

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Навчально-науковий центр заочної форми навчання  
(повна назва)

Кафедра Інформаційно-вимірювальних технологій  
(повна назва)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)

Розробка методики калібрування везерометра  
(тема)

Виконав:  
студент 2 курсу, групи МВТ<sub>зм</sub>-20-1  
Лобанов Р.П.  
(прізвище, ініціали)

Спеціальність 152 Метрологія та  
інформаційно-вимірювальна техніка  
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Метрологія та  
вимірювальна техніка  
( повна назва освітньої програми)

Керівник доц. Запорожець О.В.  
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

Захаров І.П.  
(прізвище, ініціали)

2021 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Навчально-науковий центр заочної форми навчання

Кафедра Інформаційно-вимірювальних технологій

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка  
(код і повна назва)

Тип програми освітньо-професійна  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Метрологія та вимірювальна техніка  
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ р.

## ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Лобанову Роману Петровичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка методики калібрування везерометра

затверджена наказом університету від 23 жовтня 2021 р. № 161 Стз

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 06 грудня 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_

1. Випробувальне обладнання: кліматокамера КХТВ.

2. Нормативне забезпечення: ISO 10012-1, ISO 10012-2, РД 45.09-89, специфікація на камеру КХТВ, ДСТУ 3215-95, ДСТУ 3021-95.

3. Засоби вимірювальної техніки: термісторні давачі вологи SHT21, термомпари ТХК., терморезисторний анемометр типа АВТ-1, потенціометр ПП63.

4. Апаратне забезпечення: персональний комп'ютер Pentium 2,7 ГГц, ОЗП 2 Гб.

5. Програмне забезпечення: ОС Windows XP/7/10, пакет статистичного аналізу даних Excel 2013.

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі \_\_\_\_\_

1. Види випробувань, порядок їх організації та здійснення.

2. Метрологічне забезпечення випробувань.

3. Основні нормативні положення атестації засобів вимірювальної техніки.

4. Обладнання для кліматичних випробувань.

5. Розробка методики метрологічної атестації кліматокамери КХТВ.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри) \_\_\_\_\_

1. Тема кваліфікаційної роботи, інформація про студента і керівника.
2. Мета і задачі роботи.
3. Елементи системи якості.
4. Випробування.
5. Класифікація випробувань.
6. Кліматичні випробування.
7. Атестація випробувального обладнання.
8. Обладнання для кліматичних випробувань – кліматокамера КХТВ.
9. Технічні характеристики камери, що визначаються при атестації.
10. Операції атестації кліматокамери КХТВ.
11. Структурна схема установки для атестації кліматокамери КХТВ.
12. Обробка результатів атестації.
13. Форма протоколу атестації кліматокамери КХТВ.
14. Висновки.

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1 )

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз сучасного стану проблеми та методів її вирішення	25.10.2021 – 31.10.2021	
2	Розробка загальної схеми випробувань везерометра	01.11.2021 – 07.11.2021	
3	Вибір засобів вимірювань для проведення випробувань	08.11.2021 – 14.11.2021	
4	Розробка програми метрологічної атестації	15.11.2021 – 21.11.2021	
5	Написання пояснювальної записки	22.11.2021 – 28.11.2021	
6	Виконання графічної частини	29.11.2021 – 05.12.2021	
7	Представлення закінченої кваліфікаційної роботи на кафедрі	06.12.2021	

Дата видачі завдання 25 жовтня 2021 р.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ доц. Запорожець О.В.  
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до магістерської кваліфікаційної роботи містить 85 сторінок, 10 рисунків, 6 таблиць, перелік посилань з 10 назв.

Об'єкт дослідження – методика метрологічної атестації кліматокамери КХТВ (устаткування для кліматичних випробувань), що забезпечує необхідну вірогідність і повноту одержуваної інформації про якість продукції.

Мета роботи – удосконалення системи керування вимірюваннями на підприємстві у відповідності з ISO 10012, шляхом розробки методики атестації устаткування для кліматичних випробувань.

Методи дослідження – використані методи порівняльного аналізу існуючих нормативних документів з метрологічної атестації випробувального обладнання, методик проведення атестації кліматокамер, обробки результатів випробувань.

Для досягнення поставленої мети розроблена методика проведення атестації обладнання для кліматичних випробувань, що включає в себе ряд заходів, що забезпечують необхідну точність, відтворюваність і вірогідність результатів випробувань. Запропоновано методи обробки результатів випробувань.

**ВИПРОБУВАЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ, ЗАСОБИ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ, КЛІМАТИЧНІ ВИПРОБУВАННЯ, КЛІМАТОКАМЕРА, МЕТРОЛОГІЧНА АТЕСТАЦІЯ, МЕТОДИКА АТЕСТАЦІЇ, МЕТРОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

## ABSTRACT

The explanatory note for the master's qualification work contains 85 pages, 10 figures, 6 tables, a list of references from 10 names.

The object of research is the method of metrological certification of the climate chamber (equipment for climate testing), which provides the necessary reliability and completeness of the obtained information on product quality.

The purpose of the work is to improve the measurement management system at the enterprise in accordance with ISO 10012, by developing a methodology for certification of equipment for climate testing.

Research methods – methods of comparative analysis of existing normative documents on metrological certification of test equipment, methods of certification of climate chambers, processing of test results are used.

To achieve this goal, a method of certification of equipment for climate testing has been developed, which includes a number of measures to ensure the required accuracy, reproducibility and reliability of test results. Methods of processing test results are offered.

TEST EQUIPMENT, MEASURING EQUIPMENT, CLIMATE TESTS, CLIMATE CHAMBER, METROLOGICAL ATTESTATION, METHODOLOGY OF ATTESTATION, METROLOGICAL CHARACTERISTICS

## ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ.....	8
ВСТУП.....	9
1 ВИДИ ВИПРОБУВАНЬ. ПОРЯДОК ЇХ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ЗДІЙСНЕННЯ.....	11
1.1 Види випробувань.....	11
1.2 Випробування продукції на вплив зовнішніх чинників. Кліматичні випробування.....	14
2 МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ.....	22
2.1 Нормативні засади забезпечення єдності випробувань.....	24
2.2 Метрологічне забезпечення кліматичних камер.....	27
3 ОСНОВНІ НОРМАТИВНІ ПОЛОЖЕННЯ АТЕСТАЦІЇ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ.....	30
3.1 Задачі атестації засобів вимірювальної техніки.....	30
3.2 Організація робіт з метрологічної атестації.....	31
3.3 Порядок проведення метрологічної атестації та оформлення результатів.....	32
3.4 Вимоги до змісту та оформлення програми та методики метрологічної атестації.....	34
3.5 Вимоги до змісту та оформлення протоколу метрологічної атестації...36	36
4 ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ КЛІМАТИЧНИХ ВИПРОБУВАНЬ. ТЕХНІКО- МЕТРОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КЛІМАТОКАМЕРИ ТИПУ КХТВ..	38
4.1 Устаткування для випробувань на вплив температур та вологи.....	40
4.1.1 Конструкція камери КХТВ.....	42
4.1.2 Системи підтримки температури.....	45
5 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ МЕТРОЛОГІЧНОЇ АТЕСТАЦІЇ КЛІМАТОКАМЕРИ КХТВ.....	50
5.1 Аналіз існуючих недоліків при атестації кліматокамер.....	50

5.2 Організаційно-методичні основи розробки методики метрологічної атестації кліматокамери КХТВ.....	51
5.3 Умови атестації.....	54
5.4 Засоби атестації.....	55
5.5 Обробка результатів випробувань.....	65
5.6 Проведення атестації.....	70
5.7 Методика проведення атестації камери.....	72
ВИСНОВКИ.....	78
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	79
ДОДАТОК А. Форма свідоцтва про метрологічну атестацію.....	80
ДОДАТОК Б. Градувальна характеристика термопари хромель-копель.....	81
ДОДАТОК В. Протокол вимірювань температури та вологості повітря в точках корисного об'єму камери.....	82
ДОДАТОК Г. Протокол атестації кліматокамери КХТВ.....	83
ДОДАТОК Д. Відомість кваліфікаційної роботи.....	85

## СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

- ГОСТ – міждержавний стандарт;
- ДСТУ – національний стандарт України;
- ЕОМ – електронно-обчислювальна машина;
- ЗВТ – засіб вимірювальної техніки;
- ЗФВ – зовнішні фактори впливу;
- НД – нормативна документація;
- НТД – нормативно-технічна документація;
- ПМА – програма метрологічної атестації;
- РЕЗВ – радіоелектронні засоби вимірювань;
- ТЕН – трубчастий електронагрівач;
- ТЗ – технічне завдання;
- ТХК – термопара типу хромель-копель;
- ТУ – технічні умови;
- ISO – міжнародна організація зі стандартизації.

## ВСТУП

Інтенсивний розвиток промислових технологій, гостра конкуренція, торговельний і технічний протекціонізм зумовлює значне підвищення уваги виробників, постачальників (експортерів та імпортерів) та споживачів до якості продукції. Випуск продукції високої якості розглядається тепер у всіх країнах світу як одна з найважливіших умов розвитку національної економіки, від якої залежать темпи промислового розвитку країни, ефективність використання трудових ресурсів, успіхи зовнішньої торгівлі та національний престиж країни на міжнародній арені.

На метрологічні служби підприємств та організацій нормативно-правовим законодавством держави покладено великий обсяг вимог щодо забезпечення якості продукції, запорукою якого є забезпечення єдності вимірювань (метрологічне забезпечення якості продукції). Із введенням в дію ISO 9001 ці служби зобов'язані здійснювати ще й керування пристроями для моніторингу та вимірювання. Забезпечення єдності вимірювань, контролю та випробувань вирізняє найбільший обсяг вимог у рамках систем менеджменту якості.

Управління вимірюваннями здійснюється відповідно до стандартів: ISO 10012-1 Вимоги, що гарантують якість вимірювального обладнання. Частина 1: Система підтвердження метрологічної придатності вимірювального обладнання; ISO 10012-2 Забезпечення якості вимірювального обладнання. Частина 2: Керівні вказівки з управління вимірювальними процесами. Вимога стандартів до процесу управління контрольно-вимірювальним та випробувальним обладнанням полягає у впровадженні методів регулювання, перевірки (у тому числі калібрування та атестації), підтримці в робочому стані, а також технічному обслуговуванні контрольно-вимірювального, випробувального обладнання та необхідного програмного

забезпечення, що застосовується для підтвердження відповідності продукції встановленим вимогам.

При проведенні випробувань необхідно забезпечити їх єдність, тобто необхідну точність, відтворюваність та достовірність результатів випробувань. Забезпечення єдності випробувань спрямоване на усунення розбіжностей у результатах повторних випробувань у постачальника та споживача та скорочення обсягу повторних випробувань. При цьому головною метою випробувань є безумовна достовірність та повнота інформації про якість продукції, що отримується при випробуваннях.

Технічною основою забезпечення єдності випробувань є атестоване випробувальне обладнання та повірені засоби вимірювань, засоби атестації та повірки.

Нормативно-методичною основою забезпечення єдності випробувань є:

- стандарти на методи випробувань продукції, а також розділи методів випробувань у стандартах та технічних умовах на конкретну продукцію;
- програми та методики випробувань продукції;
- організаційно-методичні документи, що встановлюють порядок діяльності випробувальних підрозділів, що регламентують загальні вимоги до випробувань продукції, а також нагляд за їх проведенням.

До експлуатації в різних галузях виробництва допускається випробувальне обладнання, визнане за результатами атестації придатним до застосування.

Таким чином, розробка методики метрологічної атестації випробувального обладнання є актуальною задачею, спрямованою в кінцевому підсумку на забезпечення якості продукції.

## **1 ВИДИ ВИПРОБУВАНЬ. ПОРЯДОК ЇХ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ЗДІЙСНЕННЯ**

### 1.1 Види випробувань

Випробування – експериментальне визначення значень параметрів та показників якості продукції у процесі функціонування або за імітації умов експлуатації, а також при відтворенні певних впливів на продукцію за заданою програмою.

Випробування здійснюють для вирішення таких задач:

- а) забезпечення оптимальних конструкторсько-технологічних рішень при розробці нових виробів та їх доведенні до необхідного технічного рівня;
- б) об'єктивної оцінки технічного рівня та якості виробів при їх постановці на виробництво та в процесі виробництва;
- в) гарантування якості виробів виробником.

Послідовність підготовки та здійснення випробувань має бути представлена такими основними етапами:

- а) складання плану проведення випробувань;
- б) розробка програми та методики випробувань;
- в) підготовка наявних, а у разі потреби, проектування та виготовлення нестандартизованих засобів випробувань;
- г) атестація випробувального обладнання та повірка засобів вимірювань;
- д) відбір зразків для випробувань;
- е) проведення випробувань згідно з програмою та методикою випробувань з реєстрацією значень характеристик властивостей та визначенням їх похибок;
- є) визначення показників властивостей випробуваних зразків;
- ж) дослідження, у разі потреби, випробуваних зразків після закінчення випробувань;

і) обробка даних випробувань, включаючи оцінку їх точності та достовірності;

к) прийняття рішень щодо застосування зразків за результатами досліджень, оформлення результатів випробувань у вигляді актів та протоколів.

Класифікацію основних видів випробувань наведено на рис.1.1.

Залежно від стадій життєвого циклу продукції (рис.1.1) проводять такі випробування:

а) на стадії досліджень – дослідницькі;

б) на стадії розробки – доводочні, попередні, приймальні;

в) на стадії виробництва – кваліфікаційні, пред'явницькі, приймальні, періодичні, типові, сертифікаційні, інспекційні;

г) на стадії експлуатації – підконтрольна експлуатація, експлуатаційні періодичні та інспекційні.

Сертифікаційні випробування проводять для визначення відповідності продукції вимогам безпеки і охорони навколишнього середовища, а у деяких випадках і найважливіших показників якості продукції: надійності, економічності тощо.

Випробування з визначених характеристик об'єкта класифікуються: на *функціональні*, які проводяться з метою визначення значень показників призначення об'єкта; на *міцність*, що проводяться для визначення значень факторів, що впливають з метою виходу значення певних характеристик об'єкта за встановлені межі або його руйнування; на *стійкість*, що проводяться для контролю здатності виробу виконувати свої функції та зберігати значення параметрів у межах норм, встановлених НТД під час впливу на нього певних факторів (агресивних середовищ, ударної хвилі, електричного поля, радіаційних випромінювань тощо); на *безпеку*, що проводяться з метою підтвердження, встановлення фактора безпеки для персоналу, що обслуговується, або осіб, які мають відношення до об'єкта випробувань.

