

УДК 551.508.4:551.542

Білаш В.І.¹, Пясецька С.І.²

¹ - Лабораторія повірки приладів атмосферного тиску ЦТО УкрГМЦ

² - Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України

ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ І РОЗРАХУНОК ІНТЕРВАЛУ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ В МЕТРОЛОГІЧНОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ПРИЛАДІВ ВИМІРЮВАННЯ АТМОСФЕРНОГО ТИСКУ

Ключові слова: барометри, поняття невизначеності вимірювання, розрахунок інтервалу невизначеності

Вступ. Керуючись настановами кабінету Міністрів України, Державна гідрометеорологічна служба України поступово впроваджує міжнародні стандарти якості, зокрема, повірка приладів атмосферного тиску змінюється на їх калібрування, згідно з ДСТУ ISO/IEC 17025: 2006. Цей стандарт встановлює загальні вимоги до компетентності у випробуванні та калібруванні таких приладів і поширюється на усі організації, які здійснюють такі випробування у державі [2].

Об'єкт, предмет та мета роботи. *Об'єктом роботи* є сучасні прилади вимірювання атмосферного тиску та методика їх калібрування. *Предметом* дослідження є сучасний стан повірки приладів атмосферного тиску та встановлення міжнародних норм їх калібрування. *Мета* роботи полягає в розробці основних положень методики калібрування приладів атмосферного тиску, згідно вимог ДСТУ ISO/IEC 17025:2006.

Стаття складається з чотирьох розділів, у яких подано основні теоретичні та практичні положення, щодо розрахунку невизначеності вимірювань приладами атмосферного тиску: розділ I. *Загальні міжнародні принципи у вимірюванні фізичних величин і вимоги до устаткування лабораторії повірки/ калібрування приладів атмосферного тиску*; розділ II. *«Невизначеність вимірювань»*; розділ III. *«Розрахункові формули у невизначеності вимірювань»*; розділ IV. *«Приклад практичного розрахунку інтервалу невизначеності (або довірчого інтервалу) для барометричних вимірювань»*.

Огляд стану проблеми. На метеостанціях України, які підпорядковані Українсь - кому Гідрометеорологічному Центру (УкрГМЦ), вимірювання атмосферного тиску - здійснюється за допомогою ртутних барометрів, анероїдів та сучасних електронних барометрів. Всі ці прилади, за сучасною термінологією, називаються Засобами Вимірювальної Техніки (надалі - ЗВТ). У ртутних, найстаріших ЗВТ, атмосферний тиск визначається як еквівалент висоти ртутного стовпа. У анероїдних ЗВТ коливання атмосферного тиску сприймаються герметичними мембранними барокоробками, з яких відкачено повітря і передаються на стрілку барометра. У електронних ЗВТ вимірювання атмосферного тиску здійснюється особливим датчиком, який створює електричний сигнал, пропорційний атмосферному тиску. Усі ці ЗВТ розраховані, в основному, на вимірювання тиску від 600 до 1100 гПа, але деякі, наприклад, М-110 (морського виконання), мають розширений діапазон: від 5 до 810 мм рт.ст. (або від 6 до 1080

гПа). У кожному барометрі під час виготовлення та експлуатації може виникнути інструментальна похибка, яка буде впливати на достовірність результатів вимірювання, тому для забезпечення принципу єдності вимірювань, у метрології здійснюється повірка / калібрування ЗВТ за допомогою еталонів атмосферного тиску. Державний еталон атмосферного тиску знаходиться у Національному науковому центрі - Інститут метрології - у м. Харків. УкрГМЦ здійснює повірку / калібровку ЗВТ атмосферного тиску за допомогою електронних та неелектронних еталонів. Основні повірочні схеми, методика повірки та характеристики еталонів наведено у роботі [1]. У зв'язку із переходом на європейські стандарти та визначення, замість поняття "похибка" вводиться поняття "інтервал невизначеності вимірювання".

