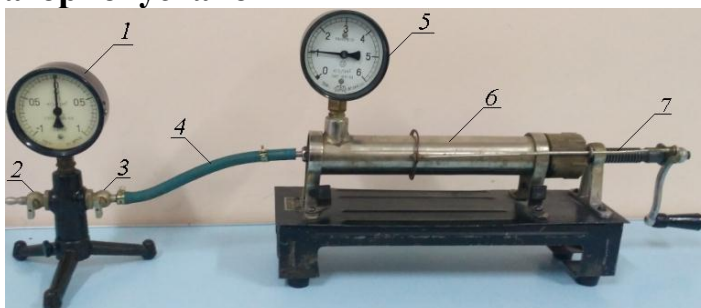


Рис. 3.8 – Модель вантажопоршневого манометра:

1 - вивірений манометр, 2,3 - крани вивіреного манометра, 4 - гумовий шланг, 5 – зразковий манометр, 5 – циліндр змінного об'єму, 7- гвинт.

## **Порядок виконання роботи**

При домашній підготовці оформити розділи «Мета роботи», «Теоретичні відомості». Підготувати форму протоколу повірки (додаток В).

### **1. Умови проведення повірки**

**1.1.** Встановити умови проведення повірки:

- Виміряти температуру в приміщенні,
- атмосферний тиск,
- відносну вологість повітря.

**1.2.** Результати документують у протоколі повірки.

### **2. Проведення зовнішнього огляду**

**2.1.** Провести візуально зовнішній огляд манометра. Результати вважаються задовільними, якщо під час зовнішнього огляду встановлено, що прилад справний, чистий, не має механічних ушкоджень корпусу і штуцера, дефектів шкали, стрілки, скла, які заважають його роботі;

**2.2.** Перевірити з'єднання корпусу зі штуцером має бути міцним і не допускати їхнє взаємне зміщення;

**2.3.** Перевірити маркування приладу – воно має бути чітке, мати товарний знак підприємства-виробника, тип приладу, клас точності, порядковий номер за системою нумерації підприємства-виробника.

**2.4.** Результати зовнішнього огляду документують у протоколі повірки.

### **3. Перевірка працездатності**

**3.1.** Перед (апробуванням) прилад приєднують до пристрою для створення тиску, при цьому прилад має бути встановлений у робоче положення з дотриманням вимог інструкції щодо монтажу чи настанови з експлуатації, з допустимим відхилом  $\pm 5^\circ$  у будь-який бік.

**3.2.** Під час опробування контролюють працездатність приладу, спостерігаючи зміну тиску від нижнього граничного значення до верхнього і навпаки.

**3.3.** Перевіряють функціонування коректора нуля, задаючи будь-яке значення тиску, але не менше ніж 0,3 верхньої границі вимірювання. Коректор нуля повертають за годинниковою стрілкою, при цьому повинна спостерігатися зміна вихідного сигналу. Потім коректор нуля повертають проти годинникової стрілки, при цьому повинна спостерігатися зміна вихідного сигналу в протилежний бік.

**3.4.** Результати перевірки працездатності документують у протоколі повірки.

### **4. Перевірка на герметичність приладу**

**4.1.** Герметичність приладу контролюють тиском, що дорівнює верхній границі вимірювання. При цьому прилад має бути відключений від пристрою для створення тиску. Прилад вважають герметичним, якщо впродовж наступних 15 хв зміна тиску за умов зміни температури  $\pm 0,3^\circ\text{C}$  навколишнього середовища не перевищує 45 %.



**4.2.** Після контролю герметичності знижують тиск у системі до нуля і витримують прилад протягом 5 хв за атмосферного тиску, після чого корегують, за потреби, положення стрілки в нульовій поділці шкали.

## **5. Визначення метрологічних характеристик**

**5.1.** За допомогою гвинта змінюють об'єм сильфона випробувальної установки, що призводить до зміни тиску повітря у системі.