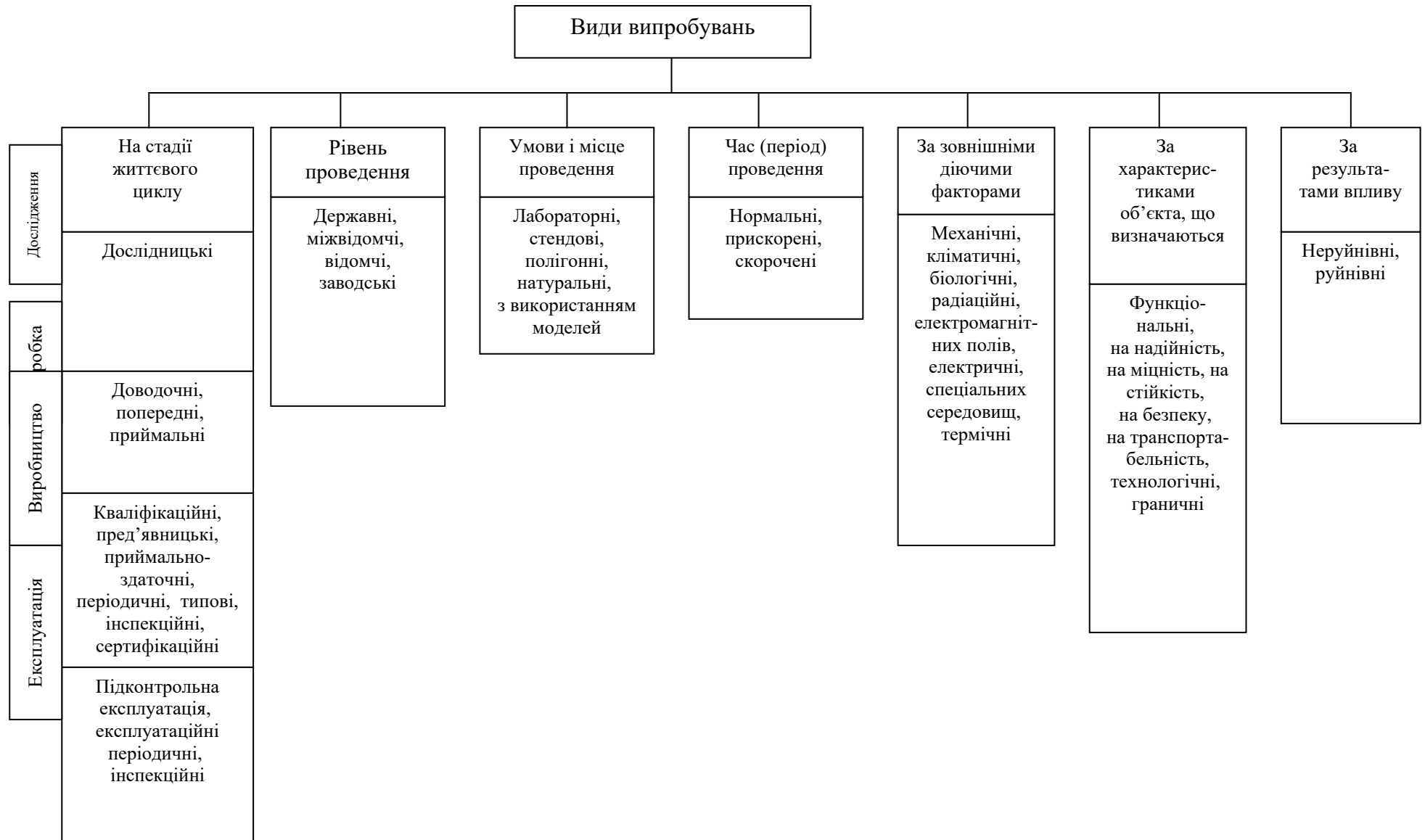


Рисунок 1.1 – Класифікація основних видів випробувань

## 1.2 Випробування продукції на вплив зовнішніх чинників. Кліматичні випробування

Випробування на вплив кліматичних факторів проводять для перевірки працездатності та збереження зовнішнього вигляду виробів у межах, встановлених у НТД, за умов або після дії кліматичних факторів.

Вироби випробовують, як правило, у штучно створюваних умовах за допомогою спеціального обладнання, а за неможливості створення необхідних умов виробу випробовують у реальних умовах експлуатації – на полігонах, кліматичних станціях.

Зовнішні фактори впливу (ЗФВ) – це явища або процеси зовнішні по відношенню до виробу або його складових частин, які викликають або можуть викликати обмеження або втрату працездатності виробу в процесі експлуатації.

Залежно від характеру на вироби всі ЗФВ діляться на класи: механічні, кліматичні та інші природні, біологічні, радіаційні, електромагнітних полів, спеціальних середовищ, термічні.

Кліматичні ЗФВ містять 10 груп, у яких 18 видів (рис.1.2). Друга група (рис.1.2) – температура середовища – один із основних параметрів стану, характеризує тепловий стан системи. Одиниця температури – Кельвін (К). Дана група ЗФВ містить два види факторів: перший – підвищена або знижена температура середовища і другий – зміна температури. Температурні впливи навколишнього середовища є одним з основних кліматичних факторів, що зумовлюють нестабільність і деградацію параметрів радіоелектронних засобів вимірювань (РЕЗВ). Істотний вплив температури на стабільність параметрів РЕЗВ обумовлено температурною залежністю електрофізичних параметрів матеріалів. Певну небезпеку для РЕЗВ представляють різкі коливання температури навколишнього середовища внаслідок наявності в конструкції пов'язаних матеріалів з різними температурними коефіцієнтами лінійного розширення.

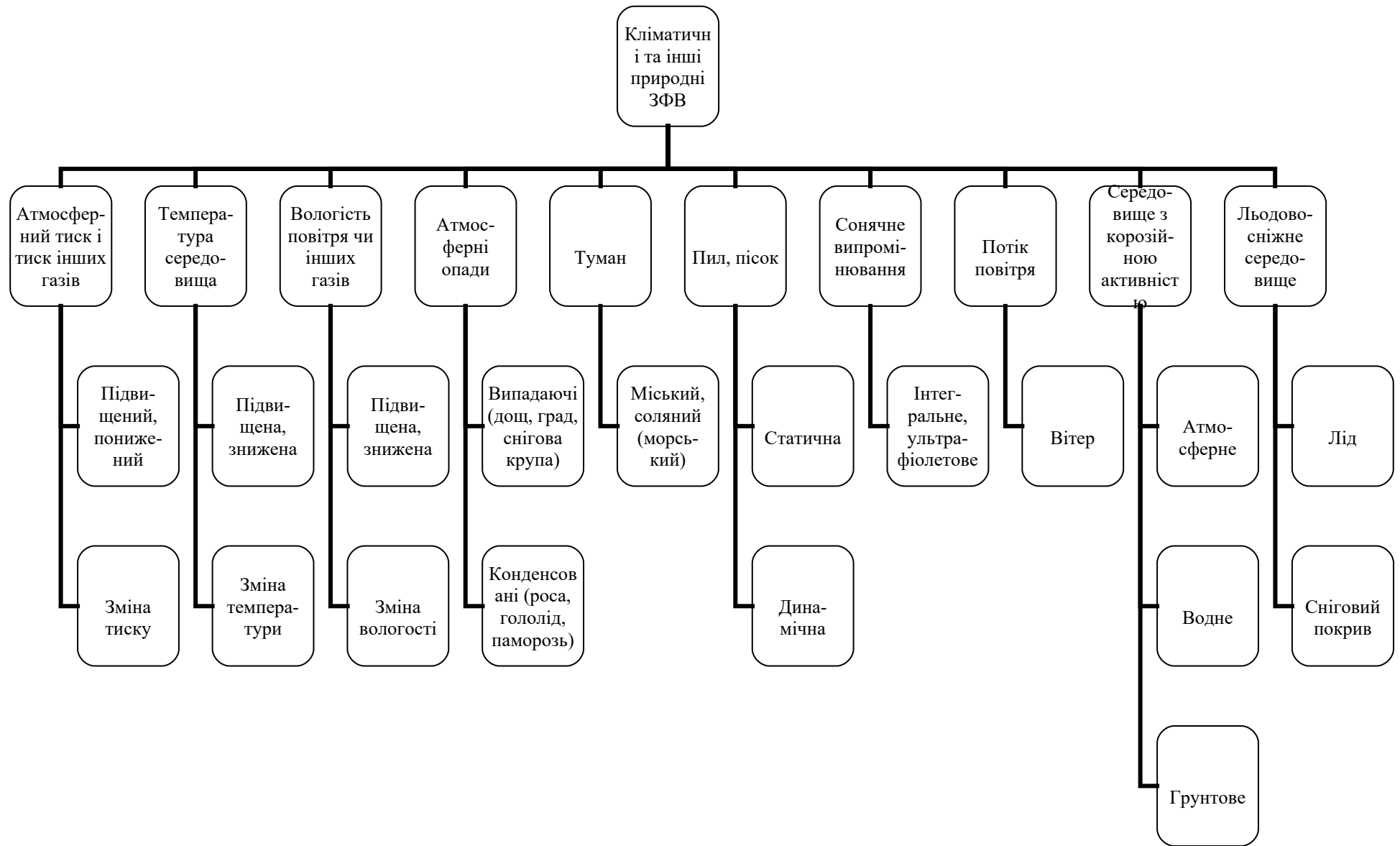


Рисунок 1.2 – Класифікація кліматичних факторів впливу

Необхідна стійкість виробів до впливів кліматичних факторів закладається на етапі розробки та конструювання та забезпечується у виробництві. Найбільш достовірну оцінку дає досвід експлуатації або випробування виробів в умовах, що імітують експлуатаційні дії.

Наприклад, мікросхеми використовуються в РЕА, що експлуатується у різних кліматичних умовах. Тому практично неможливо під час випробування імітувати можливі умови експлуатації. Багаторічний досвід показав, що можна обмежитися певним комплексом стандартних кліматичних випробувань. Прості та універсальні, вони склалися історично на емпіричних засадах. Не імітуючи реальних умов експлуатації, вони дозволяють отримувати необхідну інформацію в найкоротші терміни. Це досягається за рахунок збільшення рівня навантажень та їх тривалості.

Принципи оцінки та аналізу результатів повинні створювати впевненість у тому, що новостворені вироби будуть мати в експлуатації не гіршу стійкість, ніж їх попередники. Першою і неодмінною умовою відтворюваності результатів випробування є їхній повний і точний опис, що виключає будь-яку невизначеність тлумачення.

Кліматичні випробування складаються з наступних етапів (рис.1.3):

- 0 – 1 – початкова стабілізація;
- 1 – 2 – початкові перевірки та початкові вимірювання;
- 2 – 3 – навантаження впливаючим фактором до встановленої норми (величини);
- 3 – 5 – витримка виробу під ЗФВ, заданої норми (величини);
- 4 – 6 – проведення проміжних перевірок та проміжних вимірювань параметрів (при відсутності безперервного запису значень параметрів);
- 5 – 7 – зняття ЗФВ;
- 7 – 8 – кінцева стабілізація;
- 8 – 9 – заключні перевірки та заключні вимірювання;
- 0 – 0'; 1 – 1' і т. д. – допуск на норму (величину) ЗФВ.

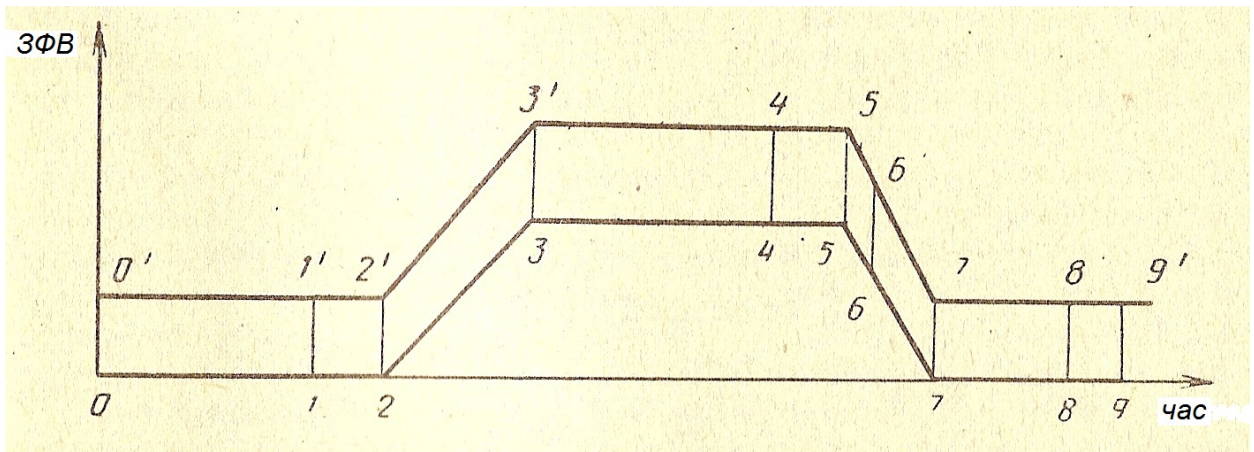


Рисунок 1.3 – Схема етапів кліматичних випробувань

Періодичність проведення випробувань залежить від індивідуальних властивостей виробів, виду виробництва та обсягу їхнього випуску за контрольований період і, як правило, вказується в ТУ на виріб. Наприклад, при серійному виробництві інтегральних схем, електрорадіоелементів і функціональних вузлів, періодичність випробувань становить 1–3 місяці, для нововпроваджуваних у виробництво радіовимірювальних приладів – 1–2 роки, а при серійному їх виробництві – 3–5 років.

Температурні екстремуми апаратури визначаються як кліматичними, і внутрішніми джерелами тепла, тому під час випробувань необхідно враховувати сумарний ефект від впливу всіх джерел тепла. Режими та умови випробувань встановлюються програмою випробувань та методикою випробувань залежно від ступеня жорсткості, яка, у свою чергу, обумовлюється у ТУ та стандартах на виріб. Види та значення кліматичних факторів зовнішнього середовища та їх взаємозв'язок із ступенями жорсткості наведено у таблиці 1.1.

Вироби РЕЗВ можуть випробовуватись на:

- теплостійкість (холодостійкість);
- тепломіцність (холодоміцність);
- циклічну дію зміни температур.

Таблиця 1.1 – Значення факторів впливу

Фактори впливу		Значення, °C	Значення, K	Ступінь жорсткості
Температура повітря або іншого газу при експлуатації	Верхнє значення	40 45 50 55 60	313 318	I II III IV V
		70 85 100 125	323 328 333 343 358 373	VI VII VIII
		155 200 250 315	398 428 473	IX X XI XII
		400 500	523 588 673 773	XIII XIV XV
	Нижнє значення	+1	274 268 263	I II III IV V
		-5	248 243 233	VI VII VIII
-10 -25 -30 -40 -45 -60 -85		228 213 188	IX	
Температура повітря або іншого газу при транспортуванні і/або зберіганні	Верхнє значення	+50 +60	323 333	I II
	Нижнє значення	-50 -60 -85	223 213 188	I II III

При випробуваннях на міцність перевіряється здатність виробу протистояти руйнівному впливу фактора та продовжувати нормально функціонувати після припинення його дії. Після закінчення періоду випробувань перевіряється зовнішній вигляд, механічні властивості та вимірюються електричні параметри апаратури. При перевірці зовнішнього вигляду звертається увага на зміну кольору, вид захисних покриттів, стан деталей, що сполучаються. Якщо після випробувань зазначені вище властивості та параметри задовольняють вимогам, встановленим у ТУ, програмі випробувань або методиці випробувань, то виріб вважається таким, що витримав випробування.

Відмінність випробувань на міцність від випробувань на стійкість полягає в тривалості і в тому, що при випробуваннях на міцність зразки, що випробовуються, як правило, знаходяться в неробочому стані. Величина

теплових навантажень при випробуваннях на міцність зазвичай більша, ніж при випробуваннях на стійкість.

Випробування на стійкість проводять з метою визначення здатності виробів РЕЗВ виконувати свої функції, зберігати параметри та зовнішній вигляд у межах норм ТУ у процесі та після впливу температури.

Розрізняють два методи випробувань на стійкість:

- випробування під термічним навантаженням;
- випробування під суміщеним термічним та електричним навантаженнями.

