

**ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ  
ПРИ КАЛІБРУВАННІ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ  
ВОЛОГОСТІ ПОВІТРЯ**

Новосьолов О.А.

e-mail: [oleh.novosolov@nure.ua](mailto:oleh.novosolov@nure.ua)

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІВТ  
м. Харків, Україна

The problem of estimating the uncertainty of measurements of relative air humidity measuring instruments is considered. An expression for deviations of hygrometer readings from values specified by a standard humid gas generator is written. Input quantities and their standard uncertainties are estimated. The calculation of the combined standard and expanded uncertainties when calibrating a hygrometer is performed. A measurement uncertainty budget is compiled.

Важливу роль при забезпеченні якості продукції та характеристик у багатьох технологічних процесах відіграє вологість. Майже у всіх галузях промисловості, енергетиці, будівництві та сільському господарстві застосовуються процеси сушіння та зволоження, призначені для зміни вологості матеріалів. Тому кількісне визначення вологості твердих матеріалів, рідин та газів необхідне у всіх галузях національної економіки.

Засоби вимірювання вологості, такі як, вологоміри, гігрометри, гігрографи відносяться законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки (далі – ЗВТ) та підлягають періодичній повірці та повірці після ремонту, якщо вони використовуються у сфері законодавчо регульованої метрології, визначеної згідно Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» [1]. Але, згідно ст. 17 [1], законодавчо регульовані ЗВТ не підлягають періодичній повірці та повірці після ремонту, якщо вони застосовуються:

- органами з оцінки відповідності (у тому числі випробувальними та калібрувальними лабораторіями), акредитованими національним органом України з акредитації (далі – НААУ) чи національними органами з акредитації інших держав, для провадження діяльності, стосовно якої їх було акредитовано;

- науковими метрологічними центрами, метрологічними центрами та калібрувальними лабораторіями, які проводять калібрування ЗВТ відповідно до частини другої статті 27 [1], стосовно ЗВТ, що використовуються ними при калібруванні.

У цьому випадку засоби вимірювання вологості підлягають калібруванню. Відповідно до частини третьої статті 27 [1] 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.

Гігрометри, які застосовуються у сфері законодавчо регульованої метрології, повіряються за ДСТУ 8947:2019 «Метрологія. Гігрометри. Методика повірки» [2].

Наразі відсутні національні стандарти з калібрування гігрометрів, тому, кожна калібрувальна лабораторія (далі – КЛ) розробляє методики калібрування за своїм розумінням, що не сприяє забезпеченню єдності вимірювань у сфері вимірювання вологості. Це наочно видно, якщо ознайомитися зі сферами акредитації КЛ, акредитованих НААУ на відповідність вимогам ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019 «Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій» [3], на предмет нормативних документів з калібрування засобів вимірювання вологості, то можна відмітити, що усі методики калібрування є розробками лабораторій.

Також, аналіз «Сфер акредитації» КЛ з калібрування ЗВТ для вимірювання відносної вологості, показує наступне:

1 – більшість КЛ у графі «Устаткування (об’єкт вимірювань)» вказують широкий спектр ЗВТ для вимірювання відносної вологості, для яких наведені одні й ті самі значення розширеної невизначеності вимірювань, що характеризує калібрувальні та вимірювальні можливості (Calibration and Measurement Capability - СМС) лабораторії. Таке подання інформації про СМС лабораторій не дозволяє замовникам послуг розібратися в дійсних калібрувальних можливостях лабораторії з калібрування конкретного типу ЗВТ для вимірювання відносної вологості повітря;

2 – половина калібрувальних лабораторій застосовували метод для вираження СМС - діапазон вимірювання, у цьому випадку, згідно ІЛАС-Р14:09/2020 «Політика ІЛАС щодо невизначеності вимірювань в калібруванні» [4], треба забезпечити належну лінійну інтерполяцію, щоб знайти невизначеність при середніх значеннях;

3 – заявлені СМС КЛ знаходяться у досить широкому діапазоні від 0,31 % до 10 %, це свідчить про різні рівняння вимірювань та оцінювання невизначеності вхідних величин за цим рівняннями.

Аналіз звіту перевірки професійного рівня калібрувальних лабораторій з калібрування гігрометрів, під координацією акредитованого НААУ відповідно до вимог ДСТУ EN ISO/IEC 17043 «Оцінка відповідності. Основні вимоги до проведення перевірки кваліфікації» [5] провайдера Державного підприємства «Харківстандартметрологія», показав, що обчислені учасниками раунду розширені невизначеності калібрування електронного термометр-гігрометра Laserliner ClimaCheck відрізняються між собою більш ніж у 12 разів. З цього можна зробити висновок, що при розрахунку невизначеності вимірювань під час калібрування гігрометра

складові бюджету невизначеності оцінюються КЛ по різному, що призводить до суттєво відмінних розширених невизначеностей.

У протоколах калібрування гігрометрів деяких акредитованих КЛ, іноді можна виявити, що відома поправка на систематичний ефект не була застосована до звітного результату калібрування, а замість цього була зроблена спроба використати цей ефект для збільшення розширеної невизначеності, властивої результату.

Складову стандартної невизначеності за типом В, яка вважається КЛ, що вона характеризує поправку на систематичний ефект, КЛ називають по-різному:

- невизначеність, обумовлена зсувом показів приладу;
- невизначеність, викликана сукупністю впливаючих факторів систематичного характеру;
- невизначеність від нехтування поправкою.

Розраховуючи таким чином невизначеність вимірювань при калібруванні гігрометрів, КЛ збільшують розширену невизначеність, при цьому власник гігрометра, який буде аналізувати результати калібрування щодо відповідності гігрометра технічній специфікації, може прийняти помилкове рішення про його непридатність, враховуючи заявлену збільшену розширену невизначеність.

В статті описано процедуру оцінювання невизначеності вимірювань під час калібрування засобів вимірювання вологості повітря.

На основі рекомендацій EA-4/02 M:2022 «Evaluation of the Uncertainty of Measurement in calibration» [6] складено модельне рівняння вимірювань, оцінені входні та вимірювана величин, проведено оцінювання стандартних невизначеностей входних та вимірюваної величин, оцінена розширена невизначеність, складено бюджет невизначеності вимірювань.

#### Список використаних джерел:

1. Про метрологію та метрологічну діяльність : закон України від 05.06.2014 № 1314 – VII. *Урядовий кур'єр*. 2014. № 121.
2. ДСТУ 8947:2019. Метрологія. Гігрометри. Методика повірки.
3. ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій.
4. ІЛАС-P14:09/2020. Політика ІЛАС щодо невизначеності вимірювань в калібруванні.
5. ДСТУ EN ISO/IEC 17043. Оцінка відповідності. Основні вимоги до проведення перевірки кваліфікації.
6. EA-4/02 M:2022. Evaluation of the Uncertainty of Measurement in calibration. EA, 2022. 78 p.