**5.2.** Порівнюють показання тиску зразкового манометра з показаннями тиску манометра.

## **6. Визначення основної абсолютної похибки показів**

**6.1.** Основну абсолютну похибку манометра визначають як найбільшу різницю за абсолютним значенням, за формулою (6.1):

$$\Delta p = p_m - p_{em}, \quad (6.1)$$

де  $p_m$  – значення тиску манометра в заданій точці, мм.рт.ст;

$p_{em}$  – значення тиску зразкового манометра в заданій точці, мм.рт.ст;

Результати операцій повірки документують у протоколі повірки.

Результат повірки вважається позитивним, якщо одержане значення максимальної абсолютної похибки манометра не перевищує 0,5 %.

## **7. Обробка результатів вимірювання**

**7.1.** Результати вимірювань та розрахунків та інші дані, отримані під час проведення повірки, повинні бути задокументовані в протоколі повірки та у робочому журналі.

### **Вимоги до звіту**

Звіт повинен містити:

- 1) назву та мету роботи, основні теоретичні відомості;
- 2) перелік засобів повірки, їх метрологічні характеристики;
- 3) схему лабораторної установки;
- 4) розрахункові формули і розрахунки;
- 5) оформлений протокол повірки;
- 6) висновок за результатами перевірки.
- 7) відповіді на контрольні запитання.

### **Контрольні питання**

1. Які існують види тиску газу?
2. Які існують типи деформаційних манометрів? Пояснити будову принцип і дії манометрів.
3. За допомогою якого обладнання можна проводити повірку манометрів?
4. Пояснити призначення і принцип дії вагопоршневого манометра МП -60М
5. Які основні технічні і метрологічні характеристики зразкових манометрів?
6. Основні похибки вимірювання тиску манометрами та методи їх визначення.
7. Перелічить операції повірки манометрів.

## Лабораторна робота № 4 ПОВІРКА ВОЛЬТМЕТРА МУЛЬТИМЕТРА

**Мета роботи:** ознайомлення з об'ємом і послідовністю операцій повірки, із засобами повірки що застосовується до вольтметрів постійного і змінного струмів. Придбання навичок проведення повірки, оформлення протоколу повірки.

### Лабораторне завдання:

1. Ознайомитися з видами перевірок і основними операціями процедури повірки вольтметрів.
2. Вивчити принцип дії та конструкцію вольтметрів.
3. Провести повірку вольтметра методом безпосереднього порівняння з зразковим приладом.
4. Оформити протокол повірки.

**Обладнання та інструменти:** Вивірений вольтметр мультиметра класу точності 0,4; зразковий вольтметр класу точності 0,1 (типу М 502); джерело напруги постійного струму; джерело напруги змінного струму.

### Теоретична частина

Для повірки приладів постійного струму як зразкові приймаються магнітоелектричні прилади, а для повірки приладів змінного струму – електродинамічні. Останнім часом використовуються цифрові прилади.

Верхня межа вимірювань зразкового приладу повинен бути такою самою, як і вивіреного, або не перевищувати межі вимірюваного приладу більше ніж на 25 %.

Допустима похибка зразкового приладу повинна бути в 3...5 разів нижче за похибку вивіреного приладу.

Похибку виражають у вигляді абсолютних і відносних величин.

Розрізняють:

а) абсолютну похибку вимірювального приладу розраховують за формулою (4.1):

$$\Delta X = X_{\Pi} - X_{Д}, \quad (4.1)$$

де  $X_{\Pi}$  – показання приладу;  $X_{Д}$  – дійсне значення вимірюваної величини.

Абсолютна похибка, взята з протилежним знаком, являє собою поправку  $K$  (4.2).

$$K = - \Delta X. \quad (4.2)$$

Поправка є тією величиною, яку треба алгебраїчно додати до показань приладу, щоб отримати дійсне значення вимірюваної величини;

б) відносну похибку засобу вимірювання, часто виражають у відсотках (формула 4.3):

$$\gamma_{np} = \frac{|\Delta X|}{X_{н.з.}} \cdot 100\%, \quad (4.3)$$

де  $X_{н.з.}$  нормоване значення, тобто деяке значення, щодо якого розраховується похибка.