Першому методу випробувань піддаються нетеплорозсіювальні вироби, температура яких у процесі експлуатації залежить від температури навколишнього середовища; другому – теплорозсіювальні вироби, які в робочому стані нагріваються за рахунок потужності, що виділяється під дією електричного навантаження. При випробуванні під суміщеним навантаженням вироби поміщають в камеру і випробовують при нормальному або максимально допустимому електричному навантаженні, що відповідає верхньому значенню температури зовнішнього середовища, що встановлюється в залежності від ступеня жорсткості випробувань.

На практиці час випробування на теплостійкість визначається часом, необхідним для досягнення випробовуваним виробом теплової рівноваги і часом вимірювання електричних параметрів.

Можливі два способи проведення випробування теплорозсіювальних виробів. При першому способі досягнення заданого температурного режиму виробів визначають контролем температури повітря в камері, котра встановлюється рівною верхньому значенню температури навколишнього середовища, зазначеної в ТУ. При другому способі досягнення заданого температурного режиму виробів визначають контролем температури ділянки виробу, який має найбільшу температуру або найбільш критичним для працездатності виробу.

Вимірювання параметрів виробів, що випробовуються, проводять після досягнення теплової рівноваги без вилучення виробу з камери.

Випробування на циклічний вплив зміни температур (термоциклування) проводять для визначення здатності виробів витримувати зміну температури довкілля та зберігати свої параметри після цього впливу. Загальна кількість циклів встановлюється рівним трьом, якщо інша кількість спеціально не обумовлена в ТУ на виріб.

Кожен цикл складається із двох етапів. Спочатку виріб поміщають у камеру холоду, а потім у камеру тепла, температури в яких заздалегідь встановлюються залежно від ступеня жорсткості випробувань. При заданих температурах виріб витримують протягом часу, необхідного для досягнення теплової рівноваги. Час перенесення виробів із камери тепла до камери холоду або назад має бути мінімальним.

Під час випробування електричне навантаження на виріб не подається, а електричні параметри вимірюють до та після випробувань, попередньо витримавши виріб у нормальних кліматичних умовах.

Термоциклування є одним із найжорсткіших видів кліматичних випробувань та дозволяє виявити приховані конструктивні дефекти та порушення технології, допущені при виготовленні РЕЗВ.

Випробування на вплив підвищеної (зниженої) температури середовища проводять одним із наступних методів:

метод 201-1 – випробування в камері без електричного навантаження;

метод 201-2 – випробування в камері під електричним навантаженням тепловиділяючих виробів;

метод 201-3 – випробування тепловиділяючих виробів під електричним навантаженням поза камерою;

метод 202-1 – випробування виробів на вплив підвищеної граничної температури середовища;

метод 203-1 – випробування виробів на вплив зниженої робочої температури середовища;

метод 204-1 – випробування виробів на вплив зниженої граничної температури середовища;

метод 205 – випробування виробів на циклічний вплив зміни температур.

Конкретний метод встановлюють залежно від призначення, умов експлуатації, конструктивних особливостей РЕЗВ та вказують у стандартах та ТУ на виріб або у програмі випробувань.

## 2 МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ

Під випробуванням (test) розуміють експериментальне визначення кількісних та (або) якісних характеристик властивостей об'єкта випробувань як результату впливу на нього, при його функціонуванні, при моделюванні об'єкта та (або) впливів. Випробування є різновидом контролю за якістю продукції.

Експериментальне визначення характеристик властивостей об'єкта при випробуваннях може проводитися шляхом використання вимірювань, аналізів, діагностування, органолептичних методів, шляхом реєстрації певних подій при випробуваннях (відмови, ушкодження) і т.д.

Характеристики властивостей об'єкта при випробуваннях можуть оцінюватися, якщо задачею випробувань є отримання кількісних чи якісних оцінок, а можуть контролюватись, якщо задачею випробувань є лише встановлення відповідності характеристик об'єкта заданим вимогам. І тут випробування зводяться до контролю. Тому ряд видів випробувань є контрольними, у яких вирішується задача контролю.

Найважливішим ознакою будь-яких випробувань є прийняття на основі їх результатів певних рішень. Іншою ознакою випробувань є завдання певних умов випробувань (реальних або модельованих), під якими розуміється сукупність впливів на об'єкт та режимів функціонування об'єкта. Визначення характеристик об'єкта при випробуваннях може проводитися як за функціонування об'єкта, і за відсутності функціонування, за наявності впливів, до або після їх застосування.

У систему випробувань входять такі елементи:

- 1) об'єкт;
- 2) категорія випробування;
- 3) засоби для проведення випробувань;
- 4) виконавець випробувань;

5) нормативно-технічна документація на випробування (програми та методики).

Проведення випробувань на різних стадіях життєвого циклу продукції дозволяє:

а) на стадії дослідження та проектування:

- 1) оцінити ступінь досконалості нових проектних рішень розробки продукції;
- 2) виявити помилки, допущені під час проектування та виготовлення дослідних зразків;
- 3) оцінити дійсні значення показників якості продукції;
- 4) уточнити показники окремих компонентів продукції;
- 5) обробити та довести дослідні зразки до вимог технічного завдання тощо;

б) на стадії виготовлення продукції:

- 1) оцінити технічний рівень виробництва;
- 2) перевірити ефективність проведених доопрацювань та інших заходів щодо усунення виявлених недоліків;
- 3) попередньо оцінити показники надійності виробів та його безпеку з урахуванням особливостей серійного випуску;

в) на стадії експлуатації:

- 1) оцінити дійсні значення показників якості продукції реальних умовах її применения;
- 2) проводити обґрунтованість претензій споживачів щодо якості продукції;
- 3) перевірити та уточнити відповідність умов застосування продукції умовам, встановленим в експлуатаційній документації;
- 4) підготувати рекомендації щодо підвищення стабільності показників якості продукції;
- 5) остаточно опрацювати експлуатаційні документи.

Технічною базою випробувань є засоби вимірювання, до яких належать будь-які технічні пристрої, матеріали та речовини, необхідні для проведення випробувань. Найважливішим видом засобів випробувань поряд із засобами вимірювань є випробувальне обладнання, під яким розуміється пристрій для відтворення умов випробувань, вплив на об'єкт та режими його функціонування. Це спеціальні стенди, випробувальні машини, установки, кліматичні камери та інші пристрої, в яких відтворюються задані умови випробувань: температура, вологість, тиск, електромагнітні та радіаційні навантаження, механічні навантаження.

Слід зазначити, що нормована точність відтворення умов випробувань залежить від відповідних точнісних характеристик випробувального обладнання, які повинні належним чином контролюватись. Нормативно-методичною основою забезпечення єдності випробувань є стандарти державної системи забезпечення єдності випробувань, стандарти підприємств на методи випробування продукції, а також розділи методів випробувань у стандартах та ТУ на продукцію, атестовані методики випробувань продукції.

## 2.1 Нормативні засади забезпечення єдності випробувань

Загальні положення щодо забезпечення єдності випробувань є основою ефективного використання випробувань у системах управління якістю продукції та спрямовані: на усунення неприпустимих розбіжностей у результатах повторних випробувань у постачальника та споживача; на створення умов для взаємного визнання результатів випробувань у постачальника та споживача у кооперованому виробництві, внутрішньому та міжнародному товарообміні, національній та міжнародній сертифікації продукції, а також на створення умов для скорочення обсягу повторних випробувань.

Технічною основою забезпечення єдності випробувань є атестоване випробувальне обладнання та повірочні засоби вимірювань, засоби атестації та повірки.

Нормативно-методичною основою забезпечення єдності випробувань є:

- стандарти Державної системи забезпечення єдності вимірювань;
- державні стандарти та стандарти підприємств на методи випробувань продукції, а також розділи методів випробувань у стандартах та технічних умовах на продукцію;
- атестовані методики випробувань продукції;
- стандарти ISO, Європейської організації з якості та ін.

Під забезпеченням єдності результатів випробувань прийнято розуміти комплекс науково-технічних та організаційних заходів, методів і засобів, спрямованих на досягнення необхідних точності, відтворюваності та достовірності результатів випробувань.

Необхідно, щоб допуски та граничні відхилення на параметри та показники якості продукції, що випробовується, призначалися з урахуванням можливості забезпечення необхідної точності та достовірності результатів випробувань, нестабільності цих параметрів і неоднорідності якості продукції, тобто щоб стабільність параметрів сировини забезпечувала стабільність випробувань. Випробування продукції повинні проводитись за програмами та атестованими методиками випробувань на атестованому випробувальному устаткуванні із застосуванням повірених засобів вимірювань у атестованих випробувальних вимірюваннях.

Атестовані методики випробування продукції повинні гарантувати отримання результату випробувань з необхідними точнісними характеристиками. Атестоване випробувальне обладнання повинне забезпечувати відтворення необхідних умов випробувань із нормованою точністю. Методи та засоби метрологічного забезпечення випробувань та контролю якості продукції фактором впливу, випробувальним обладнанням

та режимом випробувань повинні забезпечити необхідну достовірність. Зазвичай вказується верхня і нижня межі довірчого інтервалу, враховується обсяг і характер розкиду результатів оцінки випадкової величини, що визначається у процесі випробувань. Використовується середньоквадратичне відхилення, точкові оцінки математичного сподівання, вид розподілу випадкової величини. Група результатів вимірювань, що проводяться при випробуванні виробу, є вибіркою випадкової величини  $X$ . Оцінюване значення  $X$ , що називається точковою оцінкою контрольованого в процесі випробувань параметра  $X$ , також є випадковою величиною. Інтегральна оцінка найбільш інформативна, оскільки характеризує точність за допомогою довірчого інтервалу та ступінь статистичної надійності. Якщо значення статистичної ймовірності дорівнює 0,95 його не вказують при обробці результатів випробувань. Якщо більше або менше, то обов'язково вказується.

Достовірність результатів випробувань – це властивість контрольних випробувань, що характеризується ступенем збігу висновку про стан об'єкта при випробуванні його дійсного стану. Показники достовірності результатів контролю випробувань визначається з урахуванням показників точності випробувань, апріорних даних про випробування, що характеризують розподіл можливих значень контрольованого параметра. Апріорні дані – це відомості про об'єкт випробувань, відомі до випробування, які можуть бути використані при плануванні випробувань, обробці результатів випробувань, прийнятті рішень за результатами випробувань. До них відносяться: відомості про властивості речовин, значення фізичних сталих, засоби та умови випробувань, характеристики точності тощо.

Відтворюваність результатів випробувань характеризується близькістю результатів повторних випробувань. Поняття відтворюваності застосовується лише за наявності методики та умов випробувань. Показники відтворюваності результатів випробувань – це імовірнісні характеристики, що кількісно визначають ступінь близькості результатів повторних

випробувань об'єкта і залежать від об'єкта та методики випробувань. До них відносяться: інтервал, у якому із встановленою ймовірністю знаходиться модуль різниці будь-якої пари результатів повторних випробувань; вид розподілу; ймовірність забракування при повторному випробуванні об'єкта, визнаним придатним при першому випробуванні об'єкта. Показники відтворюваності використовують визначення допустимих розбіжностей між результатами повторних випробувань встановлення норм цих розбіжностей. Характеристики випробувань визначаються в основному методикою випробування, що встановлює правила застосування методу випробувань, необхідні засоби випробувань, задані умови випробувань, алгоритм виконання операцій, вимоги до кваліфікації операторів, вимоги до техніки безпеки, вимоги до форми подання та оцінки їх точності.

Найважливішими вимогами до методик випробувань, спрямованими на забезпечення отримання результатів випробувань з похибкою не більше заданої, є вимоги:

- а) до норм точності відтворюваності результатів випробувань;
- б) до способів відбору проб чи зразків для випробувань;
- в) до способів обробки даних випробувань та форм подання;
- г) до діапазонів та точності відтворення умов випробувань;
- д) до діапазонів та точнісних характеристик засобів випробувань, засобів вимірювань та випробувального обладнання;
- е) застосування атестованого випробувального обладнання та повірених засобів випробувань.

## 2.2 Метрологічне забезпечення кліматичних камер

Система метрологічного забезпечення кліматокамер або везерометрів має забезпечувати упевненість у тому, що у процесі проведення випробувань відповідні параметри умов випробувань не виходять за межі допусків.

В даний час система метрологічного забезпечення випробувань передбачає проведення атестації камер [1, 3, 8, 10], повірку засобів вимірювань [12], атестацію методик виконання вимірювань параметрів умов випробувань [2] та метрологічну експертизу методик виконання випробувань.

Атестація випробувального обладнання проводиться з метою визначення номенклатури та числових значень точнісних характеристик та відповідності їх вимогам експлуатаційної документації та програми випробувань та встановлення придатності обладнання до експлуатації.

До нормованих (точнісних) характеристик випробувального обладнання відносяться встановлені в НТД технічні характеристики, що визначають можливість обладнання відтворювати та отримувати режими в умовах випробувань у заданих діапазонах, з необхідною точністю та стабільністю, протягом встановленого терміну.

Основними причинами, з яких обладнання визнається непридатним, є:

- брак по зовнішньому огляду: обладнання часто некомплектне, відсутні його функціональні частини, має місце сильна деформація корпусу або значна корозія поверхні. До браку по зовнішньому огляду відносять і відсутність на вимірювальних приладах, що входять до комплекту пристрою, відбитків клейм. Демонтаж вимірювальних або регулюючих пристроїв, якщо конструктивно не передбачено їх вилучення без розбирання обладнання, не проводиться, оскільки при проведенні атестації на звороті атестата наводиться таблиця з фактичними значеннями відтворених параметрів, що дозволить ввести відповідні поправки при роботі з обладнанням, тим самим мінімізувавши відповідні похибки;

- неприпустимо велике значення відхилення температури в робочій зоні камери від заданого значення, що може бути обумовлено неправильною роботою регулюючого пристрою;

– неприпустиме значення градієнта температурного поля всередині робочої зони камери.

Повірка засобів вимірювання та атестація методик виконання вимірювань проводяться з метою забезпечення єдності вимірювань при атестації випробувального обладнання та проведенні випробувань.

Метрологічна експертиза методик випробувань проводиться з метою встановлення наявності та обґрунтованості вимог:

– до складу вимірюваних і контрольованих параметрів і допустимих меж їх зміни (значень відхилень, що допускаються);

– до кваліфікації персоналу, до засобів вимірювань, випробувального обладнання, умов та процедури випробувань, що впливають на результати вимірювань та контроль умов випробувань та параметрів об'єкта випробувань;

– щодо застосування методів та засобів вимірювань, щодо використання методик виконання вимірювань, щодо обґрунтованості вибору характеристик похибки результатів вимірювань та показників достовірності вимірювального контролю;

– до обробки результатів вимірювань.

## **3 ОСНОВНІ НОРМАТИВНІ ПОЛОЖЕННЯ АТЕСТАЦІЇ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ**

### 3.1 Задачі атестації засобів вимірювальної техніки

Відповідно до ДСТУ 3215-95 завданнями метрологічної атестації засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) є:

- визначення та встановлення відповідності метрологічних характеристик ЗВТ вимогам технічного завдання на розробку та іншим нормативним документам (далі – ТЗ та НД), які поширюються на відповідні ЗВТ;
- перевірка правильності вибору методів та засобів повірки ЗВТ, наведених в експлуатаційній документації;
- практичне випробування методики повірки;
- встановлення придатності ЗВТ до застосування.

Метрологічну атестацію ЗВТ проводять державні або відомчі метрологічні служби.

Державна метрологічна служба проводить атестацію:

- ЗВТ, які застосовуються у сфері поширення державного метрологічного нагляду;
- інших ЗВТ, за відсутності зразкових засобів або умов виконання цієї роботи відомчою метрологічною службою.

У решті випадків метрологічну атестацію проводять відомчі метрологічні служби.

Метрологічна атестація проводиться виходячи з договору з підприємством (організацією), що представляє ЗВТ на атестацію.

Рішення про придатність до експлуатації ЗВТ, призначених для застосування у сфері поширення державного метрологічного нагляду, приймається на підставі результату метрологічної атестації керівником організації (підприємства), яка проводила атестацію. В інших випадках

рішення приймається керівником підприємства (організації), який розробив або застосував ЗВТ за поданням метрологічної служби, яка проводила метрологічну атестацію.

ЗВТ, які пройшли метрологічну атестацію та допущені до застосування, підлягають у період експлуатації та після ремонту повірці відповідно до методики, зазначеної у свідоцтві про метрологічну атестацію.

### 3.2 Організація робіт з метрологічної атестації

ЗВТ передаються на метрологічну атестацію разом із документацією, до складу якої повинні входити:

- технічне завдання на розробку ЗВТ або документ, який його замінює;
- експлуатаційна документація;
- технічні умови (якщо у ТЗ передбачено їх розробку);
- проект програми та методики метрологічної атестації (ПМА);
- проект методики повірки ЗВТ як окремий документ або розділ експлуатаційної документації.

На засоби вимірювальної техніки, що купуються за імпортом, експлуатаційна документація подається у вигляді комплексу документації фірми-виробника до відповідного ЗВТ (з перекладом українською або російською мовою) та (або) експлуатаційної документації, розробленої на підставі документів фірми-виробника з урахуванням вимог ГОСТ 2.601 та інших діючих НД.

Якщо в ТЗ на розробку випробувального обладнання або іншого виробу, до складу якого входить вбудований вимірювальний канал, передбачені відомчі (міжвідомчі) приймальні випробування, то метрологічна атестація вимірювального каналу може бути поєднана з випробуваннями. У цьому випадку ПМА може входити як складова частина в програму приймальних випробувань.

Проект ПМА розробляється і узгоджується до початку проведення атестації і в загальному вигляді повинен містити послідовність дій та вимоги до:

- розгляду технічної документації;
- експериментального дослідження метрологічних характеристик;
- оформлення результатів атестації.

Розробка ПМА може бути виконана за договором організацією, яка проводить метрологічну атестацію.

ПМА затверджується організацією, що проводить метрологічну атестацію, і узгоджується з організацією (підприємством), яка представляє ЗВТ на атестацію.

За наявності ПМА, яка поширюється на аналогічні ЗВТ, за погодженням з організацією, що проводить метрологічну атестацію, нову ПМА допускається не розробляти. У разі потреби погоджуються доповнення до ПМА на аналогічний ЗВТ.

Питання забезпечення зразковими засобами вимірювань та обладнанням, необхідними для проведення атестації, вирішується спільно організацією, яка представляє ЗВТ на метрологічну атестацію, та організацією, що проводить метрологічну атестацію.

### 3.3 Порядок проведення метрологічної атестації та оформлення результатів

Виконання робіт з метрологічної атестації здійснюється структурним підрозділом територіального органу (наукової метрологічної організації) Держстандарту, структурним підрозділом відомчої метрологічної служби або комісією, що призначається розпорядженням керівника підприємства-розробника ЗВТ.

Зразкові ЗВТ, що застосовуються при метрологічній атестації, повинні мати свідчення або відбитки повірочних тавр, що підтверджують чинний термін їх повірки або атестації.

Під час розгляду технічної документації перевіряють:

- відповідність очікуваних метрологічних характеристик засобу, що атестується, вимогам ТЗ і діючим НД;
- експлуатаційну документацію з точки зору зручності для застосування та безпеки експлуатації;
- обґрунтування вибраних методів та засобів повірки.

Результати досліджень, виконаних при визначенні метрологічних характеристик, заносять до протоколу, який підписують виконавці. У протоколі допускається використання отриманих за допомогою комп'ютера роздруківок.

При атестації засобів вимірювань, виготовлених або придбаних по імпорту окремою партією, а також тих, що виготовляються періодично малими партіями, дослідженням за повною програмою може підлягати частина зразків у кількості не менше трьох, відібраних методом випадкового відбору. Інші зразки можуть бути атестовані за скороченою програмою, обсяг якої повинен встановлюватися при метрологічній атестації перших зразків, але не менше обсягу, передбаченого методикою повірки.

За негативних результатів метрологічної атестації хоча б одного зі зразків всю партію необхідно досліджувати за повною програмою метрологічної атестації.

За позитивних результатів метрологічної атестації оформляється свідоцтво. Результати метрологічної атестації зразків ЗВТ, проведеної за скороченою програмою, допускається вказувати в експлуатаційній документації на відповідний зразок ЗВТ з посиланням на свідоцтво про атестацію перших зразків ЗВТ, досліджених за повною програмою.

Свідоцтва про метрологічну атестацію підлягають обліку та зберігаються на весь період експлуатації відповідного ЗВТ.

Якщо метрологічна атестація об'єднана з відомчими (міжвідомчими) приймальними випробуваннями, то результат метрологічної атестації відображається в протоколі випробувань, на підставі чого оформляється свідоцтво про метрологічну атестацію, яке додається до акта випробувань.

При негативних результатах метрологічної атестації оформлюють протокол, куди вносять отримані результати, зауваження та висновки про непридатність ЗВТ до застосування з відповідним обґрунтуванням.

#### 3.4 Вимоги до змісту та оформлення програми та методики метрологічної атестації

ПМА має містити перелік робіт та методи їх проведення, що забезпечують виконання завдань метрологічної атестації засобів вимірювальної техніки.

У ПМА рекомендується використовувати методики експериментальних досліджень, наведені в стандартах, технічних умовах та в іншій НД на аналогічні ЗВТ.

ПМА повинна містити вступ та наступні розділи:

- розгляд технічної документації;
- експериментальні дослідження;
- методика досліджень;
- оформлення результатів атестації.

Вступ викладається у такій формі: «Ця програма метрологічної атестації поширюється на... (найменування та позначення ЗВТ) і встановлює зміст та методику метрологічної атестації».

У розділі «Розгляд технічної документації» перераховуються вимоги, які мають бути перевірені при розгляді експлуатаційної документації та технічних умов (якщо їх розробка передбачена ТЗ), у тому числі:

- перевірка відповідності наведених у документації метрологічних та технічних характеристик вимогам ТЗ та іншої НД, яка поширюється на атестований ЗВТ;

- перевірка повноти, правильності та способу вираження метрологічних характеристик;

- перевірка повноти та правильності обраних методів та способів повірки;

- оцінка експлуатаційної документації.

Розділ «Експериментальні дослідження» рекомендується оформлювати за формулою таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Експериментальні дослідження

Найменування операції	Пункт методики	Засоби вимірювальної техніки, які застосовуються при атестації	Примітка
1	2	3	4

У графі 1 таблиці 3.1 перераховуються операції, які необхідно виконувати при експериментальних дослідженнях ЗВТ, а саме: зовнішній огляд, опробування, визначення метрологічних характеристик, перевірка технічних характеристик. У графі 3 вказується конкретне найменування та

позначення ЗВТ, що використовується при виконанні даної операції, із зазначенням основних метрологічних характеристик. У графі 4 рекомендується позначити операції, які виконуються під час проведення періодичної повірки.

У розділі «Методика досліджень» викладають методику виконання всіх операцій, перерахованих у розділі «Експериментальні дослідження», із зазначенням умов проведення вимірювань, виконання вимог безпеки, послідовності операцій, числа серій вимірювань, методики обробки результатів спостережень, обчислення та виразу похибок і т. д. Якщо необхідно вказати запозичену методику, наведену в документах, можна навести посилання на ці документи.

Якщо при проведенні атестації виявляється необхідність внесення змін до ПМА, то вони повинні бути оформлені у вигляді окремого документа.

### 3.5 Вимоги до змісту та оформлення протоколу метрологічної атестації

У протоколі метрологічної атестації вказують:

- найменування, умовне позначення, заводський номер виробника ЗВТ, поданого на атестацію, а також дата проведення атестації;
- перелік використаних зразкових ЗВТ;
- перелік проведених при атестації операцій та досліджень з посиланням на пункти ПМА;
- умови досліджень;
- результати експериментальних досліджень з кожної операції, яка проводилася під час атестації, а також чисельні результати вимірювань, зведені в таблицю;
- обробку результатів вимірювань, включаючи обчислення значень метрологічних характеристик (похибки, варіації показань і т. д.);

- висновок про відповідність або невідповідність результатів досліджень вимогам ТЗ щодо кожного пункту ПМА та загалом;
- оцінку правильності вибраних методів та засобів перевірки;
- рекомендації щодо придатності ЗВТ до передачі в експлуатацію;
- рекомендації щодо міжповірочного інтервалу;
- підписи безпосередніх виконавців, їх прізвища, ініціали та посади.

Зауваження, виявлені під час розгляду документації, разом із вказівками щодо їх усунення рекомендується оформляти у вигляді додатку до протоколу (додаток А).

## **4 ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ КЛІМАТИЧНИХ ВИПРОБУВАНЬ. ТЕХНІКО-МЕТРОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КЛІМАТОКАМЕРИ ТИПУ КХТВ**

Випробування на вплив кліматичних факторів проводять для перевірки працездатності та збереження зовнішнього вигляду виробів у межах, встановлених в нормативно-технічній документації (НТД), в умовах або після впливу кліматичних факторів.

Вироби випробовують, як правило, у штучно створюваних умовах за допомогою спеціального обладнання, а за неможливості створення необхідних умов виробу випробовують у реальних умовах експлуатації – на полігонах, кліматичних станціях.

Випробувальне обладнання (test equipment) – засіб випробувань, що представляє собою технічний пристрій для відтворення умов випробувань.

Якщо складові частини виробу під час експлуатації перебувають у різних умовах, їх випробовують окремо відповідно до умов експлуатації кожної складової частини.

Залежно від відтворюваних факторів, що впливають, і виду функціональних випробувань випробувальне обладнання для випробувань на вплив кліматичних факторів можна класифікувати наступним чином:

*обладнання для випробувань на вплив атмосферного тиску* – камери надлишкового атмосферного тиску, камери зниженого атмосферного тиску, камери бароудару;

*обладнання для випробувань на вплив температур* – камери тепла, камери холоду, камери тепла та холоду, камери термоциркуляції;

*обладнання для випробувань на вплив вологості, опадів* – камери підвищеної відносної вологості, камери зниженої відносної вологості, камери вологості, камери соляного туману, камери дощу;

*обладнання для випробувань на вплив піску, пилу* – камери піску та

пилу;

*обладнання для комбінованих кліматичних випробувань* – обладнання, що відтворює два і більше кліматичних факторів.

Застосовувані засоби випробувань, контролю та вимірювань повинні мати характеристики, що відповідають вимогам НТД на виріб, випробувальні режими та необхідну точність вимірювання створених режимів та контрольованих параметрів виробу. Придатність зазначених коштів має бути підтверджена супровідними документами чи таврами. Вони мають бути атестовані чи перевірені у встановленому порядку.

Засоби випробувань повинні бути забезпечені пристроями, що виключають можливість виходу їх з ладу через помилки операторів, а також захищають випробуваний виріб від появи наведень і завад від зовнішньої мережі електроживлення.

Камери повинні забезпечувати: створення та підтримання заданих режимів випробувань; запис (реєстрацію) режимів, що відтворюються камерою, та можливість підключення зовнішніх записуючих пристроїв; можливість підключення зовнішніх вимірювальних приладів або установок автоматичного та ручного вимірювання контрольованих параметрів випробуваних виробів без вилучення їх з камер; вільний допуск до контрольно-вимірювальних приладів; безпека при проведенні монтажу, випробувань, демонтажу.

Камери повинні бути забезпечені пристроями аварійної сигналізації (звуковий і світловий) і автоматичного відхилення їх при виході та випробувальних режимів за встановлені межі, світловою сигналізацією, що автоматично сповіщає про подачу електричної напруги, або спеціальним блокуванням, що запобігає ураженню електричним струмом. Допускається при випробуваннях застосовувати камери, не забезпечені зазначеною апаратурою та пристроями. І тут випробування проводять при безперервному спостереженні обслуговуючого персоналу.

Кабельні з'єднання і окремо виконані пристрої, що входять як елементи електричних кіл до схем вимірювання параметрів виробів, не повинні призводити до зміни заданого режиму дослідження (вимірювання) і впливати на результат вимірювання.

#### 4.1 Устаткування для випробувань на вплив температур та вологи

Кліматичні камери дозволяють точно моделювати вплив навколишнього середовища і застосовуються в науково-дослідних установах, що розробляють обладнання для машинобудування, а також оборонної та авіаційної промисловості, у випробувальних лабораторіях при сертифікації продукції, припускають наявність високоточного вимірювального приладу для контролю вологості та температури повітря.



Рисунок 4.1 – Кліматична камера КХТВ

Таблиця 4.1 – Технічні параметри кліматичної камери КХТБ

Назва параметра	Значення
Діапазон температур у режимі «холод-тепло», °С	-70 ... +180
Швидкість охолодження, °С / хв	1 ... 5
Швидкість нагріву, °С / хв	1 ... 5
Діапазон температур у режимі «тепло-волога», °С	+10 ... +90
Точність відтворення температури, °С	від ±0,1 до ±0,5
Нерівномірність температури, °С	від ± 1 до ± 2
Діапазон відносної вологості, %	10 ... 98
Точність підтримання вологості, %	1 ... 3
Діапазон точки роси, °С	+4 ... +78
Розмір робочої камери: ШхВхГ, мм	400х400х400
Об'єм робочої камери, л	64
Габаритні розміри: ШхВхГ, мм	850х1300х600
Вага, кг	150
Електричне живлення	380 В/50 Гц
Максимальна потужність, кВт	3,2

Базова комплектація кліматичної камери КХТБ включає:

- 1 отвір для доступу в камеру діаметром 76 мм на лівій стінці, що закривається теплоізолюючою пробкою;
- оглядове вікно, що обігривається, розміром 200х200 мм;
- лампа підсвічування робочої камери;
- 10 стандартних програм + 10 користувальницьких (на 32 кроки кожна);
- полиця для розміщення зразків;
- інтерфейс RS-485, протокол ModBus-RTU;
- інструкція російською мовою;
- колеса для переміщення камери.

Додаткові опції: персональний комп'ютер (рідкокристалічний монітор 17") із встановленим ліцензійним програмним забезпеченням (Windows XP, Microsoft Office) та спеціалізованим ПЗ для моніторингу та дистанційного керування кліматичною камерою.

#### 4.1.1 Конструкція камери КХТВ

Конструктивно в кліматичній камері можна виділити 4 частини: робочий об'єм, щит автоматичного керування, холодильний агрегат та парогенератор.

Робочий об'єм виконаний у вигляді шафи з розміщеними всередині теплообмінниками для забезпечення режимів випробувань. Робочий об'єм забезпечений дверцятами з оглядовим вікном і системою захисту від обмерзання. Для запобігання потраплянню атмосферної вологи в робочий об'єм камери слід максимально обмежити тривалість відкриття дверей при холодильних агрегатах, що працюють.

Корпус камери, як правило, встановлюється на жорстку колісну раму із сталевого профілю. Для запобігання мимовільному переміщенню камери під час роботи на колесах є гальмівні колодки. Камери об'ємом понад 500 л встановлюються стаціонарно.

Холодильний агрегат виконується на монтажній плиті, що знімається, що знаходиться всередині рами. Зовні агрегат закритий кожухами, що забезпечують вільний доступ повітря для охолодження пристроїв холодильної машини.

На бічній стінці робочого об'єму встановлюється щит автоматичного управління, в якому розташовується основне електрообладнання та елементи автоматики. Органи керування знаходяться на верхній панелі камери, як правило, над дверима робочого об'єму.

Для отримання температур нижче  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  зазвичай застосовують каскадні холодильні машини. У каскадних холодильних машинах використовують дві робочі речовини. Одна з них – робоча речовина високого тиску (низькотемпературна робоча речовина). Це пов'язано з тим, що теоретичний об'єм компресора, що працює при низькому тиску, значно більше, ніж у компресора, що працює при більш високому тиску. Це веде до зростання капітальних витрат, підвищує потужність тертя компресора. Крім

того, при зниженні тиску всмоктування газодинамічні втрати в клапанах стають порівнянними з роботою стиснення компресора. Це також погіршує енергетичну ефективність холодильної машини. Одним з методів зниження обсягу компресорів низького ступеня, зниження потужності приводу компресорів є використання робочих речовин високого тиску, таких, як хладон R23, етан та ін. Однак при високій температурі навколишнього середовища тиск конденсації у таких робочих речовин надмірно високий і використовувати їх у циклах двоступінчастих або триступінчастих холодильних машин важко. Тому такі робочі речовини застосовують тільки в каскадних холодильних машинах.

Схема і цикл такої холодильної машини показані на рис.4.2.

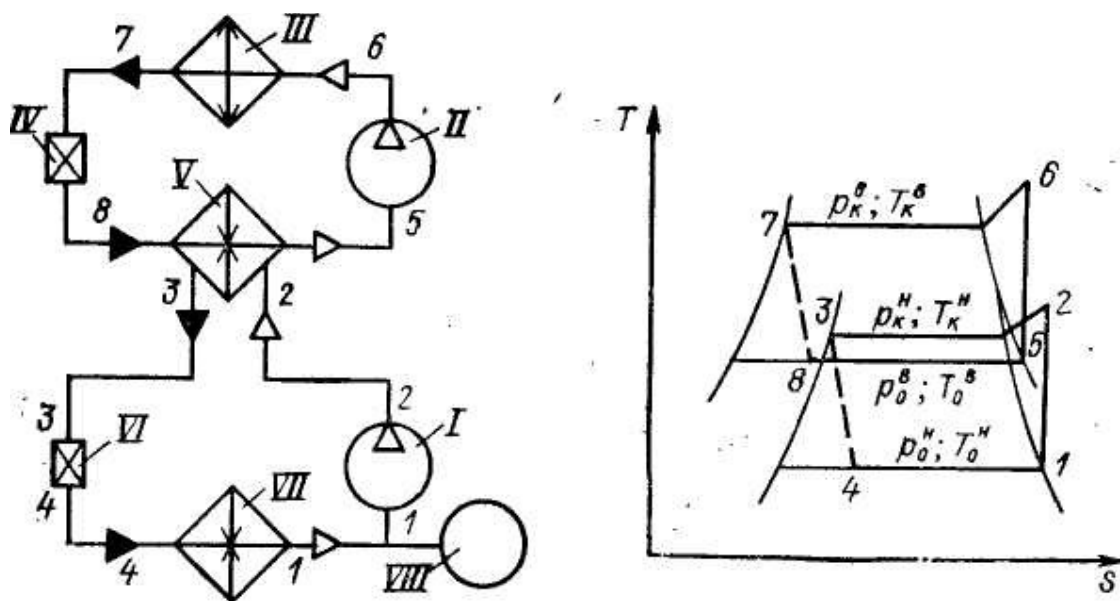


Рисунок 4.2 – Схема роботи холодильної машини

Машини складається з двох одноступінчастих машин, званих нижньою та верхньою гілкою каскаду. У нижній гілці каскаду використовується робоча речовина високого тиску, яка, отримуючи теплоту у випарнику VII від джерела низької температури, кипить (процес 4–1), пара стискається в компресорі 1 (процес 1–2), охолоджується і конденсується в конденсаторі-

випарнику V (процес 2–3), а потім дроселюється в дросельному вентилі VI (процес 3–4). Теплота конденсації робочої речовини нижньої гілки каскаду відбирається робочою речовиною холодильної машини верхньої гілки каскаду – як правило, це робоча речовина середнього тиску, що кипить у конденсаторі-випарнику. Пара робочої речовини верхньої гілки каскаду стискається компресором II (процес 5–6), потім робоча речовина верхньої гілки каскаду направляється в конденсатор III (процес 6–7), дроселюється в дросельному вентилі IV (процес 7–8) і надходить у конденсатор-випарник. Таким чином, робоча речовина в машині нижньої гілки каскаду здійснює цикл 1-2-3-4, а в машині верхньої гілки каскаду – цикл 5-6-7-8 і ці машини об'єднуються конденсатором-випарником.

Як правило, робочою речовиною нижньої гілки каскаду є R23, тому під час стоянки машини, коли температура її частин зрівняється з температурою навколишнього середовища, значно підвищується тиск у всіх елементах машини. Для запобігання надмірному підвищенню тиску в холодильній машині нижньої гілки каскаду до системи підключають розширювальну посудину VIII, розраховану так, щоб при зупинці машини тиск у всіх елементах машини не перевищував розрахункового граничного значення.

У дійсних циклах каскадні машини, найчастіше вигідніші за двоступінчасті (іноді й тріступінчасті). Це пояснюється наступними перевагами роботи з робочими речовинами високого тиску:

- теоретичний об'єм компресора каскадної машини менше, ніж двоступінчастої через менші питомі об'єми пари, що всмоктується;
- при великих значеннях тиску всмоктування відносні втрати потужності в клапанах значно менше;
- оскільки теоретичний об'єм компресора нижньої гілки каскаду менше, ніж компресора нижнього ступеня, то потужність третя компресорів каскадної машини менше, ніж двоступінчастої;

– відношення тисків для однакових діапазонів температур у робочих речовин каскадних машин менше, оскільки абсолютні значення тисків у каскадних машин більше, а відношення тисків менше, то енергетичні та об'ємні коефіцієнти компресора нижньої гілки каскадної каскадної холодильної машини вище, ніж компресора нижньої ступеня двоступінчастої холодильної машини.

При використанні робочих речовин високого тиску в каскадній холодильній машині можна отримувати нижчі температури, ніж у двоступінчастій схемі.

#### 4.1.2 Системи підтримки температури

Типові камери призначені для роботи в діапазоні температур від  $-70$  до  $+100$  °С. Можливість роботи в такому широкому діапазоні температур досягається за рахунок застосування трьох основних блоків: каскадної холодильної машини (від  $-5$  до  $-70$  °С), одноступінчастої холодильної машини (від  $+50$  до  $-5$  °С) та електронагрівача, що працює у всьому діапазоні температур. Схематично, робочий об'єм представлений на рис. 4.3.

Повітря, що знаходиться в робочому об'ємі (1), циркулює завдяки застосуванню високошвидкісного осьового вентилятора (3), привід якого (2) встановлений у щиті автоматики камери.

Для охолодження на температурах від  $-5$  до  $-70$  °С використовується випарник 6 каскадної холодильної машини. Для дроселювання холодоагенту передбачена система капілярних трубок (7), розташована безпосередньо на холодильному агрегаті. З метою регулювання продуктивності одна з трубок може відключатися соленоїдним вентилем.

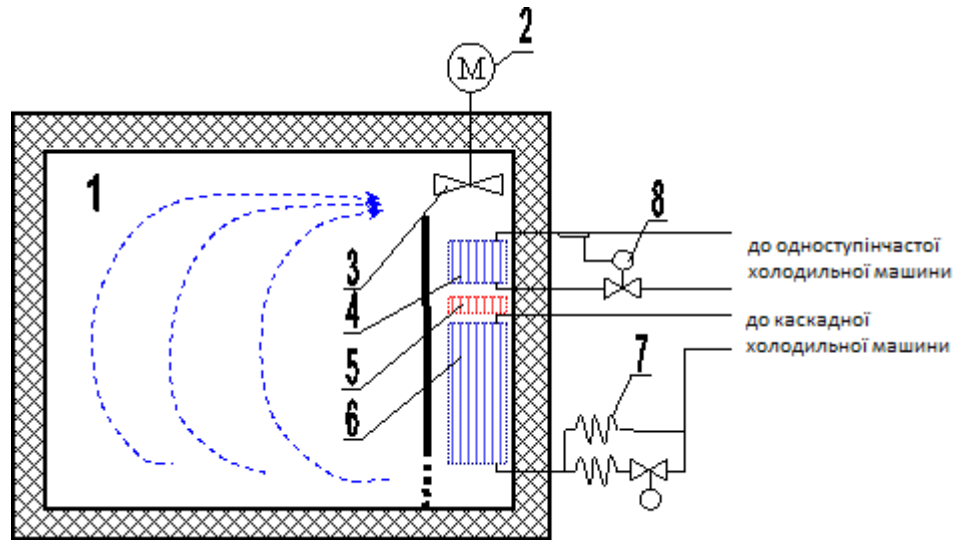


Рисунок 4.3 – Схема робочого об'єму кліматичної камери

Якщо холодопродуктивність каскадної машини надлишкова, проводиться її компенсація за допомогою ТЕНу (5). ТЕН (трубчастий електронагрівач) працює в режимі широтно-імпульсної модуляції за ПД законом регулювання.

При роботі в діапазоні температур від  $+50$  до  $-5$  °С нагрівання здійснюється ТЕНом (5), а охолодження за допомогою випарника (4) одноступеневої холодильної машини. Для дроселювання холодоагенту застосовується терморегулюючий вентиль (8), що автоматично регулює подачу холодоагенту у випарник залежно від температури на виході. При цьому холодильна машина працює в позиційному режимі, ТЕН працює в режимі широтно-імпульсної модуляції за ПД законом регулювання.

Схема систем компресорного агрегату представлена рис.4.4.

Робота каскадної холодильної машини починається з увімкнення компресора верхнього каскаду (1). Стиснутий компресором газ надходить у повітряний конденсатор (2), де відбувається його перетворення на рідину та передача теплоти навколишньому середовищу. Конденсатор забезпечений двома вентиляторами, один з яких включається в залежності від тиску

конденсації верхнього каскаду, тим самим, забезпечуючи оптимальну роботу компресора. Рідина з конденсатора дроселюється в терморегулювальному вентилі (3), що автоматично регулює її кількість, що подається в конденсатор-випарник (4). У конденсаторі-випарнику відбувається охолодження теплообмінної поверхні, і створюються умови для конденсації газу нижнього каскаду. Компресор нижнього каскаду (5) включається після закінчення певного часу, коли в конденсаторі випарнику створюються умови для конденсації газу високого тиску.

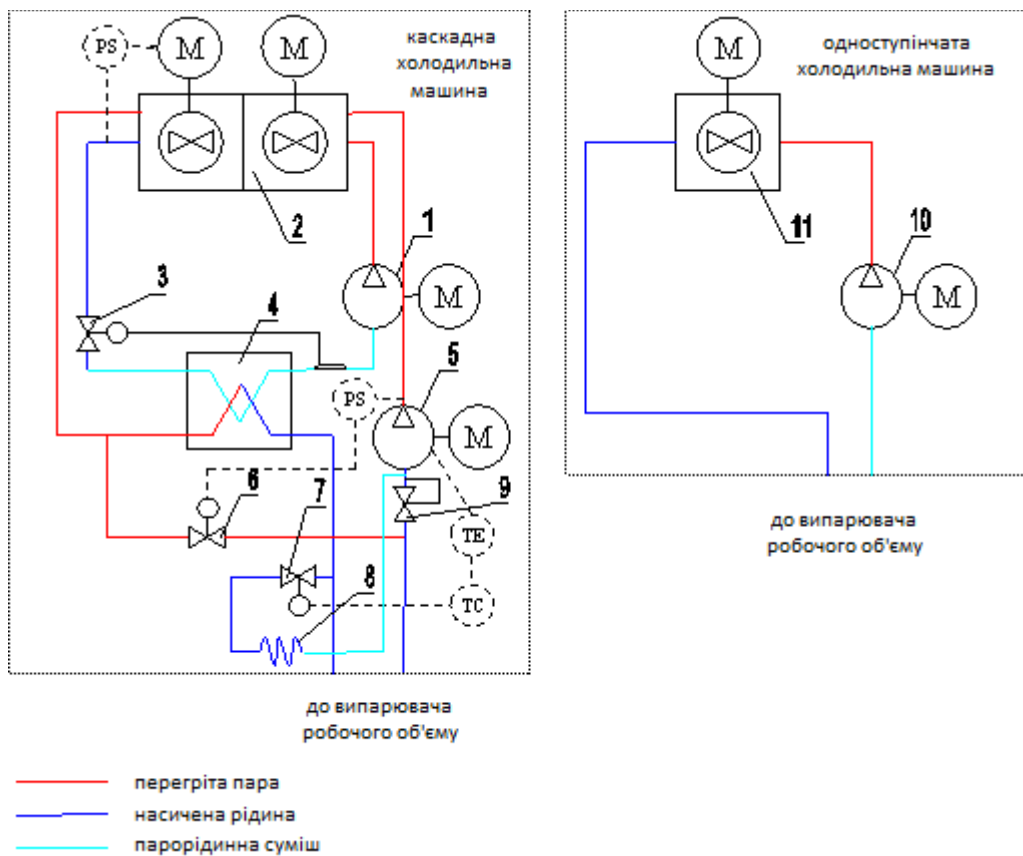


Рисунок 4.4 – Гідравлічна схема холодильних машин

Стиснутий компресором газ проходить через секцію передохолодження, що знаходиться в повітряному конденсаторі (2) першого каскаду і надходить у конденсатор-випарник (4). Якщо умови конденсації недостатні

для входу нижнього каскаду в режим і відбувається підвищення тиску вище допустимого, то по сигналу від реле тиску відкривається перепускний соленоїдний клапан (6), що перекидає гарячий газ з нагнітання на всмоктування компресора. Оскільки установка призначена для роботи в широкому діапазоні температур, не виключені режими, в яких буде спостерігатися перегрів компресора нижнього каскаду. Для того, щоб уникнути перегріву, на компресорі встановлений датчик температури, по сигналу від якого відкривається соленоїдний клапан (7), що подає рідину через капілярну трубку (8) на всмоктування компресора. У трубці газ дроселюється і википаючи у всмоктувальній порожнині компресора охолоджує його. Клапан (7) працює в режимі широтно-імпульсної модуляції за ПІД законом регулювання.

У режимі, коли каскадна машина не працює, тиск у схемі низького каскаду вирівнюється. Високий тиск у випарнику шкідливий для роботи компресора, тому його обмежує регулятор тиску в картері KVL (9).

Рідина, що утворилася в конденсаторі-випарнику, надходить у випарник, що знаходиться в робочому об'ємі (рис.4.4). Робота одноступінчастої холодильної машини відбувається наступним чином. Газ стискається компресором (10) до тиску конденсації. Проходячи через конденсатор повітряного охолодження (11) газ перетворюється на рідину, яка надходить у випарник, що знаходиться в робочому об'ємі (див. опис до рис. 4.4).

Система автоматики камери здійснює вибір пристроїв для включення залежно від уставки і фактичної температури в камері. Виділяються 6 температурних порогів, що позначаються Т1...Т6. Значення температур зазначені на рис. 4.5 праворуч уточнюються під час пусконаладжувальних випробувань та не підлягають зміні надалі.



Рисунок 4.5 – Температурні зони роботи пристроїв камери

## 5 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ МЕТРОЛОГІЧНОЇ АТТЕСТАЦІЇ КЛІМАТОКАМЕРИ КХТВ

Атестація випробувального обладнання (certification of test equipment) – визначення нормованих точнісних характеристик випробувального обладнання, їх відповідності вимогам нормативно-технічної документації та встановлення придатності цього обладнання до експлуатації.

Методика випробувань (test procedure) – організаційно-методичний документ, обов'язковий до виконання, що включає метод випробувань, засоби та умови випробувань, відбір проб, алгоритми виконання операцій з визначення однієї або декількох взаємопов'язаних характеристик властивостей об'єкта, форми подання даних та оцінювання точності, достовірності результатів, вимоги техніки безпеки та охорони навколишнього середовища.

Методика випробувань, що визначає по суті технологічний процес їх проведення, може бути оформлена в самостійному документі або в програмі випробувань, або в нормативно-технічному документі на продукцію (стандарти, технічні умови). Методика випробувань має бути атестована.

### 5.1 Аналіз існуючих недоліків при атестації кліматокамер

Аналіз стану роботи щодо забезпечення точності та відтворюваності умов випробувань на температурні впливи на різних підприємствах показав, що спостерігаються такі недоліки:

- при атестації обладнання часто не визначається одна з основних характеристик умов випробувань – похибка відтворення температури;

- перед проведенням атестації не проводяться дослідження камери з метою виявлення екстремальних точок корисного об'єму та визначення контрольних точок для розміщення датчиків температури та швидкості

повітряного потоку. Вимірювання проводяться, як правило, у восьми «кутових» точках незалежно від принципу дії та конструктивних особливостей камери;

- визначення точнісних характеристик камер проводиться в незавантажених камерах, що не дозволяє оцінити вплив випробуваного об'єкта і пристроїв його кріплення на параметри відтворюваних режимів (діапазон відтворюваних температур, похибка відтворення, нерівномірність розподілу температури по об'єму камери, швидкість руху повітряного потоку тощо);

- у протоколах та атестатах на камери не вказуються методики досліджень, на відповідність вимогам яких проводилася атестація. Записи типу «камера забезпечує проведення випробувань виробів на відповідність вимогам стандартів «Мороз 6» або «Клімат 7» позбавлені будь-якого сенсу, так як, наприклад камера не може одночасно забезпечувати швидкість руху повітряного потоку не менше 2 м/с при випробуванні не тепловиділяючої апаратури та не більше 1 м/с для тепловиділяючої апаратури;

- відсутні робочі методики атестації камер тепла і холоду, а також робочі методики проведення випробувань конкретних видів виробів;

- при атестації використовуються засоби вимірювань, що не пройшли державні випробування і не внесені до Держреєстру засобів вимірювань;

- при призначенні міжповірочних інтервалів для засобів вимірювань та періодичності атестації камер не враховуються «запаси по точності» кожного з контрольованих параметрів та швидкість їхнього дрейфу.

## 5.2 Організаційно-методичні основи розробки методики метрологічної атестації кліматокамери КХТВ

Методики випробувань встановлюють правила визначення однієї чи кількох характеристик об'єкта випробувань. Методики можуть бути

типовими і робочими.

Типова методика випробування розробляється для продукції одного типу і повинна містити загальні вимоги до проведення випробувань, а також загальні вимоги до змісту робочих методик випробувань.

Робоча методика розробляється для випробування певного виду продукції чи окремого виробу. Вона встановлює конкретні вимоги до засобів, умов, процедури випробувань. Вона розробляється з урахуванням властивостей конкретних типів або екземплярів засобів вимірювань і випробувального обладнання, метрологічні характеристики яких будуть використані при її атестації. Тому в робочих методиках вказують конкретні засоби випробування та їх характеристики, у тому числі засоби випробування. У методиках, оформлених у вигляді науково-технічних документів, вказуються конкретні типи засоби вимірювання з числа минулих державних випробувань. Методика випробувань має бути атестована. Під атестацією методики випробувань розуміють встановлення фактичних значень показників точності, достовірності та відтворюваності результатів випробувань, проведених у відповідності з цією методикою. Атестацію методик випробувань проводять за програмою. Програма атестації повинна включати розрахункове або експериментальне визначення значень показників точності, що забезпечуються методикою, відтворюваності результатів випробувань, перевірку цілеспрямованості і достатності застосованих методів і засобів випробувань і т.д. Методики випробувань повинні передбачати застосування випробувального обладнання, що пройшло атестацію, і засобів вимірювань, як вбудованих у випробувальне обладнання, так і застосовуваних окремо.

Документи, що регламентують методи атестації випробувального обладнання, повинні включати:

– номенклатуру характеристик обладнання, що підлягають оцінці під час атестації;

- найменування та послідовність здійснюваних операцій;
- вимоги до засобів вимірювань;
- критерії встановлення придатності обладнання для експлуатації;
- методи обробки, оцінки та оформлення результатів атестації.

Атестації підлягає випробувальне обладнання, що відтворює нормовані зовнішні впливи, фактори та навантаження.

Цілі атестації: визначити точнісні характеристики обладнання, їх відповідність вимогам НТД і встановити придатність обладнання до експлуатації. До нормованих точнісних характеристик відносяться характеристики, що визначають можливість обладнання відтворювати і підтримувати умови випробувань в заданих діапазонах з необхідною точністю і стабільністю протягом заданого терміну. Атестації підлягають дослідні зразки обладнання, що серійно випускається, одиничні та імпорتنі зразки.

До експлуатації у народному господарстві допускається випробувальне обладнання, визнане за результатами атестації придатним до застосування. Випробувальне обладнання піддається первинній, періодичній та позачерговій атестації.

Ці види атестації проводяться для випробувального обладнання:

- загальнопромислового застосування відповідно до державних стандартів або методик;
- галузевого застосування відповідно до галузевої НТД;
- спеціального застосування за методиками організацій, що застосовують це обладнання, затвердженим головним міністерством.

При первинній атестації встановлюються можливості випробувального обладнання відтворювати і підтримувати умови випробувань, визначаються дійсні значення нормованих точнісних характеристик, похибки вимірювань, складають перелік характеристик, що підлягають контролю при експлуатації, встановлюють періодичність наступних атестацій, перевіряють виконання

вимог безпеки та охорони навколишнього середовища.

Періодичну атестацію проводить сам випробувальний підрозділ у терміни та обсягах, встановлених при первинній атестації. За погодженням з головною організацією доповнюються обмеження обсягу періодичної атестації.

Позачергова атестація проводиться при введенні в експлуатацію випробувального обладнання після транспортування і тривалого зберігання, після ремонту, переробки фундаменту, при поліпшенні якості продукції або за вказівкою представників Держстандарту, що здійснюються перевірку підприємств. Випробувальне обладнання, визнане внаслідок періодичної або позачергової атестації непридатним або таким, що не пройшло атестацію у встановлений термін, забороняється до застосування. Слід зазначити, що перевірці можуть піддаватися не всі технічні характеристики, встановлені в документації на випробувальне обладнання, а тільки ті з них, які забезпечують нормальне та безпечне його функціонування та придатність до використання.

### 5.3 Умови атестації

Атестацію необхідно проводити за таких умов довкілля:

- температура повітря 283-303 К (10–30 °С);
- відносна вологість 45–80%;
- атмосферний тиск 840–1060 ГПа, якщо інші умови не встановлені в нормативно-технічній чи експлуатаційній документації на камери або засоби вимірювання.

Напруга живлення повинна бути  $(220 \pm 10)$  В або  $(380 + 20)$  В, частота живлення повинна бути  $(50 \pm 1,0)$  Гц, якщо інші вимоги не встановлені в нормативно-технічній чи експлуатаційній документації на камери або засоби вимірювань.

#### 5.4 Засоби атестації

Засоби вимірювань, що застосовуються при атестації, повинні пройти державну або відомчу повірку за ГОСТ 8.002-71 та мати свідоцтва про повірку (протоколи, тавра) з невичерпаним терміном дії. Нестандартизовані засоби вимірювання повинні бути атестовані або повірені за ГОСТ 8.326-78.

Гранично допустима похибка вимірювань температури повітря в камерах за допомогою засобів вимірювань, що застосовуються при атестації, не повинна перевищувати  $1/5$  відхилення температури від заданого (нормованого) значення, встановленого НТД на камери та (або) в нормативно-технічній чи експлуатаційній документації на методи випробувань продукції та регламентованої в програмі атестації (ПА).

Гранично допускається похибка вимірювання температури стінок робочого об'єму камер з допомогою засобів вимірювань, що застосовуються при атестації, не повинна перевищувати  $1/3$  допустимої різниці між температурою стінок і температурою повітря в корисному об'ємі камер, регламентованою в ПА.

Для визначення швидкості циркуляції повітря в корисному об'ємі камери застосовують анемометри з межею вимірювань  $1-3$  м/с і похибкою не більше  $\pm 10\%$ .

Для забезпечення вимірювання з похибками, встановленими вище, наявними засобами вимірювань недостатньої точності допускається розробляти і включати в ПА методики, що регламентують способи підвищення точності засобів, вимірювань та (або) методи, засоби та алгоритм виконання вимірювань.

Якщо вибрані засоби і методи вимірювання не забезпечують вимоги, допускається збільшувати встановлені вище гранично припустимі похибки вимірювання таким чином, щоб значення точнісних характеристик, отримані при атестації, з урахуванням похибок їх визначення задовольняли вимогам

нормативно-технічної чи експлуатаційної документації на камери і (або) НТД на методи випробування продукції, залежно від того, що регламентовано в ПА.

У цьому випадку ПА повинна містити методику виконання вимірювань, розроблену та атестовану за ГОСТ 8.010-72 та ГОСТ 8.207-76.

Як первинні вимірювальні перетворювачі (ПВП) засобів вимірювання температури рекомендується застосовувати платинові елементи термоперетворювача опору. Коефіцієнт теплової інерції термоперетворювачів не повинен перевищувати 10 с за ГОСТ 6651-94, якщо інша вимога не встановлена в ПА.

Як вимірювальні прилади засобів вимірювання температури повітря застосовують одноканальні або багатоканальні реєструючі прилади. Число багатоканальних реєструючим приладів з циклічним опитуванням каналів вибирають з умови забезпечення в одному каналі, призначеному для вимірювання температури у точці корисного об'єму камери, не менше десяти реєстрацій температури за один період її коливань, якщо інша умова не встановлено в ПА.

При періодичній і позачерговій атестаціях допускається застосовувати показують вимірювальні прилади, якщо в НТД або експлуатаційній документації на камеру або в результаті первинної атестації встановлено, що максимальна амплітуда коливань температури в точках поля того об'єму камери не перевищує 0,5 К протягом 1 год при режимі, що встановився. При цьому за час необхідний для визначення точнісних характеристик, повинно бути забезпечено не менше десяти рівновіддалених за часом вимірювань температури в контрольній та екстремальних точках, якщо інша вимога не встановлено в ПА.

Для визначення температури стінок камери рекомендується застосовувати неавтоматичні потенціометри та мости постійного струму.

Допускається застосовувати також інші засоби вимірювань, регламентовані в ПА, похибки яких у конкретних діапазонах температур дозволяють забезпечити необхідні вимоги.

Номенклатура точнісних характеристик камер, що підлягають оцінці та контролю при атестації, а також методи та способи їх визначення повинні забезпечувати можливість встановлення відповідності точнісних характеристик НТД на камери та придатність камер до застосування для випробовувань продукції. При цьому номенклатуру точнісних характеристик встановлюють в ПА (табл. 5.1).

Якщо в НТД або експлуатаційній документації на камери встановлені інші точнісні характеристики, їх додатково включають в ПА.

Якщо на камери не встановлені точні характеристики за пп. 1–6 табл. 5.1, їх допустимі значення визначають при первинній або при позачерговій атестації камер, що проводиться за програмою первинної атестації, і вносять в ТУ на камери.

Допустимі значення характеристик, перерахованих у пп. 7 та 8 табл. 5.1 визначають і вносять в ТУ та експлуатаційну документацію на камери при первинній атестації.

При визначенні придатності камер до застосування для випробувань продукції номенклатуру точнісних характеристик, що підлягають оцінці та контролю, їх допустимі значення встановлюють у ПА виходячи з вимог НТД на методи випробування продукції наступним чином.

З-поміж точнісних характеристик, перерахованих у табл. 5.1, в ПА включають тільки ті характеристики і визначають їх при тих значеннях температури, які необхідні для оцінки можливості камер відтворювати умови випробувань конкретних видів, передбачені в НТД на методи випробувань цієї продукції.

Таблиця 5.1 – Номенклатура точнісних характеристик

№ п/п	Найменування характеристики	Обов'язковість визначення характеристики при атестації		
		первинній	періодичній	позачерговій
1	Діапазон та значення відтворюваної температури та вологості	+	+	+
2	Час досягнення граничних значень відтворюваної температури та вологості	+	+	+
3	Нерівномірність розподілу температури та вологості в корисному об'ємі камери	+	+	+
4	Характеристики коливань температури та вологості у точках корисного об'єму камери	+	+	+
5	Відхилення температури та вологості в корисному об'ємі камери від заданого значення	+	+	+
6	Похибка вимірювального пристрою камери	+	+	+
7	Відносна різниця між температурою стінок та температурою повітря у корисному об'ємі камери	+	+	+
8	Швидкість циркуляції повітря в корисному об'ємі камери	+	+	+

Якщо в НТД на методи випробувань продукції встановлені додаткові вимоги і характеристики камер (ступінь чорноти стінок, допустимі значення основних точнісних характеристик при тепловиділеннях і розміщенні виробів, що випробовуються в камерах, швидкість зміни відтворюваної температури та інші характеристики умов випробувань продукції конкретних видів), їх також включають до ПА.

Якщо камера не забезпечує вимоги, регламентовані в НТД на методи випробувань продукції конкретних видів, допускається зменшувати габаритні розміри корисного об'єму, а також проводити налаштування

вимірювальних пристроїв камери та вводити поправку до показань вимірювальних приладів. У цьому випадку атестацію проводять після виконання необхідних підготовчих робіт і визначають відповідність змінених характеристик камер вимогам, встановленим у НТД на методи випробувань продукції.

Під час проведення атестації камер виконують операції, зазначені у табл. 5.2. Перелік операцій, що виконуються відповідно до табл. 5.2 під час проведення атестації, встановлюють у ПА.

Таблиця 5.2 – Перелік операцій, що проводяться при атестації

Найменування операції	Обов'язковість проведення операції при атестації		
	первинній	періодичній	позачерговій
Вибір засобів вимірювань, які застосовуються при атестації	+	+	+
Підготовка до атестації	+	+	
Зовнішній огляд	+	+	+
Опробування	+	+	+
Випробування для визначення швидкості циркуляції повітря у корисному об'ємі	+	+	+
Випробування для визначення точнісних характеристик при граничних значеннях температури	+	+	+
Випробування для визначення точнісних характеристик при проміжних значеннях температури	+	+	+
Обробка результатів вимірювань	+	+	+
Визначення точнісних характеристик	+	+	+
Оформлення результатів атестації	+	+	+

Засоби вимірювань, що застосовуються при атестації, повинні пройти державну або відомчу повірку та мати свідоцтво про повірку.

Гранично допустима похибка вимірювань температури повітря в камерах за допомогою засобів вимірювань, що застосовуються при атестації, не повинна перевищувати  $1/5$  відхилення температури від заданого (нормованого) значення, встановленого в НТД на камери або НТД на методи випробувань продукції та  $1/3$  допустимої різниці між температурою стінок і температурою повітря в корисному об'ємі камер, регламентованою в ПА.

Засоби вимірювання, рекомендовані при атестації камер, наведені в табл. 5.3.

Як вимірювальні прилади засобів вимірювань температури повітря застосовують одноканальні або багатоканальні реєструючі прилади. Число багатоканальних реєструючих приладів з циклічним опитуванням каналів потрібно вибирати з умови забезпечення в одному каналі, призначеному для вимірювання температури в точці корисного об'єму камери, не менше десяти реєстрацій температури за один період її коливань.

Таблиця 5.3 – ЗВТ, рекомендовані при атестації

Найменування засобу	Межі вимірюваної величини	Клас точності, похибка вимірювання	Призначення при атестації камери	Стандарти, що встановлюють вимоги до засобів вимірювань
1	2	3	4	5
Платиновий елемент опору ЭСП-01-100П	73–773 К (–200... +500 °С)	Клас I	Вимірювання температури у корисному об'ємі камери	ГОСТ 6651-78
Термоперетворювач ТСП-093-100П	173–873 К (–100... +600 °С)	Клас II	Вимірювання температури поверхні стінок камери	ГОСТ 6651-78
Автоматичний зрівноважений міст типу КСМ-4**	223–323 К	Клас 0,25	Автоматичний запис вимірюваної температури	ГОСТ 7164-78

## Продовження таблиці 5.3

1	2	3	4	5
Одинарно-подвійний міст типу МОД-61	$10^{-8}$ – $10^8$ Ом	Клас 0,05	Непряме вимірювання температури стінок камери; вимірювання опору лінії зв'язку термоперетворювача з реєструючим приладом; градуювання мосту типу КСМ-4 та повірка вимірювального приладу як магазину опору класу 0,02	
Повітряний терморезисторний анемометр типу АВТ-1	3 м/с	Похибка $\pm 10\%$	Вимірювання швидкості циркуляції повітря	
Магазин опору типу МСР-60М	До 11111,1 Ом	Клас 0,02	У схемі вимірювання температури мостом типу КСМ-4	ГОСТ 5.1394-72
Термісторний датчик вологості SHT21	Вологість: 0 %RH - 100 %RH (8–12 біт) Температура: –40...+125 °C (11–14 біт)	Клас I	Вимірювання вологості у корисному об'ємі камери	ГОСТ 6651-78
Мікровольт-амперметр типу Р-325			Як нуль-індикатор разом з мостом типу МОД-61	
Установка типу УТТ-6а			Індивідуальне градуювання термоперетворювачів	

\* Похибку визначають при індивідуальному градуюванні.

\*\* Міст типу КСМ-4 індивідуально градуюють для вимірювання в діапазоні температур 168-633 К (–105...+360 °С) з піддіапазонами (шкалами), що перемикаються, через 10 К, в діапазоні 168-378 К (–105...+105 °С) з граничною похибкою вимірювання 0,1 К і через 20 К – в діапазоні 373-633 К (100-360 °С) з граничною похибкою 0,2 К.

Напруга живлення: (200 $\pm$ 10) або (380 $\pm$ 20) В; частота живлення: (50 $\pm$ 1,0) Гц.

При періодичній і позачергових атестаціях допускається застосовувати показуючі вимірювальні прилади, якщо в НТД на камеру встановлено, що максимальна амплітуда коливань в точках корисного об'єму камери не перевищує 0,5 К протягом 1 год при режимі, що встановився. При цьому за час, необхідний для визначення точнісних характеристик, повинно бути забезпечено не менше десяти рівновіддалених за часом вимірювань температури в контрольній та екстремальних точках.

Для визначення температури стінок камери застосовують неавтоматичні потенціометри і мости постійного струму.

Під час підготовки та проведення атестації необхідно дотримуватись вимог безпеки та виробничої санітарії, встановлених у НТД або експлуатаційній документації на камери та засоби вимірювань.

ПВП засобів вимірювань температури повітря, застосовуваних при атестації, розміщують в екстремальних точках корисного об'єму камери та контрольній точці, розташованій поруч з ПВП вимірювального пристрою камери. ПВП закріплюють або підвішують будь-яким способом, що не порушує тепловий режим вимірювань і забезпечує розміщення осі чутливого елемента паралельно основному напрямку повітряного потоку, а при необхідності вимірювання температури стінок закріплюють в геометричному центрі кожної стінки камери за допомогою теплопровідної замазки або будь-яким іншим способом, що забезпечує їх тепловий контакт із стінкою.

ПВП захищають від впливу теплового випромінювання екранами і підключають до вимірювальних приладів за допомогою сполучних проводів через шлюзи або отвори, що заглушуються в камері. Схеми підключення по експлуатаційній документації на вимірювальні прилади та НТД на камери. ПВП анемометра повинен бути розміщений у геометричному центрі робочого об'єму та екстремальних точках корисного об'єму камери. Його чутливий елемент повинен бути орієнтований до повітряного потоку відповідно до експлуатаційної документації на анемометр. Кріплення у

місцях розміщення здійснюють без порушення розподілу повітряних потоків у камері.

Готують анемометр, допоміжне обладнання, пристрої та вимірювальні прилади, що застосовуються при атестації, відповідно до експлуатаційної документації на них.

Після закінчення підготовчих робіт проводять зовнішній огляд, при якому перевіряють:

- відповідність зовнішнього вигляду та комплектність камери та її складальних одиниць НТД на камеру;
- відповідність маркування камери даним, зазначеним у формулярі (паспорті);
- правильність встановлення та закріплення камери;
- наявність свідоцтв про перевірку вимірювальних приладів, що входять в комплект камери, що засвідчують їх придатність і термін чергової перевірки.

До атестації не допускаються камери, укомплектовані вимірювальними приладами, не атестованими та не повіреними у встановлений термін.

При позитивних результатах зовнішнього огляду проводиться опробування відповідно до вимог, норм та методів, встановлених у НТД на камеру.

Перевіряють включення, вимкнення та функціонування камер; працездатність органів управління та регулювання; спрацювання теплового захисту, аварійної сигналізації та блокування; функціонування індикаторних та освітлювальних пристроїв; опір ізоляції струмопровідних частин камери; правильність та надійність заземлення; дотримання вимог безпеки та умов атестації.

З метою отримання даних, необхідних для визначення основних точнісних характеристик, перерахованих у пп. 1–7 табл. 5.1 випробування камер проводять при граничних і проміжних значеннях відтворюваної температури.

Випробування для визначення швидкості циркуляції повітря в корисному об'ємі камери здійснюють при нормальних кліматичних умовах при включених системах циркуляції повітря і пристрої регулювання температури. Вимірювання за допомогою анемометра проводять послідовно в точках корисного об'єму камери, де розміщений ПВП анемометра.

Число вимірювань у кожній точці має бути не менше трьох. Для камер, що мають кілька ступенів регулювання швидкості циркуляції повітря, вимірювання проводять окремо на всіх ступенях.

Результати вимірювань оформляють як таблиці.

Випробування при граничних значеннях температури проводять у такий спосіб. Вмикають камеру. За допомогою пристроїв, що задають і реєструють, забезпечують отримання в ній базової температури  $(293\pm 2)$  К,  $(20\pm 2)$  °С.

Задане значення базової температури, що відтворюється в камері, і момент досягнення режиму, що встановився, визначають за показаннями засобів вимірювань, застосовуваного при атестації, ПВП якого розміщені в контрольній точці.

Не менш ніж через 0,5 год після досягнення значення базової температури включають секундомір, за допомогою задаючих і реєструючих пристроїв забезпечують отримання в камері граничного значення температури відповідно до НТД і визначають його за показаннями засобів вимірювання температури. За допомогою секундоміра та засобів вимірювань визначають час досягнення режиму, що встановився, при заданому граничному значенні температури. Результати вимірювань також записують у таблицю.

Через 0,5 год після досягнення граничного значення температури, якщо інший час досягнення режиму, що встановився, не встановлено в НТД або експлуатаційній документації на камеру або в ПА, вимірюють і реєструють

температуру в точках корисного об'єму і знімають показання вимірювального приладу камери.

Вимірювання проводять протягом 30 хв або трьох періодів коливань температури в залежності від того, що триваліше.

Якщо в НТД на камеру встановлено, що максимальна амплітуда коливань температури не перевищує 0,5 К протягом 1 год при встановленому режимі, при періодичній і позачерговій атестаціях виконують не менше десяти рівновіддалених за часом вимірювань у кожній точці. В іншому випадку виконують не менше десяти рівновіддалених за часом вимірювань за один період коливань температури в кожній точці. Показання вимірювального приладу камери знімають не менше десяти разів через рівні проміжки часу за весь час вимірювань.

### 5.5 Обробка результатів випробувань

При обробці результатів випробувань використовують результати спостережень, отримані при режимі, що встановився.

Результати вимірювань обробляють у такому порядку: за значення швидкості циркуляції повітря у точці корисного об'єму камери приймають середнє арифметичне значення результатів спостережень у цій точці, що виконується за формулою

$$\bar{v} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k v_{ij},$$

де  $j$  – номер номер об'єму камери, в якій проводилися вимірювання швидкості циркуляції повітря ( $j = 1, \dots, n$ );

$n$  – число точок;

$i$  – номер вимірювання ( $i = 1, \dots, k$ );

$k$  – число вимірювань;

$v_{ij}$  – швидкість циркуляції повітря, що визначається в  $j$ -й точці при  $i$ -му вимірюванні.

За значення температури повітря в точці об'єму камери, отримане за допомогою засобів вимірювань, що застосовуються при атестації, приймають середнє арифметичне значення результатів спостережень у цій точці, що обчислюється за формулою

$$\bar{t}_j = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k t_{ij},$$

де  $j$  – номер точки об'єму камери, в якій проводилися вимірювання температури ( $j = 1, \dots, n$ );

$t_{ij}$  – температура, що визначається в  $j$ -й точці при  $i$ -му вимірюванні.

За значення температури повітря в об'ємі камери, отримане за допомогою вимірювального пристрою камери, приймають середнє арифметичне значення показань вимірювального приладу, що обчислюється за формулою

$$\bar{t}^{np} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k t_i^{np},$$

де  $t_i^{np}$  – показ вимірювального приладу камери при  $i$ -му вимірюванні.

За значення температури стінки робочого об'єму камери приймають середнє арифметичне значення результатів спостережень, що обчислюється за формулою

$$\bar{t}_g^{cm} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k t_{ig}^{cm},$$

де  $g$  – номер стінки ( $g = 1, \dots, G$ );

$G$  – число стінок;

$t_{ig}^{cm}$  – температура в геометричному центрі  $g$ -ї стінки при  $i$ -му вимірюванні.

Точнісні характеристики камер визначають наступним чином.

Швидкість циркуляції повітря в корисному обсязі камери визначають за формулою

$$v_{\max} = \max(\bar{v}_j) \text{ або } v_{\min} = \min(\bar{v}_j).$$

Нерівномірність розподілу температури у корисному обсязі камери визначають за формулою

$$t_{\text{нен}} = t_{j \max} - t_{j \min},$$

де  $t_{j \max}$ ,  $t_{j \min}$  – максимальне та мінімальне значення температури в екстремальних точках корисного об'єму камери.

За період коливань температури камери приймають мінімальний час між двома включеннями регулюючого пристрою камери, знайдений не менше ніж з трьох циклів автоматичного регулювання

$$T_{ka} = \min_q (T_q^{ka}),$$

де  $q$  – число циклів автоматичного регулювання ( $q = 1, \dots, Q$ ).

За значення амплітуди коливань температури в екстремальних точках корисного об'єму камери приймають значення, що обчислюються за формулою:

$$a_{j \max} = (\overline{t_{j \max}} - \overline{t_{\max}})\psi_1, \quad a_{j \min} = (\overline{t_{j \min}} - \overline{t_{\min}})\psi_2,$$

де  $t_{j \max}$ ,  $t_{j \min}$  – максимальне та мінімальне значення температури в екстремальних точках;

$\psi_1, \psi_2$  – коефіцієнти, що враховують динамічну похибку вимірювань  $t_{j \max}$  і  $t_{j \min}$  відповідно:

$$\psi_1 = \sqrt{1 + 4\pi^2 \frac{\varepsilon_{c_1}^2}{T_{ка}^2}}, \quad \psi_2 = \sqrt{1 + 4\pi^2 \frac{\varepsilon_{c_2}^2}{T_{ка}^2}},$$

де  $\varepsilon_{c_1}, \varepsilon_{c_2}$  – показники теплової інерції ПВП для швидкості повітряного потоку в екстремальних точках.

За відхилення температури у корисному обсязі камери від заданого значення приймають:

$$\Delta T_1 = \overline{t_{j \max}} - \overline{t_{jk}} = \frac{t_{нен}}{2} - (\bar{t} - \overline{t_{jk}}),$$

$$\Delta T_2 = \overline{t_{jk}} - \overline{t_{j \min}} = \frac{t_{нен}}{2} - (\bar{t} - \overline{t_{jk}}),$$

де  $\overline{t_{jk}}$  – значення температури у контрольній точці, що приймається за задане;

$\bar{t}$  – середнє арифметичне значення температури в екстремальних точках, що визначається за формулою

$$\bar{t} = \frac{t_{j \max} + t_{j \min}}{2}.$$

За максимальне та мінімальне миттєві відхилення температури в корисному об'ємі камери від заданого значення приймають

$$\Delta T_1 = a_{j \max} + \Delta T_1,$$

$$\Delta T_2 = a_{j \min} + \Delta T_2.$$

Похибку вимірювального пристрою камери обчислюють за формулою

$$\Delta_{en} = \max(|\Delta_{np}|, |\overline{t_{np}} - \overline{t_{jk}}|),$$

де  $\Delta_{np}$  – межа допустимої абсолютної похибки вимірювального приладу камери, встановленої в НТД або експлуатаційній документації на прилад;

$\overline{t_{np}}$  – середнє значення показань вимірювального приладу камери.

Різницю між значенням температури, встановленим на задаючому пристрої камери, і температурою в контрольній точці обчислюють за формулою

$$\Delta_{zn} = t_{zn} - t_{jk},$$

де  $t_{zn}$  – значення температури, встановлене на задаючому пристрої камери.

Відносну різницю між температурою стінок та температурою повітря в корисному об'ємі камери у відсотках обчислюють за формулою

$$\Delta t_{ce} = \max \left| \frac{t_j - t_{\hat{a}}}{t_{\hat{a}}} \right| \cdot 100,$$

де  $t_{\hat{a}}$  – середнє арифметичне значень температури в точках корисного об'єму:

$$\overline{t_e} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n t_j.$$

Поправку до показань вимірювального приладу камери, що допускається для використання при експлуатації камер у міжтестастійний період, обчислюють за формулою

$$\Delta = t_{jk} - \overline{t_e}.$$

Результати атестації подають у вигляді висновку про відповідність або невідповідність характеристик, отриманих під час атестації, зовнішнього вигляду, комплектності та технічного стану камери вимогам, встановленим у ПА. У разі позитивного висновку оформлюють атестат, а на камері прикріплюють етикетку із зазначенням дати атестації та строку чергової атестації.

### 5.6 Проведення атестації

Лабораторна установка для проведення атестації має такий склад:

- камера типу КТХВ;
- термопари хромель-копелеві ТХК – 4 шт.;
- термісторний датчик вологості SHT21 – 4 шт.;
- потенціометр ПП-63 із нормальним елементом;
- прилад комбінований цифровий Щ 4300;
- термометр лабораторний ТЛ; перемикач П.

Потенціометр ПП-63, термопари хромель-копелеві, датчики вологості та перемикач складають засіб вимірювання (ЗВТ).

Структурну схему лабораторної установки наведено на рис. 5.1.

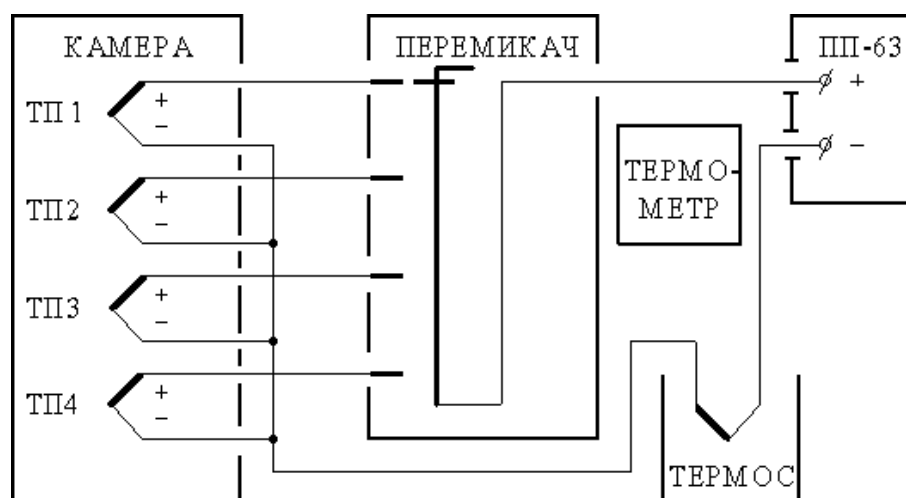


Рисунок 5.1 – Структурна схема лабораторної установки

Термопари як ПВП розміщені у точках корисного об'єму камери на відстані 75...100 мм від стінок. У камері типу КХТВ розміщено чотири термопари, три з яких – у вимірювальних точках, одна – в контрольній точці безпосередньо біля ПВП вимірювального пристрою камери. Кількість ПВП та їх розташування визначені експериментально. Схема розташування ПВП у камері наведено на рис. 5.2. ПВП закріплені так, що вісь була паралельна основному напрямку повітряного потоку і не було зіткнення спаїв з елементами конструкції камери. Термопари підключені до потенціометра, враховуючи полярність, за допомогою термоелектродних проводів і перемикача через отвір, який заглушується.

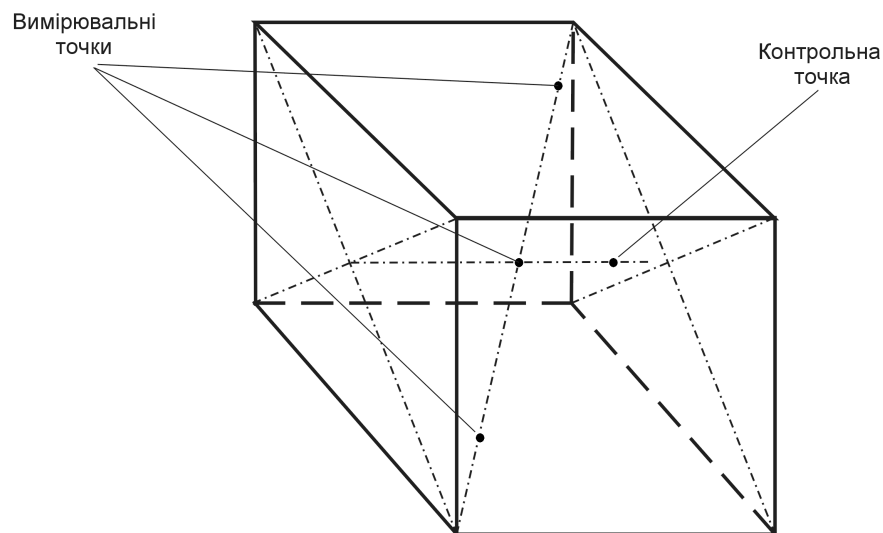


Рисунок 5.2 – Схема розташування ПВП в камері КХТВ

Для врахування температури довкілля використовують компенсаційну термопару, яку розміщують у термосі з льодом. Допустимо проводити вимірювання температури в камері без компенсаційної термопари. При цьому вимірюють температуру довкілля лабораторним термометром з ціною поділки не більше  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , який розміщують біля місця підключення термоелектродних проводів до затискачів потенціометра.

Задачі атестації:

5.6.1 Визначити діапазон та значення температури, що відтворюється.

5.6.2 Визначити час досягнення граничних значень відтвореної температури.

5.6.3 Визначити нерівномірність розподілу температури у корисному об'ємі камери.

5.6.4 Визначити відхилення температури у корисному об'ємі камери від значення, яке задається

5.6.5 Визначити похибку вимірювального пристрою камери.

5.7 Методика проведення атестації камери

5.7.1 Під час підготовки до атестації збирають лабораторну установку за схемою, наведеною на рис. 5.1. Налаштовують та готують до роботи камеру та засоби вимірювання відповідно до інструкцій з їх експлуатації. Якщо температуру навколишнього середовища вимірюють лабораторним термометром, значення температури переводять в мілівольти по градууювальній таблиці (додаток Б) для застосованого типу термопар. Потім, в процесі вимірювання температури в об'ємі камери, підсумовують значення температури навколишнього середовища, яка виражена в мілівольтах, з показаннями потенціометра ПП-63.

5.7.2 При зовнішньому огляді камери перевіряють таке:

- відповідність зовнішнього вигляду камери вимогам НТД;
- відповідність комплектності камери технічному паспорту;
- відповідність маркування камери вимогам технічного паспорта;
- наявність заземлення;
- наявність свідчень (протоколів) про повірку вимірювальних приладів камери.

5.7.3 Випробування проводять відповідно до вимог, норм та методів, встановлених у технічному паспорті на камеру. При випробуванні перевіряють таке:

- можливість включення, вимикання та функціонування камери;
- працездатність органів управління та регулювання;
- спрацювання теплового захисту, аварійної сигналізації та блокування;
- функціонування індикаторного та освітлювального обладнання;
- правильність та надійність заземлення;
- дотримання вимог безпеки та умов атестації.

Вимоги безпеки встановлюються технічним паспортом на камеру та засоби вимірювання.

5.7.4 Для проведення випробувань з п.п. 5.6.1 та 5.6.2 включають камеру. За допомогою приладів регулювання забезпечують у ній базову температуру 20 °С. Значення відтворюваної базової температури визначається не раніше, ніж через півгодини після досягнення постійного режиму за допомогою потенціометра ПП-63 і термопари (далі засіб вимірювання температури, а також вимірювальним приладом камери. Показання задаючого та вимірювального приладів камери, а також лабораторного термометра реєструють одночасно. Якщо показання приладів камери і засобу вимірювання температури збігаються (в межах похибки приладу камери), продовжують операції атестації.

За допомогою задаючих і регулюючих приладів камери забезпечують в ній одне з граничних значень температури (від'ємної). За допомогою секундоміра та за показом у контрольній точці визначають час досягнення постійного режиму.

Не раніше, ніж через півгодини після досягнення граничного значення негативної температури, визначають період коливань температури в камері і розраховують інтервал часу зняття показань. Період коливань температури в камері визначають за допомогою секундоміра, для чого фіксують час між

включеннями регулюючого приладу камери. За період коливань температури  $T_K$  приймають мінімальний час між двома включеннями регулюючого приладу камери та досягненням температури встановленого значення, що визначається з не менше ніж трьох циклів автоматичного регулювання. Інтервал часу зняття показань розраховують за формулою

$$t_{II} = \frac{\sum_{i=1}^3 T_{ki}}{10}. \quad (5.1)$$

Якщо сумарна тривалість трьох періодів коливань менша 30 хвилин, вимірюють температуру в точках корисного об'єму камери через рівні проміжки часу тривалістю 3 хвилини протягом 30 хвилин (10 вимірювань). При цьому реєструють показання засобу вимірювання температури та вимірювального приладу камери. Результати вимірювань заносять до протоколу, який має форму, наведену в додатку А. Атестацію камери при граничних значеннях позитивної температури проводять аналогічно.

Якщо різниця між показаннями засобу вимірювання температури та вимірювального приладу камери з урахуванням похибок останнього не перевищує допустимого відхилення, яке відповідає граничним значенням температури, то придатність камери для випробувань поширюється на всі проміжні значення температур.

Якщо результати вимірювань не відповідають встановленим вимогам, проводять випробування камери для проміжних значень температури, які встановлені в НТД на методи випробувань продукції.

5.7.5 Визначення характеристик камери за п.п. 5.6.1...5.6.5 здійснюється шляхом обробки результатів вимірювань, які проводились у п. 5.6.4 та занесені до протоколу (додаток В).

За значення температури повітря в точці об'єму камери, отриманого за допомогою засобу вимірювання температури, приймають середнє арифметичне результатів спостереження в цій точці

$$\bar{t}_j = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k t_{ij}, \quad (5.2)$$

де  $j$  – номер контрольної точки об'єму камери, в якій вимірювалася температура ( $j = 1, \dots, n$ );

$n$  – кількість контрольних точок;

$i$  – номер спостереження (вимірювання);

$k$  – кількість спостережень (вимірювань);

$t_{ij}$  – значення температури, яка визначається в  $j$ -й точці при  $i$ -му спостереженні.

За значення температури повітря в камері  $\bar{t}_{np}$ , яка визначається вимірювальним приладом камери, приймається середнє арифметичне показання вимірювального приладу камери

$$\bar{t}_{np} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k t_{npi}, \quad (5.3)$$

де  $t_{npi}$  – показання вимірювального приладу камери при  $i$ -му спостереженні.

Нерівномірність розподілу температури в корисному обсязі камери визначається за такою формулою

$$t_n = \bar{t}_{j_{\max}} - \bar{t}_{j_{\min}}, \quad (5.4)$$

де  $\bar{t}_{j_{\max}}, \bar{t}_{j_{\min}}$  – значення температури в екстремальних точках корисного об'єму камери.

Відхилення температури в корисному об'ємі камери від значення, яке задається, обчислюється за формулами

$$\Delta t_1 = \bar{t}_{j\text{макс}} - t_{zn} = \frac{t_H}{2} + (\bar{t} - t_{zn}), \quad (5.5)$$

$$\Delta t_2 = t_{zn} - \bar{t}_{j\text{мін}} = \frac{t_H}{2} - (\bar{t} - t_{zn}), \quad (5.6)$$

де  $t_{zn}$  – значення температури в контрольній точці, яке приймається за задане;

$\bar{t}$  – середнє арифметичне температури в екстремальних точках

$$\bar{t} = \frac{\bar{t}_{j\text{макс}} + \bar{t}_{j\text{мін}}}{2}.$$

Похибку вимірювального приладу камери визначають за формулою

$$\Delta_{ВП} = |\bar{t}_{np} - \bar{t}_j| \leq \Delta_{np\text{макс}}, \quad (5.7)$$

де  $\Delta_{np\text{макс}}$  – межа допустимої абсолютної похибки вимірювального приладу камери, яка наведена в НТД на камеру;

$\bar{t}_{np}$  – середнє значення показань вимірювального приладу камери.

Різницю між значенням температури, яка встановлена на задаючому приладі камери  $t_{zn}$  і значенням температури в контрольній точці знаходять за формулою

$$\Delta_{zn} = t_{zn} - \bar{t}_j. \quad (5.8)$$

5.7.6 За результатами атестації камери робляться висновки про відповідність або невідповідність перевірених при атестації точнісних

характеристик, зовнішнього вигляду, комплектності та технічного стану камери вимогам, які встановлені в НТД або програмі атестації.

Результати атестації оформлюють протоколом атестації.

За позитивних результатів атестації видається атестат. Форму протоколу атестації наведено у додатку Д.

## ВИСНОВКИ

При проведенні випробувань необхідно забезпечити їхню єдність, тобто необхідну точність, відтворюваність та достовірність результатів випробувань. Забезпечення єдності випробувань спрямоване на усунення розбіжностей у результатах повторних випробувань у постачальника та споживача та скорочення обсягу повторних випробувань. При цьому головною метою випробувань є безумовна достовірність і повнота одержуваної при випробуваннях інформації про якість продукції.

Технічною основою забезпечення єдності випробувань є атестоване випробувальне обладнання та повірені засоби вимірювань, засоби атестації та повірки.

Нормативно-методичною основою забезпечення єдності випробувань є:

- стандарти на методи випробувань продукції, а також розділи методів випробувань у стандартах та технічних умовах на конкретну продукцію;
- програми та методики випробувань продукції;
- організаційно-методичні документи, що встановлюють порядок діяльності випробувальних підрозділів, що регламентують загальні вимоги до випробувань продукції, а також нагляд за їх проведенням.

До експлуатації в різних галузях виробництва допускається випробувальне обладнання, визнане за результатами атестації придатним до застосування. Таким чином, розробка методики атестації випробувального обладнання є актуальним завданням, спрямованим зрештою на забезпечення якості продукції.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ 3215-95 Метрологія. Метрологічна атестація засобів вимірювальної техніки. Організація і порядок проведення.
2. ДСТУ 3021-95. Випробування та контроль якості продукції. Терміни та визначення.
2. ГОСТ Р 8.568-97. ГСИ. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения.
3. ГОСТ 25051.2-82 ГСИП. Камеры тепла и холода испытательные. Методы аттестации.
4. ГОСТ Р 8.563-96 ГСИ. Методики выполнения измерений.
5. Иванов, В. С. Обеспечение воспроизводимости условий испытаний на воздействие повышенных и пониженных температур [Текст] / В. С. Иванов, В. Л. Моисеев, З. И. Ускова // Современные проблемы науки и образования. – 2008. – № 2 – С. 114–118.
6. Костылев, Ю. С. Испытания продукции [Текст] / Ю. С. Костылев, О. Г. Лосицкий. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 168 с.
7. МИ 1317-2004 ГСИ. Результаты и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров.
8. Млицкий, В. Д. Испытание аппаратуры и средства измерений на воздействие внешних факторов [Текст] / В. Д. Млицкий, В. Х. Беглария, Л. Г. Дубицкий. – М.: Машиностроение, 2003. – 567 с.
9. Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов. Часть 2. Испытания. Испытания А, В, N, Z/AD, Z/AMD и т.п. (ГОСТ 28199-89, ГОСТ 28200-89, ГОСТ 28209-89, ГОСТ 28224-89, ГОСТ 28225-89).
10. Федоров, В. Контроль и испытания в проектировании и производстве радиоэлектронных средств [Текст] / В. Федоров, Н. Сергеев, А. Кондрашин. – М. : Техносфера, 2005. – 502 с.