

Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет
Факультет робототехніки та штучного інтелекту
Кафедра автоматизації та безпілотних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

ПРИЛАД ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ШУМУ ТА
ВІБРАЦІЇ ВШВ-003-М2

DEVICE FOR MEASURING NOISE AND VIBRATION
PARAMETERS VSHV-003-M2

спеціальність 153 Мікро- та наносистемна техніка
(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Мікро- та наносистемна техніка»
(назва освітньої програми)

Виконала: здобувач вищої освіти
групи МНТЗ-41
ВИНАРСЬКИЙ Владислав Юрійович

(підпис)

Керівник:
К.т.н., доцент
ЛАПЧЕНКО Юрій Сергійович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 2026 р.
К.т.н., доцент
Гарант освітньої програми:
ПТАШЕНЧУК Віталій Віталійович

(підпис)

Луцьк – 2026 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: комп'ютерних та інформаційних технологій

Кафедра: автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 15 Авт омат изація т а приладобудування

Спеціальність: 153 Мікро- та наносистемна техніка

Освітня програма: «Мікро- та наносистемна техніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АКІТ

д.т.н., професор Повстяной О. Ю.

« ___ » _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Винарському Владиславу Юрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Прилад для вимірювання параметрів шуму та вібрації ВШВ-003-М2

Керівник роботи: *к.т.н., доцент Лапченко Юрій Сергійович*

затверджені наказом закладу вищої освіти від «31» грудня 2025 р. № 307/01-04

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «25» травня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Прилад ВШВ-003-М2 призначений для вимірювання рівня звуку з частотними характеристиками А, В, С; рівня звукового тиску в діапазоні частот від 2 Гц до 18 кГц і октавних смугах в діапазоні частот від 2 Гц до 8 кГц у вільному і дифузному полях. 2. Нерівномірність амплітудно-частотної характеристики (АЧХ) вимірювача (з еквівалентом віброперетворювача), не більше: в діапазоні частот від 1 до 2 Гц $\pm 15\%$; в діапазоні частот від 2 до 20 Гц, від 7 до 10 кГц $\pm 5\%$; в діапазоні частот від 20 Гц до 7 кГц $\pm 3\%$. 3. Наведена до кінця шкали похибка градування шкали показуючого приладу вимірювача на частоті 1000 Гц не більше $\pm 2\%$. 4. Граничне відхилення показів вимірювача при максимальному коефіцієнті амплітуди вимірюваного сигналу до 5 не більше $\pm 1,0$ дБ. 5. Індикатор перевантаження вимірювача спрацьовує з допустимим відхиленням $\pm 1,0$ дБ, тобто при напрузі $(3,5 \pm 0,42)$ В СКЗ при впливі на нього синусоїдальних сигналів в частотному діапазоні від 31,5 до 16 кГц; при напрузі $(1 \pm 0,12)$ В СКЗ при впливі на нього: серії прямокутних імпульсів в частотному діапазоні від 31,5 до 8000 Гц; одиночних прямокутних імпульсів позитивної та негативної полярності з тривалістю від 200 мкс до 10 мс.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити):

Анотація. Вступ. 1. Загально-технічна частина. 2. Розрахунково-конструкторська частина.

3. Спеціальна частина. Висновки. Список використаних джерел.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

1. Загальний вигляд ВШВ-003-М2 (1 лист формату А1). 2. Структурно-функціональні схеми ВШВ-003-М2 (2 листи формату А2). 3. Складальні креслення друкованих плат ВШВ-003-М2 (2 листи формату А2). 4. Державна повірочна схема ВШВ-003-М2 (1 лист формату А1). 5. Робочі креслення деталей ВШВ-003-М2 (8 листів формату А4).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Розділ 1 Загально-технічна частина</i>	<i>Лапченко Ю.С.</i>		
<i>Розділ 2 Розрахунково-конструкторська частина</i>	<i>Лапченко Ю.С.</i>		
<i>Розділ 3 Спеціальна частина</i>	<i>Лапченко Ю.С.</i>		
<i>Висновки</i>	<i>Лапченко Ю.С.</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>Лапченко Ю.С.</i>		
<i>Гарант ОП</i>	<i>Пташенчук В. В.</i>		
<i>Показник запозичень тексту</i>			
<i>Академічна доброчесність</i>	<i>Лапченко Ю.С.</i>		

7. Дата видачі завдання «05» січня 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Обґрунтування теми</i>	До 20.01.2026 р.	
2.	<i>Огляд літератури із досліджуваної проблеми</i>	До 25.01.2026 р.	
3.	<i>Розділ 1 Загально-технічна частина</i>	До 01.02.2026 р.	
4.	<i>Розділ 2 Розрахунково-конструкторська частина</i>	До 15.02.2026 р.	
5.	<i>Розділ 3 Спеціальна частина</i>	До 25.02.2026 р.	
6.	<i>Висновки</i>	До 10.03.2026 р.	
7.	<i>Формування списку використаних джерел</i>	До 20.03.2026 р.	
8.	<i>Креслення загального вигляду ВШВ-003-М2</i>	До 01.04.2026 р.	
9.	<i>Креслення структурно-функціональних схем ВШВ-003-М2</i>	До 10.04.2026 р.	
10.	<i>Складальні креслення друкованих плат ВШВ-003-М2</i>	До 20.04.2026 р.	
11.	<i>Робочі креслення деталей ВШВ-003-М2</i>	До 01.05.2026 р.	
12.	<i>Державна повірочна схема ВШВ-003-М2</i>	До 05.05.2026 р.	
13.	<i>Формування додатків (специфікації)</i>	До 10.05.2026 р.	
14.	<i>Нормоконтроль</i>	До 15.05.2026 р.	
15.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	До 20.05.2026 р.	
16.	<i>Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту</i>	До 25.05.2026 р.	

Здобувач вищої освіти

_____ (Винарський В.Ю.)
 (підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ (Лапченко Ю.С.)
 (підпис) (прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Винарський В. Ю. Прилад для вимірювання параметрів шуму та вібрації ВШВ-003-М2. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Мікро- та наносистемна техніка» спеціальності 153 Мікро- та наносистемна техніка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2026.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків.

У загальнотехнічній частині описано технічну характеристику та службове призначення приладу для вимірювання параметрів шуму та вібрації ВШВ-003-М2. Проведено аналіз існуючих аналогів, описано принцип роботи та фізичні перетворення, які покладено в основу роботи ВШВ-003-М2.

В розрахунково-конструкторській частині описано структурно-функціональну схему приладу для вимірювання параметрів шуму та вібрації ВШВ-003-М2, його будову та принцип роботи, призначення окремих елементів та їх взаємодію. Проведено розрахунок підсилювача високих частот. Описано можливі несправності та способи їх усунення.

У спеціальній частині описано особливості повірки приладів для вимірювання параметрів шуму та вібрації та повірочну схему для засобів вимірювання звукового тиску в повітряному середовищі.

Ключові слова: шум, вібрація, вібропереміщення, віброшвидкість, резистор, мікрофон, підсилювач високих частот, повірка.

					ВР 016.00.00.000 ПЗ			
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив	Винарський				Прилад для вимірювання параметрів шуму та вібрації ВШВ-003-М2	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірів	Лапченко						4	64
Н. Контр.	Лапченко					ЛНТУ, кафедра АКІТ, гр. МНТ ₃ – 41		
Затвердив	Гуменюк							

ABSTRACT

Vynarskyi V. Device for measuring noise and vibration parameters VSHV-003-M2. Manuscript.

Bachelor's qualification work OP "Micro- and nanosystem technology" specialty 153 Micro- and nanosystem technology. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2026.

The bachelor's qualification work consists of an introduction, three sections, conclusions, a list of sources used, and appendices.

The general technical part describes the technical characteristics and service purpose of the device for measuring noise and vibration parameters VShV-003-M2. An analysis of existing analogues is carried out, the principle of operation and physical transformations that are the basis of the work of VShV-003-M2 are described.

The calculation and design part describes the structural and functional diagram of the device for measuring noise and vibration parameters VShV-003-M2, its structure and principle of operation, the purpose of individual elements and their interaction. The calculation of the high-frequency amplifier is carried out. Possible malfunctions and methods for their elimination are described.

The special part describes the features of the verification of devices for measuring noise and vibration parameters and the verification scheme for means of measuring sound pressure in the air environment.

Keywords: noise, vibration, vibration displacement, vibration velocity, resistor, microphone, high-frequency amplifier, verification.

					BP 016.00.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА.....	10
1.1 Технічна характеристика та службове призначення приладу для вимірювання параметрів шуму та вібрації.....	10
1.2 Аналіз існуючих аналогів (прототипів), критичний огляд літературних джерел.....	22
1.3 Функціональні особливості та фізичні перетворення, які покладено в основу роботи приладу ВШВ-003-М2.....	28
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	33
2.1 Структурна схема приладу з графічною інтерпретацією фізичних перетворень.....	33
2.2 Принцип роботи приладу чи системи, призначення окремих елементів та їх взаємодія.....	35
2.3 Розрахунок підсилювача високих частот.....	43
2.4 Можливі несправності та способи їх усунення.....	46
РОЗДІЛ 3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	49
3.1 Особливості повірки приладів для вимірювання параметрів шуму та вібрації.....	49
3.2 Повірочна схема для засобів вимірювання звукового тиску в повітряному середовищі.....	50
ВИСНОВКИ.....	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	62
ДОДАТКИ.....	64

					ВР 016.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

ВСТУП

Коливання – багаторазове повторення однакових або майже однакових процесів, – супроводжують багатьом природним явищам і явищам, викликаним людською діяльністю, – від найпростіших коливань маятника до електромагнітних коливань поширюється світлової хвилі.

Вібрація машин може призводити до порушення функціонування техніки та викликати серйозні аварії. Встановлено, що вібрація спричиняє 80% аварій у машинах. Зокрема, вона призводить до накопичення втомних ефектів у металах, появи тріщин.

При вплив вібрації на людину найбільш істотно те, що тіло людини можна у вигляді складної динамічної системи. Численні дослідження показали, що ця динамічна система змінюється залежно від пози людини, її стану – розслаблене чи напружене – та інших факторів. Для такої системи є небезпечні, резонансні частоти. І якщо зовнішні сили впливають на людину з частотами, близькими або рівними резонансним, то різко зростає амплітуда коливань як всього тіла, так і окремих його органів.

Вплив вібрації на організм людини визначається рівнем віброшвидкості та віброприскорення, діапазоном частот, що діють, індивідуальними особливостями людини. За нульовий рівень віброшвидкості прийнята величина $5 \cdot 10^{-8}$ м/с, віброприскорення – $3 \cdot 10^{-4}$ м/с², розраховані на порозі чутливості організму людини.