Часто як нормоване значення зведеної похибки приймають верхню межу вимірювання приладу.

У цій лабораторній роботі досліджуються такі метрологічні характеристики: основна похибка, відносна похибка.

В основі перевірки методом безпосереднього звірення лежить одночасне вимірювання тієї ж самої величини вивіреною і зразковим приладом.

Відповідно до вимог ГОСТ 8711-78 при перевірці амперметрів і вольтметрів методом безпосереднього звірення основна похибка зразкового приладу не повинна перевищувати  $\frac{1}{5}$  межі допустимої похибки вивіреного приладу.

Основна похибка визначається для декількох (не менше 6-8) точок шкали.

Для багатьох засобів вимірювань за відносною похибкою встановлюють клас точності приладу. Наприклад, прилад класу 0,5 може мати відносну похибку не більшу за 0,5 %.

Вимірювальні прилади можуть бути таких класів точності: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0.

Прилади, що мають багато меж вимірювання, перевіряють по одній або двох основних межах, а на всіх інших – у деяких точках.

У результаті повірки встановлюють відносну похибку і по ній клас точності приладу.

У цій роботі зразковим вольтметром виступає вольтметр магнітоелектричної системи (рис. 4.1) Ці прилади використовують у ланцюгах постійної напруги. У повітряному зазорі між поверхнями полюсних наконечників і циліндричного осердя створюється радіальне поле, яке внаслідок того, що повітряний зазор малий, можна вважати однорідним. Рамка з обмоткою кріпиться на півосях і може повертатися в зазорі.

У результаті взаємодії магнітного поля і струму обмотки створюється момент обертання, пропорційний струму (формула 4.4):

$$M_{об} = \Psi_0 \cdot I, \quad (4.4)$$

де  $M_{об}$  – момент обертання;  $\Psi_0$  – постійна приладу, що залежить від кількості витків, площі обмотки та індукції магнітного поля у зазорі;  $I$  – сила струму в приладі.

Момент, що протидіє обертанню, визначається формулою (4.5):

$$M_{пр} = W \cdot \alpha, \quad (4.5)$$

де  $W$  – питомий протидіючий момент пружини;  $\alpha$  – кут обертання.

Рівняння шкали приладу 4.6:

$$\alpha = \frac{\Psi_0}{W} \cdot I = S_I \cdot I, \quad (4.6)$$

де  $S_I$  – чутливість приладу.

Магнітоелектричні прилади використовують тільки в ланцюгах постійного струму. Вони відрізняються високою чутливістю, високою точністю,

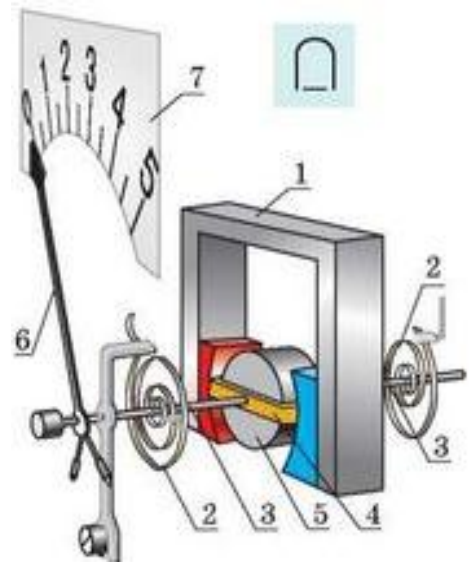
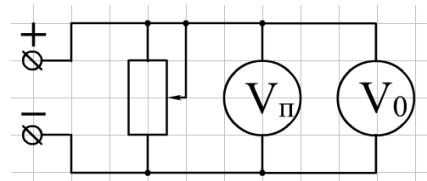


Рис. 4.1 - Схема механізму приладів магнітоелектричної системи:

1 - постійний нерухомий магніт з полюсними наконечниками; 2 - спіральні пружини; 3 - півосі; 4 - рамка, жорстко закріплена на півосях; 5 - нерухоме осердя; 6 - стрілка; 7 - шкала

рівномірністю шкали, виконуються у вигляді амперметрів і вольтметрів постійного струму.