І. Загальні міжнародні принципи у вимірюванні фізичних величин і вимоги до устаткування лабораторії повірки/ калібрування приладів атмосферного тиску. Міжнародна Система величин ISQ. Вона заснована на багаточисельності сімох основних величин: довжині, масі, часу, електричному струмі, термодинамічній температурі, кількості речовини і силі світла. У цій системі «вимірювання» є процес експериментального отримання одного, або більше значень величини, котрі можуть бути обґрунтовано приписані величині. «Принцип вимірювання» це явище, що лежить в основі вимірювання. «Метод вимірювання» є загальний опис логічної послідовності вимірювання. «Референтна методика вимірювання» - методика вимірювання, прийнята для отримання результатів вимірювання, котрі можуть бути використані для оцінки правильності значень величини, що вимірюється і отриманих іншими методами вимірювання того ж роду, а також для калібрування, або отримання стандартних зразків. «Істинне значення величини» є значення величини, котре відповідає визначенню величини. У концепції «похибки» у опису вимірювання, істинне значення величини розглядається як єдино можливе і на практиці непізнане. Концепція невизначеності визнає, що у дійсності з причин неповного опису величини існує не одне істинне значення величини, а скоріше, навпаки - сукупність істинних значень. Однак ця сукупність значень на практиці залишається невідомою.

У цій же системі ISQ розглядаються такі поняття, як «умови повторюваності вимірювання», «умови відтворення вимірювань» та інші. ISQ надає важливе значення таким поняттям, як «засоби вимірювання», тобто обладнання для виконання вимірювань (у тому числі у поєднанні з кількома одиницями обладнання); «верифікація», тобто повірка засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) і надання свідоцтва про повне задоволення усіх вимог; «поправка», тобто компенсація оціненого системою ефекту від вимірювання [5].

Вимоги щодо ідентифікації устаткування. Устаткування для проведення калібрування повинно бути зареєстровано і мати такі відомості: назву виробника, серійний номер, ідентифікацію типу, результати повірки відповідності устаткування, інструкції виробника, щодо застосування устаткування, план обслуговування та повірки, опис пошкоджень та ремонтно - профілактичні роботи [3].

Простежуваність вимірювань. Усе устаткування, яке використовується для проведення калібрування, що має істотний вплив на точність результатів, повинно бути відкалібровано до його введення в експлуатацію. Лабораторія повинна мати програму проведення калібрування свого устаткування. У програмі має бути закладений алгоритм, який забезпечує простежуваність вимірювань для своїх власних еталонів та вимірювальних інструментів, згідно Системи SI за рахунок нерозривного ланцюга калібрування, або зіставлень, що зв'язує їх з відповідними первинними еталонами одиниць SI. Зв'язок з одиницями досягається посиланням

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2016. – Т.3(42)

на Національний еталон. Якщо калібрування не може бути точно виконане в одиницях SI, тоді у цих випадках калібрування повинне забезпечити достовірність вимірювань [3]. Згідно з ISQ, метрологічна простежуваність є властивість результату вимірювання, згідно з котрим результат може бути співвіднесено з основою для порівняння [5].

Еталони. За термінологією ISQ, «еталон» є реалізація визначення даної величини з встановленим значенням величини і зв'язаною з нею невизначеністю вимірювання, що використовується як основа для порівняння. У ISQ ж наводяться поняття «міжнародного еталону», тобто визнаного усіма державами; «первинного еталону»; «вторинного еталону», тобто відкаліброваного по первинному; «національному еталону», для використання у господарчій діяльності; «вихідного еталону» для калібрування інших (робочих) еталонів; «робочі еталони» для перевірки ЗВТ [5].

Вихідні еталони. Вихідні еталони повинні бути відкалібровані органом, який може забезпечити простежуваність. Вихідні еталони калібрують до та після будь-якого регулювання. Перевірки необхідні для підтримання довіри до статусу вихідних, первинних, або робочих еталонів і проводяться за визначеними процедурами. [3].

Протоколи і свідоцтва про калібрування. Результати кожного калібрування, що проведе в лабораторії, реєструються в протоколах, або свідоцтвах про калібрування. Вони повинні містити всю потрібну замовнику інформацію і основні характеристики, а саме:

- назву та адресу замовника;
- ідентифікацію методу, що використовується;
- опис, стан та недвозначну ідентифікацію приладу, який пройшов калібрування;
- результати калібрування;
- ім'я, посаду та підпис (або особисте тавро) особи, яка затвердила результати калібрування;
- умови (наприклад умови довкілля), за яких проведено калібрування та їх вплив на результати калібрування;
- невизначеність вимірювання та (або) вказівку на відповідність ідентифікованим метрологічним характеристикам технічних умов, або окремим їх положенням;
- докази того, що вимірювання простежуються.

Свідоцтво про калібрування повинно містити лише кількісні показники та результати функційного випробування. Зміни у протоколи вимірювань та випробувань, можуть бути внесені тільки у вигляді додаткового документу [3].

II. «Невизначеність вимірювань» У [2] поняття «невизначеності вимірювань» («*Н.В.*») розшифровується як «ділянка», або «частина шкали» вимірювань, яка відповідає ожилі розсіянню результатів вимірювань, у якій, за припущенням знаходиться значення величини, що вимірюється. Взагалі, невизначеність вимірювання включає багато компонентів. Деякі з цих компонентів можуть бути оцінені експериментально за статистичним розподілом значень величини в серії вимірювань. Оцінювання невизначеності по типу «**A**» результату одноразового вимірювання можливе тільки шляхом проведення багаторазового попереднього вимірювання за даною методикою. При кількісній оцінці невизначеності вимірювання використовуються такі поняття, як «стандартна невизначеність вимірювання», тобто невизначеність у вигляді стандартного відхилення; «сумарна стандартна невизначеність», тобто стандартна

невизначеність, яку отримують, виходячи з індивідуальної стандартної невизначеності, пов'язаною з вхідними величинами у моделі вимірювань; «відносна стандартна невизначеність», тобто стандартна невизначеність, поділена на вимірюване значення величини; «розширена невизначеність», тобто сумарна стандартна «**H.V.**», помножена на коефіцієнт охопту [2].

У «Рекомендації INC-1» (1980 р.) вираз «невизначеність», прийнятий Міжнародним Комітетом по мірам і вагам, допускає, що складові «**H.V.**» групують у дві категорії типу «**A**» і типу «**B**», з огляду на те, чи були вони оцінені статистичними, або іншими методами. Ці складові об'єднують, щоб отримати дисперсії, згідно з правилами Теорії ймовірності, при чому, складова типу «**B**» також розглядається як дисперсія [5]. Ціль вимірювань у концепції невизначеності - не в тому, щоб знайти істинне значення максимально точно, а в тому, щоб приписати величині, що вимірюється, інтервал обґрунтованих значень, виходячи з припущень, що при вимірюваннях не були допущені помилки. В GUM розглядається «дефініційна невизначеність», як надмала у порівнянні з іншими складовими невизначеності.

У невизначеності вимірювань, згідно [5], використовуються такі поняття, як «інтервал», який разом з символами $[a; b]$ застосовується для набору дійсних чисел « x », для яких:

$$a \leq x \leq b, \quad (1)$$

де a, b - дійсні числа і позначають границі інтервалу; «ширина (розмір, довжина) інтервалу» є різниця $b-a$ і позначається як $[a; b]$. Наприклад, $r [4; 2] = 2 - (-4) = 6$. «Інтервал охопту», тобто інтервал, який включає сукупність істинних значень вимірювальної величини з заданою ймовірністю. «Довірчий інтервал» - є статистичною оцінкою параметра ймовірного розподілу, границями такого інтервалу є функція від результатів вимірювань. Довірчий інтервал з високою ймовірністю включає невідоме значення параметру [5].

III. Розрахункові формули у невизначеності вимірювань. У теорії невизначеності застосовують такі поняття, як «міра точності»:

$$\frac{1}{\sqrt{2(b^2 + \delta^2)}}, \quad (2)$$

де b, δ - константи.

У якості оцінки невідомої величини використовують «середнє арифметичне»:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i, \quad (3)$$

де X_i - числа інтервалу, а різницю $\Delta_1 = X_1 - \bar{X} \dots$; $\Delta_n = X_n - \bar{X}$ - називають «увною помилкою». Вибір « X » у якості оцінки для α заснований на тому, що при достатньо великому n рівноточних вимірювань (без систематичної помилки), оцінка X з ймовірністю, близької до одиниці, практично не відрізняється від невідомої величини μ . Оцінка з такою властивістю називається «незміщеною помилкою». Дисперсія цієї оцінки визначається як:

$$D\bar{X} = E(\bar{X} - \mu)^2 = \frac{\delta^2}{n} \quad (4).$$

Досвід показує, що досить часто випадкові похибки підкоряються нормальному закону розподілу. [4]. Застосовуються також такі поняття, як «стандартна невизначеність вимірювання», котра є «**H.V.**» у вигляді «стандартного відхилення»:

«сумарна стандартна невизначеність», котру отримують, виходячи з індивідуальної стандартної невизначеності, і пов'язану з вхідними величинами у моделі вимірювання; «відносна стандартна невизначеність» - це стандартна невизначеність поділена на абсолютне значення вимірювальної величини; «розширена невизначеність є сумарна стандартна невизначеність помножена на коефіцієнт охопту « k », де $k > 0$ [5].

Середнє квадратичне відхилення σ величин $X_1, X_2 \dots X_n$ від a є корінь квадратний з виразу:

$$\frac{(X_1 - a)^2 + (X_2 - a)^2 + \dots + (X_n - a)^2}{n} \quad (5)$$

У теорії ймовірності квадратичне відхилення σ випадкової величини X від її математичного очікування визначається як корінь квадратний з DX (див. формулу (4)) і називається «стандартним відхиленням» величини X . Для будь-якої випадкової величини X з математичним очікуванням μ_X і квадратичним відхиленням σ_X ймовірність відхилення X від μ , при великих значеннях $|k|$, не перевищує $1/k^2$ («нерівність Чебишева»). У випадку нормального закону розподілу, ймовірність при $k = 3$, дорівнює 0,0027. У вирішенні практичних задач теорії ймовірності, де закон розподілу є нормальним, користуються «правилом 3σ » [4].

Точність «довірчого інтервалу», згаданого у розділі II, вимірюється довільним числом α . Ймовірність помилки, що довірчий інтервал не охоплює істинне значення θ не більше α . У багатьох задачах вдається знайти довірчий інтервал, що відповідає лише приблизному значенню довірчого рівня, залежного від числового параметру θ , де $\theta \in \Theta \subseteq R$, де Θ - параметрична множина. Тоді, при фіксованому значенні α , ($0 < \alpha < 1$) інтервал з межами $\theta_1 = \theta_1(X_1 \dots X_n)$ і $\theta_2 = \theta_2(X_1 \dots X_n)$ і є довірчий інтервал. Розглянемо наступний приклад. Нехай P_θ є нормальний розподіл із щільністю ймовірності:

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}\delta} \exp - \frac{(X - \Theta)^2}{2\delta^2} \quad (6)$$

де $-\infty < X < +\infty$ і $\sigma > 0$. Для побудови довірчого інтервалу використовується середнє арифметичне (формула(3)). Тоді, для будь-якого $t > 0$, ймовірність того, що шукана величина θ знаходиться у довірчому інтервалі складає:

$$P_\theta \left\{ \bar{X} - \frac{t\delta}{\sqrt{n}} \leq \theta \leq \bar{X} + \frac{t\delta}{\sqrt{n}} \right\} \quad (7)$$

IV. Приклад практичного розрахунку інтервалу невизначеності (або довірчого інтервалу) для барометричних вимірювань. Для розрахунку інтервалу невизначеності було використано стандартне устаткування, яке застосовується при повірці барометрів-анероїдів, а саме: вакуумна камера, насос, робочий еталон-електронний барометр БАР-И. Тут колонка «**G**» поділлка шкали анероїда, від 1060 до 820 гПа, для якої було проведено десять вимірювань атмосферного тиску, результати яких наведено у таблиці 1. Числа 1, 2, ... 10 - номер дослідження; поле під БАР-И - значення тиску, зафіксованого по робочому еталону; поле під БАММ-1- значення тиску зафіксованого за барометром-анероїдом.

Розрахунок розпочинаємо з обчислення середнього значення тиску «**P**», згідно (3), для кожної поділлки шкали барометра-анероїда, при цьому маємо припущення, що в еталоні БАР-И досягнуте максимально точне значення тиску, що задавався. За

формулою (5) розраховуємо середнє квадратичне відхилення σ від α , котре у нашому випадку є середнє значення тиску: $\alpha = P$ (гПа). Отримані розрахункові дані наведено у таблиці 2.

Таблиця 1. Результати експериментів для БАР-И (блок А) та БАММ-1 (блок Б)

Блок А - БАР-И

Gi / n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1060	1060,3	1060,4	1060,6	1060,4	1059,5	1059,8	1059,1	1059,2	1059,8	1058,2
1040	1040,9	1040,5	1039,9	1040,2	1041,1	1039,8	1040,6	1040,3	1038,1	1037,2
1020	1020,2	1020,4	1020,8	1020,3	1019,9	1020,2	1020,6	1020,0	1021,8	1019,5
1000	1000,6	1000,5	999,7	999,4	1000	999,6	1000,9	1000,6	999,2	998,2
980	980,5	980,7	978,8	980,1	981,0	980,1	979,6	980,6	981,3	979,2
960	959,3	960,8	960,3	959,9	959,2	960,5	960,8	960,6	961,5	959,7
940	939,3	939,2	939,9	939,7	939,9	940,6	939,9	939,8	940,3	939,3
920	920,2	920,2	919,1	920,1	920,7	920,5	920,8	919,8	919,8	919,6
900	900,5	899,9	900,1	899,8	900,9	899,3	900,8	899,1	900,9	898,9
880	880,0	879,4	880,6	880,5	880,1	880,4	880,1	880,6	881,3	879,4
860	860,3	859,6	860,7	859,2	860,7	860,2	860,5	859,3	859,9	858,6
840	840,2	839,7	840,2	840,0	840,4	839,0	840,6	840,3	840,1	839,4
820	819,9	819,7	819,9	820,1	819,9	820,0	819,7	819,9	820,8	821,4

Блок Б - БАММ-1

Gi / n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1060	1059,5	1059,0	1058,5	1058,0	1057,0	1057,5	1056,0	1056,6	1057,5	1057,0
1040	1040,0	1040,0	1038,0	1039,0	1039,2	1038,0	1039,0	1038,2	1038,0	1036,0
1020	1020,0	1020,0	1020,0	1020,0	1019,0	1020,0	1020,0	1019,0	1021,5	1019,0
1000	1001,0	1001,5	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,5	1001,0	999,0	999,0
980	983,0	983,0	981,5	981,0	982,0	981,0	980,0	981,5	982,0	980,0
960	962,0	963,0	962,0	961,5	960,5	962,0	962,0	962,0	963,0	961,0
940	942,5	941,0	942,0	941,5	942,0	942,0	941,5	941,5	943,0	941,5
920	924,0	922,0	921,5	922,0	922,5	922,0	923,0	922,0	922,5	922,0
900	903,0	901,5	902,0	901,5	902,5	901,0	902,0	901,0	903,0	901,0
880	883,0	880,5	882,0	882,0	882,0	881,5	881,5	882,0	883,5	881,0
860	863,0	860,0	862,0	862,0	860,0	862,0	861,5	862,0	861,5	860,0
840	842,0	840,0	841,0	841,0	841,0	840,0	841,0	841,0	841,0	840,0
820	821,0	819,0	820,0	820,0	820,0	820,0	820,0	820,0	821,0	821,5

Таблиця 2 . Розрахунок квадратичного відхилення « σ » для поділок шкали барометра-анероїда

P,гПа	1060	1040	1020	1000	980	960	940	920	900	880	860	840	820
σ	0,96	1,09	0,71	0,78	0,33	0,31	0,83	0,62	0,67	0,78	0,95	0,60	0,67

Надалі, за формулою (7) розраховуємо «інтервал невизначеності» (або «довірчий інтервал»), в якому, з заданою ймовірністю, знаходиться істинне значення тиску. У формулу (7) входить коефіцієнт «t». $t > 0$ і може приймати значення 1, 2, 3, що впливає на точність, а також ширину інтервалу невизначеності. У нашому випадку $t = 1$. Результати розрахунку наведено у таблиці 3.

Таблиця 3. Результати розрахунку інтервалу невизначеності для барометра-анероїда БАММ-1

P, гПа	1060	1040	1020	1000	980	960	940	920	900	880	860	840	820
Інтервал	1057,3-1057,9	1038,9-1038,3	1019,6-1020,0	1000,4-1000	981,6-981,4	961,8-962,0	941,5-942,1	922,2-922,6	901,4-901,8	881,6-882,1	851,1-851,5	840,6-841,0	820,1-820,5

Напрямок та мета подальших досліджень. Метою подальших досліджень можуть бути дослідження, які пов'язані із вирішенням питання одноманітності калібрування еталонних ЗВТ атмосферного тиску: якщо два однакові еталони відкалібровано у різних країнах то різниця в показаннях (тобто похибка) може досягати до 0,3 гПа, що негативно впливає на розрахунок довірчого інтервалу.

Висновки.

1. Невизначеність вимірювання - новий підхід у розрахунках, який має замінити розрахунок похибки і пов'язаний з еталонами різного класу точності.

2. Концепція невизначеності визнає, що у дійсності з причин неповного опису величини існує не одне істинне значення величини, або - сукупність істинних значень, яка на практиці залишається невідомою.

3. Устаткування для проведення калібрування повинно бути зареєстровано і мати відомості про: назву виробника, серійний номер, ідентифікацію типу, результати повірки відповідності устаткування, інструкції виробника, щодо застосування устаткування, план обслуговування та повірки, опис пошкоджень та ремонтно - профілактичні роботи.

4. Усе устаткування, яке використовується для проведення калібрування, що має істотний вплив на точність результатів, повинно бути відкалібровано до його введення в експлуатацію.

5. Прилад – «еталон» є реалізація визначення даної величини з встановленим значенням величини та пов'язаною з нею невизначеністю вимірювання, що використовується як основа для порівняння. Вихідні еталони повинні бути відкалібровані органом, який може забезпечити простежуваність. Для них застосовують калібрування до та після будь-якого їх регулювання.

6. Результати кожного калібрування, що проведене у лабораторії, реєструються в протоколах, або свідоцтвах про калібрування. Вони повинні містити всю потрібну замовнику інформацію і основні характеристики (назву та адресу замовника; ідентифікацію методу, що використовується; опис, стан та недвоязну ідентифікацію приладу, який пройшов калібрування; результати калібрування; ім'я, посаду та підпис (або особисте тавро) особи, яка затвердила результати калібрування; умови (наприклад умови довкілля), за яких проведено калібрування та їх вплив на результати калібрування; невизначеність вимірювання та (або) вказівку на відповідність ідентифікованим метрологічним характеристикам технічних умов, або окремим їх положенням; докази того, що вимірювання простежуються). Свідоцтво про калібрування повинно містити лише кількісні показники та результати функційного випробування.

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2016. – Т.3(42)

7. Поняття «невизначеності вимірювань» розшифровується як «ділянка», або «частина шкали» вимірювань, яка відповідає ожилому розсіянню результатів вимірювань, у якій, за припущенням знаходиться значення величини, що вимірюється. Досить часто випадкові похибки підкоряються нормальному закону розподілу.

8. Метою подальших досліджень повинні бути дослідження, які пов'язані із вирішенням питання одноманітності калібрування еталонних ЗВТ визначення довірчого інтервалу.

Список літератури

1. Білаш В.І., Пясецька С.І. Метрологічне забезпечення приладів атмосферного тиску у гідрометеорологічній службі України / Білаш В.І., Пясецька С.І. // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія.- 2014. - т. 3(34). - С. 83-89. 2. Большая Российская энциклопедия. -М.:, Научное изд-во «Большая Российская энциклопедия» 2013. - т. 22. 3. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій (ISO / IEC 17025:2006). - Видання офіційне. - 24 с. 4. Математический Энциклопедический Словарь. Изд.-во «Советская Энциклопедия». - М., - 1988 – 845 с. 5. Международный метрологический словарь. – СПб. – Изд-во НПО «Профессионал», 2010.

Теоретичні засади і розрахунок інтервалу невизначеності в метрологічному забезпеченні метеорологічних приладів вимірювання атмосферного тиску

Білаш В.І., Пясецька С.І.