Актуальність теми. Комплекс засобів вимірювання вібрації являє собою сукупність функціонально закінчених вимірювань і допоміжних пристроїв, які характеризуються метрологічною, інформаційною, конструктивною та експлуатаційною сумісністю, здійснюють завдання відтворення механічних і акустичних коливань, отримання, обробку і представлення вимірювальної інформації про акустичні коливання різноманітних об'єктів у вигляді, зручному для оператора. Пристрої комплексу засобів вимірювання вібрації призначені для побудови

					ВР 016.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інформаційно-вимірювальних та аналітичних систем, так і для використання їх в якості самостійних приладів.

Перспективними є пристрої для контролю параметрів шуму та вібрації, які використовують вібраційно-частотний метод вимірювання, оснований на залежності частоти коливань механічної системи, яка складається із інерційного і пружного елемента, де від жорсткості останнього залежить частота власних коливань системи при постійній масі інерційного елемента. Вона визначається диференціальною жорсткістю пружного елемента, тобто, похідною від його пружної характеристики по переміщенню в вибраній точці вимірювання, таким чином, завдання вимірювання вібрацій і вібропереміщень замінюється вимірюванням частоти власних коливань механічної системи, що суттєво спрощує процес вимірювання й відкриває можливості для автоматизації контрольних-вимірювальних операцій. Проте вібраційно-частотним методом не можуть бути виміряні гістерезис і осьова вібрації елементів. Для цього застосовують засоби вимірювання лінійних переміщень, що володіють необхідними метрологічними характеристиками.

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження кваліфікаційної роботи виступає прилад ВШВ-003-М2 призначений для вимірювання і контролю параметрів вібрації і шуму та опрацювання отриманої вимірювальної інформації.

Предмет дослідження. Предметом дослідження є визначення параметрів параметрів вібрації і шуму та опрацювання отриманої вимірювальної інформації.

Мета та задачі дослідження. Метою даної кваліфікаційної роботи є розроблення методики повірки приладу ВШВ-003-М2 для вимірювання і контролю параметрів вібрації і шуму Для досягнення мети необхідно виконати наступні завдання:

- описати призначення та технічні характеристики приладу ВШВ-003-М2 для вимірювання і контролю параметрів вібрації і шуму;
- провести огляд аналогів приладу ВШВ-003-М2 для вимірювання і

					ВР 016.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

контролю параметрів вібрації і шуму;

– описати фізичні перетворення, які відбуваються при роботі з приладом ВШВ-003-М2 для вимірювання і контролю параметрів вібрації і шуму;

– описати структурно-функціональну схему приладу ВШВ-003-М2 для вимірювання і контролю параметрів вібрації і шуму;

– описати роботу приладу ВШВ-003-М2 для вимірювання і контролю параметрів вібрації і шуму;

– провести розрахунок підсилювача високих частот приладу ВШВ-003-М2 для вимірювання і контролю параметрів вібрації і шуму;

– розглянути можливі несправності та шляхи їх усунення приладу ВШВ-003-М2 для вимірювання і контролю параметрів вібрації і шуму;

– розробити методику повірки приладу ВШВ-003-М2 для вимірювання і контролю параметрів вібрації і шуму.

					ВР 016.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Технічна характеристика та службове призначення приладу для вимірювання параметрів шуму та вібрації

Прилад ВШВ-003-М2 (рис. 1.1) призначений для вимірювання рівня звуку з частотними характеристиками А, В, С; рівня звукового тиску в діапазоні частот від 2 Гц до 18 кГц і октавних смугах в діапазоні частот від 2 Гц до 8 кГц у вільному і дифузному полях; середніх квадратичних значень (СКЗ) віброприскорення і віброшвидкості:

- в промисловості і житлових кварталах в цілях охорони здоров'я;
- під час розробки та контролі якості виробів;
- при дослідженнях і випробуваннях машин і механізмів [1].



Рисунок 1.1 – Прилад для вимірювання параметрів шуму та вібрації ВШВ-003-М2 [1]


Знімання інформації про вібрації здійснюється перетворювачами п'єзоелектричними вібровимірювальними ДН-3-М1 ТУ 25-7705.0019-88, ДН-4-М1 ТУ 25-7706.0020-88 (надалі – віброперетворювачі ДН-3-М1, ДН-4-М1); про шум – капсулом мікрофонним конденсаторним М101 (надалі – капсуль).



ВШВ-003-М2 відноситься до агрегатного комплексу засобів

					ВР 016.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вимірювання вібрації (АКВВ) і може працювати в лабораторних, виробничих і польових умовах. За умовами експлуатації ВШВ-003-М2 відповідає вимогам 2 групи ГОСТ 22261-82, але діапазон температур від мінус 10 до плюс 50°C. ВШВ-003-М2 відноситься до шумомірів I-го класу точності згідно ГОСТ 17187-81 (СТ СЭВ 1351-78, МЭК 651). Електричний опір ізоляції ланцюгів живлення в джерелі живлення 5Ф2.087.064 ВШВ-003-М2 відповідає нормам, зазначеним в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Опір ізоляції кола живлення

Місце вимірювання	Опір ізоляції, МОм, не менше	
	Нормальні умови використання	Підвищена температура, +50°C
Між контактами вилки Х1 та гніздом Х3 «  »	20	5

Параметри сигналу калібрувального генератора приладу вимірювального (надалі – вимірювача): напруга (50±1) мВ СКЗ); частота (1000±100) Гц. Діапазон регулювання коефіцієнта передачі вимірювача резистором «» не менше +3 дБ. СКЗ напруги на гнізді «» при кінцевому значенні показуючого приладу вимірювача на частоті 1000 Гц (1±0,02) В. Вимірювач має частотні характеристики А, В, С, ЛІН по вільному звуковому полю з капсулем і при роботі з еквівалентом капсуля згідно таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Частотні характеристики



Номинальна частота, Гц	Відносна частотна характеристика вимірювача, дБ				Гран. відхил. част. характеристик дБ	
	А	В	С	ЛІН	А, В, С, ЛІН	
					капсуль	еквівалент
1	2	3	4	5	6	7
2	–	–	–	0	±3,0	±1,0

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6	7
2,5	–	–	–	0	±3,0	±1,0
3,15	–	–	–	0	±3,0	±1,0
4	–	–	–	0	±3,0	±1,0
5	–	–	–	0	±3,0	±1,0
6,3	–	–	–	0	±3,0	±1,0
8	–	–	–	0	±3,0	±1,0
10	–	–	–	0	±3,0	±1,0
12,5	–	–	–	0	±3,0	±1,0
16	–	–	–	0	±3,0	±1,0
20	-50,5	-24,2	-6,2	0	±3,0	±1,0
25	-44,7	-20,4	-4,4	0	±2,0	±0,5
31,5	-39,4	-17,1	-3,0	0	±1,5	±0,5
40	-34,6	-14,2	-2,0	0	±1,5	±0,5
50	-30,2	-11,6	-1,3	0	±1,5	±0,5
63	-26,2	-9,3	-0,8	0	±1,5	±0,5
80	-22,5	-7,4	-0,5	0	±1,5	±0,5
100	-19,1	-5,6	-0,3	0	±1,0	±0,4
125	-16,1	-4,2	-0,2	0	±1,0	±0,4
160	-13,4	-3,0	-0,1	0	±1,0	±0,4
200	-10,9	-2,0	0	0	±1,0	±0,4
250	-8,6	-1,3	0	0	±1,0	±0,4
315	-6,6	-0,8	0	0	±1,0	±0,4
400	-4,8	-0,5	0	0	±1,0	±0,4

Загасання коригуючого фільтра вимірювача в режимі «Дифузне поле» відповідає вимогам таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Загасання коригуючого фільтра вимірювача в режимі «Дифузне поле»

Частота, Гц	2-630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000
Затухання, дБ	0	0,2	0,2	0,3	0,5	0,8	1,2	1,7	2,4
Відхилення, дБ	±0,5								
Напруга на гнізді «  », мВ	800								
Напруга на гнізді «  », мВ	755-847	773-667	773-867	781-676	800-696	824-926	864-966	912-1024	992-1112

Затухання фільтрів верхніх частот (ФВЧ) 1; 10 Гц і фільтрів нижніх частот (ФНЧ) 4; 10 кГц вимірювача відповідає вимогам, зазначеним в таблицях. 1.4, 1.5.

Таблиця 1.4 – Затухання фільтрів верхніх частот

Частота, Гц		0,315	0,63	1,0	3,15	6,3	10	12,5
Затухання, дБ	ФВЧ 1 Гц	≥12	>2	±1,0	–	–	–	–
	ФВЧ 10 Гц	–			≥12	>2	±0,3	

Таблиця 1.5 – Затухання фільтрів нижніх частот

Частота, Гц		2,5	4,0	6,3	10,0	12,5	16,0	31,5
Затухання, дБ	ФНЧ 4 кГц	±0,3		>2	–	≥12	–	–
	ФНЧ 10 кГц	±0,3			±0,4	–	2	≥12

Нерівномірність амплітудно-частотної характеристики (АЧХ) вимірювача (з еквівалентом віброперетворювача), не більше:

в діапазоні частот від 1 до 2 Гц $\pm 15\%$;

в діапазоні частот від 2 до 20 Гц, від 7 до 10 кГц $\pm 5\%$;

в діапазоні частот від 20 Гц до 7 кГц $\pm 3\%$.

Затухання октавних фільтрів з середніми геометричними частотами 1,0; 2,0; 4,0; 8,0; 16,0; 31,5; 63,0; 125,0; 250,0; 500,0; 1000,0; 2000,0; 4000,0; 8000,0 відповідає вимогам ГОСТ 17168-82 для октавних фільтрів 2 класу точності згідно таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Затухання октавних фільтрів


Відносна частота, f/f_m	0,125	0,25	0,5	0,7071	0,8409	1	1,1892	1,4142	2	4
Затухання, дБ	+60	+40	+18	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	+18	+40
	∞	∞	∞	+6,0	+1,0	+0,5	+1,0	+6,0	∞	∞

Граничне відхилення градуювання шкали децибел показуючого приладу вимірювача в діапазоні частот від 31,5 до 16000 Гц не перевищує значень наведених в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Граничне відхилення градуювання шкали децибел

Градуювання	Граничні відхилення, дБ
У робочому діапазоні шкали від 0 до 10 дБ	$\pm 0,3$
В діапазоні перекриття шкали від 0 до мінус 5 дБ	$\pm 0,6$
У робочому діапазоні шкали для різниці рівнів 1 дБ	$\pm 0,2$
В діапазоні перекриття шкали для різниці рівнів 1 дБ	$\pm 0,3$

Наведена до кінця шкали похибка градуювання шкали показуючого приладу вимірювача на частоті 1000 Гц не більше $\pm 2\%$.

Коефіцієнт гармонік сигналу на гнізді «» вимірювача не перевищує 1% при подачі на його вхід електричного сигналу синусоїдальної форми з рівнем на 10 дБ нижче верхньої межі динамічного діапазону вимірювань в частковому діапазоні від 31,5 до 16000 Гц.