У роботі потрібно здійснити повірку методом порівняння вольтметра постійного струму мультиметра. Повірка виконується методом порівнянь. Для здійснення повірки зразковий і вивірений вольтметри включають паралельно (рис. 4.2) і підключають його до приладу ВС-24.



*Рис. 4.2 – Схема повірки вольтметра порівняння:*

*V<sub>п</sub> – вольтметр, що повіряють; V<sub>0</sub> – зразковий прилад*

### **Порядок виконання роботи**

При домашній підготовці оформити розділи «Мета роботи», «Теоретичні відомості». Підготувати форму протоколу повірки (Додаток Г).

### **1. Умови проведення повірки**

**1.1.** Встановити умови проведення повірки:

- виміряти температуру в приміщенні;
- атмосферний тиск;
- відносну вологість повітря.

За ДСТУ 8.497-83 при проведенні повірки повинні бути дотримані такі умови: температура навколишнього повітря:  $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$  – для класів точності 0,05-0,5;  $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$  – для класів точності 1,0-5,0; відносна вологість повітря 30-80 %; атмосферний тиск 84-106 кПа.

**1.2.** Результати документують у протоколі повірки.

### **2. Проведення зовнішнього огляду**

**2.1.** Провести візуально зовнішній огляд вольтметра, що повіряють. При зовнішньому огляді приладу повинні бути встановлені: відсутність зовнішніх пошкоджень і пошкоджень покриття шкали; чіткість всіх написів і укомплектований запасними частинами, приладдям, необхідним для проведення повірки.

**2.2.** Провести випробування. При випробуванні повинні бути встановлені надійне закріплення затискачів приладів, плавний хід і чітка фіксація перемикачів.

**2.3.** Результати зовнішнього огляду документують у протоколі повірки.

### **3. Перевірка електричної міцності й опору ізоляції**

**3.1.** Електричну міцність і опір ізоляції перевіряють за ГОСТ 8711-78.

**3.2.** Опір ізоляції між корпусом і ізольованими по постійному струму електричними ланцюгами, робочі умови застосування яких встановлені за ГОСТ 22261, повинно відповідати встановленому в табл. 4.1.

**3.3.** Опір ізоляції перевіряють омметром між двома точками корпусу біля клем вольтметра.

**3.4.** Результати вимірів заносять до протоколу.

**Таблиця 4.1 – Опір ізоляції між корпусом і ізольованими по постійному струму електричними ланцюгами за ГОСТ 22261**

Група експлуатації за ГОСТ 22261	Робоча напруга, В	Опір ізоляції, МОм, не менше		
		у нормальних умовах в робочих умовах при	У робочих умовах за	
			верхнього значення температури і відносної вологості не більше ніж 80 %	верхнього значення відносної вологості і температури навколишнього повітря (20 ± 5) °С
4-7	До 500	20	5	2
	Від 500 до 1000	40*	Встановлюють у технічних умовах на прилади конкретного типу	
	Більше 1000	40 МОм плюс 20 МОм на кожні наступні повні та неповні 1000 В робочої напруги		

#### **4. Визначення метрологічних характеристик**

**4.1.** Для визначення метрологічних характеристик зразковий і вивірений вольтметри з'єднують паралельно (рис. 4.2) і підключають його до приладу ВС-24.

**4.2.** Змінюючи напругу з інтервалом 1 В, порівнюють покази напруги зразкового вольтметра з показаннями напруги вольтметра, що перевіряється.

**4.3.** Результати вимірів заносять до протоколу.

#### **5. Визначення основної абсолютної похибки показів**

**5.1.** Основну абсолютну похибку вольтметра визначають як найбільшу різницю за абсолютним значенням, за формулою 4.7:

$$\Delta U = U_n - U_{em}, \quad (4.7)$$

де  $U_n$  – значення напруги заданій точці, В;

$U_{em}$  – значення напруги зразкового вольтметра в заданій точці, В;

Результати операцій повірки документують в протоколі повірки.

