

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДИКИ КАЛІБРУВАННЯ КЛІМАТИЧНИХ КАМЕР

В.С. Семеніхін^{1,2}; С.М. Шевченко^{3,4}

¹Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна, valerii.semenikhin@nure.ua

²Калібрувальна лабораторія ПрАТ «МХП», м. Київ, Україна

³Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, Україна, svsshev970819@gmail.com

⁴Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна

Анотація

У статті розглянуто питання калібрування випробувального та лабораторного обладнання для відтворення, підтримування температури та/або вологості та особливості застосування з цією метою методики калібрування [1] рекомендованої регіональною метрологічною організацією «EURAMET». Проведено розбір рекомендованої методики та наведено приклад її застосування з метою розповсюдження практики застосування даної методики для забезпечення єдності вимірювань при калібруванні цієї категорії обладнання.

Ключові слова: калібрування, методика калібрування, невизначеність вимірювання, кліматичні камери, температурне обладнання.

1. Вступ

Згідно чинного законодавства України випробувальне та лабораторне обладнання для відтворення, підтримування температури та/або вологості не є законодавчо регульованим засобом вимірювальної техніки і відповідно не підлягає повірці. Раніше подібне обладнання проходило процедуру метрологічної атестації але наразі ця процедура вилучена із законодавчого поля.

В той же час це обладнання може бути застосоване для отримання результатів вимірювань використовуваних у сфері законодавчо регульованої метрології. Згідно пункту 5 статті 7 Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» [2], такі результати вимірювань можуть бути використані тільки якщо для них відомі відповідні характеристики похибок або невизначеність вимірювань, тобто застосовуване обладнання повинно мати підтверджені значення похибок або невизначеностей, які можна отримати за результатами калібрування або за іншою процедурою підтвердження метрологічних характеристик. Для лабораторій акредитованих за стандартом ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019 «Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій» [3] калібрування є обов'язковим для всього обладнання, що впливає на результат вимірювання. Отже доцільно, а для акредитованих лабораторій обов'язково, виконувати калібрування цього обладнання.

Пункт 3 статті 27 Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» [2] говорить, що калібрування та оформлення його результатів проводяться відповідно до національних стандартів, гармонізованих з відповідними міжнародними та європейськими стандартами, та документів, прийнятих міжнародними та регіональними організаціями з метрології.

Для калібрування випробувального та лабораторного обладнання для відтворення, підтримування температури та/або вологості пропонується застосування документа [4] регіональної метрологічної організації «EURAMET», який для кліматичних камер визначає використовувати методику калібрування «DKD-R 5-7: Calibration of Climatic Chambers» [1].

2. Мета статті

Представлення метрологічній спільноті стандартизованої методики для калібрування випробувального та лабораторного обладнання для відтворення, підтримування температури та/або вологості та розгляд особливостей її застосування для цього обладнання з метою забезпечення надання замовникам якісної та достатньої інформації щодо метрологічних характеристик їх обладнання за результатами калібрування, в тому числі інформації щодо неоднорідності, нестабільності тощо, для подальшого застосування цього обладнання, а також з метою забезпечення єдності вимірювань у країні шляхом застосування стандартизованої методики, або методик розроблених на її основі, замість великої кількості різних методик самостійно розроблених калібрувальними лабораторіями.

3. Виклад основного матеріалу

Запропонована методика встановлює мінімальні вимоги до процедури калібрування та до визначення похибки вимірювання при калібруванні кліматичних камер. Дана методика застосовується для калібрування кліматичних камер за температурою повітря та відносною вологістю повітря або тільки за температурою повітря. Вона також розглядає калібрування окремих місць вимірювання в

кліматичних камерах (у цьому випадку вся кліматична камера не вважається відкаліброваною).

Для розуміння, розглянемо основні поняття методики: кліматична камера, місце вимірювання, референтне (еталонне, контрольне, опорне) місце вимірювання та корисний об'єм.

Кліматична камера – це технічний засіб, який дозволяє реалізовувати вибірково задані в робочому діапазоні значення температури повітря та/або відносної вологості у закритому об'ємі.

Місце вимірювання – це просторове положення, в якому знаходиться датчик температури або вологості, що розміщується в корисному об'ємі з метою калібрування. Таким чином, місце вимірювання це невеликий об'єм, який визначається розмірами сенсорних елементів і їх точністю позиціонування (приблизно 5 см максимум у кожному вимірі). Якщо вимірювання виконуються лише в одному місці, результат калібрування дійсний лише для цього місця. Екстраполяція на більший об'єм неприпустима.

Референтним місцем вимірювання є положення в корисному об'ємі, для якого визначається різниця між температурою повітря та/або вологістю повітря і встановленими значеннями. У більшості випадків геометричний центр корисного об'єму обирається як референтне місце. За бажанням замовника інші визначення референтного місця вимірювання також можливі. Положення референтного місця вимірювання має бути зазначено в сертифікат калібрування.

Корисний об'єм кліматичної камери – частковий об'єм кліматичної камери охоплений місцями вимірювання датчиків, які використовуються для калібрування. Відповідно до розташування вимірювальних місць, корисний об'єм може значно відрізнятись від загального об'єму камери. Калібрування камери в основному дійсне тільки для цього корисного об'єму. Повинні бути виконані мінімальні вимоги до розташування місць вимірювання відповідно до цієї методики (рис. 1).

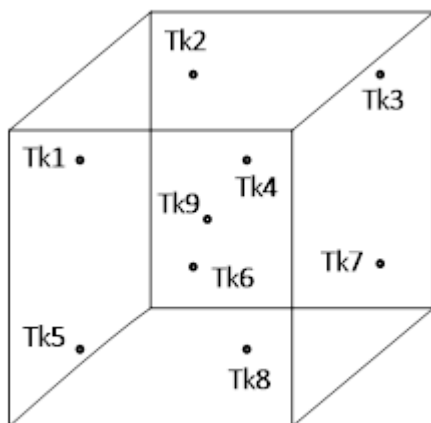


Рис. 1. Схематичне розміщення датчиків вимірювання у корисному об'ємі камери

Якщо калібрування виконується лише в окремих ізольованих місцях вимірювання, які не охоплюють об'єм, лише місце вимірювання, а не камера та її корисний об'єм, вважається відкаліброваним.

Для застосування даної методики потрібно, по-перше, оцінити чи обладнання відноситься до кліматичних камер, оскільки позначення виробника обладнання може бути іншими.

Кліматичні камери в рамках цієї методики мають корисний об'єм за місцем вимірювання, співвідношення між найбільшим і найменшим розміром цього корисного об'єму – менше 5. Вони можуть бути мобільними або стаціонарними. Однак, стіни, що служать для теплоізоляції від зовнішнього середовища, не повинні бути прямими частинами будівель або транспортних засобів, і має бути можливість чітко віднести їх до кліматичної камери.

Калібрування в рамках цієї методики може проводитися щодо повітря температури й відносної вологості або лише відносно температури повітря (температурна камера).

У розумінні цієї методики кліматичні камери підлягають калібруванню лише якщо вони відповідають наступним вимогам:

- Наявність датчиків температури/вологості повітря з відповідними індикаторами як компонентів кліматичної камери.
- Наявність систем контролю для величин, що калібруються, як компонентів кліматичної камери.
- Наявність технічних умов виробника.
- Наявність технічної документації на категорію датчика; додаткової інформації про, наприклад, положення та характеристики датчиків, характеристики ізоляції, а також бажаний тип стабілізації температури та зволоження.
- Атмосферний тиск у корисному об'ємі (тобто забезпечується вирівнювання тиску з навколишнім середовищем).

• Для роботи в одному діапазоні температури або вологості необхідно провести калібрування не менше трьох рівномірно розподілених значень температури або відносної вологості з діапазону використання. Калібрування тільки для однієї точки температури або вологості (номінальне значення) від робочого діапазону камери допустимо, але обмежує результат калібрування цією робочою точкою (це має бути зазначено в сертифікаті калібрування).

• Якщо втрати на розсіювання відбуваються в корисному об'ємі (тобто якщо завантаження призводить до надходження тепла або тепло постійно розсіюється в повітрі), цей вплив необхідно визначити в межах обсягу внеску невизначеності ефекту завантаження [1].

Що стосується максимальних робочих і калібрувальних діапазонів, то в цій методиці розрізняють кліматичні камери з активною циркуляцією повітря (примусовою конвекцією) в корисному об'ємі і без неї. В обох випадках

кліматична камера повинна мати активний нагрів та/або охолодження.

Для калібрування кліматичних камер з системами циркуляції повітря визначені наступні вимоги:

- Температура повітря у межах від -90°C до 500°C . Калібрування для відносної вологості можливі й прийнятні лише в адекватних часткових діапазонах температури.

- Для кількості точок вимірювання у просторі для калібрування корисного об'єму дійсні наступні вимоги (можливі відхилення для калібрування окремих точок вимірювання):

Для корисних об'ємів < 2000 л потрібно вибрати мінімум дев'ять точок вимірювання згідно з вимогами ІЕС 60068-3-5:2018 [5], тобто місця вимірювання утворюють кутові точки та просторовий центр кубоїда, що охоплює корисний об'єм (див. рис. 1).

Для корисних об'ємів ≥ 2000 л місця вимірювання повинні охоплювати кубічну решітку з постійною решітки максимум 1 м (тобто найбільша відстань між сусідніми точками вимірювання становить 1 м).

- Кліматична камера повинна забезпечувати одноразову циркуляцію всього об'єму повітря протягом 30 с. Для доказів буде достатньо специфікації виробника.

До калібрування кліматичних камер без систем циркуляції повітря вимоги наступні:

- Максимальний діапазон температури повітря від -90°C до 350°C .

- Максимальний корисний об'єм обмежений 2000 л.

- Без циркуляції повітря вирівнювання температури значно ускладнюється. Необхідно враховувати тривалий час стабілізації. Вимірювання можна проводити лише після визначення температури у всіх місцях вимірювання (коли не має систематичних змін протягом принаймні 30 хв). Решта варіацій не повинні перевищувати часову нестабільність, заявлену та враховану в невизначеності вимірювання.

- Кількість місць вимірювання в просторі для калібрування корисного об'єму відповідає вимогам ІЕС 60068-3-5:2018 [5], тобто вимірювання необхідно проводити щонайменше в дев'яти місцях.

- Вплив завантаження на просторову однорідність слід визначати за допомогою вимірювань у незавантаженому та завантаженому стані принаймні в одному місці вимірювання (зазвичай у референтному), використовуючи типові завантаження користувача або використовуючи тестові тіла. Завантаження має імітувати максимальне погіршення просторового вирівнювання температури і має бути описано в сертифікаті калібрування. Якщо інше не вимагається клієнтом, завантаження повинно зайняти не менше 40 % корисного об'єму.

- Неприпустимо активне завантаження з тепловіддачею або підведенням тепла.

- Калібрування відносної вологості неприпустимо.

Якщо всі вищенаведені вимоги до обладнання виконуються, можна застосовувати дану методику для калібрування цього обладнання.

Власне, калібрування кліматичної камери потрібне для визначення відхилення кліматологічної характеристики температури та відносної вологості повітря в тих частинах об'єму камери, які надані в користування або в окремих точках об'єму камери від значень, що відображаються індикаторами камери. Крім цих відхилень, додаткові властивості такі як неоднорідності, стабільності тощо часто визначаються для характеристики камери та потенційного впливу на досліджуваний матеріал, розміщений у камері. Ці результати з одного боку представляють великий інтерес для користувача камери, оскільки вони описують її властивості під час використання, а з іншого боку необхідні для визначення похибки вимірювання результатів калібрування.

Таким чином, цілі калібрування наступні:

- Калібрування індикації температури та/або відносної вологості шляхом порівняння зі значенням температури повітря та/або вологості повітря виміряними у корисному об'ємі еталонними приладами (знаходження відхилень або поправок).

- Визначення невизначеності температури та/або відносної вологості при калібруванні, та визначення невизначеності для використання за визначених умов (наприклад при типовому завантаженні користувача камери).

- За бажанням замовника, калібрування може включати перевірку на відповідність вимогам користувача, допусків за визначених умов та/або технічних специфікацій.

- За бажанням замовника, калібрування може бути виконано лише в конкретному місці вимірювання. Однак у цьому випадку деякі компоненти невизначеності не будуть визначені та враховані. Тоді результат буде дійсним лише для цих місць, а не для всієї камери.

Згідно даної методики, калібрування кліматичної камери може здійснюватися трьома різними методами:

Метод А. Калібрування стосується корисного об'єму, охопленого місцями вимірювання в незавантаженій кліматичній камері. Калібрування цим методом охоплює:

- визначення корекції індикації або відхилення між вимірюваннями в контрольному місці та показами індикатора камери,

- визначення просторової неоднорідності в порожньому корисному об'ємі,

- визначення нестабільності у часі в порожньому корисному об'ємі,

- визначення радіаційного ефекту (тільки для вимірювання температури повітря),

- визначення ефекту завантаження в місці вимірювання шляхом порівняння завантаженого та порожнього корисного об'єму, за бажанням клієнта.

Метод В. Калібрування стосується корисного об'єму, охопленого місцями вимірювання в завантаженій кліматичній камері. Завантаження може бути реалізовано відповідно до типового завантаження користувача або заповнення пробними тілами не менше 40 % корисного об'єму. Для окремих досліджень і компонентів невизначеності дійсні правила методу А. Вплив самого навантаження визначається додатковим вимірюванням у центральному місці вимірювання в порожньому стані. Калібрування цим методом охоплює:

- визначення корекції індикації або відхилення між вимірюваннями в контрольному місці та показами індикатора в завантаженому стані,
- визначення просторової неоднорідності завантаженого корисного об'єму,
- визначення нестабільності у часі завантаженого корисного об'єму,
- визначення радіаційного ефекту (тільки для вимірювання температури повітря),
- визначення впливу завантаження для контрольного місця вимірювання порівнянням завантаженого і порожнього корисного об'єму.

Метод С. Калібрування стосується окремих точок вимірювання в кліматичній камері, які не охоплюють корисний об'єм. Калібрування цим методом охоплює:

- визначення корекції індикації або різниці між вимірюваннями в місці вимірювання та показами індикатора камери,
- визначення нестабільності у часі в місці вимірювання,
- визначення радіаційного ефекту в місці вимірювання,
- визначення впливу завантаження в місці вимірювання шляхом порівняння завантаженого та порожнього корисного об'єму, за бажанням клієнта

Після вибору метода калібрування процедура калібрування розпочинається з розташування датчиків у місцях вимірювання. Калібрування корисного об'єму методом А або В, як правило, проводиться шляхом вимірювання у кількох місцях корисного об'єму, кількість і просторове розташування яких встановлюється за аналогією зі стандартом ІЕС 60068-3-5:2018 [5] для камер з корисним об'ємом до 2000 л (див. рис.1), для більших корисних об'ємів місця вимірювання повинні охоплювати кубічну решітку з постійною решітки максимум 1 м (тобто найбільша відстань між сусідніми точками вимірювання становить 1 м). За бажанням замовника також можливі інші позиції але при цьому весь корисний об'єм повинен бути охоплений точками вимірювання, а відстань між сусідніми точками вимірювання не повинна перевищувати 1 м. Вибрані положення точок вимірювання повинні бути вказані в сертифікаті калібрування у вигляді ескізу.

Результат калібрування дійсний лише для об'єму, охопленого точками вимірювання.

Просторова інтерполяція вимірюваних значень допустима лише для корисного об'єму, охопленого точками вимірювання. Вказана похибка вимірювання складається з максимальних значень індивідуальних внесків. Вона дійсна для загального корисного об'єму.

Калібрування в окремих місцях в корисному об'ємі (метод С) допустимо тільки за бажанням клієнта. У цьому випадку результат калібрування дійсний лише для досліджуваного місця вимірювання, і це має бути зазначено в сертифікаті калібрування. Як об'єкт калібрування необхідно вказати «місце(я) вимірювання в кліматичній камері». Внесок локальної просторової неоднорідності в місцях вимірювання повинен бути визначений для кожного місця вимірювання за допомогою двох термометрів, розташованих на відстані приблизно від 2 см до 5 см (або принаймні вибрати відстань відповідно до довжини активного датчика). Один із таких термометрів розташовують в положенні, визначеному для оприлюднення результату калібрування (місце вимірювання), а інший на необхідній відстані (результат вимірювання з цього термометра слугує лише для визначення локальної просторової неоднорідності та не входить явно в результат калібрування). Вибране положення місця вимірювання повинно бути вказано в сертифікаті калібрування у вигляді ескізу.

Просторова неоднорідність (негомогенність) визначається як максимальне відхилення температури або вологості в місцях вимірювання від референтного місця і визначається для всіх точок калібрування. Просторова неоднорідність температури або вологості досліджується лише у калібруваннях корисного об'єму за методом А або В. У калібруваннях за методом С, визначається лише локальна неоднорідність температури для оцінки внеску невизначеності через неоднорідність.

Нестабільність у часі температури або вологості повітря визначається з реєстрації коливань відповідно температури або відносної вологості протягом періоду щонайменше 30 хвилин після досягнення стабільного стану. Стабільні умови вважаються досягнутими, коли більше не реєструються систематичні коливання температури або відносної вологості. Для кліматичних камер без циркуляції повітря, вимірювання можна проводити лише через 30 хв після досягнення стабільності.

Для вимірювання нестабільності у часі необхідно реєструвати щонайменше 30 значень вимірювання протягом 30 хвилин через більш-менш постійні інтервали часу. Вимірювання необхідно проводити принаймні для центру корисного об'єму або для опорного місця вимірювання, для кожної температури калібрування або вологості калібрування. Нестабільність у часі повинна бути досліджена для всіх методів калібрування.

Радіаційний ефект (ефект випромінювання) може визначатись одним з декількох способів описаних в

п.7.4 методики [1], варто відмітити, що для температур від 0 °C до 50 °C ефект випромінювання може не визначатись, а можна припустити, що він вносить максимальний внесок 0,3 K в невизначеність вимірювання. Якщо різниця між температурою навколишнього середовища і температурою повітря (в кліматичній камері) під час калібрування перевищує 30 K, радіаційний ефект у будь-якому випадку повинен визначатися.

Ефект завантаження визначається за бажанням замовника. У разі калібрування методом (B) результат калібрування відноситься до завантаженого стану і враховується внесок завантаження в невизначеність вимірювання (калібрування виконується принаймні для контрольного місця вимірювання з завантаженням і без нього, а максимальна різниця приймається як напівширина прямокутно розподіленого внеску невизначеності).

У разі калібрування методом (A) або (C) результат калібрування завжди стосується незавантаженого стану. Якщо вплив завантаження досліджується за бажанням замовника, внесок завантаження враховується у невизначеності вимірювання.

Дослідження ефекту завантаження можна проводити за допомогою типового завантаження замовника або з використанням пробного завантаження, об'єм останнього повинен становити не менше 40 % від корисного об'єму. Вибране завантаження має бути описано в сертифікаті калібрування.

Невизначеність, яку слід зазначати, складається з невизначеності вимірювання температури та/або відносної вологості за допомогою еталонних вимірювальних приладів, з невизначеностей, що виникають від індикаторних приладів кліматичної камери, вкладів нестабільності у часі і просторової неоднорідності корисного об'єму, а також впливу завантаження та радіаційного ефекту (докладніше розрахунок невизначеності у р.8 методики [1]).

Оскільки кліматичні камери слугують для реалізації визначених температур і вологості повітря, похибка, присвоєна генерованим температурам і вологості повітря, повинна бути вказана в сертифікаті калібрування.

Температура зразків у корисному об'ємі може значно відрізнятися від температури повітря. Калібрування кліматичної камери не надає повної інформації про кліматологічні величини (температура та відносна вологість) на поверхні або навіть в об'ємі розміщеного в кліматичній камері вантажу для випробувань. В більшості випадків сам замовник може визначити температуру випробних зразків з меншою невизначеністю за допомогою відкаліброваного термометра.

Повний результат калібрування складається з таких компонентів:

- корекція або відхилення від індикації температури в еталонному місці вимірювання (методи A і B) або поправка(и) показання для окремого місця розташування (метод C),
- корекція або відхилення від індикації відносної вологості в еталонному місці вимірювання (методи A і B) або поправка(и) індикації для окремого місця вимірювання (метод C),
- невизначеність індикації температури,
- невизначеність індикації відносної вологості,
- детальні результати досліджень, такі як: однорідність, стабільність, ефект випромінювання, температура стінки тощо,
- висновок про відповідність температури (за бажанням замовника),
- висновок про відповідність щодо відносної вологості (за бажанням замовника),
- умови вимірювання.

В якості прикладу представлення результатів калібрування наведено інформацію із сертифіката калібрування на сушильну шафу Binder FD56 в частині вимірювання температури, точки калібрування 105 °C та 130 °C (див. табл. 1, 2, 3).

Калібрування проводилось Калібрувальною лабораторією ПрАТ «МХП» відповідно до вимог розглянутої у цій статті стандартизованої методики за методом A (незавантажена камера) з використанням багатоканального калібрувального комплексу на базі прецизійного термометра milliK, що має метрологічну простежуваність до визнаних національних еталонів (див. рис.2).

Ефект завантаження під час калібрування не досліджувався.

Таблиця 1 – Результати вимірювання температури, °C

Задане значення температури	Температура виміряна в корисному об'ємі еталонним термометром	Покази індикатора прилада, який калібрувався	Похибка	Розширена невизначеність в корисному об'єму
105	106,20	105	1,20	4,59
130	131,31	130	1,31	5,32

Таблиця 2 – Просторовий розподіл температури, °C

Задане значення температури	Температура виміряна еталонним термометром в місцях вимірювання									Розширена невизначеність в опорній точці
	Tk 1	Tk 2	Tk 3	Tk 4	Tk 5	Tk 6	Tk 7	Tk 8	Tk 9ref	
105	105,70	104,69	106,03	106,08	105,77	104,55	106,77	110,06	106,14	0,79
130	130,70	129,80	130,95	131,34	130,65	129,21	131,74	136,00	131,43	0,61

Таблиця 3 – Результати для характеристики корисного об'єму за температурою, °C

Задане значення температури	Нестабільність	Неоднорідність	Радіаційний ефект
105	0,47	3,91	0,10
130	0,18	4,58	0,12



Рис. 2. Зовнішній вигляд калібрувального комплексу на базі прецизійного термометра milliK та розташування датчиків у корисному об'ємі сушильної шафи

4. Висновки

1. Застосування стандартизованої методики калібрування дозволяє порівнювати результати калібрування отримані різними калібрувальними лабораторіями і таким чином забезпечувати єдність вимірювань.

2. Розглянуто особливості стандартизованої методики [1] калібрування кліматичних камер та вимоги, яким повинно відповідати випробувальне та лабораторне обладнання для відтворення, підтримання температури та/або вологості, щоб бути відкаліброваним за цією методикою.

3. Проведення калібрування і представлення результатів згідно розглянутої у цій статті методики забезпечує замовника найбільш повною

інформацією щодо характеристик корисного об'єму його обладнання таких як нестабільність, неоднорідність, вплив завантаження тощо.

4. Потребує подальшого дослідження питання можливості застосування розглянутої методики калібрування для обладнання, яке формально відповідає вимогам цієї методики але через конструктивні особливості не може бути досліджено у повному обсязі.

Наприклад, у тому випадку коли корисний об'єм камери обладнання невеликий і розмір вимірювальних датчиків еталонного термометра не дозволяє їх розмістити у мінімальній, згідно методики, кількості (9 датчиків для методу А або В, та 2 датчика для методу С).

Список літератури

1. Richtlinie DKD-R 5-7, Kalibrierung von Klimaschränken, Ausgabe 09/2018, Revision 0, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig und Berlin.. DOI: <https://doi.org/10.7795/550.20180828AH>.
2. Закон України від 05.06.2014 No 1314-VII «Про метрологію та метрологічну діяльність».
3. ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019 Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій (EN ISO/IEC 17025:2017, IDT; ISO/IEC 17025:2017, IDT).
4. EURAMET Calibration Guide No. 20 Guidelines on the Calibration of Temperature and/or Humidity Controlled Enclosures, version 5.0 (09/2017) – English version.
5. IEC 60068-3-5:2018 Environmental testing - Part 3-5: Supporting documentation and guidance - Confirmation of the performance of temperature chambers.

Надійшла (Received) 19.12.2024

Прийнята до друку (accepted for publication) 20.05.2025

Відомості про авторів / About the authors

Семеніхін Валерій – доктор філософії, асистент кафедри Інформаційно-вимірювальних технологій, Харківський національний університет радіоелектроніки; метролог, Калібрувальна лабораторія ПрАТ «МХП». E-mail: valerii.semenikhin@nure.ua, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-9508-4957>.

Semenikhin Valerii – PhD, assistant of the Department of Information and Measurement Technologies, Kharkiv National University of Radio Electronics; metrologist, Calibration Laboratory of PrJSC "MHP". E-mail: valerii.semenikhin@nure.ua, Number ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-9508-4957>.

Шевченко Світлана – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Матеріалознавства», Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харківський національний автомобільно-дорожній університет. E-mail: svsshev970819@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9379-3393>.

Shevchenko Svitlana – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Materials Science Department, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv National Automobile and Highway University. E-mail: svsshev970819@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9379-3393>.

Features of the climate chamber calibration method application

Valerii Semenikhin, Svitlana Shevchenko

Abstract

The article considers the issue of calibration of test and laboratory equipment for reproducing, maintaining temperature and/or humidity and the features of using for this purpose the calibration methodology [1] recommended by the regional metrological organization "EURAMET". The recommended methodology is analyzed and an example of its application is given in order to disseminate the practice of applying this methodology to ensure the unity of measurements when calibrating this category of equipment.

Key words: calibration, calibration method, measurement uncertainty, climatic chambers, temperature equipment.