Граничне відхилення показів вимірювача при максимальному коефіцієнті амплітуди вимірюваного сигналу до 5 не більше $\pm 1,0$ дБ при впливі на нього:

1) серії періодично повторюваних прямокутних позитивних і негативних імпульсів з тривалістю 2000 мкс і частотою слідування 20 Гц на частотній характеристиці ЛН;

2) серії заповнених синусоїдальним сигналом імпульсів з частотою заповнення імпульсу 2000 Гц, частотою повторення імпульсів 40 Гц і тривалістю 2 мс на частотній характеристиці А.

Індикатор перевантаження вимірювача спрацьовує з допустимим відхиленням $\pm 1,0$ дБ, тобто при напрузі $(3,5 \pm 0,42)$ В СКЗ при впливі на нього синусоїдальних сигналів в частотному діапазоні від 31,5 до 16 кГц; при напрузі $(1 \pm 0,12)$ В СКЗ при впливі на нього: серії прямокутних імпульсів в частотному діапазоні від 31,5 до 8000 Гц; одиночних прямокутних імпульсів позитивної та негативної полярності з тривалістю від 200 мкс до 10 мс.

Різниця показів вимірювача між поодинокими заповненими імпульсами з частотою проходження не більше 0,3 Гц ($T=3$ с) і безперервним синусоїдальним сигналом з однаковим піковим значенням на тимчасових характеристиках S (повільно) і F (швидко) відповідає значенням, зазначеним у таблиці 1.8.

Вимірювач має тимчасову характеристику з постійною часу 10 с. Похибка установки постійної часу не перевищує $\pm 20\%$.

					ВР 016.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.8 – Різниця показів вимірювача між поодинокими заповненими імпульсами

Часова характеристика	Частота заповнення імпульсу, Гц	Тривалість імпульсу, мс	Різниця показів, дБ	Граничне відхилення показів, дБ
S (повільно)	від 1000	∞	0	0
	до 2000	500	-4,1	$\pm 1,0$
F (швидко)	від 1000	∞	0	0
	до 2000	200	-1,0	$\pm 1,0$

Максимально допустиме відхилення показів вимірювача при раптовій подачі безперервного сигналу в діапазоні частот від 100 до 8000 Гц відповідає вимогам, зазначеним в таблиці 1.9.

Таблиця 1.9 – Максимально допустиме відхилення показів вимірювача при раптовій подачі безперервного сигналу в діапазоні частот від 100 до 8000 Гц

Часова характеристика	Максимально допустиме відхилення показів, дБ
S (повільно)	1,1
F (швидко)	1,6

Після відключення безперервного сигналу покази вимірювача зменшаться на 10 дБ для тимчасової характеристики F (швидко) не більше ніж за 0,5 с і для тимчасової характеристики S (повільно) не більше ніж за 3 с.

Поляризуюча напруга для живлення капсуля (200 \pm 4) В.

Похибка вимірювання вимірювача при перемиканні піддіапазонів вимірювання по відношенню до опорного значенням перемикача піддіапазонів 80 дБ (ЛІН) вимірювача при опорному рівні звуку 84 дБ не перевищує $\pm 3\%$ в діапазоні частот від 2 до 7000 Гц і 5% в діапазоні частот від 1 до 2 Гц, від 7 до 18 кГц.

Додаткова похибка вимірювача, зумовлена підключенням додаткового

					ВР 016.00.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приладу з вхідним опором не менше 10 кОм на частоті 18000 Гц і верхній межі динамічного діапазону 140 дБ, не перевищує $\pm 0,2$ дБ.

Динамічний діапазон вимірювань рівня звуку і рівня звукового тиску в діапазоні частот від 2 до 18000 Гц відповідає значенням зазначеним в таблиці 1.10.

Таблиця 1.10 – Динамічний діапазон

Верхня межа, дБ	Нижня межа, дБ, на частотній характеристиці			
	A	B	C	ЛПН
140 (ЛПН)	32	25	35	50

Примітка. Покази вимірювача виражаються в децибелах відносно нульового звукового тиску, відповідного 20 мкПа ($2 \cdot 10^{-5}$ Па).

Еквівалентний рівень звуку (звукового тиску), викликаний власними шумами вимірювача при заміні капсуля еквівалентним повним опором і відрахований за його шкалою, не більше значень наведених в таблиці 1.11.

Таблиця 1.11 – Еквівалентний рівень звуку (звукового тиску)

Частотна характеристика	A	B	C	ЛПН
Еквівалентний тиск звуку, дБ	17	20	30	45

Похибка ВШВ-003-М2 при акустичному калібруванні пістонфоном ПП-101А не більше $\pm 0,7$ дБ.

Похибка градування вимірювача по вільного звукового поля при опорній частоті 1000 Гц і опорному рівні звуку 94 дБ після встановлення часу робочого режиму 5 хв не більше $\pm 0,7$ дБ.

Максимально допустимі відхилення в показів датчика при верхній межі динамічного діапазону рівня звуку 140 дБ на кожній його частотній характеристиці відповідають значенням, зазначеним в таблиці 1.2 при подачі на вхід вимірювача рівня звукового тиску синусоїдальної форми на

дискретній частоті, що знаходиться в діапазоні частот від 500 до 1000 Гц.

Коефіцієнт гармонік сигналу на гнізді « $\ominus \rightarrow$ » вимірювача не перевищує 10% при подачі на його вхід рівня звукового тиску синусоїдальної форми рівного верхній межі динамічного діапазону 140 дБ на дискретній частоті, що знаходиться в діапазоні частот від 500 до 1000 Гц.

Граничне відхилення в показаннях датчика для різних кутів падіння звукової хвилі відносно значення при опорному напрямку (при куті падіння 0° напрямком звукової хвилі перпендикулярний до звукоприймаючої поверхні капсуля) наведено в таблиці 1.12.

Таблиця 1.12 – Граничне відхилення в показаннях датчика для різних кутів падіння звукової хвилі відносно значення при опорному напрямку

Частота, Гц	Граничне відхилення, дБ	
	Кут падіння звукової хвилі $\pm 30^\circ$	Кут падіння звукової хвилі $\pm 90^\circ$
31,5...1000	$\pm 1,0$	$\pm 1,5$
1000...2000	$\pm 1,0$	$\pm 2,0$
2000...4000	$\pm 1,5$	$\pm 4,0$
4000...8000	$\pm 2,5$	$\pm 8,0$
8000...12500	$\pm 4,0$	$\pm 16,0$

Граничне відхилення від частотної характеристики ЛІН вимірювача по дифузному полю в діапазоні частот від 500 до 12500 Гц наведено в таблиці 1.2.

Еквівалентний рівень вібрації, викликаний власними шумами вимірювача при заміні віброперетворювача еквівалентним повним опором і відрахований за його шкалою не більше значень, наведених в таблиці 1.13.

Таблиця 1.13 – Еквівалентний рівень вібрації

Частотний діапазон, Гц	Еквівалентне значення рівня вібрації		Тип перетворювача
	віброприскорення, $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$	віброшвидкості, $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$	
1...10000	$3,0\cdot 10^{-2}$	3,0	ДН-4-М1
10...10000 (ФВЧ 10 Гц)	$2,0\cdot 10^{-2}$	0,2	
1...4000	$3,0\cdot 10^{-3}$	0,30	ДН-3-М1
10...4000 (ФВЧ 10 Гц)	$1,0\cdot 10^{-2}$	$1,0\cdot 10^{-2}$	

Динамічний і частотний діапазони вимірювання СКЗ віброприскорення і віброшвидкості ВШВ-003-М2 за допомогою віброперетворювачів ДН-3-М1, ДН-4-М1 відповідають значенням, зазначеним у таблиці 1.14.

Таблиця 1.14 – Динамічний і частотний діапазони вимірювання СКЗ віброприскорення і віброшвидкості

Параметр	Тип перетворювача	Динамічний діапазон	Частотний діапазон	Похибка, %
1	2	3	4	5
віброприскорення, $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$	ДН-4-М1	$8\cdot 10^{-2}\div 10^{-3}$	1...2 Гц	± 20
			2...10 Гц	± 15
		$5\cdot 10^{-2}\div 10^{-3}$	10...7000 Гц	± 10
			7...10 кГц	± 15
	ДН-3-М1	$8\cdot 10^{-3}\div 10^3$	1...2 Гц	± 20
			2...10 Гц	± 15
		$3\cdot 10^{-3}\div 10^3$	10...3000 Гц	± 10
			3...4 кГц	± 15

Продовження таблиці 1.14

1	2	3	45	5
віброшвидкість, мм·с-1	ДН-4-М1	$8 \div 5 \cdot 10^4$	1...2 Гц	±20
			2...10 Гц	±15
		$0,5 \div 10^4$	10...7000 Гц	±10
			7...10 кГц	±15
	ДН-3-М1	$8 \div 5 \cdot 10^4$	1...2 Гц	±20
			2...10 Гц	±15
		$3 \cdot 10^{-2} \div 10^4$	10...3000 Гц	±10
			3...4 кГц	±15

Основна похибка ВШВ-003-М2 при вимірюванні віброприскорення і віброшвидкості в робочому діапазоні амплітуд і частот не перевищує значень похибки, наведених в таблиці 1.14.

Клас точності 10, 15, 20 згідно ГОСТ 8.401-80.

Електроживлення здійснюється від:

– мережі змінного струму напругою (220 ± 22) В через джерело живлення;

– батарей напругою від 5 до 7,5 В.

Межа допустимої додаткової похибки вимірювача, викликаній відхиленням напруги живлення на ± 22 В відносно номінального значення 220 В і змінної напруги живлення батарей від 5 до 7,5 В, не перевищує $\pm 1,5\%$. Потужність, споживана ВШВ-003-М2 не більше: при живленні від мережі змінного струму при номінальній напрузі 220 В – 5 В·А; при живленні від батарей – 1,0 В·А.

Тривалість безперервної роботи вимірювача, включаючи час встановлення робочого режиму 5 хв, 8 год. Покази постійно включеного вимірювача при незмінних зовнішніх умовах і не пізніше ніж через 10 хв після його включення змінюється протягом 8 год не більше ніж на $\pm 0,2$ дБ (2,0%).

					ВР 016.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Еквівалентні рівні звуку всіх частотних характеристик і рівнів вібрації вимірювача, що викликаються дією магнітного поля напруженістю $80 \text{ A}\cdot\text{m}^{-1}$ при частоті 50 Гц в напрямку найбільшого дії поля не більше значень, наведених в таблицях 1,15, 1,16.

Таблиця 1.15 – Еквівалентні рівні звуку всіх частотних характеристик

Еквівалент капсуля	Еквівалентні значення рівня звуку, дБ			
	Частотна характеристика			
	А	В	С	ЛН
	30	40	45	60

Таблиця 1.16 – Еквівалентні рівні звуку всіх рівнів вібрації

Еквівалент перетворювача	Еквівалентні значення рівня вібрації	
	віброприскорення, $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$	віброшвидкості, $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$
	$6\cdot 10^{-2}$	6

При розташуванні вимірювача в звукове поле плоских синусоїдальних хвиль в діапазоні частот від 31,5 до 8000 Гц, що поширюються в опорному напрямку з рівнем звукового тиску 100 дБ при заміні капсуля еквівалентом капсуля, його покази на частотній характеристиці ЛН знизяться не менше, ніж на 20 дБ.

Максимальні покази вимірювача на частотній характеристиці ЛН при впливі на нього механічних коливань в діапазоні частот від 20 до 1000 Гц з прискоренням $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ в напрямку, що дає максимальне показання не більше 95 дБ.

Зміна рівня чутливості мікрофона вимірювача при зміні атмосферного тиску на $\pm 10\%$ відносно 100 кПа на частоті 1000 Гц не більше $\pm 0,3$ дБ.

Максимально допустима похибка вимірювача на опорній частоті, зумовлена температурою від мінус 10 до плюс 50°C по відношенню до температури $(20\pm 5)^\circ\text{C}$ не перевищує $\pm 0,5$ дБ і зміна напруги сигналу каліброваного генератора не перевищує $\pm 3\%$ відносно напруги при

нормальних умовах.

Зміна загасання на середньої геометричної частоті октавних фільтрів не перевищує $\pm 0,5$ дБ.

ВШВ-003-М2, поміщений в транспортну тару, витримує без пошкодження транспортну тряску, відповідну граничним умовами транспортування: $80 \div 120$ ударів в хвилину при максимальному прискоренні $30 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$ протягом 1 год.

ВШВ-003-М2 тепло-, холодо- і вологостійкий, тобто зберігає свої характеристики після перебування в граничних кліматичних умовах транспортування:

- 1) температура навколишнього повітря від мінус 50 до плюс 50°C;
- 2) відносна вологість повітря 98% при температурі плюс 35°C.

Середнє напрацювання на відмову ВШВ-003-М2 не менше 12000 год.

Середній термін служби ВШВ-003-М2 не менше 8 років.

1.2 Аналіз існуючих аналогів (прототипів), критичний огляд літературних джерел

Прилад ВШВ-003-М2 для вимірювання віброшвидкості та віброприскорення призначений для точного вимірювання лінійного зміщення віброуючої ланки якого-небудь агрегату, наприклад, зміщення стола вібростенду, вібрації шпинделя, напрямної кочення. Прилад з октавними фільтрами є малогабаритним, портативним вимірювальним приладом і призначений для вимірювання та аналізу шуму й вібрації в житлових і виробничих приміщеннях та використовується для визначення характеристик джерел і характеристик шуму й вібрації в місцях знаходження людей, при дослідженнях і випробуваннях машин і механізмів, при розробці й контролі якості виробів.

Він має вбудовані фільтри із частотними характеристиками А, В, С, а також смугові фільтри: октавні й третинооктавні, що дозволяють проводити

					ВР 016.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

класифікацію, вимірювання і визначення нормованих параметрів і характеристик шуму й вібрації відповідно до вимог санітарних норм і стандартів безпеки праці. Прилад ВШВ-003-М2 поставляється в зручній для транспортування сумці. Укомплектований п'єзоелектричними вимірювальними перетворювачами ДН-3-М1 і ДН-4-М1, що мають коефіцієнт перетворення відповідно $10 \text{ мВ} \cdot \text{см}^2/\text{м}$ та $1 \text{ мВ} \cdot \text{см}^2/\text{м}$, конденсаторним мікрофонним капсулем М-101, що має чутливість $50 \text{ мВ}/\text{Па}$, передпідсилювачем ВПМ-101, еквівалентами перетворювача й капсуля мікрофонного. Дія капсуля мікрофонного ґрунтується на реєстрації зміни ємності конденсаторного датчика – віброперетворювача, механічно з'єданого з вібруючою ланкою. Зміна ємності датчика приводить до зміни частоти високочастотного генератора.

В якості аналогів ВШВ-003-М2 розглянуто прилади, як вітчизняного, так і закордонного виробництва, зокрема:

1. «Виброметр-К1» [2] призначений для проведення вимірювання СКЗ вібрації в розмірності віброшвидкості ($\text{мм} \cdot \text{с}^{-1}$) в стандартному діапазоні частот від 10 до 1000 Гц (рис. 1.2). Зареєстрований в державному реєстрі засобів вимірювання вібрації під №30289-05. Міжповірочний інтервал 1 рік.



Рисунок 1.2 – Прилад для вимірювання параметрів вібрації «Виброметр-К1» [2]

					ВР 016.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

«Виброметр-К1» має технічні характеристики наведені в таблиці 1.17.

Таблиця 1.17 – Технічні характеристики «Виброметр-К1»

Робочий діапазон частот, Гц	10...1000
Діапазон вимірювань СКЗ віброшвидкості, мм·с-1	1...100
Нерівномірність АЧХ, %	не більше 10
Маса приладу, не більше, кг	0,5
Габаритні розміри приладу, мм	140×63×31
Безперервна робота від двох акумуляторів АА, не менше, год	16
Температура навколишнього повітря, °С	-20...+40

До переваг приладу «Виброметр-К1» слід віднести:

- яскравий екран, який працює до температури -20°С;
- датчик на провіднику з магнітом дозволяє вимірювати вібрації в важкодоступних місцях;
- портативний і легкий;
- працює на одній зарядці кілька змін;
- простий в експлуатації, вимірювання вібрації проводиться однією кнопкою;
- є вибухобезпечна версія приладу з маркуванням вибухозахисту 1ExibIIAT3 X;

Недоліками приладу «Виброметр-К1» слід вважати:

- відсутність пам'яті;
- платна версія програми для опрацювання результатів вимірювання.

2. «Виброметр ВВМ-311» (рис. 1.3) портативний прилад з цифровим індикатором призначений для вимірювання параметрів вібрації (віброприскорення, віброшвидкості, вібропереміщення) працюючого обладнання, машин і інших об'єктів в лабораторних і виробничих умовах [3].

					ВР 016.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Віброметр ВВМ-311 укомплектований вібровимірювальними перетворювачами ДН-3-М1 та ДН-4-М1. Прилад має вбудовані фільтри ФВЧ і ФНЧ з частотами зрізу 10 і 1000 Гц відповідно, для вимірювань згідно ISO 2954, а також можливість підключення зовнішніх фільтрів. Для роботи в затемнених умовах передбачене підсвічування цифрового РКІ. Прилад виконаний в прямокутному корпусі і забезпечений ременем для транспортування.



Рисунок 1.3 – Прилад «Віброметр ВВМ-311» [3]

Даний прилад має технічні характеристики наведені в таблиці 1.18.

Таблиця 1.18 – Технічні характеристики «Віброметр ВВМ-311»

Діапазон вимірювання:	віброприскорення, m/s^2	0,1...1000
	віброшвидкості, mm/s	0,25...100
	вібропереміщення, μm	1...1000
	віброприскорення, Гц	2...10000
	віброшвидкості та вібропереміщення	2...1000
Межа основної відносної похибки вимірювання віброприскорення в діапазоні частот від 2,8 до 7000 Гц, %		± 10
Межа основної відносної похибки вимірювання віброшвидкості і вібропереміщення в діапазоні частот від 2,8 до 700 Гц, %		± 10

Продовження таблиці 1.18

Межа основної відносної похибки вимірювання віброприскорення, віброшвидкості і вібропереміщення на базовій частоті 159,1 Гц, %	±6
Потужність споживана приладом при живленні від 12 елементів А332, не більше, В А	0,42
Габаритні розміри віброметра, мм	232×65×255
Маса віброметра, не більше, кг	1,8

До переваг приладу «Віброметр ВВМ-311» слід віднести:

- широкі функціональні можливості вимірювання параметрів вібрації;
- сучасний рідкокристалічний дисплей з підсвічуванням;
- портативний і легкий.

Недоліками приладу «Віброметр ВВМ-311» слід вважати:

- вузький діапазон вимірювання;
- недосконала система автономного живлення.

3. «Віброметр з функцією діагностики підшипників «Янтарь-М» (рис. 1.4) вібровимірювальний прилад (ВУ-043) став продовженням популярних віброметрів ВУ-032, ВУ-034, ВУ-036, що випускаються по 2003 р. Проводить вимірювання віброшвидкості, віброприскорення і вібропереміщення в стандартних та встановлених користувачем частотних діапазонах до заданого часу усереднення [4]. Має можливість порівняння отриманих результатів вимірювання з встановленими нормами. Використання приладу не вимагає спеціальних навичок. В приладі подібного класу вперше реалізована функція експрес-діагностики стану підшипників кочення, що дозволяє визначити наявність дефектів елементів підшипників, а також дефектів монтажу та зношування підшипників. У комплекті з приладом поставляються навушники, що дозволяють фахівцям проводити оцінку стану агрегату щодо шумів. Для контролю вібрації і експрес-діагностики газоперекачувальних агрегатів, нафтових насосів та іншого обладнання, встановленого у

вибухонебезпечних приміщеннях категорій В-1а, В-1б, В-1г, прилад може поставлятися у вибухозахищеному виконанні з рівнем вибухозахисту «Підвищена надійність». Маркування вибухозахисту – 2ExnLIІCT4X.



Рисунок 1.4 – Прилад «Янтарь-М» [4]

Даний прилад має технічні характеристики наведені в таблиці 1.19.

Таблиця 1.19 – Технічні характеристики «Віброметр з функцією діагностики підшипників «Янтарь-М»

Частотний діапазон, Гц:	5...10000
Канали вимірювання вібрації:	1
Аудіо канал:	1
Умови експлуатації:	-10...+50°C
Габаритні розміри, мм	165×55×35
Маса віброметра, не більше, кг	0,35

До переваг приладу «Янтарь-М» слід віднести:

- висока точність вимірювань в діапазоні від 5 Гц до 10 кГц;
- функція експрес-діагностики підшипників;
- цифровий дисплей з підсвічуванням;
- невеликі розміри і маса, зручна сумка для приладу і оснащення;
- вибухозахищене виконання – маркування вибухозахисту –

2ExnLIІCT4X.

					ВР 016.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Недоліками приладу «Янтарь-М» слід вважати:

- відсутня можливість зміни масштабу амплітуди вібрації;
- відсутня можливість вимірювання рівня звуку або шуму.

Комплект поставки (стандартний): 1. датчик вібрації АС102-1А; 2. установчий магніт для датчика для нерівних поверхонь; 3. щуп вимірювальний для датчика вібрації; 4. кабель до датчика вібрації – 1,5 м; 5. навушники; 6. Блок електроживлення; 7. сумка для транспортування приладу і оснащення; 8. інструкція з експлуатації

Справедливим буде наступний висновок: у виробництві існують декілька аналогів приладу ВШВ-003-М2 для вимірювання віброшвидкості, віброприскорення та віброзміщення, різниця полягає в тому, що датчики віброзміщення ґрунтуються не на ємнісному перетворювачі, а на резистивних, електромагнітних, електростатичних, теплових, електролітичних, іонізаційних вимірювальних перетворювачах.

1.3 Функціональні особливості та фізичні перетворення, які покладено в основу роботи приладу ВШВ-003-М2

Давач приладу ВШВ-003-М2 ґрунтується на дії ємнісного перетворювача [5]. Ємнісні перетворювачі основані на залежності електричної ємності конденсатора від розмірів, взаємного розміщення його обгортки і від діелектричної провідності середовища між ними.

Для двох обгорткового плоского конденсатора електрична ємність складає (1.1):

$$C = \epsilon_0 \epsilon \frac{S}{d}, \quad (1.1)$$

де ϵ_0 – діелектрична постійна;

ϵ – відносна діелектрична проникність середовища між обкладинками;

					ВР 016.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

S – активна площа обкладинок конденсатора;

δ – відстань між обкладинками.

Із виразу для ємності видно, що перетворювач може бути побудований на основі використання залежностей (1.2):

$$C = f_1(E); C = f_2(S); C = f_3(\delta). \quad (1.2)$$

На рисунку 1.5 показано будову різних ємнісних перетворювачів.

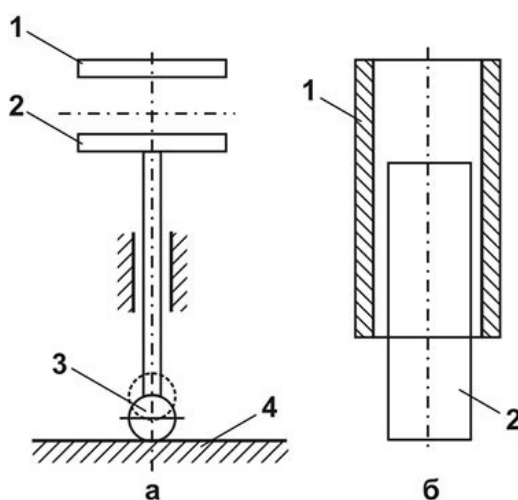


Рисунок 1.5 – Схема ємнісного перетворювача

Перетворювач на рисунку 1.5, а являє собою конденсатор, одна пластина якого переміщується під дією вимірюваної величини x відносно нерухомої пластини. Зміна відстані між пластинами δ призводить до зміни ємності перетворювача. Функція перетворення $C = f_3(\delta)$ нелінійна, що обмежує діапазон зміни δ . Чутливість перетворювача різко зростає із зменшенням відстані δ , тому доцільно зменшувати початкову відстань між пластинами. При виборі початкової відстані між пластинами слід врахувати пробивну напругу повітря (10 кВ/см^2). Такий перетворювач використовується для вимірювання малих переміщень ($<1 \text{ мм}$). Мале робоче переміщення пластинок приводить до появи похибки від зміни відстані між пластинами при коливаннях температури навколишнього середовища. Виконуючи

					ВР 016.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

відповідним чином вибір розмірів деталей перетворювача і матеріалів, цією похибкою можна знехтувати.

В ємнісних перетворювачах виникає зусилля притягання між пластинами, яке визначається похідною від енергії електричного поля ω_e по переміщенню рухомої пластини (1.3):

$$F = \frac{d\omega_e}{d\delta} = \frac{d}{d\delta} \left(\frac{CU^2}{2} \right), \quad (1.3)$$

де U – напруга між пластинами;

C – ємність між пластинами.

Також досить часто застосовуються диференціальні перетворювачі (рис.1.5, б), у яких є одна рухома і дві нерухомих пластини. При дії вимірювальної величини x у цих перетворювачів одночасно, але з різними знаками змінюються зазори δ_1 і δ_2 , отже відповідно змінюються ємності C_1 і C_2 . Диференціальні перетворювачі дають можливість збільшити чутливість приладу, зменшити засилля між рухомими і нерухомими пластинами, зменшити нелінійність функції перетворювача і знизити вплив зовнішніх факторів (температури, тиску, вологості). Знаходять застосування багатопластинчасті вимірювальні перетворювачі з декількома рухомими і нерухомими пластинами. Збільшення числа пластин веде до збільшення ємності перетворювача.

Існує диференціальний ємнісний перетворювач із змінною активною площею пластин. Такий перетворювач цілеспрямовано використовують для вимірювання порівняно великих лінійних переміщень (>1 мм) і кутових переміщень. В цих перетворювачах легко отримати необхідний характер функції і перетворення за допомогою спеціального профілювання пластин.

В індукційних вимірювальних перетворювачах вихідний сигнал пропорційний швидкості, тому для вимірювання вібропереміщень необхідно інтегрувати їх сигнали. В зв'язку з обмеженням нижнього проміжку по

					ВР 016.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

частоті при електронному інтегруванні виникає необхідність розширення частотного діапазону в сторону нижніх частот методом послідовної параметричної корекції або методом кореляції.

Принцип дії індукційних вимірювальних перетворювачів оснований на явищі електромагнітної індукції, тобто на виникненні електрорушійної сили в електричній котушці при зміні магнітного поля. Виникаюча ЕРС прямопропорційна швидкості магнітного потоку $\dot{\Phi}$, відповідно, швидкості руху котушки в магнітному полі (1.4):

$$E = \Pi B n d v, \quad (1.4)$$

де B – магнітна індукція в зазорі, Тл;

n – число витків котушки;

d – середній діаметр котушки;

v – швидкість руху котушки в магнітному полі, м/с.

Для збільшення чутливості і зменшення габаритних розмірів використовуються індукційні вимірювальні перетворювачі з осердям із магнітостійких сплавів або фериту. Принцип роботи індукційного перетворювача дозволяє застосовувати його для вимірювання різних високочастотних вібрацій з широким діапазоном амплітуд. Похибки індукційних вимірювальних перетворювачів визначаються, головним чином, зміною магнітного поля з протіканням часу і при зміні температури.

Віброметри з тензорезистивними перетворювачами застосовують, як правило, для вимірювання відносного переміщення. Для вимірювання переміщень у вузькому діапазоні (до 100 Гц), коли непотрібно високої точності вимірювання, можна застосовувати такі вимірювальні прилади без підсилювача. Для вимірювання вібропереміщень в широкому діапазоні застосовують підсилювачі постійного струму, які відрізняються простотою схеми, малими габаритними розмірами та масою, не потребуючи реактивного балансування моста. Дія тензорезистивних давачів основана на використанні

					ВР 016.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

явища тензоефекту. Тензоефект полягає в тому, що під дією прикладеної розтягуючої або стискаючої сили провідникові і напівпровідникові матеріали змінюють питому електричну провідність.

Основною особливістю напівпровідникових тензорезисторів, у яких в якості чутливого елемента використовують монокристалічний напівпровідник товщиною 20-50 мкм, шириною до 0,5 мм, і довжиною 2-12 мм, являється їх висока чутливість, яка в 50-60 раз перевищує чутливість дротяних тензорезисторів та високий рівень вихідного сигналу.

До недоліків напівпровідникових тензорезисторів слід віднести їх невелику механічну міцність, високу чутливість до дії зовнішніх чинників.

					ВР 016.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Структурна схема приладу з графічною інтерпретацією фізичних перетворень

В структурно-функціональній схемі приладу для вимірювання параметрів вібрації (рис. 2.1) перетворювач В1 – змінний конденсатор – включений в коливальний контур високочастотного генератора G1 [6].

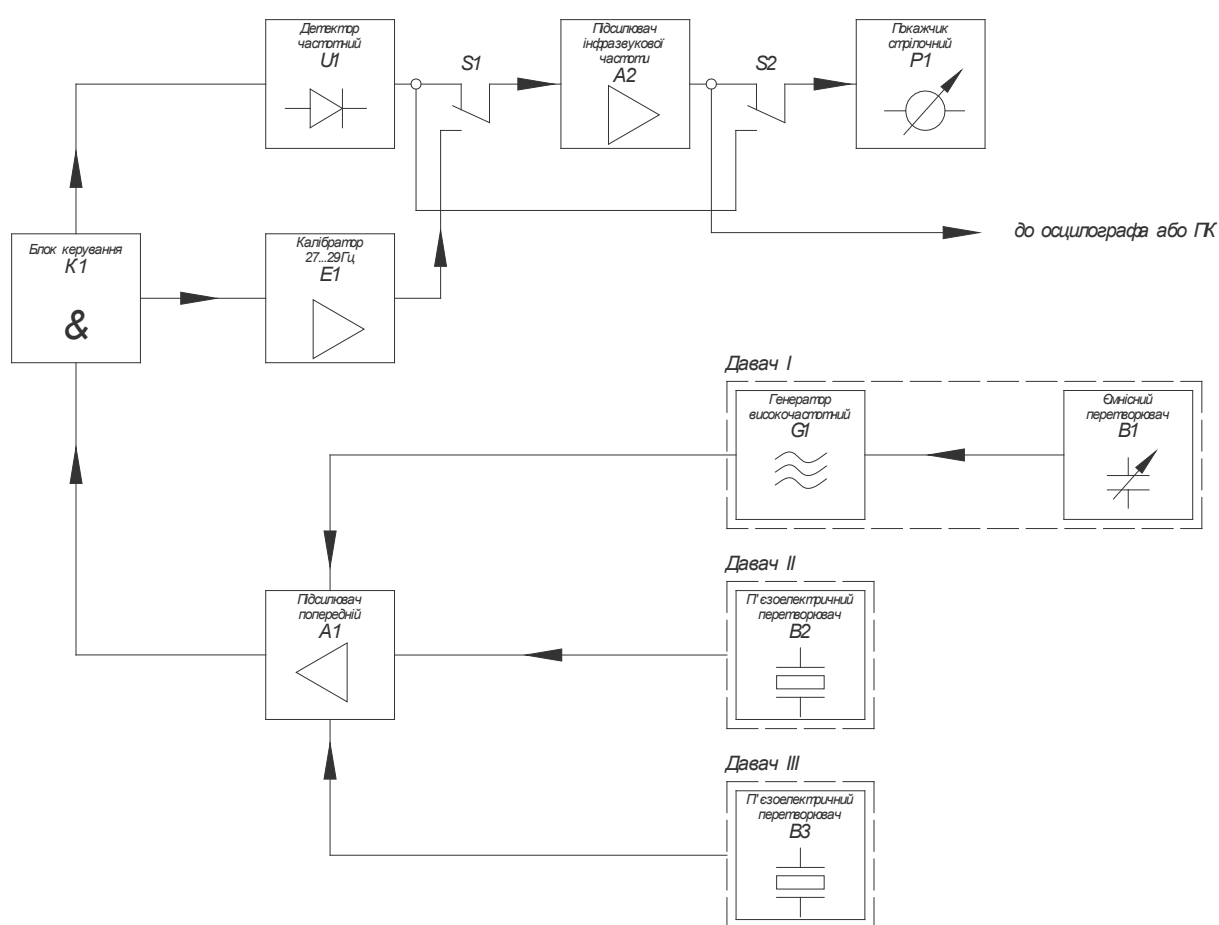


Рисунок 2.1 – Структурно-функціональна схема приладу ВШВ-003-М2

При вібрації робочого органу перетворювача його ємність змінюється лінійно у відповідності з досліджуваним параметром. Перетворювач і генератор конструктивно об'єднані в датчику-мікрофоні приладу. З генератора частотно-модульна напруга поступає на попередній підсилювач

					ВР 016.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

A1, а потім – на частотний детектор U1, де відбувається демодуляція сигналу. На виході частотного детектора сигнал змінюється по закону який відповідає закону зміни віброзміщення. Перемикач SA2 дає можливість проконтролювати по стрілочному вказівнику роботу частотно-модульного детектора.

Далі сигнал поступає на підсилювач інфразвукової частоти A2 і підсилюється до значення, необхідного для роботи стрілочного вказівника P1 віброзміщення або осцилографа (електронного або світло променевого). Калібратор E1 забезпечує отримання стабільної змінної напруги частотою 27-29 Гц. для установки перед вимірюванням віброзміщення необхідного коефіцієнта передачі підсилювача інфразвукової частоти.

Для підвищення точності вимірювання параметрів вібрації в простіших формах систем використовують вимірювальні підсилювачі. Вони з'єднуються з віброперетворювачем через узгоджуючий пристрій або передпідсилювач, який служить для узгодження високого вхідного сигналу імпедансу вимірювального підсилювача з вихідним імпедансом віброперетворювача в тих випадках, коли використовуються малочутливий по входу вимірювальний підсилювач чи перетворювач з низькою чутливістю.

На практиці можливі випадки, коли інформація про вібрацію механізмів, машин і апаратури не може бути отримана безпосередньо поблизу цих машин, так як умови їх експлуатації не дозволяють розташувати поблизу з ними стаціонарну вимірювальну систему. В цих випадках інформацію про вібрації записують безпосередньо на носій, передають по каналах радіозв'язку чи телеметрії з подальшим записом її на приймальному пункті.

2.2 Принцип роботи приладу чи системи, призначення окремих елементів та їх взаємодія

Прилад живиться від мережі змінного струму напругою 220 В через вмонтований двополярний стабілізований блок живлення.

Мікрофони – це електроакустичні перетворювачі, що перетворюють звукові коливання на електричні. Залежно від конструкції розрізняють мікрофони тиску, в яких звуковий тиск впливає на діафрагму тільки з одного зовнішнього боку, та мікрофони градієнта тиску, в яких звуковий тиск впливає на два боки діафрагми, але з певним зсувом по фазі. У першому випадку зусилля на діафрагму визначається звуковим тиском, що діє на неї, а в другому – різницею тисків з обох боків діафрагми з урахуванням різниці фаз коливань. Мікрофони повинні бути по можливості малих розмірів порівняно з довжиною хвилі звуку, щоб не впливати на вимірюване звукове поле. Невеликі мікрофони можна використовувати в широкому діапазоні частот. Перевага невеликих мікрофонів полягає ще й у тому, що їхня характеристика напрямленості більш рівномірна. Тому при вимірюванні в тому випадку, коли напрямок поширення звуку не збігається з віссю напрямленості мікрофона, виникає менше похибок. Проте внаслідок відносно невеликої чутливості цих мікрофонів застосування їх при малих значеннях вимірюваних величин обмежене. Залежно від характеру звукового поля розрізняють кілька показників чутливості мікрофона. У вільному полі напругу, що створюється мікрофоном, відносять до звукового тиску вільної плоскої біжучої хвилі, що рухається до центру мікрофона в напрямі його осі. Чутливість у дифузному полі становить відношення вихідної напруги до звукового тиску в цьому полі. Для визначення чутливості за тиском напруги на виході мікрофона відносять до звукового тиску, який фактично створюється перед мембраною мікрофону. Для вимірювань використовують здебільшого конденсаторні мікрофони внаслідок їх порівняно рівномірної частотної характеристики.

					ВР 016.00.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Крім того, конденсаторні мікрофони стійкі до зміни температурного режиму, відрізняються високою стабільністю характеристик у часі й мають рівномірну діаграму напрямленості.

Останнім часом для вимірювання вібрації застосовують п'єзоелектричні мікрофони з термостійких матеріалів з достатньо великим п'єзоелектричним ефектом. У них використовується властивість п'єзоелектричних матеріалів створювати при механічній деформації напругу між електродами, які прикладені до пластин з цих матеріалів. У вимірювальних пристроях високого класу п'єзомікрофони застосовуються нечасто. Це пояснюється в основному низькою температурною стабільністю і дуже високим внутрішнім опором ємнісного типу. Останнє ускладнює підключення їх за допомогою довгих ліній, а також навантаження з невеликим опором. До переваг п'єзомікрофонів належать простота конструкції, невеликі розміри, висока чутливість. Електродинамічні мікрофони майже завжди використовуються для порівняльних вимірювань. Вони мають дуже низький рівень власних перешкод, тому придатні для вимірювань слабких шумів. При застосуванні мікрофонів треба враховувати низку факторів. Зокрема, що чим більша частота вимірювання, тим меншим має бути розмір мікрофона. Щоб не перекручувати звукове поле, мікрофонні приймачі, з'єднувальні кабелі повинні мати невеликі розміри відносно довжини звукової хвилі, а відстань між мікрофоном та оператором, який обслуговує апаратуру, повинна становити не менше ніж 1 м. Крім того, слід зводити до мінімуму наведені електричні та магнітні поля, які особливо помітні при застосуванні довгих кабелів.

Сигнали шуму та вібрації здебільшого вважаються випадковими процесами. Це обумовлено необхідністю врахування фактора випадковості при формуванні їх унаслідок нестабільності умов збудження, неможливості абсолютного повторення режимів роботи тощо. Крім того, акустичні сигнали вважаються стаціонарними процесами, що забезпечується сталістю процесу збудження коливальних. Фізично виправдане для розглядуваних процесів також

					ВР 016.00.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

припущення про їх ергодичність. Отже, акустичні сигнали вважаються стаціонарними ергодичними випадковими процесами (якщо немає додаткових збурюючих факторів). Це дає змогу застосувати для їх аналізу спектрально-кореляційну теорію. Основним методом обробки сигналів шуму та вібрації є спектральний аналіз. Цей метод застосовують для оцінки основних спектральних характеристик сигналів шуму та вібрації – спектральних густин потужності, а також характеристик взаємозв'язку сигналів (взаємних спектрів, функцій когерентності та кореляції). Крім того, на підставі цих характеристик обчислюють частотні характеристики шляхів поширення коливань.

Спектральний аналіз шумових і вібраційних сигналів поділяється на аналіз з постійною смугою частот ($f=\text{const}$) і з постійною відносною смугою ($\Delta f_0/f_0=\text{const}$) остання, як правило, октавна чи третинооктавна. Тут Δf – ширина смуги аналізу (для ШПФ Δf часто називають також кроком за частотою), f_0 – центральна частота смуги. Вид аналізу та параметри відповідної апаратури вибирають залежно від задачі аналізу.

Якщо мета досліджень – визначення окремих дискретних складових, то слід вибирати вузькосмуговий аналіз з постійною смугою пропускання. Проте ця смуга не повинна бути занадто вузькою, оскільки під час роботи будь-якого джерела шуму та вібрації спектральні складові неминуче флюктують з плином часу за частотою. Смуга аналізу має охоплювати ці флюктуації; у гіршому випадку результати будуть спотворюватися.

При боротьбі з шумом та вібрацією методами звукоізоляції чи поглинання часто достатньо виявити інтенсивні частотні ділянки або зони цих процесів. У цьому разі більш доцільний аналіз з постійною відносною смугою пропускання. У будівництві застосовують здебільшого октавний аналіз, у машинобудуванні – третинооктавний. На практиці часто вважають, що ширина смуги аналізу має бути приблизно (граничний випадок) в 4 рази вужча за загальний частотний діапазон, який аналізується. Апаратура для спектрального аналізу промислового шуму та вібрації здебільшого не є

					ВР 016.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

специфічною, тобто тільки для аналізу механічних коливань, оскільки по суті аналізуються електричні коливання, що надходять від електроакустичного перетворювача.

Зараз спектральний аналіз здійснюють або смуговою фільтрацією сигналів, або на підставі ШПФ. Останнім часом для спектрального аналізу (зокрема обчислення дискретного перетворення Фур'є) використовують алгоритм ШПФ. Головна перевага цього способу – можливість дістати порівняно вузько смугові спектри, тобто можливість спектрального аналізу з високим розділенням за частотою.

В апаратному забезпеченні обробки віброакустичних сигналів формуються та розвиваються такі тенденції:

- цифрове представлення віброакустичної інформації;
- розробка спеціалізованих обчислювальних пристроїв на базі мікропроцесорів, що працюють за жорсткими алгоритмами. Переваги таких пристроїв – швидкодія, мобільність, недолік – низький ступінь універсальності;
- розробка програмних комплексів, в яких процес обробки інформації здійснюється програмно ПК. При цьому сигнали вводяться безпосередньо в запам'ятовуючий пристрій ПК у цифровій формі. Перевагами таких комплексів є високий ступінь універсальності, порівняно великий об'єм пам'яті, можливість порівняно просто збільшувати кількість каналів одночасного ведення сигналів; недолік – порівняно невисока швидкодія. Отже, такі комплекси доцільно застосовувати з метою дослідницьких робіт. Розробка програмно-апаратних комплексів обробки інформації, в яких обчислення спеціальної функції (наприклад, спектральної густини) здійснює спеціалізований пристрій, сумісний з ПК, а вторинну обробку отриманих функцій (накопичення, аналіз) – ПК, такий варіант, незважаючи на порівняно високу вартість, має менше недоліків двох перших і тому розвивається найбільш інтенсивно.

Найпростішою фізичною мірою шуму є вимірювання його повного рівня звукового тиску. З іншого боку, таке вимірювання не дає ніякої інформації ні про розподіл частот шуму, ні про його сприйняття людиною, тобто практично таке вимірювання буде неефективним. Однак за допомогою простих засобів вимірювальну апаратуру можна забезпечити характеристиками, що дозволяють зробити результати вимірювання набагато ефективнішими. Застосовується набір частотних коригувальних фільтрів, характеристики яких індексовані літерами А, В, С, ЛН. Характеристика з індексом С мало залежить від частоти в значній частині звукових частот, у той час як характеристика з індексом А перебуває в сильній залежності від частот нижче 1000 Гц. Порівнюючи частотну характеристику А з кривими рівня рівної гучності для чистих тонів можна виявити деяку подібність між останніми й оберненою А-характеристикою. Навіть незважаючи на те, що процес сприйняття звуків людиною набагато складніше апроксимації за допомогою частотної корекції, як це представлено кривою А, в багатьох випадках інформація може бути отримана в результаті вимірювання за допомогою апаратури за характеристикою А. Досвід також підтверджується тим, що існуючі національні й міжнародні стандарти, що регламентують вимірювання та оцінку рівня шуму рекомендують застосування коригувальної характеристики А. Коригувальні характеристики А, В, С, ЛН. Для того, щоб розрізнити фізичні вимірювання рівнів звукового тиску в децибелах (дБ) (без частотної корекції) від суб'єктивного вимірювання рівнів гучності у фонах і вимірювань, зроблених за допомогою однієї з наведених стандартних частотних характеристик А, В, С (або ЛН), прийнята міжнародна угода про те, що результати останнього виду вимірювань повинні бути виражені у вигляді рівнів звуку з використанням шкали децибел із вказівкою виду частотної коригувальної характеристики А, В, С (або ЛН).

Якщо, наприклад, шум вимірюється з використанням корекції А, то результат повинен бути представлений у вигляді дБ (А). Аналогічно, якщо

					ВР 016.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вимірювання шуму проводилися з використанням корекцій В та С (або ЛПН), ці результати повинні бути виражені відповідно дБ(В), дБ(С) або дБ(ЛПН).

Існують випадки, коли при вимірюваннях необхідна набагато більш вичерпна інформація про рівень шуму. Цю інформацію можна одержати, проводячи частотний аналіз шуму. Даний аналіз, що часто проводиться у вигляді октавних, третинооктавних або ще більш вузьких смуг частот. З докладного частотного аналізу спектра шуму може бути отримана найбільш достовірна інформація про звук або вібрації, що досліджуються.

Такий спосіб передачі забезпечує високу стійкість до синфазної перешкоди. Синфазною називають перешкоду, що діє на обидва провідники лінії однаково. Електромагнітна хвиля, проходячи через ділянку лінії зв'язку, наводить в обох провідниках потенціал. Якщо сигнал передається потенціалом в одному дроті щодо загального то наведення на дріт може спотворити сигнал відносно добре поглинаючого наведення загального «землі». Крім того, на опорі довгого загального провідника буде падати різниця потенціалів земель – додаткове джерело спотворень. А при диференціальній передачі спотворення не відбувається. Таким чином, якщо два провідники пролягають близько один до одного і перекручені, то наведення на обидва провідники однакові. Потенціал в обох однаково навантажених провідниках змінюється однаково, при цьому інформативна різниця потенціалів залишається без змін.

Напівдуплексний інтерфейс. Прийом і передача йдуть по одній парі дротів з поділом у часі. У мережі може бути багато передавачів, тому що вони можуть відключаються в режимі прийому. Всі пристрої підключаються до одні крученій парі однаково: прямі виходи до одного дроту, інверсні – до іншого. При великих відстанях між пристроями, зв'язаними по витій парі й високих швидкостях передачі починають проявлятися так звані ефекти довгих ліній. Причина цьому – скінченність швидкості поширення електромагнітних хвиль у провідниках. Швидкість ця істотно менше швидкості світла у вакуумі й становить більше 200 мм/нс. Електричний

					ВР 016.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сигнал має також властивість відбиватися від вільних кінців лінії передачі і її відгалужень.

Для коротких ліній і малих швидкостей передачі цей процес відбувається так швидко, що залишається непоміченим. Якщо відстань досить велика, фронт сигналу, що відбився наприкінці лінії й повернувся назад, може спотворити поточний або наступний сигнал. У таких випадках потрібно придушувати ефект відбиття.

У будь-якої лінії зв'язку є такий параметр, як хвильовий опір Z_0 . Він залежить від характеристик кабелю, але не від довжини. Для витої пари, що застосовується у системі, $Z_0=120$ Ом. Якщо на вилученому кінці лінії, між провідниками крученої пари включити резистор з номіналом рівним хвильовому опору лінії, то електромагнітна складова буде поглинатися на такому резисторі.

Максимальна швидкість зв'язку по специфікації RS-485 може досягати 10 Мбіт/сек. Максимальна відстань (для максимальної швидкості) – 1200 м. Якщо необхідно організувати зв'язок на відстані більшій 1200 м або підключити більше пристроїв, чим допускає навантажувальна здатність передавача – застосовують спеціальні повторювачі (репитери).

Модуль індикації ВШВ-003-М2 розроблений на основі мікроконтролера PIC16F877 (DD1). Для індикації використовуються два восьмисегментних світлодіодних індикатори: один чотирьохрозрядний (HG1), один однорозрядний (HG2). Однорозрядний індикатор відображає поточний режим роботи приладу. Чотирьохрозрядний індикатор використовується для відображення поточного значення рівня шуму в дБ для октавних смуг і вимірювання пікфактора, в дБ(А) для вимірювання середнього рівня шуму. Слід зазначити, що індикатор HG1 є динамічним, тобто з поділом шини між чотирма розрядами в часі. Тому в схемі використовується контролер, що забезпечує роботу цього індикатора. Індикатор HG2 є статичним, і просто підключений анодними входами до порту D мікроконтролера. Живлення й сигнали модуля надходять від гнізда

					ВР 016.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

XP1. До цього восьмиконтактного штиркового роз'єму підключається кабель, що з іншої сторони підключається до головного модуля.

Головний модуль шумоміра складається із трьох функціональних блоків: джерела напруги, підсилювача й мікроконтролера.

Джерело напруги зібране на двох мікросхемах MC34063 (DA2, DA3). Одна з них видає напругу +5 В, інша -5 В. Схеми включення мікросхем узяті з відповідної технічної документації, розрахунок параметрів схеми наведений у розділі 2.

Підсилювач виконаний на операційному підсилювачі LM2902. Фактично, у корпусі присутні чотири підсилювачі, але використовуються тільки три. Два підсилювачі виведені на насичення (DA4.2, DA4.3), і використовуються як джерела опорної напруги для АЦП мікроконтролера. Один підсилювач (DA4.1) включений за інвертуючою схемою. У вхідному ланцюзі підсилювача знаходиться резистор R1, у ланцюзі зворотного зв'язку – цифровий потенціометр MCP41050 (DA1). Цифровий потенціометр керується мікроконтролером.

Цифровий потенціометр дозволяє адаптивно міняти коефіцієнт підсилення, що дозволяє застосовувати вбудований у мікроконтролер 10-розрядним АЦП. Для зв'язку приладу з ПК використовується інтерфейс RS-245. Контролер підтримує інтерфейс RS-232 тільки на логічному рівні. Щоб одержати потрібні рівні напруги, застосовується перетворювач рівнів MAX232 (DD1). Модуль містить чотири рознімачі (XP1–XP4). Рознімач XP1 підключається до мікрофона. Через рознімач XP2 модуль зв'язується з ПК. Рознімач XP3 підключається до батареї напругою +9В або до зовнішнього джерела живлення. Для зв'язку з модулем індикації використано рознімач XP4. Для індикації передбачені два восьмисегментних світлодіодних індикатори й чотири світлодіоди. На восьмисегментних індикаторах відображається режим роботи й поточне значення рівня шумового тиску. Чотирьохрозрядний індикатор HG1 працює в режимі ущільнення часу. Це реалізується в такий спосіб. Анодні виводи індикатора підключені до

					ВР 016.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

восьмирозрядного порту мікроконтролера. Кожен вивід відповідає одному сегменту. Аноди розрядів з'єднані паралельно посегментно. Катодні виходи підключені до чотирьох розрядів порту мікроконтролера. Кожен катодний вихід відповідає одному розряду. Таким чином, подаючи логічний нуль на катодні виводи активізується один розряд індикатора. Вся схема працює наступним чином:

- на всіх катодних висновках встановлюється «1»;
- на анодних висновках встановлюється код символу;
- на один катодний вивід виводиться «0»;
- операція повторюється для кожного розряду.

2.3 Розрахунок підсилювача високих частот

Оскільки коефіцієнт підсилення повинен бути досить високим вибираємо каскадну схему підсилювача з емітерною стабілізацією режимів транзисторів, які включені за схемою з загальним емітером. Для вищої точності, завадозахищеності та уникнення збудження підсилювача в колекторне коло другого каскаду включено коливальний контур, настроєний на частоту підсилюваного сигналу. Вихідний сигнал знімається з котушки зв'язку $L_{з.в.}$, яка на одному каркасі з індуктивністю котушки. Тобто зв'язок є трансформаторним (рис. 2.2).

Розрахунок починаємо виконувати з кінцевого (другого) каскаду. Напругу живлення приймаємо $E_k=15В$, так як струми, які діють в колекторних колах транзисторів не дуже високі ($I_{k\max} \approx 4\text{ мА}$) і $E_k = 15\text{ В}$ частота підсиленого сигналу $f_c = 6,5\text{ МГц}$. Вибираємо транзистори VT1 та VT2 високочастотні середньої потужності типу КТ603Г з такими параметрами:

$$I_c=150\text{ мА}; U_k=2\text{ В}; h_{21e}=150; f_{гр}=200\text{ мГц}; U_{кб\max}=15\text{ В}; U_{ке\max}=20\text{ В}; U_{еб\max}=3\text{ В}; I_{к\max}=300\text{ мА}; h_{11e}=40\text{ Ом}; h_{12e}=2\cdot 10^{-3}\text{ Ом}; h_{22e}=0,3\text{ мкОм}.$$

Для другого каскаду.

					ВР 016.00.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

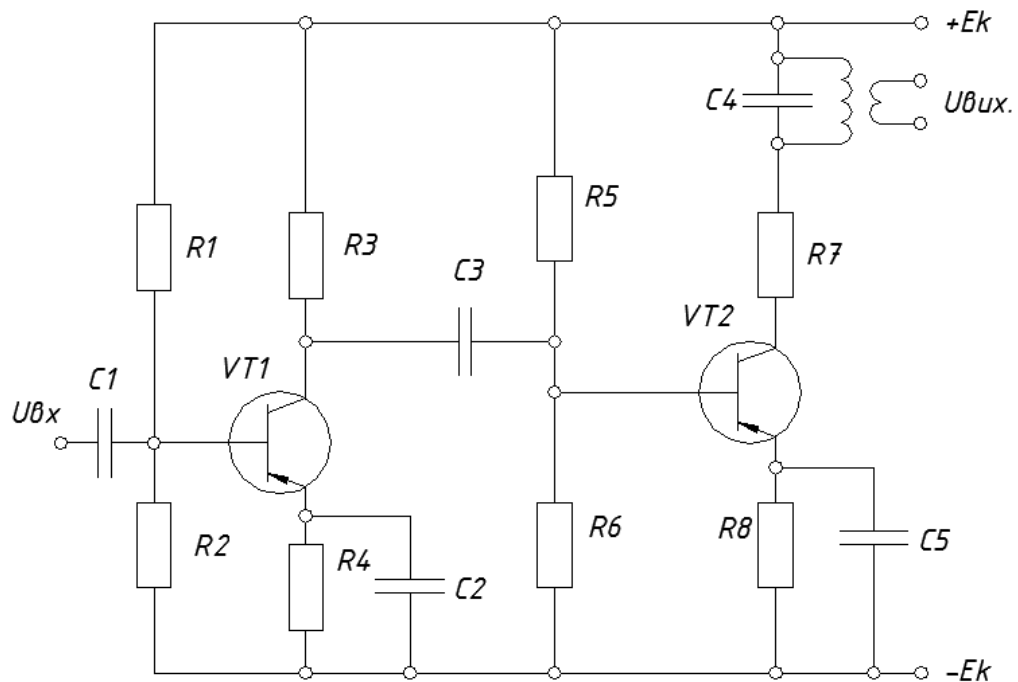


Рисунок 2.2 – Схема підсилювача високої частоти

Приймаємо:

$$I_{ko} = 3 \text{ mA}; \Delta I_e = 0,1 I_e \approx 0,13 \cdot 3 = 0,3 \text{ mA};$$

$$U_{ko} < 0,7 U_{ke \text{ max}}; U_{ko} = 13,8 \text{ B}; U_{be} = 0,6 \text{ B};$$