#### **6. Визначення основної відносної похибки показань та встановлення класу точності приладу**

**6.1.** Відносну похибку обчислюють за основною абсолютною похибкою використовуючи формулу 4.8.

$$\gamma_{np} = \frac{|\Delta U_n|}{U_{em}} \cdot 100\%, \quad (4.8)$$

де  $\Delta U_n$  – значення основної абсолютної похибки напруги, В;

$U_{em}$  – значення напруги зразкового вольтметра в точці визначення абсолютної похибки напруги, В;

**6.2.** Клас точності приладу відповідає відносній похибці приладу.

#### **7. Обробка результатів вимірювання**

**7.1.** Результати вимірювань та розрахунків та інші дані, отримані під час проведення повірки, повинні бути задокументовані в протоколі повірки та в

робочому журналі.

### **Вимоги до звіту**

Звіт повинен містити:

- 1) назву та мету роботи, основні теоретичні відомості;
- 2) перелік засобів повірки, їх метрологічні характеристики;
- 3) схему лабораторної установки;
- 4) розрахункові формули і розрахунки;
- 5) оформлений протокол повірки;
- 6) висновок за результатами перевірки;
- 7) відповіді на контрольні запитання.

### **Контрольні питання**

1. Прилади якої системи використовують як зразкові для повірки приладів постійного струму? змінного струму?
2. Яка будова механізму приладів магнітоелектричної системи?
3. Пояснити принцип роботи приладів магнітоелектричної системи.
4. У скільки разів повинна відрізнятись похибка зразкового приладу від похибки вивіреного приладу?
5. Які існують класи точності вимірювальних приладів?
6. Як встановлюють клас точності електровимірювальних пристроїв?
7. Якими стандартами керуються під час проведення повірки вольтметра?
8. Перелічить операції повірки вольтметра постійного струму.

## Додатки

### Додаток А. Форма протоколу повірки

#### ПРОТОКОЛ

повірки штангенциркуля типу \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_  
 Діапазон вимірювань \_\_\_\_\_ мм. Ціна поділки \_\_\_\_\_ мм.  
 Температура в приміщенні t = \_\_\_\_\_ °С.

#### Операції повірки Засоби Граничні Результат

Операції повірки	Засоби повірки	Результат повірки	
1. Зовнішній огляд			
2. Випробування			
3. Визначення відхилення від прямолінійності вимірювальних поверхонь:			
Операції повірки	Засоби повірки	Результат повірки	
- губок для зовнішніх вимірювань			
- губок для внутрішніх вимірювань			
- торця штанги (ШЦ-I)			
4. Оцінка точності штангенциркуля			
Операції повірки	Засоби повірки	Граничні відхилення	Результат повірки
4.1 Перевірка нульової установки			
4.2 Визначення похибки штангенциркуля при зовнішніх вимірах			
4.3 Визначення похибки штангенциркуля при внутрішніх вимірах			
4.4 Визначення похибки ШЦ-I при вимірюванні глибини			
5. Вимірювання довжини вильоту губок штангенциркуля			
Операції повірки	Засоби повірки	Результат повірки	
5.1 Довжина вильоту губок для зовнішніх вимірів			
5.2 Довжина вильоту губок для внутрішніх вимірів			

#### Визначення похибки штангенциркуля

Контрольовані точки, мм	Покази штангенциркуля, мм	Похибка, мм	
1.			
2.			
3.			
Найбільша похибка показань			мм.
Межа похибки		±	мм.

#### Висновок за результатами перевірки

Штангенциркуль типу \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_ відповідає вимогам  
 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 для \_\_\_\_\_ класу точності.

