



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

ДСТУ _____:2017

Метрологія

Методика повірки

Віброметри

(Проект, перша редакція)

**Київ
2017**

ПЕРЕДМОВА

1 РОЗРОБЛЕНО: ДЕРЖАВНИМ ПІДПРИЄМСТВОМ «ВСЕУКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-ВИРОБНИЧИЙ ЦЕНТР СТАНДАРТИЗАЦІЇ, МЕТРОЛОГІЇ, СЕРТИФІКАЦІЇ ТА ЗАХИСТУ ПРАВ СПОЖИВАЧІВ» (ДП «УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ»)

2 ПРИЙНЯТО ТА НАДАНО ЧИННОСТІ: наказ ДП "УкрНДНЦ" від _____
_____ 201 __ р. № _____ з 201 __ - __ - __

3 Цей стандарт розроблено згідно з правилами, установленими в національній стандартизації України.

4 УВЕДЕНЕ ВПЕРШЕ

**Право власності на цей документ належить державі
Заборонено повністю чи частково видавати, відтворювати для розповсюдження і
розповсюджувати як офіційне видання цей національний стандарт або його частини на будь-яких
носіях інформації без дозволу ДП «УкрНДНЦ» чи уповноваженої ним особи
ДП «УкрНДНЦ», 2017**

ЗМІСТ

	С.
1 Сфера застосування	1
2 Нормативні посилання	2
3 Терміни та визначення понять.....	3
4 Позначки та скорочення	6
5 Операції повірки.....	6
6 Засоби повірки	8
7 Вимоги до кваліфікації персоналу	10
8 Умови проведення повірки	10
9 Вимоги щодо безпеки	10
10 Підготовка до проведення повірки	11
11 Проведення повірки	11
12 Обробка результатів вимірювань	34
13 Оформлення результатів повірки	38
Додаток А (обов'язковий). Форма протоколу повірки віброметра	40
Додаток Б (обов'язковий). Форма протоколу повірки віброперетворювача	42
Додаток В (довідковий). Бібліографія	44

0 ВСТУП

Розвиток промисловості призводить до ризиків виникнення техногенних катастроф. Вимірювання параметрів вібрації, окремих частин машин і механізмів є обов'язковим для забезпечення їх безпечної експлуатації та попередження аварій. Повірка віброметрів та віброперетворювачів має велике значення для забезпечення якісного контролю технічного стану машин і механізмів, виявлення і локалізації джерел вібрації, оцінки її потенціальної небезпеки.

Незважаючи на розмаїтість типів віброметрів та віброперетворювачів, вони мають схожі основні метрологічні характеристики. Цей стандарт призначено для визначення основних метрологічних характеристик під час проведення повірки віброметрів та віброперетворювачів.

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

МЕТРОЛОГІЯ

МЕТОДИКА ПОВІРКИ

ВІБРОМЕТРИ

METROLOGY

VERIFICATION PROCEDURE

VIBROMETERS

Чинний від _____

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

1.1 Цей стандарт поширюється на віброметри з п'єзоелектричними, індукційними, вихорострумовими і оптичними віброперетворювачами (надалі – віброметри) та на п'єзоелектричні, індукційні, вихорострумові та оптичні віброперетворювачі (надалі – віброперетворювачі) та встановлює методику їх повірки, а саме: операції повірки, засоби повірки, вимоги до кваліфікації персоналу, умови проведення повірки, вимоги щодо безпеки, підготовку до проведення повірки, обробку результатів вимірювань та оформлення результатів повірки.

1.2 Цей стандарт застосовується для проведення періодичної повірки, повірки після ремонту (що не змінює тип засобів вимірювальної техніки), а також можуть застосовуватися для проведення позачергової та експертної повірки відповідно до вимог [2].

1.3 Стандарт призначено для застосування науковими метрологічними центрами, метрологічними центрами та повірочними лабораторіями, які відповідно до [1] здійснюють повірку віброметрів (віброперетворювачів).

1.4 Під час повірки віброметрів (віброперетворювачів) необхідно додатково керуватись експлуатаційними документами на віброметр

(віброперетворювач) та засоби повірки, зазначені в розділі 6 цього стандарту.

1.5 Міжповірочний інтервал на віброметри (віброперетворювачі) визначають згідно з [4].

1.6 Повірка віброметрів (віброперетворювачів), які не застосовуються у сфері законодавчо регульованої метрології, може здійснюватися згідно з цим стандартом на добровільних засадах.

1.7 Вимоги щодо безпеки повірки викладено в розділі 9 цього стандарту.

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

У цьому стандарті наведено посилання на такі національні стандарти:
ДСТУ 2300-93 Вібрація. Терміни на визначення

ДСТУ ІЕС 61260:2010 Електроакустика. Фільтри смугові октавні та частино октавні (ІЕС 61260:1995, ІДТ)

ДСТУ ОІМЛ D 8:2008 Метрологія. Еталони. Вибір, визнання, застосування, зберігання та документація

ДСТУ ОІМЛ D 23:2008 Метрологія. Принципи метрологічного контролю обладнання для повірки

ДСТУ ІСО 16063-21:2006 Методи калібрування давачів вібрацій і удару. Частина 21. Калібрування давачів вібрацій методом порівняння з еталонним давачем (ІСО 16063-21:2003, ІДТ)

Примітка. Чинність стандартів, на які є посилання в цьому стандарті, перевіряють згідно з офіційними виданнями національного органу стандартизації – каталогом національних нормативних документів і щомісячними інформаційними покажчиками національних стандартів.

Якщо стандарт, на який є посилання, замінено новим або до нього внесено зміни, треба застосовувати новий стандарт, охоплюючи всі внесені зміни до нього.

3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

3.1 В цьому стандарті застосовуються терміни згідно з ДСТУ 2300.

3.2 Нижче подано терміни, вжиті в цьому стандарті, та визначення позначених ними понять.

3.2.1 прямолінійна вібрація твердого тіла

Вібрація, за якої всі точки твердого тіла рухаються по прямолінійній траєкторії

3.2.2 поступальна вібрація

Вібрація твердого тіла під час його поступального руху

3.2.3 параметри прямолінійної поступальної вібрації

Наступні параметри є параметрами прямолінійної поступальної вібрації:

- переміщення (далі - вібропереміщення);
- швидкість (далі - віброшвидкість);
- прискорення (далі - віброприскорення);
- фаза;
- частота;
- коефіцієнт нелінійних спотворень

3.2.4 віброперетворювач

Вимірювальний перетворювач, призначений для формування на своєму виході сигналу, що функціонально зв'язаний із вимірюваними параметрами вібрації на його вході.

Віброперетворювачі можуть бути контактними або безконтактними. За принципом дії віброперетворювачі поділяються на п'єзоелектричні, індукційні, вихорострумові та оптичні

3.2.5 віброметр

Засіб вимірювальної техніки (далі – ЗВТ), який призначений для вимірювання фізичних величин, що характеризують вібрацію.

Віброметри складаються з віброперетворювача, вторинного перетворювача та/або узгоджувального підсилювача, блоку збирання та

оброблення інформації з пристроєм відображення результату вимірювань (далі – вторинний прилад).

Віброметри можуть бути виконані як в одному блоці так і в декількох блоках

3.2.6 фізичні величини вібрації

Наступні фізичні величини є фізичним величинами параметрів вібрації (далі – ФВВ):

- середнє квадратичне значення віброприскорення;
- амплітуда віброприскорення;
- середнє квадратичне значення віброшвидкості;
- амплітуда віброшвидкості;
- середнє квадратичне значення вібропереміщення;
- амплітуда вібропереміщення;
- розмах вібропереміщення.

Віброметри можуть відображати результат вимірювань в одиницях фізичної величини або децибелах.

Віброметри мають вимірювати принаймні одну ФВВ

3.2.7 коефіцієнт перетворення віброперетворювача

Коефіцієнт пропорційності, що дорівнює відношенню значення вихідного сигналу до значення фізичної величини, що діє на його вході

3.2.8 базова частота

Частота вібрації, за якої визначається коефіцієнт перетворення віброперетворювача з мінімальною похибкою

3.2.9 еталонна вібраційна установка

Еталон, що призначений для відтворення і передачі розміру одиниці фізичної величини при прямолінійній поступальній вібрації.

Склад еталонної вібраційної установки:

- вібростенд для відтворення майже прямолінійної поступальної вібрації в певному діапазоні частот;
- генератор синусоїдального сигналу;

- підсилювач потужності;
- еталонний віброперетворювач з узгоджувальним підсилювачем;
- вольтметр або лазерний інтерферометр з відповідним блоком збирання та оброблення інформації

3.2.10 нерівномірність амплітудно-частотної характеристики (далі – АЧХ) віброметра (вторинного приладу)

Максимальне за модулем відхилення результатів вимірювань віброметром (вторинним приладом), що виражене у відсотках або децибелах, за зміни частоти вхідного сигналу від результату вимірювань на базовій частоті за незмінної амплітуди вхідного сигналу

3.2.11 границі нерівномірності АЧХ віброметра (вторинного приладу)

Максимальне та мінімальне відхилення результатів вимірювань віброметром (вторинним приладом), що виражені у відсотках або децибелах, за зміни частоти вхідного сигналу від результату вимірювань на базовій частоті за незмінної амплітуди вхідного сигналу

3.2.12 нерівномірність АЧХ віброперетворювача

Максимальне за модулем відхилення коефіцієнта перетворення, що виражене у відсотках або децибелах, за зміни частоти вхідного сигналу від значення коефіцієнта перетворення на базовій частоті за незмінної амплітуди вхідного сигналу

3.2.13 границі нерівномірності АЧХ віброперетворювача

Максимальне та мінімальне відхилення коефіцієнта перетворення, що виражені у відсотках або децибелах, за зміни частоти вхідного сигналу від значення коефіцієнта перетворення на базовій частоті за незмінної амплітуди вхідного сигналу

3.2.14 нелінійність амплітудної характеристики (далі – АХ) віброметра (вторинного приладу)

Максимальне за модулем відносне відхилення результатів вимірювань віброметром (вторинним приладом) від дійсного значення фізичної величини за зміни амплітуди вхідного сигналу на базовій частоті

3.2.15 нелінійність АХ віброперетворювача

Максимальне за модулем відносне відхилення коефіцієнта перетворення від номінального значення за зміни амплітуди вхідного сигналу на базовій частоті

4 ПОЗНАКИ ТА СКОРОЧЕННЯ

В цьому стандарті вжито такі позначки та скорочення:

- АЧХ – амплітудно-частотна характеристика;
- АХ – амплітудна характеристика;
- ЗВТ – засіб вимірювальної техніки;
- ЕД – експлуатаційні документи;
- СКЗ – середнє квадратичне значення;
- ФВВ – фізичні величини вібрації.

5 ОПЕРАЦІЇ ПОВІРКИ

5.1 Під час проведення повірки віброметрів виконують операції, наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Найменування операції повірки	Номер пункту стандарту	Проведення операції під час періодичної (позачергової) повірки	Проведення операції під час повірки після ремонту
1 Зовнішній огляд	11.1	так	так
2 Перевірка працездатності	11.2	так	так
3 Визначення основної похибки віброметра при повірці у комплекті із віброперетворювачем	11.3.1	так	так
4 Визначення основної відносної похибки віброметра при поелементній повірці	11.3.2	так	так
5 Перевірка вбудованих смугових фільтрів	11.3.3	так	так

Примітка. Спосіб проведення повірки (комплектна або поелементна) обирає замовник або персонал, що проводить повірку.

5.2 Під час проведення повірки віброперетворювачів виконують операції, наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Найменування операції	Номер пункту стандарту	Проведення операції під час періодичної (позачергової) повірки	Проведення операції під час повірки після ремонту
1 Зовнішній огляд	11.1	так	так
2 Перевірка працездатності	11.2	так	так
3 Визначення дійсного значення коефіцієнта перетворення віброперетворювача	11.3.4	так	так
4 Визначення основної похибки віброперетворювача в робочому діапазоні частот	11.3.5	так	так
5 Визначення основної похибки віброперетворювача в діапазоні вимірювань ФВВ	11.3.6	так	так

5.3 У разі отримання негативного результату будь-якої операції повірки згідно з таблицею 1 та таблицею 2 повірка припиняється, а віброметр (віброперетворювач) визнається непридатним до застосування.

6 ЗАСОБИ ПОВІРКИ

6.1 Перелік еталонів, засобів повірки та допоміжного обладнання, а також операції повірки (пункти цього стандарту), під час яких їх застосовано, зазначено в таблиці 3 та таблиці 4

Таблиця 3 – Еталони, необхідні для проведення повірки

Пункт(и) стандарту	Назва еталона, метрологічні характеристики
11.2 11.3.1 11.3.4 11.3.5 11.3.6	Еталонний віброперетворювач. Відносна розширена невизначеність в діапазоні частот: - від 0,5 Гц до 5 Гц – 2,5 %; - від 5,1 Гц до 9,9 Гц – 0,7 %; - від 10 Гц до 1000 Гц – 0,5 %; - від 1001 Гц до 5000 Гц – 0,7 %; - від 5001 Гц до 10000 Гц – 1,5 %; - від 10001 Гц до 15000 Гц – 3,0 %; - від 15001 Гц до 20000 Гц – 5 %
11.2 11.3.1 11.3.4 11.3.5 11.3.6	Еталонна вібраційна установка до складу якої входить еталонний віброперетворювач: - діапазон частот - від 0,5 Гц до 20 кГц; - діапазон відтворення амплітуди віброприскорення - від $1 \cdot 10^{-2}$ м/с ² до $3 \cdot 10^2$ м/с ² ; - діапазон відтворення амплітуди віброшвидкості – від $1 \cdot 10^{-4}$ м/с до 1 м/с; - діапазон відтворення амплітуди вібропереміщення – від $1 \cdot 10^{-7}$ м до $1 \cdot 10^{-3}$ м.

Таблиця 4 – Засоби повірки, допоміжне обладнання, необхідні для проведення повірки

Пункт(и) стандарту	Засоби повірки, допоміжне обладнання, метрологічні або основні технічні характеристики
8	Вимірювач параметрів повітря, діапазон вимірювань температури від 5 до 40 °С, діапазон вимірювань відносної вологості повітря від 10 до 90 %, розширена невизначеність при вимірюванні: температури повітря – 0,5 °С; відносної вологості повітря – 3 %.
11.3.3	Генератор, частотний діапазон від 0,3 Гц до 20000 Гц, коефіцієнт гармонік – 0,3 %;
11.2 11.3.3 11.3.4 11.3.5 11.3.6	Вольтметр СКЗ змінного струму, діапазон вимірювання від 0 до 30 В, розширена невизначеність вимірювання напруги – 0,5 %
	Вольтметр постійного струму, діапазон вимірювання від 0 до 30 В, розширена невизначеність вимірювання напруги – 0,5 %
	Міліамперметр СКЗ змінного струму, діапазон вимірювання від 0 до 30 мА, розширена невизначеність вимірювання сили струму – 0,5 %
	Міліамперметр постійного струму, діапазон вимірювання від 0 до 30 мА, розширена невизначеність вимірювання сили струму – 0,5 %
11.3.2	Ємність (значення ємності підбирати у відповідності до ємності віброперетворювача), розширена відносна невизначеність визначення ємності – 3 %
11.3.4.5	Статичний калібратор, розширена невизначеність при відтворенні переміщення – 10 мкм
11.3.4.5	Джерело живлення напруги постійного струму від 0 В до 30 В; амплітуда пульсацій – не більше 50 мВ

6.2 При проведенні повірки дозволяється застосовувати інші еталони та засоби повірки, що забезпечують повірку з необхідною точністю.

Примітка 1. Співвідношення між розширеною невизначеністю вимірювань за певної довірчої ймовірності, що забезпечує еталон(-и), та максимально допустимою похибкою віброметра (віброперетворювача), що підлягає повірці, повинно становити не більше ніж 1:3.

Примітка 2. Еталони повинні бути калібровані з дотриманням міжкалібрувальних інтервалів. Простежуваність еталонів повинна бути документально підтверджена.

Еталони повинні відповідати вимогам, встановленим ДСТУ OIML D 8 та ДСТУ OIML D 23.

Примітка 3. Засоби повірки повинні мати чинні свідоцтва про повірку або сертифікати/свідоцтва про калібрування.

Примітка 4. Метрологічні та технічні характеристики допоміжного обладнання, необхідного для проведення повірки, повинні бути документально засвідчені. Вимоги до допоміжного обладнання встановлено в ДСТУ OIML D 23.

7 ВИМОГИ ДО КВАЛІФІКАЦІЇ ПЕРСОНАЛУ

7.1 Персонал, відповідальний за виконання робіт з повірки віброметрів чи віброперетворювачів, повинен:

- відповідати вимогам [3];
- мати професійну підготовку в галузі метрології, освітньо-кваліфікаційний рівень молодшого бакалавра, бакалавра, магістра за інженерно-технічними спеціальностями;
- досвід роботи не менше ніж один рік;
- пройти інструктаж з техніки безпеки під час роботи з електроустановками напругою до 1000 В і мати відповідний дозвіл.

8 УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ПОВІРКИ

Під час проведення повірки повинні виконуватися такі умови:

- температура навколишнього середовища - від 18 °С до 26 °С;
- відносна вологість навколишнього середовища - від 10 % до 80 %.

9 ВИМОГИ ЩОДО БЕЗПЕКИ

9.1 Усі засоби повірки, допоміжне обладнання, віброметр, віброперетворювач, що підлягають повірці, і які передбачають заземлення, повинні бути заземлені.

9.2 Процес проведення повірки віброметра (віброперетворювача) не належить до робіт зі шкідливими або особливо шкідливими умовами праці.

10 ПІДГОТУВАННЯ ДО ПРОВЕДЕННЯ ПОВІРКИ

10.1 Перед проведенням повірки необхідно:

- пересвідчитись у наявності метрологічного маркування за результатами оцінки відповідності для тих віброметрів та віброперетворювачів, що введені в обіг після введення Технічного регламенту [5] або свідоцтва про попередню повірку, відбитка повірочного тавра тощо;

- перевірити комплектність необхідними допоміжними пристроями, що подаються на повірку разом з віброметрами та віброперетворювачами, а саме: блоком живлення; з'єднувальними кабелями між віброметром та віброперетворювачем; перехідними пристроями для кріплення віброперетворювача до вібратора вібростенда відповідно до їх ЕД;

- перевірити наявність документів, що підтверджують результати калібрування еталона та повірки або калібрування допоміжних засобів повірки;

- підготувати до роботи еталон, допоміжні засоби та віброметр з віброперетворювачем відповідно до їх ЕД.

11 ПРОВЕДЕННЯ ПОВІРКИ

11.1 Зовнішній огляд

11.1.1 Зовнішній огляд проводять візуально.

11.1.2 Результати вважаються задовільними, якщо під час зовнішнього огляду встановлено:

- відсутність механічних пошкоджень органів керування віброметра, з'єднувальних кабелів та з'єднувачів, які впливають на метрологічні

характеристики та експлуатаційні властивості віброметра (віброперетворювача);

- відсутність дефектів відлікового пристрою, що ускладнюють зчитування показів віброметра;

- відсутність дефектів, що ускладнюють зчитування маркування віброметра та віброперетворювача;

- наявність чіткого зображення написів на відліковому пристрої віброметра.

11.1.3 Результати зовнішнього огляду документують в протоколі повірки.

11.2 Перевірка працездатності

Перед проведенням повірки необхідно забезпечити наявність заземлення для всіх засобів повірки та приладів, що повіряються, згідно з їх ЕД.

11.2.1 *Перевірка працездатності віброметра з п'єзоелектричними та індукційними віброперетворювачами або п'єзоелектричного та індукційного віброперетворювачів*

11.2.1.1 Встановити віброперетворювач на вібратор еталонної вібраційної установки таким чином, щоб головна вісь чутливості віброперетворювача співпадала з напрямом коливань вібратора та з віссю чутливості еталонного віброперетворювача. Віброперетворювачі – еталонний і той, що повіряється, мають знаходитись якнайближче. Бажано – за механічного кріплення "спина-до-спини" згідно з ДСТУ ISO 16063-21.

11.2.1.2 Приєднати віброперетворювач за допомоги з'єднувального кабелю до входу віброметра або вторинного приладу згідно з ЕД на віброметр та віброперетворювач.

11.2.1.3 Увімкнути та прогріти прилади згідно з їх ЕД.

11.2.1.4 За відсутності коливань вібратора еталонної вібраційної установки за допомоги віброметра або вторинного приладу зафіксувати початковий рівень сигналу на виході віброперетворювача.

11.2.1.5 Встановити частоту коливань, яка складає (0,1 - 0,25) від верхнього значення робочого діапазону частоти віброметра або віброперетворювача.

11.2.1.6 Повільно збільшувати амплітуду коливань вібратора еталонної вібраційної установки доки покази віброметра або вторинного приладу не збільшаться відносно початкового рівня на 20 дБ (у 10 разів), що є ознакою працездатності віброметра та віброперетворювача.

Результати операції вважаються позитивними, якщо при зміні амплітуди коливань вібратора еталонної вібраційної установки покази віброметра або вторинного приладу змінюються.

11.2.1.7 Результати перевірки працездатності документують в протоколі повірки.

11.2.2 Перевірка працездатності віброметра з вихорострумовим віброперетворювачем або вихорострумового віброперетворювача

11.2.2.1 Закріпити на вібраторі вібраційної еталонної установки зразок металу таким чином, щоб площина зразка металу була перпендикулярна вісі коливань вібратора еталонної вібраційної установки.

Примітка. Зразок металу для повірки вихорострумових віброперетворювачів повинен мати форму диску товщиною від 4 мм до 8 мм та діаметром від 25 мм до 45 мм але не менше ніж два діаметра вимірювальної котушки вихорострумового віброперетворювача. Зразок металу повинен бути тієї ж марки, що і поверхня, вібрацію якої вимірюють на виробництві (наприклад, сталь вала ротора турбіни 20X13).

11.2.2.2 Встановити вихорострумовий віброперетворювач на кронштейні таким чином, щоб початковий зазор між котушкою віброперетворювача та зразком металу був таким, як вказано в ЕД на

віброперетворювач. Вісь чутливості віброперетворювача повинна співпадати з напрямком коливань вібратора еталонної вібраційної установки.

11.2.2.3 Приєднати вихорострумний віброперетворювач до входу віброметра або вторинного приладу згідно з їх ЕД.

11.2.2.4 Увімкнути та прогріти прилади згідно з їх ЕД.

11.2.2.5 За відсутності коливань вібратора еталонної вібраційної установки за допомоги віброметра або вторинного приладу зафіксувати початковий рівень сигналу на виході віброперетворювача.

11.2.2.6 Встановити частоту коливань, яка складає (0,1 - 0,25) від верхнього значення робочого діапазону частоти віброметра або віброперетворювача.

11.2.2.7 Повільно збільшувати амплітуду коливань вібратора еталонної вібраційної установки доки покази віброметра або вторинного приладу не збільшаться відносно початкового рівня на 20 дБ (у 10 разів), що є ознакою працездатності віброметра та віброперетворювача.

Результати операції вважаються позитивними, якщо при зміні амплітуди коливань вібратора еталонної вібраційної установки покази віброметра або вторинного приладу змінюються.

11.2.2.8 Результати перевірки працездатності документують в протоколі повірки.

11.2.3 Перевірка працездатності віброметра з оптичним віброперетворювачем або оптичного віброперетворювача

11.2.3.1 Закріпити на вібраторі еталонної вібраційної установки зразок світловідбивного матеріалу таким чином, щоб площина зразка матеріалу була перпендикулярна вісі коливань вібратора еталонної вібраційної установки.

Примітка. Зразок світловідбивного матеріалу, що застосовується для перевірки оптичних віброметрів та оптичних віброперетворювачів повинен мати поверхню і форму, які відповідають вимогам ЕД на оптичний віброметр або віброперетворювач.

11.2.3.2 Встановити оптичний віброперетворювач на кронштейні таким чином, щоб початковий зазор між віброперетворювачем та зразком світловідбивного матеріалу був таким, як вказано в ЕД на віброперетворювач. Вісь чутливості віброперетворювача повинна співпадати з напрямком коливань вібратора еталонної вібраційної установки.

11.2.3.3 Приєднати оптичний віброперетворювач до входу віброметра або вторинного приладу згідно з їх ЕД.

11.2.3.4 Увімкнути та прогріти прилади згідно з їх ЕД.

11.2.3.5 За відсутності коливань вібратора еталонної вібраційної установки за допомоги віброметра або вторинного приладу зафіксувати початковий рівень сигналу на виході оптичного віброперетворювача.

11.2.3.6 Встановити частоту коливань, яка складає (0,1 - 0,25) від верхнього значення робочого діапазону частоти віброметра або віброперетворювача.

11.2.3.7 Повільно збільшувати амплітуду коливань вібратора еталонної вібраційної установки доки покази віброметра або вторинного приладу не збільшаться відносно початкового рівня на 20 дБ (у 10 разів), що є ознакою працездатності віброметра та віброперетворювача.

Результати операції вважаються позитивними, якщо при зміні амплітуди коливань вібратора еталонної вібраційної установки покази віброметра або вторинного приладу змінюються.

11.2.3.8 Результати перевірки працездатності документують в протоколі перевірки.

11.3 Визначення метрологічних характеристик

11.3.1 Визначення основної похибки віброметра при повірці у комплекті із віброперетворювачем

Основну похибку віброметра розраховують за результатами визначення основної похибки вимірювань в робочому діапазоні частот та основної похибки вимірювань в діапазоні вимірювань ФВВ.

11.3.1.1 Визначення основної похибки віброметра в робочому діапазоні частот

11.3.1.1.1 Основну відносну похибку віброметра в робочому діапазоні частот (нерівномірність АЧХ) визначають за постійних значень ФВВ при десяти і більше значеннях частот, які знаходяться в робочому діапазоні частот віброметра або в безперервному спектрі частот.

При цьому два значення частоти повинні бути на початку діапазону, два – в кінці діапазону (обов'язково повинні бути нижня f_{MIN} та верхня f_{MAX} границі частотного діапазону).

11.3.1.1.2 Значення частот слід обирати з ряду: 0,5; 0,63; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,1; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3150; 4000; 5000; 6300; 8000; 10000; 12500; 16000; 20000 Гц.

Примітка 1. Допускається відхилення значень частоти від значень, вказаних в пункті 11.3.1.1.2 цього стандарту при збереженні інтервалу між окремими частотами не більше октави.

Примітка 2. Періодичну (позачергову) повірку допускається проводити на частотах октавного ряду згідно з ДСТУ ІЕС 61260.

11.3.1.1.3 На частотах 20 Гц і більше значення амплітуди віброприскорення, яке відтворюється за допомоги еталонної вібраційної установки, повинно бути не менше, ніж 10 м/с².

На частотах менше 20 Гц максимальне значення віброприскорення, яке відтворюється еталонною вібраційною установкою, залежить від технічних можливостей еталонної вібраційної установки, але амплітуда

віброшвидкості має бути не менше 10 мм/с, а амплітуда вібропереміщення – не менше 100 мкм.

11.3.1.1.4 Встановити віброперетворювач віброметра і підготувати його до роботи згідно з розділом 11.2 цього стандарту.

Приєднати віброперетворювач до входу віброметра. Увімкнути та прогріти прилади еталонної вібраційної установки та віброметр відповідно до їх ЕД.

11.3.1.1.5 Вбудовані смугові фільтри віброметра відключити. Якщо вбудовані смугові фільтри не відключаються, то перевірку проводять із вбудованими смуговими фільтрами, а перевірку вбудованих смугових фільтрів згідно з розділом 11.3.3 цього стандарту не проводять.

11.3.1.1.6 Відтворити за допомоги еталонної вібраційної установки на базовій частоті f_B базове значення ФВВ X_{ETB} та зафіксувати результат вимірювань віброметром X_{VB} . Результати вимірювань занести до протоколу перевірки.

Примітка. При повірці віброметра з п'єзоелектричним віброперетворювачем відтворювати віброприскорення, з індукційним – віброшвидкість, з вихорострумовим або оптичним – вібропереміщення.

11.3.1.1.7 Розрахувати абсолютну похибку Δ_{VB} на базовій частоті f_B за формулою:

$$\Delta_{VB} = X_{VB} - X_{ETB}, \quad (1)$$

де X_{VB} – значення ФВВ за показами віброметра;

X_{ETB} – дійсне значення ФВВ на базовій частоті, що відтворюється еталонною вібраційною установкою.

За можливості регулювання необхідно виставити в віброметрі дійсне значення ФВВ X_{VB} . В цьому випадку абсолютна похибка $\Delta_{VB} = 0$.

11.3.1.1.8 Якщо віброметр відображає виміряне значення ФВВ в децибелах, то абсолютну похибку на базовій частоті Δ_{VB}^{dB} , дБ, розраховують за формулою:

$$\Delta_{VB}^{dB} = X_{VB}^{dB} - X_{ETB}^{dB}, \quad (2)$$

де X_{VB}^{dB} - результат вимірювань ФВВ віброметром на базовій частоті, дБ;

X_{ETB}^{dB} - дійсне значення ФВВ, що відтворюється еталонною вібраційною установкою на базовій частоті, дБ.

Примітка 1. Формула (3) призначена для перерахунку значень ФВВ, виражених в одиницях ФВВ, в значення ФВВ, виражені в децибелах

$$X_i^{dB} = 20 \lg \frac{X_i}{X_0}, \quad (3)$$

де X_0 – нульовий рівень ФВВ.

Примітка 2. У більшості випадків застосовуються такі нульові рівні (якщо в ЕД на віброметр не зазначене інше):

- віброприскорення - 10^{-6} м/с²; віброшвидкість – 10^{-6} мм/с; вібропереміщення - $1 \cdot 10^{-6}$ мкм – для більшості віброметрів, що виробляються у світі;

- віброприскорення - $3 \cdot 10^{-4}$ м/с²; віброшвидкість – $5 \cdot 10^{-5}$ мм/с; вібропереміщення - $8 \cdot 10^{-6}$ мкм – для віброметрів, вироблених в країнах східної Європи.

11.3.1.1.9 Відтворити за допомоги еталонної вібраційної установки на частотах з ряду згідно з пунктом 11.3.1.1.2 цього стандарту дійсне значення ФВВ X_{ETFi} фіксуючи покази віброметра X_{VFi} . Індекс i відповідає точці вимірювань в робочому діапазоні частот. Результати вимірювань занести до протоколу повірки.

11.3.1.1.10 Розрахувати основну відносну похибку вимірювань для кожної точки i в діапазоні частот δ_{VFi} , %, за формулою:

$$\delta_{VFi} = \frac{X_{VFi} - \Delta_{VB} \cdot \left(\frac{X_{ETFi}}{X_{ETB}} \right) - X_{ETFi}}{X_{ETFi}} \cdot 100, \quad (4)$$

де X_{VFi} - покази віброметра;

Δ_{VB} - абсолютна похибка на базовій частоті;

X_{ETFi} - дійсне значення ФВВ;

X_{ETB} - дійсне значення ФВВ на базовій частоті.

11.3.1.1.11 Основна відносна похибка віброметра в робочому діапазоні частот (нерівномірність АЧХ), δ_{VF} , %, визначається як максимальне за модулем значення δ_{VFi} , %, отримане за формулою:

$$\delta_{VF} = \max(|\delta_{VFi}|). \quad (5)$$

11.3.1.1.12 Якщо у віброметра нормуються границі нерівномірності АЧХ, δ_{VF}^{MIN} , %, та δ_{VF}^{MAX} , %, їх визначають за формулами:

$$\delta_{VF}^{MIN} = \min(\delta_{VFi}), \quad (6)$$

$$\delta_{VF}^{MAX} = \max(\delta_{VFi}). \quad (7)$$

11.3.1.1.13 Якщо віброметр відображає вимірне значення ФВВ в децибелах, то абсолютну похибку віброметра в кожній точці i Δ_{VFi}^{dB} , дБ, при значенні частоти f_i розраховують за формулою:

$$\Delta_{VFi}^{dB} = X_{VFi}^{dB} - \Delta_{VB}^{dB} - X_{ETFi}^{dB}. \quad (8)$$

де X_{VFi}^{dB} – вимірне віброметром значення ФВВ на частоті f_i , дБ;

X_{ETFi}^{dB} – дійсне значення ФВВ, яке відтворюється еталонною вібраційною установкою, дБ;

Δ_{VB}^{dB} – абсолютна похибка на базовій частоті, дБ.

11.3.1.1.14 За основну абсолютну похибку віброметра в робочому діапазоні частот Δ_{VF}^{dB} , дБ, приймають максимальне за модулем значення Δ_{VFi}^{dB} , дБ, визначене за формулою:

$$\Delta_{VF}^{dB} = \max(|\Delta_{VFi}^{dB}|). \quad (9)$$

11.3.1.1.15 Якщо у віброметра нормуються границі нерівномірності АЧХ, Δ_{VF}^{dBMIN} , Δ_{VF}^{dBMAX} , що виражені в децибелах, їх визначають за формулами:

$$\Delta_{VF}^{dBMIN} = \min(\Delta_{VFi}), \quad (10)$$

$$\Delta_{VF}^{dBMAX} = \max(\Delta_{VFi}). \quad (11)$$

11.3.1.1.16 Якщо віброметр вимірює декілька параметрів вібрації (віброприскорення, віброшвидкість, вібропереміщення), то основну похибку віброметра в робочому діапазоні частот визначають для кожного параметра вібрації, які вимірює віброметр.

11.3.1.1.17 Якщо в комплекті віброметра декілька віброперетворювачів, то основну похибку віброметра в робочому діапазоні частот визначають для кожного віброперетворювача.

11.3.1.1.18 Необхідно зробити висновки щодо відповідності визначених метрологічних характеристик віброметра вимогам ЕД.

11.3.1.2 *Визначення основної похибки віброметра в діапазоні вимірювань ФВВ*

11.3.1.2.1 Основну відносну похибку віброметра в діапазоні вимірювань ФВВ (нелінійність АХ) визначають на базовій частоті в діапазоні частот від 10 до 1000 Гц (переважно значення базових частот вибирають із ряду: 40, 80, 100, 160 Гц). Вимірювання проводять не менше ніж при п'яти значеннях, рівномірно розподілених по діапазону вимірювань ФВВ. Обов'язково повинні бути мінімальне та максимальне значення діапазону вимірювань ФВВ віброметра. Якщо у віброметра є декілька

діапазонів вимірювань ФВВ, то в кожному діапазоні вимірювань ФВВ має бути проведено щонайменше одне вимірювання.

11.3.1.2.2 Встановити віброперетворювач віброметра і підготувати його до роботи згідно з рекомендаціями розділу 11.2 цього стандарту.

Приєднати віброперетворювач до входу віброметра. Увімкнути та прогріти прилади еталонної вібраційної установки та віброметр відповідно до їх ЕД.

11.3.1.2.3 Відтворити за допомоги еталонної вібраційної установки дійсне значення ФВВ X_{ETAi} , провести вимірювання віброметром. Результати вимірювань X_{VAi} занести до протоколу повірки. Індекс i відповідає номеру точки вимірювань в діапазоні вимірювань ФВВ.

11.3.1.2.4 Розрахувати відносну похибку δ_{VAi} , %, в кожній точці діапазону вимірювань ФВВ за формулою:

$$\delta_{VAi} = \frac{X_{VAi} - X_{ETAi}}{X_{ETAi}} \times 100. \quad (12)$$

11.3.1.2.5 За основну відносну похибку віброметра в діапазоні вимірювань ФВВ δ_{VA} , %, приймають максимальне за модулем значення δ_{VAi} , %, отримане за формулою:

$$\delta_{VA} = \max(|\delta_{VAi}|). \quad (13)$$

11.3.1.2.6 Основна зведена похибка віброметра в діапазоні вимірювань ФВВ у кожній точці i , δ_{NVAi} , %, визначається за формулою (у разі, коли нормується основна зведена похибка віброметра):

$$\delta_{NVAi} = \frac{X_{VAi} - X_{ETAi}}{X_{NVA}} \times 100, \quad (14)$$

де X_{NVA} – нормоване значення діапазону вимірювань ФВВ віброметра.

11.3.1.2.7 За основну зведену похибку віброметра в діапазоні вимірювань ФВВ δ_{NVA} , %, приймають максимальне значення, отримане за формулою:

$$\delta_{NVA} = \max(|\delta_{NVAi}|). \quad (15)$$

11.3.1.2.8 Основну абсолютну похибку віброметра, який відображає виміряне значення ФВВ в децибелах, Δ_{VAi}^{dB} , дБ, визначають за формулою:

$$\Delta_{VAi}^{dB} = X_{VAi}^{dB} - X_{ETAi}^{dB}, \quad (16)$$

де X_{VAi}^{dB} – покази віброметра, дБ;

X_{ETAi}^{dB} – дійсне значення ФВВ, дБ.

11.3.1.2.9 За основну абсолютну похибку віброметра в діапазоні вимірювань ФВВ Δ_{VA}^{dB} , дБ, приймають максимальне за модулем значення Δ_{VAi}^{dB} , дБ, отримане за формулою:

$$\Delta_{VA}^{dB} = \max(|\Delta_{VAi}^{dB}|). \quad (17)$$

11.3.1.2.10 Якщо віброметр, вимірює декілька параметрів вібрації (віброприскорення, віброшвидкість, вібропереміщення), то основну похибку віброметра в діапазоні вимірювань ФВВ визначають для кожного параметра вібрації.

11.3.1.2.11 Якщо віброметр укомплектований декількома віброперетворювачами, операції пунктів 11.3.1.2.1 – 11.3.1.2.9 цього стандарту проводять для кожного віброперетворювача.

11.3.1.2.12 Якщо віброметр вимірює декілька параметрів вібрації (віброприскорення, віброшвидкість, вібропереміщення) і укомплектований декількома віброперетворювачами, допускається визначати основну похибку віброметра в діапазоні вимірювань кожної ФВВ лише з одним віброперетворювачем. Основну похибку віброметра з іншими віброперетворювачами допускається визначати лише для однієї ФВВ.

11.3.1.2.13 Необхідно зробити висновки щодо відповідності визначених метрологічних характеристик віброметра вимогам ЕД.

11.3.2 *Визначення основної відносної похибки віброметра при поелементній повірці*

При поелементній повірці віброметра виконують наступні операції:

- визначення основної похибки віброметра в діапазоні вимірювань ФВВ на базовій частоті у комплекті з віброперетворювачем;
- визначення основної похибки вторинного приладу в робочому діапазоні частот;
- визначення основної похибки віброперетворювача в робочому діапазоні частот (виконується згідно з рекомендаціями розділу 11.3.5 цього стандарту).

11.3.2.1 *Визначення основної похибки віброметра в діапазоні вимірювань ФВВ на базовій частоті у комплекті з віброперетворювачем*

11.3.2.1.1 Визначення основної похибки віброметра в діапазоні вимірювань ФВВ на базовій частоті у комплекті з віброперетворювачем виконується згідно з рекомендаціями розділу 11.3.1.2 цього стандарту.

11.3.2.1.2 За можливості регулювання показів віброметра необхідно виставити у віброметрі дійсне значення ФВВ на базовій частоті за базового значення ФВВ перед початком вимірювань.

11.3.2.2 *Визначення основної похибки вторинного приладу в робочому діапазоні частот*

11.3.2.2.1 Підключити до входу вторинного приладу генератор та вольтметр для контролю вихідної напруги з генератора (за необхідності).

Примітка 1. Якщо сигнал з генератора неможливо подати безпосередньо на вхід вторинного приладу, сигнал на вхід вторинного приладу подавати через узгоджувальний підсилювач.

Примітка 2. Якщо віброметр укомплектований п'єзоелектричним віброперетворювачем без вбудованої електронної схеми, сигнал з генератора подають на вхід вторинного приладу через конденсатор, ємність якого може мати відхилення від ємності віброперетворювача в межах $\pm 5\%$.

11.3.2.2.2 Встановити на виході генератора базове значення частоти і таке СКЗ напруги, щоб покази вторинного приладу X_{VPB} співпадали із базовим значенням ФВВ на базовій частоті.

11.3.2.2.3 Не змінюючи СКЗ напруги на виході генератора змінювати частоту сигналу згідно з рекомендаціями пунктів 11.3.1.1.1 - 11.3.1.1.2 цього стандарту. При цьому фіксують покази вторинного приладу X_{VPFi} . Індекс i відповідає точці вимірювань в робочому діапазоні частот.

11.3.2.2.4 Розрахувати абсолютну похибку вторинного приладу Δ_{VPFi} на частоті f_i за формулою:

$$\Delta_{VPFi} = X_{VPFi} - X_{VPB} . \quad (18)$$

11.3.2.2.5 Розрахувати відносну похибку вторинного приладу δ_{VPFi} , %, на частоті f_i за формулою:

$$\delta_{VPFi} = \frac{\Delta_{VPFi}}{X_{VPB}} \times 100 . \quad (19)$$

11.3.2.2.6 Основна відносна похибка вторинного приладу в робочому діапазоні частот (нерівномірність АЧХ), δ_{VPF} , %, визначається як максимальне за модулем значення δ_{VPFi} , %, отримане за формулою:

$$\delta_{VPF} = \max(|\delta_{VPFi}|) . \quad (20)$$

11.3.2.2.7 Якщо у вторинного приладу нормуються границі нерівномірності АЧХ, δ_{VPF}^{MIN} , %, та δ_{VPF}^{MAX} , %, їх визначають за формулами:

$$\delta_{VPF}^{MIN} = \min(\delta_{VPFi}), \quad (21)$$

$$\delta_{VPF}^{MAX} = \max(\delta_{VPFi}). \quad (22)$$

11.3.2.2.8 Якщо віброметр відображає вимірне значення ФВВ в децибелах, то абсолютну похибку вторинного приладу в кожній точці i Δ_{VPFi}^{dB} , дБ, при значенні частоти f_i розраховують за формулою:

$$\Delta_{VPFi}^{dB} = X_{VPFi}^{dB} - X_{VPB}^{dB}, \quad (23)$$

де X_{VPFi}^{dB} – вимірне вторинним приладом значення ФВВ на частоті f_i , дБ;

X_{VPB}^{dB} – покази вторинного приладу на базовій частоті, дБ.

11.3.2.2.9 За основну абсолютну похибку вторинного приладу в робочому діапазоні частот Δ_{VPF}^{dB} , дБ, приймають максимальне за модулем значення Δ_{VPFi}^{dB} , дБ, визначене за формулою:

$$\Delta_{VPF}^{dB} = \max(|\Delta_{VPFi}^{dB}|). \quad (24)$$

11.3.2.2.10 Якщо у вторинного приладу нормуються границі нерівномірності АЧХ, Δ_{VPF}^{dBMIN} , Δ_{VPF}^{dBMAX} , що виражені в децибелах, їх визначають за формулами:

$$\Delta_{VPF}^{dBMIN} = \min(\Delta_{VPFi}), \quad (25)$$

$$\Delta_{VPF}^{dBMAX} = \max(\Delta_{VPFi}). \quad (26)$$

11.3.2.2.11 Якщо віброметр вимірює декілька параметрів вібрації (віброприскорення, віброшвидкість, вібропереміщення), то основну похибку вторинного приладу в робочому діапазоні частот визначають для кожного параметра вібрації, які вимірює віброметр.

11.3.2.2.12 Якщо віброметр вимірює декілька ФВВ (СКЗ, амплітудне значення, розмах), то основну похибку вторинного приладу в робочому діапазоні частот визначають лише для однієї ФВВ.

11.3.2.2.13 Необхідно зробити висновки щодо відповідності визначених метрологічних характеристик вторинного приладу вимогам ЕД.

11.3.3 Перевірка вбудованих смугових фільтрів

11.3.3.1 Перевірку вбудованих смугових фільтрів, у тому числі, октавних, третинооктавних (далі – фільтри) проводять для тих віброметрів, в яких є функція відключення фільтрів.

11.3.3.2 Загасання АЧХ фільтра перевіряють на наступних частотах:

- $0,5 \cdot f_{F1}$, де f_{F1} , Гц - нижня частота зрізу, Гц;
- f_{F1} , Гц;
- f_{FGM} - середня геометрична частота фільтру, Гц;
- f_{F2} - верхня частота зрізу, Гц;
- $2 \cdot f_{F2}$, Гц.

Середня геометрична частота фільтру f_{FGM} , Гц, розраховується за формулою:

$$f_{FGM} = \sqrt{f_{F1} \cdot f_{F2}} \quad (27)$$

Примітка 1. При перевірці фільтрів у віброметрі, який призначений для вимірювань віброприскорення, віброшвидкості та вібропереміщення, перемикач виду вимірювань ФВВ встановити в положення вимірювання віброприскорення.

Примітка 2. При вимірюванні віброметром різних ФВВ (амплітуди, СКЗ, розмаху) допускається проводити перевірку фільтрів тільки для однієї із ФВВ.

11.3.3.3 Підключити до виходу генератора вольтметр (за необхідності) та вхід вторинного приладу (за необхідності - через узгоджувальний підсилювач або конденсатор згідно з рекомендаціями пункту 11.3.2.2.1 цього стандарту).

11.3.3.4 Фільтри відключити (режими Z або LIN). Подати на вхід вторинного приладу синусоїдальний сигнал, частотою f_{FGM} , амплітудою,

що відповідає вихідному сигналу віброперетворювача на базовій частоті за базового значення ФВВ. Амплітуду сигналу з генератора контролюють вольтметром (за необхідності).

Зчитати покази вторинного приладу A_{FGM}^Z . Результати вимірювань занести до протоколу повірки.

11.3.3.5 Фільтри включити. Зафіксувати покази вторинного приладу A_{FGM}^{FIL} на частоті f_{FGM} .

11.3.3.6 Повторити операції 11.3.3.5 для частот, що вказані в пункті 11.3.3.2 цього стандарту за постійного значення амплітуди сигналу на виході генератора. Покази вторинного приладу A_{Fi}^{FIL} , де i – номер точки вимірювань за зміни частоти, заносити до протоколу повірки.

11.3.3.7 Загасання АЧХ фільтра γ_{Fi}^{FIL} в точках i , дБ, розрахувати за формулою:

$$\gamma_{Fi}^{FIL} = 20 \lg \frac{A_{Fi}^{FIL}}{A_{FGM}^Z}. \quad (28)$$

Результати розрахунків занести до протоколу повірки.

Загасання АЧХ визначають для всіх фільтрів.

11.3.3.8 Результат операції повірки вважається позитивним, якщо значення загасання АЧХ фільтрів відповідають вимогам ЕД на фільтри.

11.3.4 *Визначення дійсного значення коефіцієнта перетворення віброперетворювача*

11.3.4.1 *Визначення дійсного значення коефіцієнта перетворення індукційного віброперетворювача*

11.3.4.1.1 Встановити віброперетворювач на вібраторі еталонної вібраційної установки з рекомендаціями розділу 11.2 цього стандарту.

11.3.4.1.2 До виходу віброперетворювача підключити вольтметр.

11.3.4.1.3 Відтворити на базовій частоті СКЗ віброшвидкості V_{ETB} , мм/с, не менше ніж 10 мм/с (бажано встановлювати максимально можливе значення).

Зафіксувати покази вольтметра U_{SVB} , мВ.

11.3.4.1.4 Розрахувати дійсне значення коефіцієнта перетворення K_{SV} , мВ/мм·с⁻¹, за формулою:

$$K_{SV} = \frac{U_{SVB}}{V_{ETB}}. \quad (29)$$

11.3.4.1.5 Результат операції перевірки вважається позитивним, якщо дійсне значення коефіцієнту перетворення індукційного віброперетворювача відповідає вимогам ЕД на цей віброперетворювач.

11.3.4.2 *Визначення дійсного значення коефіцієнта перетворення п'єзоелектричного віброперетворювача із вбудованою електронною схемою*

11.3.4.2.1 Встановити віброперетворювач на вібраторі еталонної вібраційної установки згідно з рекомендаціями розділу 11.2 цього стандарту.

11.3.4.2.2 Підключити блок живлення до віброперетворювача. До виходу віброперетворювача підключити вольтметр.

11.3.4.2.3 Відтворити на еталонній вібраційній установці на базовій частоті СКЗ віброприскорення A_{ETB} , м/с², не менше ніж 10 м/с² (бажано встановлювати максимально можливе значення).

Зафіксувати покази вольтметра U_{SAB} , мВ.

11.3.4.2.4 Розрахувати дійсне значення коефіцієнта перетворення K_{SA} , мВ/мм·с⁻², за формулою:

$$K_{SA} = \frac{U_{SAB}}{A_{ETB}}. \quad (30)$$

11.3.4.2.5 Результат операції перевірки вважається позитивним, якщо дійсне значення коефіцієнту перетворення п'єзоелектричного віброперетворювача із вбудованою електронною схемою відповідає вимогам ЕД на цей віброперетворювач.

11.3.4.3 Визначення дійсного значення коефіцієнта перетворення п'єзоелектричного віброперетворювача без вбудованої електронної схеми

11.3.4.3.1 Встановити віброперетворювач на вібраторі еталонної вібраційної установки згідно з рекомендаціями розділу 11.2 цього стандарту.

11.3.4.3.2 Підключити узгоджувальний підсилювач (далі – підсилювач) до віброперетворювача. До виходу підсилювача підключити вольтметр.

11.3.4.3.3 Відтворити на еталонній вібраційній установці на базовій частоті СКЗ віброприскорення A_{ETB} , не менше ніж 10 м/с^2 (бажано встановлювати максимально можливе значення).

Встановити (за можливості) такий коефіцієнт перетворення підсилювача K_Q , щоб СКЗ напруги на виході віброперетворювача було не менше ніж 100 мВ.

Зафіксувати покази вольтметра U_{SAB} , мВ.

11.3.4.3.4 Розрахувати дійсне значення коефіцієнта перетворення K_{SAQ} , мВ/м·с⁻², за формулою:

$$K_{SAQ} = \frac{U_{SAB}}{K_Q A_{ETB}}. \quad (31)$$

11.3.4.3.5 Результат операції перевірки вважається позитивним, якщо дійсне значення коефіцієнту перетворення п'єзоелектричного віброперетворювача без вбудованої електронної схеми відповідає вимогам ЕД на цей віброперетворювач.

11.3.4.4 Визначення дійсного значення коефіцієнта перетворення вихорострумового віброперетворювача із вихідним сигналом сили постійного або змінного струму

11.3.4.4.1 Встановити віброперетворювач згідно з рекомендаціями розділу 11.2 цього стандарту.

11.3.4.4.2 Підключити блок живлення до віброперетворювача. До виходу віброперетворювача підключити міліамперметр постійного або змінного струму (залежно від типу віброперетворювача).

Зафіксувати покази міліамперметра за відсутності відтворення вібропереміщення I_0 , мА.

11.3.4.4.3 Відтворити на еталонній вібраційній установці на базовій частоті вібропереміщення D_{ETB} , мкм, із амплітудою не менше ніж 100 мкм (бажано встановлювати максимально можливе значення).

Зафіксувати покази міліамперметра I_{SDB} , мА.

11.3.4.4.4 Розрахувати дійсне значення коефіцієнта перетворення K_{SDI} , мА/мкм, за формулою:

$$K_{SDI} = \frac{I_{SDB} - I_0}{D_{ETB}}, \quad (32)$$

де D_{ETB} – дійсне значення ФВВ (СКЗ, амплітуда чи розмах вібропереміщення), що відтворюється еталонною вібраційною установкою.

Примітка. Для віброперетворювача з вихідним сигналом змінного струму приймається, що $I_0=0$ мА.

11.3.4.4.5 Результат операції перевірки вважається позитивним, якщо дійсне значення коефіцієнту перетворення вихорострумового віброперетворювача з вихідним сигналом сили постійного або змінного струму відповідає вимогам ЕД на цей віброперетворювач.

11.3.4.5 Визначення дійсного значення коефіцієнта перетворення вихорострумового віброперетворювача із вихідним сигналом напруги змінного струму

11.3.4.5.1 Встановити віброперетворювач згідно з рекомендаціями розділу 11.2 цього стандарту.

11.3.4.5.2 Підключити блок живлення до віброперетворювача. До виходу віброперетворювача підключити вольтметр.

11.3.4.5.3 Відтворити на еталонній вібраційній установці на базовій частоті вібропереміщення D_{ETB} , мкм, з амплітудою не менше, ніж 100 мкм (бажано встановлювати максимально можливе значення).

Зафіксувати покази вольтметра U_{SDB} , мВ.

11.3.4.5.4 Розрахувати дійсне значення коефіцієнта перетворення K_{SDV} , мВ/мкм, за формулою:

$$K_{SDV} = \frac{U_{SDB}}{D_{ETB}}, \quad (33)$$

де D_{ETB} – дійсне значення ФВВ (СКЗ, амплітуда чи розмах вібропереміщення), що відтворюється еталонною вібраційною установкою, мкм.

Примітка. Якщо вихорострумний віброперетворювач має вихідний сигнал, пропорційний переміщенню (зміні зазору), допускається визначати коефіцієнт перетворення за допомоги статичного калібратора. В цьому випадку напругу вимірюють вольтметром постійного струму, а переміщення відтворюють за допомоги статичного калібратора. Для визначення коефіцієнта перетворення встановлюють початковий зазор між віброперетворювачем та зразком сталі таким чином, щоб вихідний сигнал був в середній точці діапазону вихідного сигналу. Потім змінюють зазор та вимірюють напругу у точках на початку діапазону перетворення U_1 , мВ, та в кінці діапазону перетворення U_2 , мВ. Коефіцієнт перетворення K_{SDST} , мВ/мкм, розраховують за формулою:

$$K_{SDST} = \frac{U_2 - U_1}{D_{ETST}}, \quad (34)$$

де D_{ETST} – дійсне значення зміни зазору, що відтворюється статичним калібратором, мкм.

11.3.4.5.5 Результат операції перевірки вважається позитивним, якщо коефіцієнт перетворення вихорострумного віброперетворювача із

вихідним сигналом напруги змінного струму відповідає вимогам ЕД на цей віброперетворювач.

11.3.4.6 *Визначення дійсного значення коефіцієнта перетворення оптичного віброперетворювача*

11.3.4.6.1 Встановити віброперетворювач згідно з рекомендаціями розділу 11.2 цього стандарту.

11.3.4.6.2 Визначення дійсного значення коефіцієнта перетворення оптичного віброперетворювача виконується згідно з рекомендаціями розділів 11.3.4.4 або 11.3.4.5 цього стандарту.

11.3.4.6.3 Результат операції перевірки вважається позитивним, якщо коефіцієнт перетворення оптичного віброперетворювача відповідає вимогам ЕД на цей віброперетворювач.

11.3.5 *Визначення основної похибки віброперетворювача в робочому діапазоні частот*

11.3.5.1 Встановити віброперетворювач згідно з рекомендаціями розділу 11.2 цього стандарту.

11.3.5.2 Підключити до виходу віброперетворювача вольтметр або міліамперметр згідно з рекомендаціями розділів 11.3.4.1 – 11.3.4.6 цього стандарту.

11.3.5.3 Визначити коефіцієнт перетворення віброперетворювача K_{SFi} на фіксованих частотах (не менше 10 частот), або в безперервному спектрі частот, що відповідають частотному діапазону віброперетворювача згідно з рекомендаціями пунктів 11.3.1.1.1 – 11.3.1.1.3 та розділів 11.3.4.1 – 11.3.4.6 цього стандарту. Індекс i відповідає точкам в робочому діапазоні частот.

11.3.5.4 Визначити основну похибку віброперетворювача в робочому діапазоні частот (нерівномірність АЧХ віброперетворювача), δ_{SF} , %, як максимальне із значень δ_{SFi} , %, розрахованих за формулами:

$$\delta_{SFi} = \frac{K_{SFi} - K_{SB}}{K_{SB}} \times 100, \quad (35)$$

$$\delta_{SF} = \max(|\delta_{SFi}|), \quad (36)$$

де K_{SB} – дійсне значення коефіцієнта перетворення на базовій частоті, визначене згідно з рекомендаціями розділів 11.3.4.1 – 11.3.4.6 цього стандарту.

11.3.5.5 Якщо у віброперетворювача нормуються границі нерівномірності АЧХ, δ_{SF}^{MIN} , %, та δ_{SF}^{MAX} , %, їх визначають за формулами:

$$\delta_{SF}^{MIN} = \min(\delta_{SFi}), \quad (37)$$

$$\delta_{SF}^{MAX} = \max(\delta_{SFi}). \quad (38)$$

11.3.5.6 Результат операції перевірки вважається позитивним, якщо основна похибка віброперетворювача в робочому діапазоні частот або границі нерівномірності АЧХ відповідають вимогам ЕД на віброперетворювач.

11.3.6 Визначення основної похибки віброперетворювача в діапазоні вимірювань ФВВ

11.3.6.1 Встановити віброперетворювач згідно з рекомендаціями розділу 11.2 цього стандарту.

11.3.6.2 Підключити до виходу віброперетворювача вольтметр або міліамперметр згідно з рекомендаціями розділів 11.3.4.1 – 11.3.4.6 цього стандарту.

11.3.6.3 Визначити коефіцієнт перетворення віброперетворювача не менше, ніж в п'яти точках, рівномірно розподілених по діапазону

перетворення K_{VPi} на базовій частоті згідно з рекомендаціями пункту 11.3.1.2.1 та розділів 11.3.4.1 – 11.3.4.6 цього стандарту. Вимірювання обов'язково треба провести в точках, що відповідають верхній та нижній границях діапазону перетворення. Індекс i відповідає точкам в діапазоні вимірювань ФВВ.

11.3.6.4 Визначити основну похибку віброперетворювача в діапазоні вимірювань ФВВ (нелінійність АХ) δ_{SA} , %, як максимальне із значень δ_{SAi} , %, які розраховані за формулами:

$$\delta_{SAi} = \frac{|K_{SAi} - K_{SB}|}{K_{SB}} \times 100, \quad (39)$$

$$\delta_{SA} = \max(\delta_{SAi}), \quad (40)$$

де K_{SAi} – коефіцієнт перетворення в точках i ;

K_{SB} – дійсне значення коефіцієнта перетворення на базовій частоті, визначене згідно з рекомендаціями розділів 11.3.4.1 – 11.3.4.6 цього стандарту.

11.3.6.5 Результат операції перевірки вважається позитивним, якщо значення основної похибки віброперетворювача в діапазоні вимірювань ФВВ відповідає вимогам ЕД на цей віброперетворювач.

12 ОБРОБЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ

12.1 Розрахунок основної похибки віброметра

12.1.1 За результатами вимірювань згідно з рекомендаціями розділів 11.3.1.1 та 11.3.1.2 цього стандарту розраховують границі основної відносної похибки віброметра δ_v , %, за довірчої ймовірності $P=0,95$ за формулою:

$$\delta_V = \pm 1,1\sqrt{U_{ET}^2 + \delta_{VF}^2 + \delta_{VA}^2}, \quad (41)$$

де U_{ET} – відносна розширена невизначеність еталонної вібраційної установки, %;

Примітка. Розширена відносна невизначеність еталонної повірочної установки має враховувати поперечний та обертальний рух вібратора.

δ_{VF} - основна відносна похибка віброметра в робочому діапазоні частот, визначена згідно з рекомендаціями розділу 11.3.1.1 цього стандарту, %;

δ_{VA} - основна відносна похибка віброметра в діапазоні вимірювань ФВВ, визначена згідно з рекомендаціями розділу 11.3.1.2 цього стандарту, %.

12.1.2 Якщо нормується основна зведена похибка віброметра, то границі основної зведеної похибки віброметра δ_{NVA} , %, за довірчої ймовірності $P=0,95$ розраховують за формулою:

$$\delta_{NV} = \pm 1,1\sqrt{U_{ET}^2 + \delta_{VF}^2 + \delta_{NVA}^2}, \quad (42)$$

де U_{ET} – розширена відносна невизначеність еталонної вібраційної установки, %;

Примітка. Розширена відносна невизначеність еталонної повірочної установки має враховувати поперечний та обертальний рух вібратора.

δ_{VF} - основна відносна похибка віброметра в робочому діапазоні частот, визначена згідно з рекомендаціями розділу 11.3.1.1 цього стандарту;

δ_{NVA} - основна зведена похибка віброметра в діапазоні вимірювань ФВВ, визначена згідно з рекомендаціями пункту 11.3.1.2.6 цього стандарту.

12.1.3 Якщо віброметр відображає вимірне значення ФВВ в децибелах, то складові похибки, виражені у відсотках $\delta_{Vi}^{\%}$, %, переводять у значення, виражені в децибелах Δ_{Vi}^{dB} , дБ, за формулою:

$$\Delta_{Vi}^{dB} = 20 \lg \left[1 + \frac{\delta_{Vi}^{\%}}{100} \right], \quad (43)$$

де i – індекс, що відповідає номеру складової похибки.

12.1.4 Границі основної абсолютної похибки віброметра, що відображає результат вимірювань в децибелах Δ_V^{dB} , дБ, за довірчої ймовірності $P=0,95$ розраховують за формулою:

$$\Delta_V^{dB} = \pm 1,1 \sqrt{\sum_{i=1}^n (\Delta_{Vi}^{dB})^2}, \quad (44)$$

де Δ_{Vi}^{dB} - складові похибки, дБ;

n – кількість складових похибки.

Примітка. Розрахунки за формулою (44) можливо проводити, якщо значення Δ_{Vi}^{dB} знаходяться в межах $\pm 1,5$ дБ.

12.1.5 Результат операції повірки вважається позитивним, якщо границі основної похибки віброметра, розраховані за формулою (41), або за формулою (42), або за формулою (44) відповідають вимогам ЕД на віброметр.

12.2 Розрахунок основної відносної похибки віброметра при поелементній повірці

12.2.1 Границі основної відносної похибки віброметра при поелементній повірці δ_{VE} , %, за довірчої ймовірності $P = 0,95$ розраховують за формулою:

$$\delta_{VE} = \pm 1,1 \sqrt{\delta_{VPF}^2 + \delta_{VA}^2 + \delta_{SF}^2}, \quad (45)$$

де δ_{VPF} – нерівномірність АЧХ вторинного приладу, визначена згідно з рекомендаціями розділу 11.3.2.2 цього стандарту, %;

δ_{VA} – основна відносна похибка віброметра в діапазоні вимірювань ФВВ у комплекті з віброперетворювачем, визначена згідно з рекомендаціями розділу 11.3.2.1 цього стандарту, %.

δ_{SF} – основна відносна похибка віброперетворювача в робочому діапазоні частот, визначена згідно з рекомендаціями розділу 11.3.5 цього стандарту, %.

12.2.2 Якщо віброметр відображає виміряне значення ФВВ у децибелах, то для розрахунку границь основної абсолютної похибки Δ_V^{dB} , дБ, за довірчої ймовірності $P = 0,95$ необхідно виконати розрахунки згідно з рекомендаціями пунктів 12.1.3, 12.1.4 цього стандарту.

12.2.3 Результат операції повірки вважається позитивним, якщо границі основної похибки віброметра, розраховані за пунктом 12.2.1 цього стандарту, або за пунктом 12.2.2 цього стандарту відповідають вимогам ЕД на віброметр.

12.3 Розрахунок основної відносної похибки віброперетворювача

12.3.1 Розрахувати границі основної відносної похибки віброперетворювача в діапазоні амплітуд та частот δ_S , %, за довірчої ймовірності $P=0,95$ за формулою:

$$\delta_S = 1,1\sqrt{U_{ET}^2 + \delta_{SF}^2 + \delta_{SA}^2}, \quad (46)$$

де U_{ET} – розширена невизначеність еталонної вібраційної установки, %;

Примітка. Розширена відносна невизначеність еталонної повірочної установки має враховувати поперечний та обертальний рух вібратора.

δ_{SF} – основна відносна похибка віброперетворювача в робочому діапазоні частот (нерівномірність АЧХ), визначена згідно з рекомендаціями розділу 11.3.5 цього стандарту, %.

δ_{SA} – основна відносна похибка віброперетворювача в діапазоні вимірювань ФВВ (нелінійність АХ), визначена згідно з рекомендаціями розділу 11.3.6 цього стандарту, %.

12.3.2 Результат операції вважається позитивним, якщо границі основної відносної похибки віброперетворювача, розраховані за формулою (46), відповідають вимогам ЕД на віброперетворювач.

12.3.2 Результати вимірювань, розрахунків та інші данні, отримані під час проведення повірки, повинні бути задокументовані в протоколі повірки.

13 ОФОРМЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ПОВІРКИ

13.1 Результати повірки ЗВТ вважають позитивними, якщо їх метрологічні характеристики відповідають вимогам [5] щодо віброметрів та технічній документації виробника.

13.2 Позитивні результати повірки віброметрів (віброперетворювачів) засвідчують оформленням свідоцтва про повірку віброметра (віброперетворювачу) за формою згідно з додатком 2 до [2] та/або відбитком повірочного тавра у відповідному розділі ЕД.

13.3 У разі, якщо за результатами повірки віброметр (віброперетворювач) визнано таким, що не відповідає встановленим вимогам, оформлюють довідку про непридатність віброметра (віброперетворювача) за формою згідно з додатком 4 до [2].

13.4 Копії свідоцтв про повірку або довідок про непридатність зберігають протягом 10 років.

13.5 За результатами експертної повірки персонал, що проводив повірку, складає висновок у довільній формі, який затверджує керівник організації виконавця.

У висновку зазначаються результати повірки віброметрів (віброперетворювачів) в обсязі, визначеному в заявці на проведення експертної повірки.

13.6 За результатами інспекційної повірки складають довідку згідно з додатком 5 до [2], яку підписує персонал, що проводив повірку, та керівник організації виконавця.

ДОДАТОК А
(обов'язковий)
ФОРМА ПРОТОКОЛУ ПОВІРКИ ВІБРОМЕТРА

(Назва та адреса організації виконавця)	
ПРОТОКОЛ ПОВІРКИ № _____ від _____ 20__ р.	Сторінка: 1/2

А.1. Загальні відомості

№		Засіб вимірювальної техніки (ЗВТ), що повіряється	Еталони, засоби повірки та допоміжне обладнання, які застосовуються для проведення повірки
1	Назва		
2	Тип		
3	Зав. номер		
4	Виробник		
5	Кому належить		

Методика повірки: _____
(Назва методики повірки)

Умови проведення повірки: температура _____ °С; відносна вологість _____ %

Місце проведення повірки: _____

А.2. Результати повірки:

А.2.1 Зовнішній огляд: _____

А.2.3 Перевірка працездатності: _____

А.2.4 Визначення основної похибки віброметра

А.2.4.1 Визначення відносної похибки віброметра в робочому діапазоні частот

Базова частота f_B , Гц	
Дійсне значення ФВВ на базовій частоті X_{ETB} , м/с ² (мм/с, мкм)	
Значення ФВВ за показами віброметра X_{VB}	
Абсолютна похибка Δ_{VB}	

Частота коливань, Гц											
Дійсне значення ФВВ X_{ETFi} , м/с ² (мм/с, мкм)											
Покази віброметра X_{VFi}											
Основна відносна похибка вимірювань для кожної точки i , δ_{VFi} , %											
Основна відносна похибка віброметра в робочому діапазоні частот, δ_{VF} , %											

_____ (Назва та адреса організації виконавця)	
ПРОТОКОЛ ПОВІРКИ № _____ від _____ 201__ р.	Сторінка: 2/2

А.2.4.2 Визначення основної похибки віброметра в діапазоні вимірювань ФВВ

Частота коливань, Гц					
Дійсне значення ФВВ X_{ETAi} , м/с ² (мм/с, мкм)					
Покази віброметра X_{VAi}					
Основна похибка вимірювань для кожної точки i , δ_{VAi} , %					
Основна похибка віброметра в робочому діапазоні ФВВ, δ_{VA} , %					

А.2.5 Перевірка вбудованих смугових фільтрів

А.2.5.1 Визначення загасання АЧХ фільтра

Значення частоти, що задається генератором f_{FGM} , Гц	Вимірне віброметром значення фізичної величини A_{FGM}^Z	Вимірне віброметром значення фізичної величини A_{FGM}^{FIL}	Загасання АЧХ фільтра γ_{Fi}^{FIL} , дБ

А.2.6 Основна похибка віброметра _____

А.3 Висновок щодо придатності ЗВТ до застосування.

Особа, яка проводила повірку _____ (посада) _____ (підпис) _____ (ініціали, прізвище)

ДОДАТОК Б
(обов'язковий)
ФОРМА ПРОТОКОЛУ ПОВІРКИ ВІБРОПЕРЕТВОРЮВАЧА

(Назва та адреса організації виконавця)	
ПРОТОКОЛ ПОВІРКИ № _____ від _____ 201__ р.	Сторінка: 1/2

Б.1. Загальні відомості

№	Засіб вимірювальної техніки (ЗВТ), що повіряється	Еталони, засоби повірки та допоміжне обладнання, які застосовуються для проведення повірки
1	Назва	
2	Тип	
3	Зав. номер	
4	Виробник	
5	Кому належить	

Методика повірки: _____
(Назва методики повірки)

Умови проведення повірки: температура ____ °С; відносна вологість ____ %

Місце проведення повірки: _____

Б.2. Результати повірки:

Б.2.1 Зовнішній огляд: _____

Б.2.3 Перевірка працездатності: _____

Б.2.4 Визначення дійсного значення коефіцієнта перетворення віброперетворювача

Базова частота коливань, Гц	
Дійсне значення ФВВ, $A_{ETB} (V_{ETB}, D_{ETB})$, м/с ² (мм/с, мкм)	
Покази вольтметра U_{SAB} (міліамперметру I_{SDB}), мВ (мА)	
Дійсне значення коефіцієнту перетворення віброперетворювача K_{SB}	
Відносна похибка δ_S , %	

Б.2.5 Визначення основної похибки віброперетворювача в робочому діапазоні частот

Частота коливань, Гц																			
Дійсне значення ФВВ, $A_{ETB} (V_{ETB}, D_{ETB})$, м/с ² (мм/с, мкм)																			
Покази вольтметра U_{SAB} (міліамперметру I_{SDB}), мВ (мА)																			
Дійсне значення коефіцієнту перетворення віброперетворювача K_{SF}																			
Основна похибка віброперетворювача в робочому діапазоні частот, δ_{SF_i} , %																			
Основна похибка віброперетворювача в робочому діапазоні частот, $\bar{\delta}_{SF}$, %																			

(Назва та адреса організації виконавця)	
ПРОТОКОЛ ПОВІРКИ № _____ від _____ 201__ р.	Сторінка: 2/2

Б.2.6 Визначення основної похибки віброперетворювача в діапазоні вимірювань ФВВ

Частота коливань, Гц				
Дійсне значення ФВВ, A_{ETB} (V_{ETB} , D_{ETB}), м/с ² (мм/с, мкм)				
Покази вольтметра U_{SAB} (міліамперметра I_{SDB}), мВ (мА)				
Дійсне значення коефіцієнту перетворення віброперетворювача K_{SAi}				
Основна похибка віброперетворювача в робочому діапазоні ФВВ, δ_{SAi} , %				
Основна похибка віброперетворювача в робочому діапазоні ФВВ, δ_{SA} , %				

Б.2.9 Основна відносна похибка віброперетворювача

δ_s _____, %

Б.3 Висновок щодо придатності ЗВТ до застосування.

Особа, яка проводила повірку _____ (посада) _____ (підпис) _____ (ініціали, прізвище)

ДОДАТОК В
(довідковий)

БІБЛІОГРАФІЯ

[1] Закон України "Про метрологію та метрологічну діяльність"

[2] Порядок проведення повірки законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що перебувають в експлуатації, та оформлення її результатів, затверджено наказом Міністерства економічного розвитку і торгівлі України від 08 лютого 2016 року № 193, зареєстрованим у Міністерстві юстиції України 24 лютого 2016 року за № 278/28408

[3] Критерії, яким повинні відповідати наукові метрологічні центри, державні підприємства, які належать до сфери управління Міністерства економічного розвитку і торгівлі України та проводять метрологічну діяльність, та повірочні лабораторії, які уповноважуються або уповноважені на проведення повірки законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що перебувають в експлуатації, затверджено наказом Міністерства економічного розвитку і торгівлі України 23.09.2015 року № 1192, зареєстрований в Міністерстві юстиції України 7 жовтня 2015 року за № 1213/27658

[4] Міжповірочні інтервали законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що перебувають в експлуатації, за категоріями, затверджено наказом Міністерства економічного розвитку і торгівлі України 13.10.2016 року № 1747, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 01 листопада 2016 року за № 1417/29547

[5] Технічний регламент законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 13 січня 2016 року № 94

Код УКНД 17.020

Ключові слова: базова частота, вібрація, віброметр, віброперетворювач, коефіцієнт перетворення, повірка.