Представлена стаття присвячена розробці методики розрахунку інтервалу невизначеності при вимірюванні атмосферного тиску метеорологічними приладами барометрами та барографами. Нова методика повинна замінити застосований раніше розрахунок похибки при повірці атмосферного тиску цими приладами. Необхідність у такій методиці виникла у зв'язку з переходом повірочних лабораторій України цього профілю на міжнародні стандарти. У статті викладено основні положення, необхідні для переходу від повірочних лабораторій до калібрувальних. Наведено основні поняття Міжнародної Системи величин ISQ, розшифровуються такі поняття, як «вимірювання», «принципи вимірювання», «істинне значення величини», «умови повторюваності вимірювання», «засоби вимірювання», «верифікація засобів вимірювання», «похибка», «калібрування», «еталон» та інші. Розглядаються поняття «невизначеності вимірювань» типу «А» і «В» і пов'язані з ними середнє арифметичне, «математичне очікування», «дисперсія», «квадратичне відхилення», «стандартне відхилення», «інтервал невизначеності», або «довірчий інтервал». Також наведено розрахункові формули для інтервалу невизначеності, та виділено додаткові поняття, пов'язані з цим та надано практичний розрахунок інтервалу невизначеності на прикладі повірки стандартного барометра-анероїда БАММ-1, якими оснащено метеостанції України.

Ключові слова: барометри, поняття невизначеності, розрахунок інтервалу невизначеності

Теоретические основы и расчет интервала неопределенности в метрологическом обеспечении метеорологических приборов измерения атмосферного давления

Белаш В.И., Пясецкая С.И.

Представленная статья посвящена разработке методики расчета интервала неопределенности при измерении атмосферного давления метеорологическими приборами - барометрами и барографами. Новая методика призвана заменить применявшийся ранее расчет погрешности при поверке атмосферного давления этими приборами. Необходимость в разработке такой методики возникла в связи с переходом поверочных лабораторий Украины этого профиля на мировые стандарты. В статье приведены основные положения, необходимые для перехода от поверочных лабораторий к калибровочным. Приведены основные понятия Международной Системы величин ISQ, расшифровываются такие понятия, как «измерения», «принципы измерения», «истинное значение величины», «условия повторяемости измерений», «средства измерения», «верификация средств измерения», «погрешность», «калибровка», «эталон» и другие. Рассматриваются такие понятия, как «неопределенность измерений» типа «А» и «В» и связанные с ними «среднее арифметическое», «дисперсия», «математическое ожидание», «квадратичное отклонение», «стандартное отклонение», «интервал неопределенности», или «доверительный интервал» и другие. Также приведены расчетные

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2016. – Т.3(42)

формулы для интервала неопределенности и дополнительные понятия, связанные с ним и приведен практический расчет интервала неопределенности на примере поверки стандартного барометра-анероида БАММ-1, которыми оснащены метеостанции Украины.

Ключевые слова: барометры, понятие неопределенности, расчет интервала неопределенности.

Theoretical foundations and calculation of the uncertainty interval in metrological support of meteorological instruments for barometric pressure measurement

Belash V.I., Pyasetska S.I.

The paper is devoted to the development of methods for uncertainty interval calculating during the atmospheric pressure measurement by meteorological devices, such as barometers and barographs. The new method will replace the previously applied calculation of errors in barometric pressure measurement by these instruments. The need for such a procedure has arisen in connection with the transition of testing laboratories in the Ukraine to the international and European standards. The article consists of fourth sections; each of them contains general concepts, necessary to replace testing laboratories in the calibration ones. The first section contains new requirements for testing (calibration) laboratories. The second section reveals the concept of "uncertainty interval" measurements. The third section contains the main concepts of the theory of uncertainty measurement; in the fourth section the formula for uncertainty interval calculating are given and in the for section we give an example of the practical calculation of the uncertainty interval for a particular standard and an aneroid barometer verified by this interval. The article justifies new requirements for output and working standards of atmospheric pressure as well as new rules for certification of aneroid barometers calibration located at meteorological stations in the Ukraine. When calibrating aneroid barometers on electronic standards there raises the question of reasonable minimum and sufficient number of measurements, the choice of accuracy characteristics verification / calibration that is the subject of further research. In subsequent studies presented in this article, the results should also conduct a study comparing instruments for measuring atmospheric pressure calibrated in different countries to explore possibilities to minimize the difference in the testimony. This will reduce the possibility of error in measurement and calculation pursuant to simplify the confidence interval of the results. In addition, if compliance calibration instruments for measuring atmospheric pressure in different countries will simplify their use on other national networks meteorological observations. This article is intended for those working in this field.

Keywords: barometer, the concept of uncertainty measurement, uncertainty interval calculation.

Надійшла до редколегії 27.09.2016