Повірка проведена по ДСТУ ГОСТ 8.113:2009 ГСИ

Повірник \_\_\_\_\_ ПІБ \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_  
 (Підпис або клеймо)

Додаток Б. Форма протоколу повірки

ПРОТОКОЛ ПОВІРКИ №

від \_\_.\_\_.20\_\_ р. термоелектричного перетворювача мультиметра \_\_\_\_\_  
Лабораторія \_\_\_\_\_

1. Найменування, тип ЗВТ	
2. Власник	
3. Умови проведення повірки:	температура – (____ ±0,5) °С; атм. тиск. –101 кПа; відносна вологість – (____ ±3) %
4. Засоби повірки	Термометр _____ Термостат _____

Зовнішній огляд

Тип мультиметра	Номер	Діапазон температури, °С	Ціна поділки, °С	Зауваження до зовнішнього огляду

Визначення метрологічних характеристик

Температури відліків, °С	Покази мультиметра	Покази зразкового термометра	Похибка, °С
0,00			
10,00			
20,00			
30,00			
40,00			
50,00			
60,00			
70,00			
80,00			
90,00			
100,00			

Повірник \_\_\_\_\_ ПІБ \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_  
(Підпис або клеймо)





Додаток Г. Форма протоколу повірки

ПРОТОКОЛ ПОВІРКИ №  
 від \_\_.\_\_.20\_\_ р. вольметра постійного струму \_\_\_\_\_  
 Лабораторія \_\_\_\_\_

1. Найменування, тип ЗВТ	
2. Власник	
3. Умови проведення повірки:	температура – (____±0,5) °С; атм. тиск. –101 кПа; відносна вологість – (____±3) %
4. Засоби повірки	

Зовнішній огляд

Тип вольметра	Номер	Діапазон вимірювання напруги	Ціна поділки, В	Зауваження до зовнішнього огляду

Випробовування

Надійність закріплення затискачів приладу	Плавний хід і чіткість фіксації перемикачів

Перевірка електричної міцності і опору ізоляції

Напруги відліків, В	Покази вольметра, В	Покази зразковий вольметра, В	Абсолютна похибка, В
Відносна похибка вольметра %		Клас точності вольметра	

ПІБ

Дата

Повірник

\_\_\_\_\_  
 (Підпис або клеймо)

Додаток Д

**Міністерство освіти і науки України  
Чернігівський національний технологічний університет**

**Кафедра.....**

**ЗВІТ  
про виконання циклу лабораторних робіт  
з дисципліни.....**

**Виконав:**  
студент групи ..... ..

**Керівник**  
..... ..

## ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 2708:2006. Національний стандарт України. Метрологія. Повірка засобів вимірювальної техніки. Організація та порядок проведення. [Чинний від 2006–07–01]. Київ, 2006. 18 с.
2. ДСТУ 2681-94. Державний стандарт України. Метрологія. Терміни та визначення. [Чинний від 1994–07–26]. Київ, 2006. 68 с.
3. ДСТУ ГОСТ 166:2009 (ИСО 3599-76) Штангенциркули. Технические условия [чинний: від 2009-12-01] Київ, 2009. 11 с.
4. ДСТУ ГОСТ 8.113:2009 ГСИ «Штангенциркулі. Методика повірки». [Чинний від 2008–12–22]. Київ, 2006. 20 с.
5. ДСТУ EN ISO 13385-1:2018. Технічні вимоги до геометричних параметрів продукції (GPS). Прилади для лінійних та кутових вимірювань. Частина 1. Штангенциркулі. Проектні та метрологічні характеристики (EN ISO 13385-1:2011, IDT; ISO 13385-1:2011, IDT).
6. ДСТУ ГОСТ 8.338:2004. «Метрологія. Перетворювачі термоелектричні. Методика повірки». [Чинний від 2005–01–01]. Київ, 2005. 30 с.
7. ДСТУ 7224:2011. Національний стандарт України. Метрологія. Манометри, мановакуумметри, вакуумметри, напороміри, тягонапороміри, тягоміри з пневматичними вихідними сигналами. Методика повірки (калібрування). [Чинний від 2011–02–02]. Київ, 2011. 15 с.
8. ГОСТ 8711-78. Амперметры и вольтметры. Общие технические условия.
9. ГОСТ 22261-94. Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия.