

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут інформаційних технологій
Інформаційно-вимірювальних технологій

Сипко Максим Костянтинович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 681.325

(індекс)

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Розроблення та метрологічний аналіз давача температури

(назва роботи)

Метрологія і вимірювальна техніка

(назва освітньої програми)

175- інформаційно-вимірювальні технології

(шифр і назва спеціальності)

Сипко М.К.

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Піндус Н.М., к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Івано-Франківськ

2024

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут інформаційних технологій

Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

Освітній рівень магістр

Спеціальність інформаційно-вимірювальні технології
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІВТ

Середюк О.Є.

« » 20 року

**ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

Сипко Максим Костянтинович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи Розроблення та метрологічний аналіз давача температури

1. Керівник роботи Піндус Н.М., к.т.н. доцент каф. ІВТ,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ ” 20 року №

2. Строк подання студентом роботи 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: Технічний опис роботи термометра опору типу ST1

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Основні положення про метрологічну службу України

2 Теоретичні основи розроблення методики перевірки термометра опору ST1

3 Визначення та розрахунок похибок термометра опору ST1

Висновок Перелік посилань та джерел

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

МР. МТТм – 09.00.00.001 – Результати експериментальних досліджень термоперетворювача типу ST1;

МР.МТТм – 09.00.00.002 – Схема підключення термоперетворювача при визначенні вихідного сигналу;

МР.МТТм – 09.00.00.003 – Допоміжні та основні ЗВТ

МР. МТТм – 09.00.00.004 – Методи вимірювання температури

МР. МТТм – 09.00.00.005 – Метод поступової провідності

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормо-контроль	Біліщук В.Б., доцент		
Консультант			

7. Дата видачі завдання _____ .2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Вступ	10.11.- 13.11.2024	
2.	Основні положення про метрологічну службу України	14.11.- 23.11.2024	
3.	Теоретичні основи розроблення методики повірки термометра опору ST1	30.11.- 09.12.2024	
4.	Визначення та розрахунок похибок термометра опору ST1	10.12.- 17.12.2024	
5.	Редагування пояснювальної записки	18.12.- 21.12.2024	

Студент _____ Сипко М.К.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Піндус Н.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Магістерська робота: «Розроблення та метрологічний аналіз давача температури» Сипко М.К., ІФНТУНГ, 2024, 58 с., 2 рис., 12 табл., 11 джерел.

Об'єкт дослідження – будова та робота платинового термометра опору.

Мета роботи – розробка методики повірки термометра опору та визначення метрологічних характеристик термометра опору.

В даній магістерській роботі проаналізовано основні функції та завдання Державної метрологічної системи. Сформовано теоретичні основи розроблення методики повірки термометра опору ST1. Здійснено визначення та розрахунок похибок термометра опору. Проведено розробку Державної метрологічної атестації, оскільки прилад не підлягає державним приймальним випробуванням і на нього не поширюється державний метрологічний нагляд.

ТЕРМОМЕТР ОПОРУ, МЕТОДИКА ПОВІРКИ, МЕТРОЛОГІЧНА АТЕСТАЦІЯ, МЕТРОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРЕТВОРЮВАЧА ТЕМПЕРАТУРИ.

ABSTRACT

Master's thesis: "Development of a method for verifying a resistance thermometer of type ST1" Sipko M.K., IFNTUNG, 2024, 58 p., 2 figures, 12 tables, 11 sources.

The object of study – the structure and operation of a platinum resistance thermometer.

Purpose – to develop methods of calibration resistance thermometer, the definition of the metrological characteristics resistance thermometer, the development of the State metrological certification because the device is not subject to state acceptance test and it does not apply state metrological supervision.

This master's thesis analyzes the main functions and tasks of the State metrological system. The theoretical basis for the development of the ST1 resistance thermometer verification method has been formed. Determination and calculation of resistance thermometer errors.

**RESISTANCE THERMOMETER, VERIFICATION METHOD,
METROLOGICAL CERTIFICATION, METROLOGICAL CHARACTERISTICS
OF THE TEMPERATURE CONVERTER.**

ЗМІСТ

Вступ

1. Основні положення про Державну метрологічну систему та метрологічну службу України
 - 1.1 Головні функції та цілі Державної метрологічної системи
 - 1.2 Метрологічний контроль і нагляд
 - 1.3 Державні випробовування засобів вимірювальної техніки
 - 1.4 Державна метрологічна атестація
 - 1.4.1 Процес метрологічної атестації та оформлення її результатів
 - 1.4.2 Організація робіт з метрологічної атестації
 - 1.5 Повірка засобів вимірювальної техніки
2. Теоретичні основи розроблення методики повірки термометра опору STE1
 - 2.1 Порівняльний аналіз методів та засобів вимірювання температури
 - 2.2 Принцип роботи термоелектричних термометрів
 - 2.3 Вибір нормативної бази для розробки методики повірки термометра опору типу STE1
 - 2.4 Вибір засобів для проекту методики повірки термометра опору
 - 2.5 Етапи та умови проведення повірки термометра опору ST1
3. Визначення та розрахунок похибок термометра опору ST1
 - 3.1 Розробка методики та програми експериментальних досліджень для створення методики повірки
 - 3.2 Оформлення результатів метрологічної повірки
 - 3.3 Проект програми та методики метрологічної атестації та повірки перетворювача температури типу ST1
- 34 Дослідження метрологічних характеристик перетворювача температури

Висновки

Перелік посилань на джерела

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ДМС - Державна метрологічна служба

ДССЗ - Державна служба стандартних зразків складу та властивостей речовин

ДСЧЧ - Державна служба єдиного часу й еталонних частот

ДССЗ - Державна служба стандартних зразків складу та властивостей речовин і матеріалів

ДССДД - Державна служба стандартних довідкових даних про фізичні сталі та властивості речовин і матеріалів

ДМА - Державна метрологічна атестація

ДСТУ - Державний стандарт України

ЗВТ - Засіб вимірювальної техніки

МСУ - Метрологічна служба України

МС ЦОВВПО - Метрологічна служба центральних органів виконавчої влади, підприємств та організацій

МЦ - Метрологічні центри

МКН - Метрологічний контроль та нагляд

НД - Нормативна документація

ПДМА - Проєкт державної метрологічної атестації

ПМА - Проєкт метрологічної атестації

ПРММП - Проєкт розроблення методики метрологічної повірки

ТЗ - Технічні завдання

ТД - Технічна документація

УкрЦСМ - Український центр стандартизації та метрології м. Київ

ПДВ – Податок на додану вартість

ВСТУП

Тема магістерської роботи: «Розроблення та метрологічний аналіз давача температури»

Об'єкт дослідження – будова та робота платинового термометра опору.

Мета роботи - розробка методики повірки термометра опору, визначення метрологічних характеристик термометра опору.

Предмет досліджень – будова та принцип давача температури.

Актуальність обраної теми- виконано аналіз вимірювальних характеристик PV систем для досягнення максимальної потужності.

Практична цінність – здійснено дослідження зовнішніх факторів, що впливають на ефективність термометра опору, визначено та розраховано похибки термометра опору.

Методи та засоби досліджень – теорія похибок і математична статистика

Новизна магістерської роботи – сформовано теоретичні основи розроблення методики повірки термометра опору ST1.

У процесі розвитку економіки України значну роль у розвитку промислового виробництва відіграє технічне обладнання, яке визначає якість, конкурентоспроможність і собівартість продукції. У сучасних умовах експлуатації як нове, так і старе обладнання потребує постійного контролю за режимами роботи.

Вимірювання є основним і єдиним способом отримання кількісної інформації про властивості об'єктів і явищ, що дозволяє вивчити закономірності, які характеризують сучасні виробничі процеси. Важливим аспектом є єдність вимірювань, що необхідна для порівняння результатів, отриманих за допомогою різних методів і технічних засобів. Тому важливим завданням є підвищення точності вимірювань і дослідження вимірювальних приладів з метою оцінки їх метрологічних характеристик та придатності для використання. Це є основою для забезпечення єдиної системи метрологічного

нагляду в країні. Державна метрологічна система створює умови для забезпечення єдності вимірювань в Україні. Її діяльність зосереджена на реалізації єдиної технічної політики в метрології, захисті громадян та національної економіки від наслідків помилкових вимірювань, розвитку фундаментальних досліджень і наукових розробок, економії ресурсів, покращенні якості та конкурентоспроможності вітчизняних товарів, а також на формуванні нормативно-правових та організаційних основ для забезпечення єдності вимірювань.

Державну метрологічну атестацію здійснюють метрологічні центри та територіальні органи Державної служби України, акредитовані для проведення державних випробувань чи перевірки засобів вимірювальної техніки [1]. Відповідно розрізняють державну метрологічну атестацію ЗВТ і метрологічну атестацію.

Вимірювання температури є одним із важливих параметрів у нафтогазовій промисловості і вимагає розробки нормативно-технічної документації, яка б відповідала досвіду та практиці європейських країн. У цьому контексті в дипломній роботі ставиться завдання розробити документ, що міститиме алгоритм проведення перевірки, оформлений згідно з чинними стандартами. Об'єктом дослідження є термометр опору типу STE1, призначений для вимірювання температури в діапазоні від 0 до 100°C, та його метрологічні характеристики. Оскільки термометр STE1 не підлягає державним випробуванням, метою дипломної роботи є розробка методики його перевірки.

1 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ПРО ДЕРЖАВНУ МЕТРОЛОГІЧНУ СИСТЕМУ ТА МЕТРОЛОГІЧНУ СЛУЖБУ УКРАЇНИ

1.1 Головні функції та цілі Державної метрологічної системи

У зв'язку з важливістю метрології для економічного розвитку країни, Закон України "Про метрологію та метрологічну діяльність" вперше визначає поняття Державної метрологічної системи. Її мета — забезпечити єдність вимірювань на території України, при цьому виконуються кілька ключових завдань: реалізація єдиної технічної політики в метрології, захист громадян та економіки від наслідків помилкових вимірювань, ефективне використання матеріальних ресурсів, стимулювання розвитку фундаментальних досліджень і наукових розробок, підвищення якості та конкурентоспроможності вітчизняної продукції, а також створення науково-технічних, нормативних, методичних і організаційних основ для єдиного процесу вимірювань в країні. Координацію роботи цієї системи здійснює Міністерство економічного розвитку України через Метрологічну службу України. Метрологічна служба є мережею організацій або окремими організаціями та підрозділами, відповідальними за забезпечення єдності вимірювань у визначених сферах діяльності [1].

Структура ДМСУ представлено на рисунку 1.1.

Основними завданнями Державної метрологічної системи є:

- організація та координація заходів, що забезпечують єдність вимірювань в Україні;
- здійснення державного метрологічного контролю та нагляду за виконанням вимог Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» і інших нормативно-правових актів у сфері метрології.

До Державної метрологічної служби належать:

1. Відповідні підрозділи центрального апарату Держстандарту України;

2. Державні наукові метрологічні центри, що належать до сфери управління Держстандарту України;
3. територіальні органи Держстандарту України в Автономній Республіці Крим, областях, містах Києві і Севастополі та містах обласного підпорядкування;
4. Державна служба єдиного часу та еталонних частот;
5. Державна служба стандартних зразків складу та властивостей речовин і матеріалів;
6. Державна служба стандартних довідкових даних про фізичні сталі та властивості речовин і матеріалів [1].

Міністерство економічного розвитку України займається управлінням та організацією єдиної технічної політики в сфері метрології, включаючи:

- організацію фундаментальних і теоретичних досліджень;
- створення та удосконалення еталонної бази України;
- затвердження порядку створення, реєстрації та використання еталонів;
- координацію діяльності метрологічних служб;
- визначення загальних вимог до ЗВТ, методів вимірювань, калібрування і метрологічної атестації ЗВТ;
- розробку національних програм щодо єдності вимірювань;
- участь в міжнародних метрологічних організаціях.

Рішення, прийняті ДСУ в межах його компетенції, є обов'язковими для виконання всіма органами влади, підприємствами та іншими суб'єктами діяльності.

Метрологічними центрами ДСУ є: ДНДІ метрології в Харкові, ДНДІ "Система" у Львові та УкрЦСМС у Києві. Їх завданнями є науково-дослідницька діяльність, розробка і вдосконалення еталонів та нормативних документів з метрології, а також державний метрологічний контроль.

Територіальні органи ДСУ виконують завдання та функції ДСУ в межах відповідної території, згідно з положенням і наказами ДСУ.



Рисунок 1.1- Структура метрологічної служби України.

В Україні функціонує близько 35 територіальних органів, що охоплюють всі обласні центри і деякі міста обласного підпорядкування.

Метрологічні центри та територіальні органи ДСУ, відповідно до угод з підприємствами, організаціями та підприємцями, можуть надавати різноманітні метрологічні послуги, серед яких: калібрування і ремонт засобів вимірювальної техніки, метрологічну експертизу документації, акредитацію вимірювальних лабораторій, атестацію методик вимірювань та інші послуги згідно з законодавством [2].

Державна служба єдиного часу та еталонних частот займається координацією робіт, пов'язаних із забезпеченням єдності вимірювань часу і

частоти, а також визначенням параметрів обертання Землі, на міжрегіональному та міжгалузевому рівнях.

Метрологічні центри та територіальні органи Державної служби України, за укладеними угодами з підприємствами, організаціями та підприємцями, можуть надавати різноманітні метрологічні послуги, такі як калібрування та ремонт вимірювальних приладів, метрологічну експертизу документації, акредитацію вимірювальних лабораторій, атестацію методик вимірювань та інші послуги відповідно до законодавства.

Державна служба єдиного часу та еталонних частот відповідає за координацію робіт у межах регіонів і галузей, що стосуються забезпечення єдності вимірювань часу та частоти, а також визначення параметрів обертання Землі.

Державна служба стандартних зразків складу та властивостей речовин і матеріалів займається координацією робіт з розробки та впровадження стандартних зразків складу і властивостей різних матеріалів.

Державна служба стандартних довідкових даних про фізичні константи та властивості матеріалів координує розробку стандартних довідкових даних [2].

Метрологічні служби центральних органів виконавчої влади можуть бути створені для координації робіт, що забезпечують єдність вимірювань, а також для здійснення метрологічного контролю та нагляду. Такі служби також можуть функціонувати в органах управління підприємствами для виконання метрологічних завдань, а також на самих підприємствах і в організаціях для забезпечення єдності вимірювань.

Метрологічні служби підприємств і організацій здійснюють науково-технічне та організаційно-методичне керівництво всіма роботами, що стосуються метрологічного забезпечення розробки, виробництва, випробувань і експлуатації продукції, а також контролюють її споживчі властивості.

Загальні завдання метрологічних служб полягають у вдосконаленні метрологічного забезпечення, організації та проведенні перевірок,

метрологічного атестування, калібрування і ремонту засобів вимірювальної техніки, розробці методик вимірювань і проведенні метрологічного контролю.

1.2 Метрологічний контроль і нагляд

В Україні кожен підрозділ метрологічної служби (ДМС та МС ЦОВВПО) відповідає за здійснення метрологічного контролю та нагляду в межах своєї компетенції.

Державний метрологічний контроль і нагляд проводиться ДМС України з метою перевірки відповідності вимогам Закону України "Про метрологію та метрологічну діяльність" і інших нормативно-правових актів, що регулюють метрологічну діяльність. Об'єкти державного МКН включають засоби вимірювальної техніки, методики вимірювань, кількість товару в упаковках та інші аспекти.

Державний метрологічний контроль і нагляд охоплює різні сфери, такі як охорона здоров'я, безпека харчових продуктів, захист навколишнього середовища, контроль умов праці, торгові операції, банківська та податкова діяльність, а також облік енергетичних і матеріальних ресурсів. Крім того, контроль включає обов'язкову сертифікацію продукції та реєстрацію спортивних рекордів.

Основні напрямки державного метрологічного контролю [2]:

1. Державні випробування та затвердження типів ЗВТ;
2. Метрологічна атестація ЗВТ;
3. Повірка ЗВТ;
4. Акредитація для проведення випробувань, повірки та калібрування ЗВТ.

До державного метрологічного нагляду входять:

- нагляд за забезпеченням єдності вимірювань;
- нагляд за кількістю фасованого товару .

Державний метрологічний нагляд здійснюється інспекторами, які мають атестацію. Вони проводять перевірки стану та використання ЗВТ, правильність виконання вимірювань, своєчасність повірки та калібрування, а також дотримання вимог щодо проведення цих процедур. Інспектори також стежать за виконанням нормативних вимог у галузі метрології.

Завданнями метрологічного контролю є:

1. Атестація та калібрування ЗВТ;
2. Акредитація лабораторій;
3. Експертиза документації та науково-дослідних робіт, а також атестація методик вимірювань.

Таким чином, забезпечення дотримання вимог законодавства та нормативно-правових актів у сфері метрології є основою ефективного метрологічного нагляду.

1.3 Державні випробування засобів вимірювальної техніки

Державні випробування засобів вимірювальної техніки — це дослідження, що проводяться державною метрологічною службою або за її дорученням. Вони виконуються для зразків ЗВТ, які призначені для серійного виробництва, імпорту партіями або виробництва одиничними зразками, з метою перевірки їх відповідності вимогам нормативних актів з метрології. Ці випробування необхідні для забезпечення єдності вимірювань в Україні, а також для допуску ЗВТ до серійного виробництва та імпорту, що відповідають встановленим метрологічним нормам [3].

Основні завдання державних випробувань ЗВТ включають:

- перевірку відповідності ЗВТ технічному завданню та нормативним документам;

- оцінку коректності вибору методів і засобів для перевірки, а також наявність необхідних методів та засобів для перевірки під час виробництва та експлуатації;
- перевірку відповідності ЗВТ вимогам безпеки та охорони навколишнього середовища;
- підтвердження відповідності серійно випущених ЗВТ нормативно-технічній документації.

Є два типи державних випробувань: приймальні та контрольні. Приймальні випробування проводяться для дослідних зразків ЗВТ, які мають бути серійно вироблені або імпортовані в Україну. За позитивними результатами цих випробувань підприємству надається дозвіл на випуск ЗВТ, затверджується тип ЗВТ, і воно може бути використане в Україні. ЗВТ, що серійно виробляються чи імпортуються, повинні бути внесені до Державного реєстру і мати знак затвердження типу.

Контрольні випробування проводяться для перевірки відповідності ЗВТ вимогам державного метрологічного нагляду. Вони здійснюються для зразків з установчої партії ЗВТ і повторно — раз на три роки для серійно вироблених чи імпортованих ЗВТ. Контрольні випробування також проводяться, якщо змінюється конструкція або технологія виробництва ЗВТ або після тривалої перерви в їх виробництві.

ЗВТ, що призначені для побутового використання і не підлягають державному метрологічному нагляду, не проходять ці випробування. Порядок визначення таких ЗВТ регулюється Міністерством економічного розвитку України.

Випробування проводять метрологічні центри та органи ДСУ, які акредитовані для цього. Для ЗВТ, що не підлягають державному метрологічному нагляду, випробування можуть проводити метрологічні служби органів влади, підприємств та організацій, які мають відповідну акредитацію.

Організація, порядок, проведення, оформлення та розгляд матеріалів за результатами державних випробувань визначаються відповідним чином[1...7].

1.4 Державна метрологічна атестація

Державна метрологічна атестація проводиться для засобів вимірювальної техніки, які не проходять державні приймальні випробування і не перебувають під державним метрологічним наглядом. Основною метою атестації є оцінка метрологічних характеристик ЗВТ та визначення їх відповідності вимогам для подальшого використання.

Основні завдання атестації включають:

1. перевірку того, чи відповідають метрологічні характеристики ЗВТ вимогам технічного завдання та інших нормативних актів, що стосуються ЗВТ;
2. оцінку правильності вибору методів і засобів повірки, вказаних у документації для експлуатації;• проведення практичних випробувань методик повірки;
3. визначення придатності ЗВТ для використання.

Державну метрологічну атестацію виконують метрологічні центри та територіальні органи ДСУ, які акредитовані для цих робіт. Атестація поділяється на дві категорії: державну та відомчу. Державну атестацію проводять для ЗВТ, які підпадають під державний метрологічний нагляд, а також для тих ЗВТ, для яких неможливо провести атестацію відомчими метрологічними службами. В інших випадках атестацію здійснюють відомчі метрологічні служби.

Рішення про придатність ЗВТ до експлуатації приймається керівником організації, яка проводила атестацію, на основі отриманих результатів.

Якщо атестація завершилася позитивно, видається свідоцтво, яке діє протягом усього періоду експлуатації ЗВТ. У разі негативних результатів складається протокол з відповідними висновками про непридатність ЗВТ до використання.

Метрологічна атестація охоплює ЗВТ, виготовлені одиничними зразками або малими партіями, а також інші засоби вимірювання, що не підлягають

серійному виробництву. Це стосується також дослідних зразків, вбудованих вимірювальних каналів, одиничних зразків ЗВТ, які використовуються в умовах, відмінних від тих, що зазначені в їх документації, або для яких необхідно визначити індивідуальні метрологічні характеристики. Атестація не охоплює вимірювальні канали інформаційних та автоматизованих систем керування технологічними процесами.

Метрологічну атестацію ЗВТ проводять на основі угоди між підприємством та організацією, що здійснює атестацію. Після успішної атестації ЗВТ підлягають подальшим перевіркам під час експлуатації та після ремонту за методикою, вказаною у свідоцтві.

1.4.1 Процес метрологічної атестації та оформлення її результатів

Процес метрологічної атестації та оформлення її результатів здійснюється через структурні підрозділи територіальних органів Держстандарту, відомчих метрологічних служб або комісії, які призначаються керівництвом підприємства, що розробило ЗВТ.

Зразки ЗВТ, які використовуються під час атестації, повинні мати чинні свідоцтва або відбитки перевірних тавр, що підтверджують їх відповідність вимогам метрологічної перевірки або атестації. Під час перевірки технічної документації оцінюється відповідність очікуваних метрологічних характеристик ЗВТ вимогам технічного завдання та нормативних документів, а також перевіряється зручність і безпека експлуатаційної документації, а також обґрунтованість вибору методів і засобів для метрологічної перевірки.

Результати досліджень метрологічних характеристик записуються в протокол, який підписують виконавці, і допускається використання комп'ютерних роздруківок.

Під час атестації ЗВТ, які виготовлені або імпортовані партіями, а також тих, що виробляються малими партіями, досліджують не менше трьох випадковим чином відібраних зразків. Інші зразки можуть бути атестовані за спрощеною програмою, обсяг якої визначається під час атестації перших зразків, але не меншим, ніж передбачено методикою перевірки. Якщо хоча б один зразок не відповідає вимогам, вся партія повинна пройти повну атестацію. У разі успішного проходження атестації оформлюється свідоцтво.

Результати атестації для зразків, що пройшли спрощену програму, можуть бути зазначені в експлуатаційній документації на ці зразки, з посиланням на свідоцтво про атестацію перших зразків, які проходили повну програму. Свідоцтва про атестацію зберігаються протягом усього терміну експлуатації відповідного ЗВТ.

Якщо атестація поєднується з відомчими приймальними випробуваннями, результат атестації фіксується в протоколі випробувань, після

чого оформлюється свідоцтво про метрологічну атестацію, яке додається до акта випробувань. У разі негативних результатів атестації складається протокол з результатами, зауваженнями та висновками про непридатність ЗВТ для використання, з відповідним обґрунтуванням.

1.4.2 Організація робіт з метрологічної атестації

Метрологічна атестація засобів вимірювальної техніки регулюється відповідними стандартами і застосовується до тих ЗВТ, які не проходять державні випробування. Це включає засоби, що виготовляються в одиничних екземплярах або малими партіями, а також дослідні зразки, які розробляються під час науково-дослідних робіт або конструкторських робіт. Атестація також стосується одиничних серійних зразків, що використовуються в умовах, відмінних від зазначених у документації, а також імпортованих ЗВТ, ввезених в Україну малими партіями. Проте цей стандарт не поширюється на вимірювальні канали інформаційних систем або автоматизованих технологічних систем.

Метою метрологічної атестації є:

1. Визначення відповідності метрологічних характеристик ЗВТ вимогам технічного завдання (ТЗ) та інших нормативних документів.
2. Перевірка правильності вибору методів і засобів для метрологічної перевірки, зазначених в експлуатаційній документації.
3. Оцінка практичної застосовності методик перевірки.
4. Встановлення придатності ЗВТ для застосування.

Атестацію ЗВТ проводять державні або відомчі метрологічні служби (МС). Державна МС займається атестацією ЗВТ, що використовуються в межах державного метрологічного нагляду або коли відсутні зразки для атестації відомчими службами. В іншому випадку атестацію здійснюють відомчі МС. Атестація проводиться на основі угоди з підприємством, яке подає ЗВТ для

атестації. Рішення про придатність ЗВТ до експлуатації приймається керівником організації, що проводила атестацію, на основі її результатів.

ЗВТ для атестації подають разом з документацією, що включає технічне завдання, експлуатаційну документацію, технічні умови, а також проєкт програми та методики атестації. Для імпортованих ЗВТ надається комплект документів виробника з перекладом на українську мову. Якщо технічне завдання передбачає відомчі чи міжвідомчі випробування, атестацію можна поєднати з приймальними випробуваннями.

Стандарт регламентує порядок організації, проведення та оформлення результатів метрологічної атестації. Він є обов'язковим для всіх підприємств, установ і організацій в Україні, які займаються експлуатацією, виробництвом, ремонтом, продажою чи орендою ЗВТ, а також для наукових метрологічних центрів та акредитованих лабораторій. Метрологічна атестація включає процес визначення метрологічних характеристик і придатності ЗВТ до застосування.

Таблиця 1.2 – Етапи МА

Етап МА	Основні процедури виконання відповідного етапу МА
1.Розгляд технічної документації	Здійснюється вибір нормативних документів, на основі яких розробляється МА для конкретного ЗВТ
2.Експериментальні дослідження	Здійснюється перевірка комплектності та зовнішнього вигляду та дослідження метрологічних характеристик. Здійснюється вибір засобів МА
3.Методика експериментальних досліджень	Методика повинна містити умови проведення МА, вимоги до техніки безпеки, розрахунок метрологічних характеристик.
4.Оформлення результатів державної метрологічної атестації	Результати заносяться до протоколу відповідної форми.

Як бачимо з таблиці 1.2 що, для того, щоб розробити методику повірки ,спочатку необхідно визначити метрологічні характеристики даного термометра опору,тобто виконати роботу розробки Державної метрологічної атестації ,оскільки прилад не підлягає державним приймальним випробуванням і на нього не поширюється державний метрологічний нагляд [4].

1.5 Повірка засобів вимірювальної техніки

Повірка засобів вимірювальної техніки полягає у підтвердженні їхньої придатності до використання. Повірці підлягають ЗВТ, що знаходяться в експлуатації, виготовляються для продажу чи оренди, а також ті, що перебувають під державним метрологічним наглядом. До того ж, повіряються робочі та вихідні еталони, а також ЗВТ, використовувані під час державних випробувань або атестації.

Список ЗВТ, що підлягають повірці, складається користувачем і подається для узгодження до територіальних органів Держстандарту. Повірку проводять територіальні органи ДСУ або акредитовані на це організації. Державні повірники здійснюють перевірку згідно з вимогами нормативних документів. Повірку можуть також виконувати метрологічні служби підприємств, акредитовані для цього.

Результати повірки фіксуються відповідно до вимог ДСУ. Місцеві органи влади мають сприяти проведенню повірки на місцях, надаючи приміщення, персонал і транспорт.

ЗВТ вважаються придатними до використання на період міжповірочного інтервалу, якщо результати повірки підтверджують їх відповідність технічним і метрологічним вимогам. Міжповірочний інтервал визначається при атестації ЗВТ і вказує на час, протягом якого ЗВТ можна використовувати без повторної перевірки.

Повірка може бути комплектною (коли перевіряють всі характеристики ЗВТ), по елементною (перевірка окремих частин) або вибірковою (для партії ЗВТ). Існують різні типи повірки за термінами: первинна, періодична, позачергова, інспекційна та експертна.

Повірка здійснюється за спеціальними схемами, які визначають методи перевірки і похибки. Позитивні результати підтверджуються тавром і/або свідоцтвом про повірку, які наносяться на ЗВТ або документацію. Якщо ж ЗВТ

не відповідає вимогам, видається довідка про непридатність і попереднє тавро гаситься.

Таким чином, повірка ЗВТ є важливою процедурою, яка забезпечує їх придатність до застосування. У випадку з термометром опору типу STE1, оскільки на нього не поширюється державний метрологічний нагляд, замість повірки слід провести метрологічну атестацію, методика якої може бути використана як метод повірки.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДИКИ ПОВІРКИ ТЕРМОМЕТРА ОПОРУ STE1

2.1 Порівняльний аналіз методів та засобів вимірювання температури

У хімічній промисловості вельми широкий діапазон контрольованих температур і різноманітні умови їх вимірювання, що пояснює застосування різноманітних методів вимірювання і вимірювальних приладів.

Температурою називається фізична величина, яка характеризує ступінь нагрівання тіла. Це умовна статистична величина прямо пропорційна середній кінетичній енергії частинок речовини (молекул або атомів) [5].

Практично усі фізичні властивості речовин (лінійні розміри твердих тіл, густина, жорсткість, в'язкість, модуль пружності, хімічна активність, електропровідність і ін.) залежать від їхньої температури (від. лат. *temperatura* — стан).

Виміряти температуру безпосередньо (шляхом порівняння з мірами чи зразками) не можливо, адже не існує зразка одиниці цієї величини. Тому температуру речовини вимірюють побічно — шляхом спостереження за зміною деяких властивостей іншої речовини (названої термометричною), яка залежить від температури і легко надається вимірюванню. При цьому необхідно витримати час, необхідний для встановлення між ними теплової рівноваги. Вимірювання температури практично можливе тільки методом порівняння нагрівання двох тіл.

Для переходу до кількісного визначення температури необхідно встановити шкалу температур, тобто вибрати початок відліку і одиницю вимірювання температурного інтервалу (градус). Вибір одиниці вимірювання температури обумовлює градування температурної шкали. Прилади для вимірювання температури класифікують за методом вимірювання, принципом дії, за

структурними ознаками, за функціональними ознаками, за принципом перетворення температури у фізичну величину, яку можна безпосередньо виміряти [4].

Як відомо, будь-яка класифікація носить умовний характер і у літературі можна зустріти різні варіанти класифікації методів та засобів вимірювання температури. У залежності від характеру взаємодії первинного перетворювача термометра з об'єктом вимірювання розрізняють контактні та безконтактні методи вимірювання. Оскільки STE1 контактний, то зупинимось детальніше на контактних методах вимірювання температури — це мінімальна різниця між температурою чутливого елемента термометра та температурою об'єкта вимірювання. До групи безконтактних методів відносять методи, побудовані на різних принципах перетворення теплового випромінення у фізичну величину, яку можна безпосередньо виміряти. Причому тепловий контакт між об'єктом вимірювання та первинним перетворювачем термометра не є обов'язковим [5].

Класифікацію контактних методів вимірювання температури подано у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Методи вимірювання температури

Метод вимірювання температури	Властивість термометра	Назва термометра	Вихідна величина
1	2	3	4
Контактні методи вимірювання			
Теплове розширення	Лінійне теплове розширення	Дилатометричний	Зміщення кінця стрижня
	Різниця температурних коефіцієнтів розширення	Біметалевий	Зміщення кінця пластини
	Об'ємне теплове розширення рідини	Скляний рідинний	Зміщення меніску у капілярі
	Температурна залежність тиску газу, рідини або насиченої пари у закритому об'ємі	Манометричний	Тиск
Терморезистивний	Температурна залежність активного електричного опору	Термоперетворювач опору (термоопір)	Електричний опір
Термоелектричний	Температурна залежність термо-ЕРС	Перетворювач термоелектричний (термопара)	Термо-ЕРС
Теплових шумів	Температурна залежність рівня теплових шумів резистора	Термометр шумовий	Середнє значення напруги шумів
Магнітний	Температурна залежність магнітної сприйнятливості парамагнітної речовини	Магнітний	Напруга

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	
Ядерний квадрупольний резонанс	Температурна залежність резистивної частоти процесії	ЯКР- Термометр	Частота	
Акустичний резонанс	Температурна залежність швидкості поширення звуку у речовині	Акустичний резонансний, кварцовий	Частота	
Акустичний імпульсний	Температурна залежність швидкості поширення звуку у речовині	Акустичний імпульсний	Час	
Термоіндикатори	Люмінофорний	Температурна залежність інтенсивності свічення за сталого збудження	Люмінофори	Яскравість
	Рідиннокристалічний	Температурна залежність кольору	Рідиннокристалічні плівки	Колірний відтінок
	Термофарби	Температурна залежність кольору	Набори термочутливих фарб	Колірний відтінок

Термометр опору типу STE1 відноситься до контактного методу вимірювання температури та до виду термоелектричного термометра.

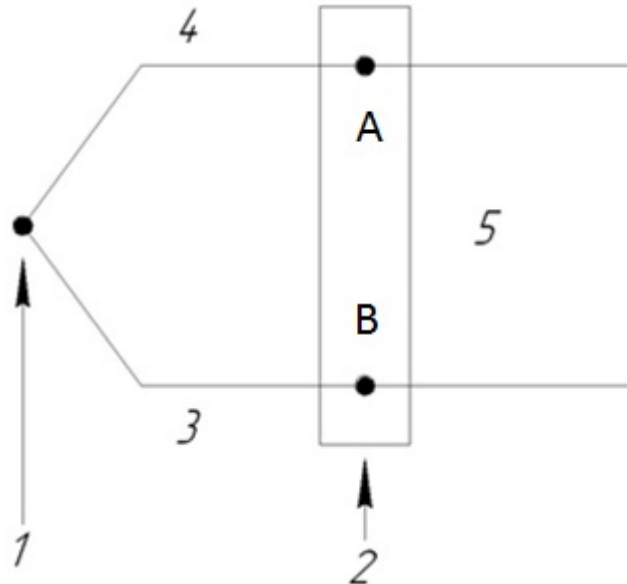
2.2 Принцип роботи термоелектричних термометрів.

Первинним перетворювачем термоелектричного термометра є термопара (термоелектричний перетворювач), яка складається з двох різнорідних провідників А і В. Вимірювання температури термоелектричними перетворювачами базується на застосуванні термоелектричного ефекту або ефекту Зеебека, одному з 12-ти теплових явищ, які виникають в електричних колах при змінах температури, магнітного поля і т.д. З курсу фізики відомий термоелектричний ефект, який полягає в тому, що в замкненому колі з двох різнорідних провідників, з'єднання яких знаходяться при різних температурах, буде протікати струм, сила якого буде пропорційна до різниці температур цих з'єднань. Цей ефект пояснюють різним значенням роботи виходу електронів для різних матеріалів (робота виходу – це енергія, яка необхідна для того щоб утворився вільний електрон), внаслідок чого в цих матеріалах буде різна концентрація вільних електронів, які почнуть дифундувати. Практично, для вимірювання температури визначають е.р.с. при розімкненому з'єднанні з низькою температурою, оскільки при цьому на вимір не буде впливати опір провідників. Коло з двох провідників називають ще термопарою. Загальна назва – термоелектричний перетворювач або термоелектричний термометр[6].

Принцип роботи термопари ґрунтується на ефекті Зеебека, згідно з яким у замкнутому ланцюзі з двох або кількох різнорідних провідників виникає електричний струм, якщо на двох з'єднаннях (спаях) провідників є різна температура. При розмиканні кола на його кінцях можна виміряти термоелектричну напругу (термо ЕРС). Це явище пояснюється тим, що в металі є вільні електрони, і їхня кількість в одиниці об'єму різна для різних металів. Тому електрони з одного металу рухаються до іншого металу, створюючи різницю заряджень: один метал заряджається позитивно, а інший — негативно.

Спай з температурою t називається гарячим або робочим, а спай з постійною температурою t_0 - холодним або вільним. Провідники А і В

називаються термоелектродами. Термоелектричний ефект пояснюється наявністю в металі вільних електронів, число яких в одиниці об'єму різне для різних металів.



1-«Гарячий спай»; 2-«Холодний спай»; 3-Метал В; 4-Метал А; 5-Виводи;
точки А, В – різнойменні метали

Рисунок 1.1 - Конструкція термопар

Електричне поле, що утворюється в зоні контакту провідників, перешкоджає процесу дифузії. Коли швидкість дифузії електронів зрівнюється зі швидкістю їх зворотного руху під дією сталого електричного поля, система досягає стану нерухомої рівноваги. У такому стані між провідниками А і В виникає певна різниця потенціалів. Використання термопар може супроводжуватися певними труднощами, типи наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Температурний коефіцієнт (коефіцієнт Зеебека) термопар різних типів при 25°C.

Тип термопар	Коефіцієнт Зеебека, мкВ/°С
Е	61
J	52

K	41
N	27
R	9
S	6
T	41

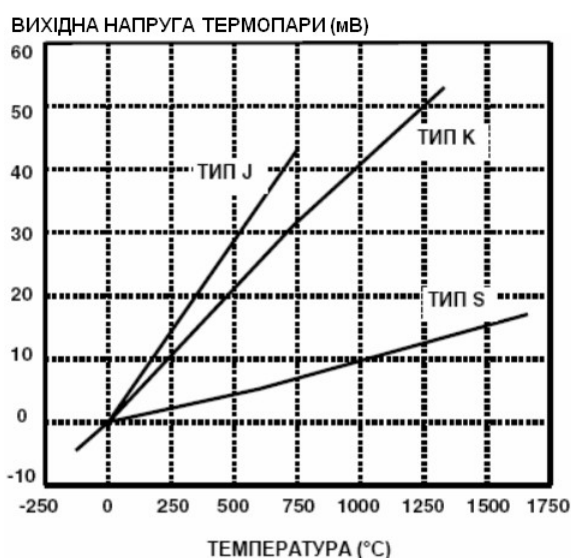
Термопари використовуються для вимірювання температур в широкому діапазоні: від -250° до декількох тисяч градусів Цельсія[8]. Термопара являє собою з'єднання в двох точках двох різних металів, причому, якщо температура однієї точки з'єднання (точки «холодного» спаю) відома, то отримана між цими точками буде мірою розмірності між вимірною температурою (точки «гарячого» спаю) і контрольною температурою (в точці «холодного» спаю). Термопари широко використовуються у промисловості для вимірювання температури до 2500°C і вище в бойлерах, нагрівачах води, печах, турбінах, двигунах літаків і т.д.[8].

На рисунку 2.3 представлені графіки залежності напруги від температури для трьох популярних термопар при фіксованій температурі холодного спаю (0°C). З показаних термопар, термопара типу J є найчутливішою, оскільки для заданої температурної різниці вона дає найбільшу вихідну напругу. У той час, термопара типу S є найменш чутливою. Ці характеристики важливі при розробці схем для нормування сигналів, оскільки для термопар з низькими вихідними сигналами потрібно використовувати підсилювачі з низьким рівнем шумів, малим дрейфом і високим підсиленням.

Щоб зрозуміти поведінку термопари, важливо враховувати нелінійність її реакції на зміни температури. На рисунку 2.3 показано співвідношення між температурою вимірювального спаю та вихідною напругою для різних типів термопар, де холодний спай підтримується при температурі 0°C .

Таблиця 2.3 - Переваги та недоліки термопар:

Термометр опору STE1	
Переваги	<ul style="list-style-type: none"> • Широкий діапазон вимірюваних температур від 0°C до 100°C і вище. • Висока надійність, стійкість до механічних навантажень (удари та вібрація), можливість роботи в важкій промисловій сфері. • Малий час реакції на вимірювання температури, не перевищує долю секунди. • Мінімальна потужність що використовується для роботи приладу.
Недоліки	<ul style="list-style-type: none"> • Недостатній рівень інформативного сигналу, що потребує використання високоякісних підсилювачів. • Невисока точність: похибка 1-2°C. • Необхідність використання засобів захисту від перешкод.



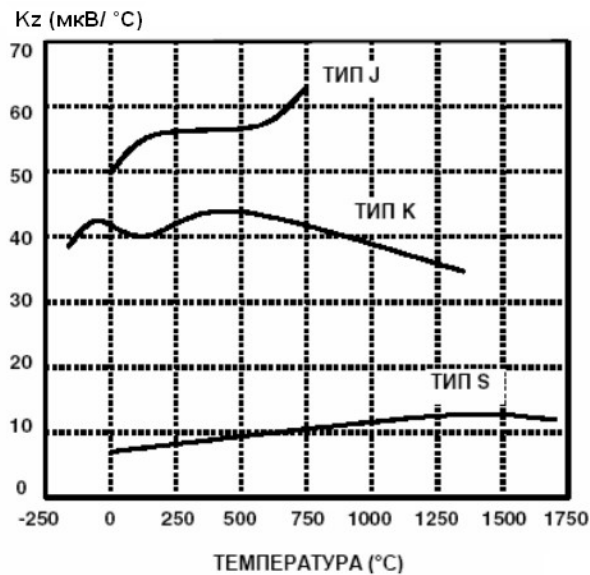


Рисунок 2.3 - Характеристики термопар: а) залежність вихідної напруги від температури; б) перша похідна залежності напруги від температури.

2.3 Вибір нормативної бази для розробки методики повірки термометра опору типу STE1.

На основі зазначених характеристик розглянемо технічну документацію, що використовується для термоелектричних термометрів. Під час розгляду представленої технічної і експлуатаційної документації перевіряється відповідність комплексу, повноти та способу виразу метрологічних характеристик вимогам наступних нормативних документів[1...7].

Оскільки поширюється на термоелектричні перетворювачі (ТП) з металевими електродами і встановлює номінальні статичні характеристики перетворення їх чутливих елементів-термопар(далі НСХ), то залежність термоелектрорушійної сили (т.е.р.с) термопар від температури робочого кінця $E = f(t)$ за температури вільних кінців 0°C і зворотну залежність температури від т.е.р.с $t=f(E)$.

Цей стандарт розроблений на основі Міжнародної температурної шкали

1990 року (МЕС-90) в межах границь цієї шкали. Температура в цій шкалі виражена в градусах Цельсія ($^{\circ}\text{C}$) терморухійна сила – в мілівольтах для НСХ $E=f(t)$ і в мікрвольтах для зворотних НСХ $t=f(E)$.

Умови повірки та підготовка до неї регламентується [7]. Значення впливаючих величин на метрологічні характеристики приладів, які використовуються при повірці, повинні бути в межах, встановлених нормативно-технічної документації для нормальних умов експлуатації.

Параметри навколишнього повітря в приміщенні, призначеного для повірки, повинні характеризуватися наступними значеннями: температура $(20\pm 5)^{\circ}\text{C}$, відносна вологість не більше 80%. Підготовка основних і допоміжних засобів повірки: засоби вимірювання і допоміжне обладнання застосоване при повірці, повинні бути підготовлені до роботи у відповідності до експлуатаційної документації [7]. Робоча камера термостата для відтворення температури таїння льоду повинна бути ретельно протерта та знежирена. Лід повинен бути приготований з дистильованої води. Термостат для відновлення температури плавлення льоду повинен бути заповнений сумішшю мілко подрібненого льоду та охолодженої водню. Лід повинний бути зволожений та ущільнений по всій масі, щоб в суміші льоду та води не було бульбашок повітря. Термостат для відновлення точки кипіння води (або водяний термостат) повинен бути заповнений дистильованою водою. Барометр, застосований при визначенні температури кипіння води при атмосферному тиску, встановлюють таким чином, щоб рівень ртуті в короткому коліні (або чашці барометра) знаходився на одній висоті з чутливим елементом повіряючих термоперетворювачів. Еталонний платиновий термометр повинен бути опущений в робочу камеру парового термостата на глибину не менше 300 мм.

2.4 Вибір засобів для проєкту методики повірки термометра опору типу STE1

Для проведення проєкту методики повірки необхідно задати робочу температуру за допомогою допоміжних приладів, які наведені в таблиці 2.4

Таблиця 2.4 – Допоміжні та основні ЗВТ

Назва робочих та допоміжних ЗВТ	Тип	Основні технічні характеристики	Мета використання
Калібратор температури (термостат)	DVC-150TC	Діапазон відтворення: -30 °C до +150°C	Задавання робочої температури
Калібратор температури (термоперетворювач)	Pt 100	Діапазон вимірювання: -30 °C до +150°C, $\Delta = \pm 0,05^\circ\text{C}$	Контроль температури
Калібратор універсальний (вольтметр)	MC-5R	0-1000 мВ, кл.т. 0,025	Вимірювання вихідного сигналу
Магазин опорів	P4831	0-111111 Ом кл.т. 0,02	Навантаження перетворювача температури
Калібратор універсальний (2 канал) (Блок живлення)	MC-5R	0 – 10 В; 0,1%	Живлення перетворювача температури
Мультиметр цифровий малогабаритний	APPA-109N	Діапазон вимірювань: 0 - 20 МОм	Контроль електричного опору вихідних провідників
Гігрометр психрометричний	ВИТ	Діапазон 30- 95 % Діапазон 0 –25 °C $\Delta = \pm 0,2^\circ\text{C}$	Контроль вологості Контроль температури навколишнього середовища
Барометр метеорологічний	БАММ	Діапазон вимірювання: 80 до 106 кПа, $\Delta = \pm 0,2\text{кПа}$	Контроль атмосферного тиску

Для проведення метрологічної атестації необхідно врахувати кілька важливих аспектів. По-перше, проєкт метрологічної атестації повинен бути розроблена і погоджена до початку атестації. Він включає послідовність дій та вимоги до розгляду технічної документації, експериментального дослідження метрологічних характеристик та оформлення результатів атестації. Розробка ПМА може бути виконана за угодою з організацією, що проводить атестацію. ПМА затверджується організацією, яка проводить атестацію, і погоджується з підприємством, яке подає засіб вимірювальної техніки на атестацію. Якщо вже існує ПМА для аналогічного ЗВТ, новий розробляти не потрібно, але за потреби можна погодити доповнення до наявного проєкту.

Що стосується забезпечення необхідними еталонними засобами вимірювань і обладнанням, це питання вирішується спільно підприємством, яке подає ЗВТ, і організацією, що проводить атестацію.

Метрологічну атестацію виконують підрозділи територіальних органів Держстандарту, наукових метрологічних організацій або відомчі метрологічні служби, за рішенням керівника підприємства, яке розробило ЗВТ. Еталонні ЗВТ, що застосовуються під час атестації, повинні мати діючі свідоцтва або відбитки перевірних тавр, що підтверджують термін їх повірки чи атестації.

Під час розгляду технічної документації перевіряється відповідність метрологічних характеристик ЗВТ вимогам технічного завдання та нормативної документації, а також зручність і безпека експлуатаційної документації. Оцінюється також обґрунтованість вибраних методів та засобів повірки. Результати досліджень, проведених під час визначення метрологічних характеристик, фіксуються в протоколі, який підписують виконавці. У протоколі можна використовувати роздруківки, отримані за допомогою комп'ютерної техніки. Якщо результати атестації позитивні, видається свідоцтво про метрологічну атестацію, яке повинно зберігатися протягом всього періоду експлуатації ЗВТ. Якщо ж результати негативні, складається протокол, в який вносяться отримані результати та висновки.

Для реалізації цієї мети здійснено підбір робочих та еталонних приладів. Калібратор температури MC-5R призначений для: вимірювання і калібрування тиску, температури, електрики і частоти. Модульна конструкція забезпечує розкриття можливостей у майбутньому. Тиск (1 рік вимірів): від 0,025% граничного значення діапазону вимірювань + 0,01% FS. Температура (1 рік вимірів): від 0.06 оС (RTD вимір). Температура (1 рік вимірів): від 0.10 оС (ТС вимір). Електрика (1 рік вимірів): зазвичай від 0,02% граничного значення діапазону вимірювань + невеликий суматор. Підтримка для Foundation Fieldbus H1, Profibus PA and HART . Багатомовний інтерфейс. Гарантія: 3 роки для MC-5, 1 рік для акумулятора. Калібратор температури (термостат) DBC-150TC призначений для високоточного відтворення температури і використовується для перевірки або калі бровки термометрів опору. Діапазон вимірювання від -45° С до 150°С. Границі допустимої похибки дорівнюють $\pm 0,3^{\circ}$ С.

P4831 призначений для роботи в ланцюгах постійного струму в якості багатозначної міри електричного опору (ММЕС), а також як дводекадної перехідною заходи електричного опору, при вимірюванні опорів методом заміщення. Робочі умови застосування магазину P4831: температура навколишнього повітря (20 - / +5) ° С, відносна вологість повітря від 25 до 80% в робочому діапазоні температур, атмосферний тиск (84 - 106,7) кПа [(630 - 800) мм Гц], робоче положення - будь-яке. Мультиметр цифровий APPA 109N USB (APPA Technology Corporation): Постійна напруга 20 мВ - 1000 В; Змінна напруга 20 мВ - 750 В; Постійний / змінний струм 20 мА - 10 А; Опір 200 Ом - 2 ГОм; Частота 20 Гц - 1 МГц ; Ємність 4 нФ - 40 мФ. Барометр-анероїд метеорологічний БАММ-1 призначений для вимірювання атмосферного тиску в наземних умовах при температурі від 0 до 40° С та відносній вологості до 80%. Діапазон вимірювання атмосферного тиску: 80 - 106 кПа. Межа допустимої похибки: основний 0,2 / додаткової 0,5 кПа. Габаритні розміри (діаметр, висота): 152x90. Маса, не більше: 1,0 кг. Ціна поділки шкали тиску: 0,1 кПа. Робоче положення барометра: горизонтальне. Гігрометр психрометричний

ВИТ. Призначення приладу: вимірювання відносної вологості і температури повітря в приміщенні. Опис: діапазон вимірювання відносної вологості - 20 ... 90%; температурний діапазон вимірювання вологості 5 ... 25 ° С; діапазон вимірювання температури 0 ... 25 ° С[8].

2.5 Етапи та умови проведення повірки термометра опору STE1

При проведенні атестації(повірки) відповідно до поставленої мети і завдання повинні виконуватись наступні умови:

- температура навколишнього середовища від 15°C до 25°C;
- відносна вологість навколишнього середовища не більше 80%;
- атмосферний тиск 90 – 106,7 кПа;
- зміна температури не повинна перевищувати 0,5°C протягом 1 години;
- з'єднувальні шнури мають бути довжиною не більше 0,5 м .

Під час підготовки до повірки потрібно виконати наступні підготовчі роботи для підбору основних та допоміжних ЗВТ[7]:

- засоби вимірювальної техніки та допоміжне обладнання, які використовуються під час атестації повинні бути підготовлені до роботи у відповідності до експлуатаційної документації;
- при вимірюванні вихідного сигналу термоперетворювачів використовують схему підключення;
- навантаженням вихідних кінців термоперетворювача служить опір величиною 200 Ом , який задається магазином опорів P4831;
- глибина занурення в термостат термоперетворювача повинна бути не менше 50мм при цьому захисна арматура не повинна занурюватись.

Отже, для проведення повірки перетворювача температури типу STE1 необхідно дотримуватись зазначених умов та почергових процедур. В даному розділі ми проаналізовано поетапні методи вимірювання температури, також

здійснено підбір нормативної бази. Відповідно до умов експлуатації вибрано основні та допоміжні ЗВТ для проведення повірки. Розглянуто основні етапи повірки.

3 ВИЗНАЧЕННЯ ТА РОЗРАХУНОК ПОХИБОК ТЕРМОМЕТРА ОПОРУ STE1

3.1 Розробка методики та програми експериментальних досліджень для створення методики повірки.

Після того, як повірники мають бути забезпечені засобами індивідуального захисту відповідно до технічної документації на проведення робіт, методика досліджень метрологічних параметрів виконується у наступній послідовності: перевірка комплектності, маркування та зовнішній вигляду. Під час проведення зовнішнього вигляду перевіряють відповідність маркування термоперетворювачів технічній документації. Захисна арматура, вивідні провідники термоперетворювачів не повинні мати видимих пошкоджень. Різьба на контактній головці і штуцерах не повинна мати механічних пошкоджень. Результати вважаються позитивними, якщо зовнішній огляд, монтаж та підключення відповідає вимогам методики та експлуатаційній документації. Підключаємо електричну схему термоперетворювача при визначенні вихідного сигналу (рисунок 3.1). Наступним етапом розробки методики є перевірка електричного опору вихідних провідників. Визначення електричного опору проводять мультиметром в режимі вимірювання опору з номінальним значенням 20 МОм. Реєстрацію показів проводять підключаючи мультиметр між вихідними провідниками та корпусом термоперетворювача, витримуючи вимірювальний прилад протягом 1 хвилини. Результат вважається позитивним, якщо електричний опір становить не менше 2 МОм[9]. Визначення залежності вихідного сигналу в мВ від зміни температури. Визначається значення вихідного сигналу термоперетворювача при заданих значеннях температури. Так як робочий діапазон температур приладу від 0°C до 100°C, то задаємо одинадцять вимірюваних точок 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100. При періодичній повірці допускається задавання значень температури в середині

діапазону не у повному обсязі. Задавання значень температури 0°C і 100°C обов'язкове.

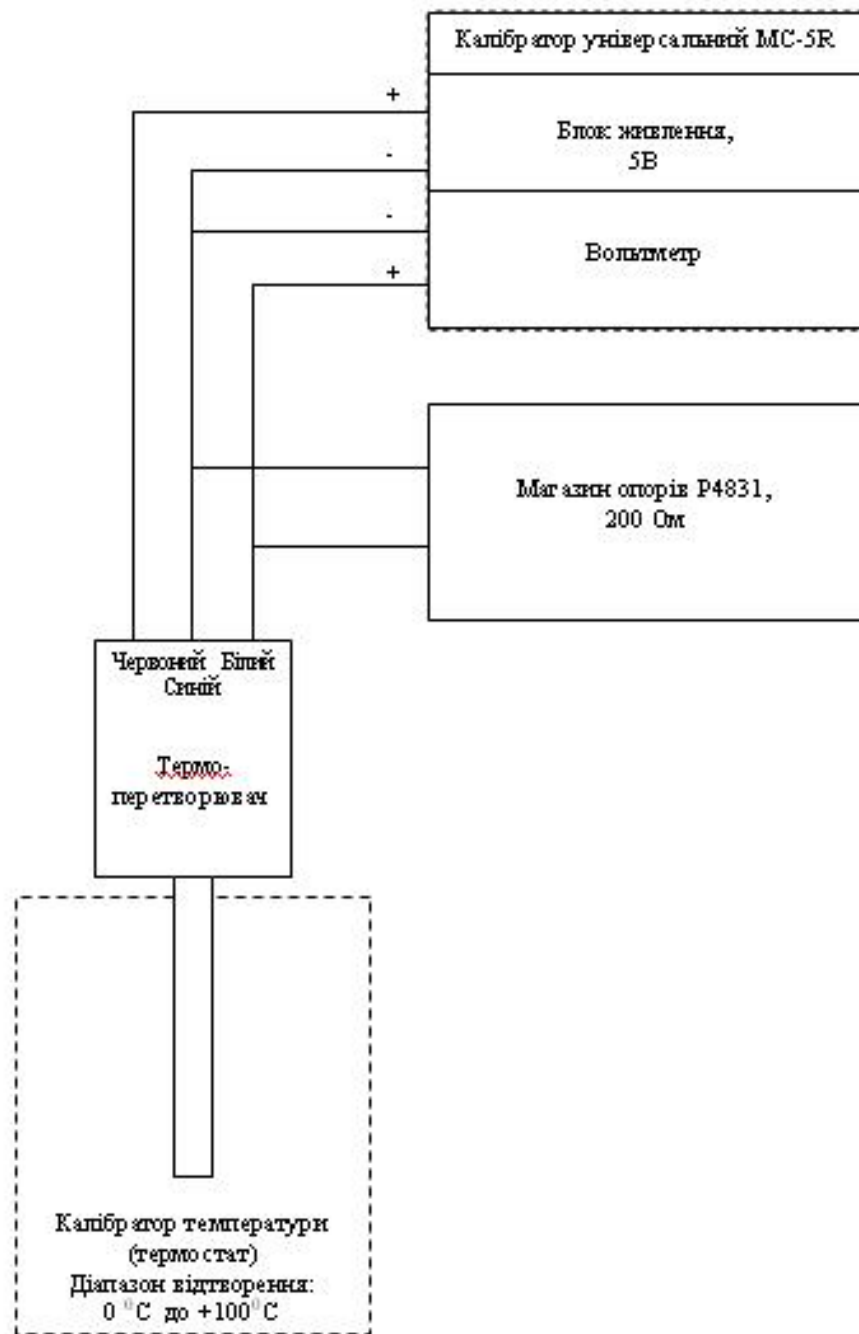


Рисунок 3.1-Схема підключення термоперетворювача при визначенні вихідного сигналу.

Вихідний сигнал термоперетворювача при заданих значеннях температури визначають в наступній послідовності: проводиться підготовка калібратора температури (термостата) до заданого значення, починаючи з 0°C .

Задавання температури виконують в прямому (*Тепр*) та в зворотному напрямках (*Тезв*). Після стабілізації температури термоперетворювача через 15 хв. фіксуються значення вихідного сигналу (*Епр*) і (*Езв*).

Цикл вимірювань виконується після встановлення заданої температури в термостаті безперервним відліком показів до отримання не менше п'яти значень в кожній точці діапазону.

Інтервали часу між вимірюваннями в одному циклі повинні становити не менше 5 хв. і повинні бути наближено однакові.

Покази вихідного сигналу термоперетворювача вимірюють з точністю до 10^{-2} мВ.

Для підвищення точності вимірювань температуру контролюють термометром. Далі підключаємо схему термоперетворювача при визначенні вихідного сигналу.

Результати вимірювань температури та вихідного сигналу заносять до протоколу повірки таблиця 2.1. Згідно технічних характеристик діапазон вимірювання термоперетворювача складає (0 – 100°C), а зміна температури на 1 °С відповідає зміні вихідної величини перетворювача температури на 10 мВ.

Таблиця 3.1 - Результати експериментальних досліджень термоперетворювача типу STE1 .

°С	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,60	0,61	0,62	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66	0,66	0,67
10	0,68	0,69	0,70	0,70	0,71	0,72	0,73	0,74	0,74	0,75
20	0,76	0,77	0,78	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	0,82	0,83
30	0,84	0,85	0,86	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,90	0,91
40	0,92	0,93	0,94	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99
50	1,00	1,01	1,02	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,06	1,07
60	1,08	1,09	1,10	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,14	1,15
70	1,16	1,17	1,18	1,18	1,19	1,20	1,20	1,21	1,22	1,23
80	1,24	1,25	1,26	1,26	1,27	1,28	1,29	1,30	1,30	1,31
90	1,32	1,33	1,34	1,34	1,35	1,36	1,37	1,38	1,38	1,39
100	1,40									

По результатах вимірювань виконаних згідно етапу повірки , знаходять середні арифметичні значення вихідного сигналу термоперетворювача в кожній точці діапазону вимірювань в прямому та зворотному напрямках за формулою:

$$E_{сер пр} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_{пр_i} \quad (3.1),$$

де : n-кількість вимірювань;

$E_{сер пр}$ – середнє значення прямого ходу;

$E_{пр_i}$ – середнє значення , порядкове.

$$E_{сер зв} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_{пр_i} \quad (3.2)$$

де : n-кількість вимірювань;

$E_{сер зв}$ - середнє значення зворотного ходу;

$E_{пр_i}$ – середнє значення, порядкове.

Розрахуємо середнє арифметичне значення вихідного сигналу при прямому ході, в кожній точці відповідно до формули (3.1):

Виконується перерахунок середнього арифметичного значення вихідного сигналу в значення температури:

$$T_{пр} = E_{сер пр} \cdot 1^{\circ}C/10 мВ, ^{\circ}C \quad (3.3)$$

де: $T_{пр}$ - середнє арифметичне значення вихідного сигналу в значення температури, прямий хід;

$E_{сер пр}$ - середнє значення прямого ходу.

$$T_{зв} = E_{сер зв} \cdot 1^{\circ}C/10 мВ, ^{\circ}C \quad (3.4)$$

де: $T_{зв}$ - середнє арифметичне значення вихідного сигналу в значення температури, зворотній хід;

$E_{сер зв}$ - середнє значення зворотного ходу.

Варіація показів термоперетворювача (H_m) визначається як різниця показів вихідного сигналу при підвищенні температури та при пониженні температури:

$$H_m = | T_{пр} - T_{зв} |, ^{\circ}C \quad (3.5)$$

де: T_t - варіація показів термоперетворювача;

$T_{пр}$ -- середнє арифметичне значення вихідного сигналу в значення температури, прямий хід;

$T_{зв}$ - середнє арифметичне значення вихідного сигналу в значення температури, зворотній хід.

Абсолютна похибка вимірювання температури ($\Delta T_{пр}$) та ($\Delta T_{зв}$) визначається як різниця:

$$\Delta T_{пр} = T_{пр} - T_{епр}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.6)$$

де: $\Delta T_{пр}$ - абсолютна похибка вимірювання температури при прямому ході;

$T_{пр}$ - середнє арифметичне значення вихідного сигналу в значення температури, прямий хід;

$T_{епр}, \text{ } ^\circ\text{C}$ - середнє значення температури, переведене у МВ, прямий хід.

$$\Delta T_{зв} = T_{зв} - T_{езв}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.7)$$

де: $\Delta T_{зв}$ - абсолютна похибка вимірювання температури при зворотньому ході;

$T_{зв}$ - середнє арифметичне значення вихідного сигналу в значення температури, зворотній хід;

$T_{езв}, \text{ } ^\circ\text{C}$ - середнє значення температури, переведене у мВ, зворотній хід.

Отримані значення вихідного сигналу термоперетворювача не повинні перевищувати межі допустимих відхилень. Допустима похибка термоперетворювача відповідає нормі $\pm (0,6 + 0,008T)$

Результат вважається позитивним якщо похибка вихідний сигналу та варіація показів не перевищує допустиму.

3.2 Оформлення результатів метрологічної повірки

Оформлення результатів метрологічної атестації визначається порядком, встановленим Держстандартом України. Місцеві органи влади повинні допомагати в проведенні повірки ЗВТ, зокрема забезпечувати необхідні приміщення, допоміжний персонал і транспорт, а також інформувати власників та користувачів ЗВТ про час і місце проведення повірки.

ЗВТ визнаються придатними до використання на період міжповірочного інтервалу, якщо результати повірки підтверджують відповідність вимогам, зазначеним у нормативних та технічних документах [8]. У разі позитивних результатів повірки видається свідоцтво, в якому вказуються такі дані, як номер паспорту ЗВТ, назва приладу, власник, тип приладу, заводський номер, діапазон вимірювання, максимально допустима похибка та періодичність повірки. Також зазначаються дата та висновок про придатність приладу. Оформлення результатів повірки здійснюється відповідно до вимог Міністерства економічного розвитку України і є дійсним на всій території країни .

Якщо повірка проходить успішно, на ЗВТ та/або його документацію ставиться відбиток повірочного тавра. Якщо доступ до вимірювального механізму заблоковано пломбою, тавро ставиться на неї . У разі негативних результатів повірки складається протокол з результатами, зауваженнями та висновками про непридатність приладу. Якщо ЗВТ визнано непридатним до використання, орган метрологічної служби видає довідку та знімає попереднє тавро.

Якщо відбиток тавра чи пломби пошкоджено або свідоцтво про повірку втрачено, ЗВТ вважається неповіреним. Повірку здійснюють державні повірники, атестовані відповідно до встановленого порядку [9].

Періодичну повірку треба проводити за вказаними методами та рекомендаціями, зокрема для термоперетворювачів температури. Міжповірочний інтервал для цих приладів має становити один рік.

3.3 Проєкт програми та методики метрологічної атестації та повірки перетворювача температури типу STE 1

Оскільки, державна метрологічна атестація є першим кроком при оцінці метрологічних характеристик ЗВТ, то дана методика може використовуватись і для проведення метрологічної повірки. На основі проведених досліджень відповідно до поставленої мети та завдання дипломного проєкту розроблено проєкт програми та методики метрологічної повірки перетворювача температури типу STE1, який повинен містити наступні пункти:

Вступ

- 1) Розгляд технічної документації
- 2) Експериментальні дослідження
- 3) Методика експериментальних досліджень
- 4) Оформлення результатів державної метрологічної атестації.

Розглянемо детальніше кожен із пунктів.

Вступ. Ця програма та методика державної метрологічної атестації далі (МП) поширюється на перетворювачі температури типу STE 1, що призначені для вимірювання температури від 0 до 100°C, вихідний сигнал яких залежить від зміни температури та встановлює зміст проведення їх МП і наступної періодичної повірки.

1 Розгляд технічної документації [10].

Під час розгляду представленої технічної і експлуатаційної документації перевіряється відповідність комплексу, повноти та способу виразу метрологічних характеристик вимогам наступних нормативних документів[10].

2 Експериментальні дослідження

При проведенні МП повинні виконуватися операції вказані в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2- Етапи метрологічної повірки

Назва операції	Пункт методики
Перевірка комплектності, маркування та зовнішній вигляду	3.3.1
Перевірка електричного опору вихідних провідників.	3.3.2
Визначення залежності вихідного сигналу в мВ від зміни температури	3.3.3
Дослідження метрологічних характеристик перетворювача температури	3.3.4
Оформлення результатів МП	4

2.2 Засоби МП

Перелік робочих еталонів та допоміжних засобів вимірювальної техніки далі застосовані під час МП, їх типи та технічні характеристики наведені в таблиці 3.3.

Умови експлуатації робочих і допоміжних ЗВТ повинні відповідати вимогам експлуатаційних документів на них.

Робочі та допоміжні ЗВТ мають бути повірені відповідно до[2] або атестовані відповідно до [1].

Допускається застосування інших засобів вимірювальної техніки похибки яких задовольняють вимоги даної методики МП.

Таблиця 3.3- Перелік робочих еталонів та допоміжних засобів вимірювальної техніки застосованих під час МП, їх типи та технічні характеристики

Назва робочих та допоміжних ЗВТ	Тип	Основні технічні характеристики	Мета використання
1	2	3	4
Калібратор температури (термостат)	DVC-150TC	Діапазон відтворення: -30 °С до +150°С	Задавання робочої температури
Калібратор температури (термоперетворювач)	Pt 100	Діапазон вимірювання: -30 °С до +150°С, $\Delta=\pm 0,05^{\circ}\text{C}$	Контроль температури
Калібратор універсальний (вольтметр)	MC-5R	0-1000 мВ, кл.т. 0,025	Вимірювання вихідного сигналу
Магазин опорів	P4831	0-111111 Ом кл.т. 0,02	Навантаження перетворювача температури
Калібратор універсальний (2 канал) (Блок живлення)	MC-5R	0 – 10 В; 0,1%	Живлення перетворювача температури
Мультиметр цифровий малогабаритний	APPA-109N	Діапазон вимірювань: 0 - 20 МОм	Контроль електричного опору вихідних провідників

Гігрометр психрометричний	ВИТ	Діапазон 30- 95 % Діапазон 0 –25 °С $\Delta = \pm 0,2 \text{ °С}$	Контроль вологості Контроль температури навколишнього середовища
Барометр метеорологічний	БАММ	Діапазон вимірювання: 80 до 106 кПа, $\Delta = \pm 0,2 \text{ кПа}$	Контроль атмосферного тиску

3 Методика експериментальних досліджень

Умови проведення МП та підготовка до неї.

При проведенні атестації повинні виконуватись наступні умови:

- температура навколишнього середовища від 15°С до 25°С;
- відносна вологість навколишнього середовища не більше 80%;
- атмосферний тиск 90 – 106,7 кПа;
- зміна температури не повинна перевищувати 0,5°С протягом 1 години;
- з'єднувальні шнури мають бути довжиною не більше 0,5 м .

Під час підготовки потрібно виконати наступні підготовчі роботи:

- засоби вимірювальної техніки та допоміжне обладнання, які використовуються під час атестації повинні бути підготовлені до роботи у відповідності до експлуатаційної документації;

- при вимірюванні вихідного сигналу термоперетворювачів використовують схему підключення ;

- навантаженням вихідних кінців термоперетворювача служить опір величиною 200 Ом , який задається магазином опорів Р4831;

- глибина занурення в термостат термоперетворювача повинна бути не менше 50мм при цьому захисна арматура не повинна занурюватись.

3.2 Вимоги безпеки.

Під час проведення атестації необхідно дотримуватися вимог техніки безпеки з експлуатації електрообладнання та використаних ЗВТ.

До проведення атестації допускаються повірники атестовані в установленому порядку і які пройшли інструктаж з техніки безпеки та протипожежної безпеки.

Повірники мають бути забезпечені засобами індивідуального захисту відповідно до технічної документації на проведення робіт.

Методика досліджень метрологічних параметрів виконується у наступній послідовності:

Перевірка комплектності, маркування та зовнішній вигляду.

Під час проведення зовнішнього вигляду перевіряють відповідність маркування термоперетворювачів технічній документації.

Захисна арматура, вивідні провідники термоперетворювачів не повинні мати видимих пошкоджень. Різьба на контактній головці і штуцерах не повинна мати механічних пошкоджень [10].

Результати вважаються позитивними, якщо зовнішній огляд, монтаж та підключення відповідає вимогам методики та експлуатаційній документації.

Перевірка електричного опору вихідних провідників.

Визначення електричного опору проводять мультиметр в режимі вимірювання опору з номінальним значенням 20 МОм. Реєстрацію показів проводять підключаючи мультиметр між вихідними провідниками та корпусом термоперетворювача, витримуючи вимірювальний прилад протягом 1 хвилини. Результат вважається позитивним, якщо електричний опір становить не менше 2 МОм.

Визначення залежності вихідного сигналу в мВ від зміни температури.

Визначається значення вихідного сигналу термоперетворювача при заданих значеннях температури які вказані в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4- Визначення залежності вихідного сигналу в мВ від зміни температури.

Робочий діапазон температур, °C	Температура при вимірюваннях, °C
0 - 100	0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100

При періодичній повірці допускається задавання значень температури в середині діапазону не у повному обсязі. Задавання значень температури 0 °C і 100 °C обов'язкове.

Вихідний сигнал термоперетворювача при заданих значеннях температури визначають в наступній послідовності:

Проводиться підготовка калібратора температури (термостата) до заданого значення , починаючи з 0°C .

Задавання температури виконують в прямому (*Тепр*) та в зворотному напрямках (*Тезв*) . Після стабілізації температури термоперетворювача через 15 хв. фіксуються значення вихідного сигналу (*Епр*) і (*Езв*).

Цикл вимірювань виконується після встановлення заданої температури в термостаті безперервним відліком показів до отримання не менше п'яти значень в кожній точці діапазону.

Інтервали часу між вимірюваннями в одному циклі повинні становити не менше 5 хв. і повинні бути наближено однакові.

Покази вихідного сигналу термоперетворювача вимірюють з точністю до 10^{-2} мВ.

Для підвищення точності вимірювань температуру контролюють термометром.

3.4 Дослідження метрологічних характеристик перетворювача температури.

Згідно технічних характеристик діапазон вимірювання термоперетворювача складає (0 – 100°C), а зміна температури на 1 °C відповідає зміні вихідної величини перетворювача температури на 10 мВ[11].

По результатах вимірювань виконаних згідно пункту 3.3.3 даної МА знаходять середні арифметичні значення вихідного сигналу термоперетворювача в кожній точці діапазону вимірювань в прямому та зворотному напрямках за формулами (3.1), (3.2).

Виконується перерахунок середнього арифметичного значення вихідного сигналу в значення температури за формулами (3.3), (3.4).

Варіація показів термоперетворювача (Нт) визначається як різниця показів вихідного сигналу при підвищенні температури та при пониженні температури за формулою (3.5).

Абсолютна похибка вимірювання температури (ΔT_{np}) та (ΔT_{zv}) визначається як різниця за формулами(3.6), (3.7).

Отримані значення вихідного сигналу термоперетворювача не повинні перевищувати межі допустимих відхилень які вказані в таблиці 4 та в додатку 2. Допустима похибка термоперетворювача вказана в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5- Допустима похибка перетворювача.

Робочий діапазон температур, °C	Допустима похибка, °C
0 - 100	$\pm (0,6 + 0,008T)$

Результат вважається позитивним якщо похибка вихідний сигналу та варіація показів не перевищує допустиму.

Оформлення результатів державної метрологічної атестації

- Оформлення результатів МП.

-При позитивних результатах державної метрологічної атестації видається свідоцтво про атестацію згідно ДСТУ 3215-95.

Результати МА заносяться до протоколу за формою додатку 3

При негативних результатах МА оформляється протокол в який вносять одержані результати, зауваження та висновки про непридатність.

Періодичну повірку проводити згідно розділів 2 і 3 даної методики та рекомендацій діючих методик повірки на термоперетворювачі температури. Міжповірочний інтервал встановити один раз на рік[11].

ВИСНОВОК

Відповідно до мети та поставленої задачі до дипломної проєкту ,робимо висновок ,що оскільки термометр опору STE1 не підлягає державним випробуванням ,то на нього поширюється державна метрологічна атестація , якої на даний час немає розробленої, тому метрологічна атестація може використовуватись як методика метрологічної повірки. В ході виконання дипломної роботи було опрацьовано ряд нормативних документів з організації та розробки проєкту метрологічної повірки, основним з яких є Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність».

За результатами виконання дипломного проєкту на тему “Розроблення методики метрологічної повірки приладу для вимірювання температури термометром опору типу STE1” можна зробити наступні висновки:

1) Вказано основні функції ДСУ,та описано на які прилади поширюється метрологічна повірка.

2) Проаналізовано основні етапи та умови розроблення методики повірки загалом та для термоперетворювача STE1 зокрема.

3) У відповідності до основних метрологічних характеристик STE1 здійснено вибір основних та допоміжних засобів повірки, виділено етапи та умови проведення повірки.

4) Здійснено аналіз основних етапів експериментальних досліджень при проведенні повірки (атестації), та запропоновано алгоритм експериментальних досліджень термоперетворювача STE1.

5) Запропоновано електричну схему підключення термоперетворювача при визначенні вихідного сигналу.

6) Висвітлено значення охорони праці в для створення безпечних та здорових умов праці при розробці методики метрологічної повірки, а також

проведено аналіз потенційних небезпек, які мають місце під час виконання повірки, розроблено основні вимоги до техніки безпеки.

7) Здійснено аналіз економічної доцільності у розробленні документації, калькуляція витрат на розробку та впровадження методики. Наведено розрахунок витрат на розробку даної методики а також вказаний прибуток підприємства від виконаної роботи.

8) У результаті запропоновано проєкт методики повірки, який може використовуватися і як проєкт методики метрологічної атестації STE1.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА

1. ДСТУ 2708:2006 Метрологія. Повірка засобів вимірювальної техніки. Організація та порядок проведення. . К.: Держспоживстандарт,2006, 5 с.
2. ДСТУ 3742 – 98 Метрологія. Державна повірочна схема для засобів вимірювання температури. Контактні засоби вимірювання температури.. К.: Держспоживстандарт,1998, 67 с.
3. ДСТУ ГОСТ 8.338:2004 Метрологія. Перетворювачі термоелектричні. Методика повірки. . К.: Держспоживстандарт, 2004, 31 с.
4. ДСТУ 2858 – 94 Термоперетворювачі опору. Загальні технічні вимоги і методи випробувань. . К.: Держспоживстандарт,1994, 29 с.
5. Піндус Н.М. Технологічні вимірювання та прилади.: Конспект лекцій.- Івано-Франківськ: Факел, 2005.- 258 с.
6. Гук О.П., Луцик Я.П., Стадник Б.І. Вимірювання температури: теорія та практика. – Львів: Бескид Біт, 2006. – 560 с.
7. Головка Д.Б., Реґо К.Г., Скрипник Ю.О.. Основи метрології та вимірювань - К.: Либідь, 2001.- 408 с.
8. Поліщук Є.С., Дорожовець М.М., Яцук В.О., Ванько В.М., Бойко Т.Г.; Метрологія та вимірювальна техніка : Підручник / Є.С. Поліщука. – Львів: Видавництво «Бескид Біт», 2003.-544 с.
9. Чинков В.М. Основи метрології та вимірювальної техніки.: Навчальний посібник – Харків: НТУ “ХП”, 2002. – 460с.
10. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність» від 05.06.2014
11. Васілевський О. М., Поджаренко В.О. В19 Актуальні проблеми метрологічного забезпечення. Навчальний посібник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2010. – 214 с.