Параметри транзистора:

$$Y_{11e} = \frac{1}{h_{11e}(1+h_{21e})} = \frac{1}{40(1+150)} = 0,17 \text{ МОм};$$

$$Y_{21e} = h_{21e} Y_{11e} = 150 \cdot 0,17 \cdot 10^{-3} \approx 25 \text{ МОм};$$

$$Y_{22e} = h_{22e} + h_{12e} \cdot Y_{11e} = 0,3 \cdot 10^{-6} + 2 \cdot 10^{-3} \cdot 0,17 \cdot 10^{-3} = 0,64 \text{ мкОм}.$$

Обчислюємо:

$$R_{\Sigma} = \frac{E_k - U_{ko}}{I_{ko}} = \frac{15 - 13,8}{3} = 0,37 \text{ кОм}; \quad R_e = \frac{\gamma \Delta T}{\Delta T_e} = \frac{2 \cdot 40}{3} = 266 \text{ Ом},$$

де $\gamma = 2 \text{ мВ/}^{\circ}\text{C}$;

$\Delta T = 40$ – інтервал робочих температур.

Приймаємо: $R_e = R_8 = 270 \text{ Ом}$.

Знаходимо: $R_k = R_{\Sigma} - R_e = 375 - 270 = 105 \text{ Ом}$.

Приймаємо: $R_k = R_7 = 100 \text{ Ом}$.

$$U_{\delta} = U_{\delta e} + I_{ko} R_e = 0,6 + 3 \cdot 10^{-3} \cdot 270 = 1,41 \text{ В};$$

$$R_{\delta 1} = (E_k - U_{\delta}) / 0,2 \cdot I_{ko} = 876 \text{ Ом}; R_{\delta 2} = U_{\delta} / 0,2 \cdot I_{ko} = 700 \text{ Ом}.$$

Приймаємо: $R_{\delta 1} = R_5 = 820 \text{ Ом}; R_{\delta 2} = R_6 = 680 \text{ Ом};$

$$C_e = 5 \gamma_{21e} / 2\pi\varphi_e \approx 6,3 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}.$$

Приймаємо: $C_e = C_5 = 6800 \text{ нФ}.$

Для першого каскаду:

Приймаємо: $I_{ko} = 1,5 \text{ mA}; \Delta I_e = 0,1 I_e \approx 0,1 I_{ko} = 0,15 \text{ mA};$

$$U_{ko} < 0,74 U_{ке max}; U_{ko} = 13,8; U_{\delta e} = 0,6 \text{ В};$$

Параметри транзистора такі ж самі.

Обчислюємо: $R_{\Sigma} = (E_k - U_{ko}) / I_{ko} = (15 - 13,8) / 1,5 = 1,03 \text{ кОм};$

$$R_e = \frac{\gamma \Delta T}{\Delta I_e} = \frac{2 \cdot 40}{0,15} = 533 \text{ Ом}.$$

Приймаємо: $R_e = R_4 = 510 \text{ Ом}.$

Знаходимо: $R_k = R_{\Sigma} - R_e = 1200 - 510 = 520 \text{ Ом}.$

Приймаємо: $R_k = R_3 = 510 \text{ Ом}.$

$$U_{\delta} \approx U_{\delta e} + I_{ko} R_e = 0,6 + 0,15 \cdot 10^{-3} \cdot 510 = 0,68 \text{ В};$$

$$R_{\delta 1} = (U_k - U_{\delta}) / 0,2 \cdot I_{ko} = 3714 \text{ Ом}; R_{\delta 2} = U_{\delta} / 0,2 \cdot I_{ko} = 2843 \text{ Ом}.$$

Приймаємо: $R_{\delta 1} = R_1 = 3,6 \text{ кОм}; R_{\delta 2} = R_2 = 2,7 \text{ кОм};$

$$C_e = \frac{5\gamma_{21e}}{2\pi\varphi_p} = 6,3 \cdot 10^{-3} \text{ Ф}; C_p = \frac{0,37}{\varphi_p (R_n + R_{\delta k})} = 1,05 \cdot 10^{-10} \text{ Ф};$$

$C_{вх} = \frac{R_5}{1 + \gamma_{11e} R_5} = 720 \text{ Ом}$ – вхідний опір другого каскаду.

Приймаємо: $C_e = C_2 = 6800 \text{ пФ}; C_p = C_3 = 110 \text{ пФ};$

Коливальний контур LC4 повинен бути налаштованим на робочу частоту $C_p = 6,5 \text{ МГц}.$

Ємність конденсатора для даного діапазону частот приймаємо $C_4 = 100 \text{ пФ}$, тоді виходячи з формули Томсона: $(f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}})$ маємо:

$$L_1 = \frac{1}{f_p^2 4\pi^2 c} = \frac{1}{(6,5 \cdot 10^6)^2 4\pi^2 100 \cdot 10^{-12}} \approx 5,06 \cdot 10^{-6} \text{ Гц}.$$

					ВР 016.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

На індуктивність котушки L1 буде впливати індуктивність котушки зв'язку $L_{зв}$ тому розрахунок L1 є орієнтовним.

2.4 Можливі несправності та способи їх усунення

При пошуку несправностей та їх усуненні необхідно дотримуватись заходів безпеки.

В додатках паспорту на прилад наведені схеми розташування елементів на друкованих платах, які слід використовувати під час пошуку та усунення несправностей.

Перш ніж приступати до пошуку несправностей, необхідно переконатись, що несправність ВШВ-003-М2 не викликана неправильною установкою органів керування, відсутністю або несправністю плавкої вставки (запобіжника), несправністю кабелю, ненадійним контактом гнізд та роз'ємів, непридатністю до застосування батареї.

Перелік найбільш часто можливих несправностей, їх ознак та способів усунення наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Основні несправності та шляхи їх усунення приладу ВШВ-003-М2

Найменування несправності, зовнішні прояви та додаткові ознаки	Ймовірна причина	Спосіб усунення
1	2	3
При роботі від мережі на приладі не світяться індикатори	1) перегорів запобіжник в блоці живлення 2) несправний кабель живлення	Замінити запобіжник Відремонтувати кабель

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
<p>В режимі вимірювання параметрів вібрації при переміщенні віброперетворювача покази приладу не змінюються</p>	<p>Поганий контакт між кабелем віброперетворювача, еквівалентом віброперетворювача, передпідсилювачем та гніздом «вихід»  вимірювача</p>	<p>Відновити контакт</p>
<p>В режимі вимірювання звукового тиску при подачі на капсуль акустичного сигналу покази показуючого приладу не змінюються</p>	<p>Відсутній контакт між капсулем М101 та передпідсилювачем ВПМ-101 Відсутня поляризуюча напруга через порушення ізоляції</p>	<p>Промити контакти спиртом, відновити з'єднання Промити капсуль і контакти спиртом етиловим першого гатунку ГОСТ 5962-67, просушити</p>
<p>При установці перемикача «РОД РАБОТЫ» в положення  стрілка показуючого приладу вимірювача знаходиться поза сектором, тобто за відміткою 6,5 по шкалі децибел</p>	<p>Розряджені батареї</p>	<p>Замінити батареї</p>

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
Рівень нижнього динамічного діапазону, що визначається власними шкалами вимірювача, перевищує допустимий	Відсутній контакт між еквівалентом капсуля та передпідсилювачем ВПМ-101	Промити капсуль і контакти спиртом етиловим першого ґатунку ГОСТ 5962-67, просушити

РОЗДІЛ 3

СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Особливості повірки приладів для вимірювання параметрів шуму та вібрації

Локальною повірочною схемою називають затверджений в установленому порядку документ для засобів вимірювання визначеного виду, регламентуючий метод і точність передачі розміру їх одиниць від Державного спеціального еталону [8].

В локальну повірочну схему повинні включатися зразкові та робочі засоби вимірювань, вказані в відповідних розрядах державної повірочної схеми. Локальну повірочну схему розробляють у відповідності з ГОСТ 8.057-83 і ГОСТ 8.061-83. Її затверджує керівник організації по узгодженню з керівником органу Державної метрологічної служби, в якому здійснюється повірка вихідних засобів вимірювання та повірочних установок. В якості зразкових засобів застосовуються повірочні установки і віброметри для вимірювання параметрів вібрації (вібропереміщень 10^{-7} – 10^{-2} м; віброприскорень 10^{-1} – 10^3 м/с²). Межі допустимих приведених похибок зразкових засобів вимірювання 3-12%. Наприклад в якості повірочної апаратури використовують установку електродинамічного типу. До її конструкції входять: електродинамічний генератор, блок живлення, стійка для закріплення давачів. Генератор подібний до електродинамічного віброметра, завдяки наявності в ньому котушки підмагнічування, а також робочої котушки, яка знаходиться в зазорі магнітопроводу і жорстко з'єднана з рухомою системою. У вихідному положенні шток рухомої системи з допомогою пружного елемента прикладений через прокладку до нерухомої основи. В верхній частині штоку встановлені зразковий і повірочний вимірювальний перетворювачі. Для забезпечення однакової дії на зразковий і повірочний вимірювальний перетворювач вони змонтовані співвісно на сталій пластині так, що відстань між центрами маси ВП не перевищує 0,01

					ВР 016.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

довжини хвилі для найменшої із відтворюваних потужностей. Пластину кріплять до штоку з допомогою накидної гайки. Технічні характеристики установки:

Діапазон відтворюваних пікових прискорень, m/c^2 – 5-2000;

Діапазон продовжностей, м/с – 1-8;

Коефіцієнт накладених коливань, не більше – 2;

Максимальний приріст швидкості рухомої частини, м/с – 2,5;

Відношення пікового значення оберненої напівхвилі до пікового ударного прискорення, не більше – 1,4;

Відношення тривалості фронту до тривалості дії збуджуючого генератора – 0,5-0,8;

Маса ВП який повіряється, кг, не більше – 1;

Максимальне відносне значення поперечних складових прискорення, %, не більше – 6;

Потужність, кВт – 1,5.

Установки які використовуються в якості зразкових, підлягають метрологічній атестації з метою встановлення їх придатності для застосування в якості зразкових, при чому на них видається свідоцтво з метрологічними параметрами і результатами їх дослідження згідно Державної повірочної схеми. При позитивних результатах досліджень повірочної установки і наявності умов її застосування органи Держстандарту видають свідоцтво на право повірки із зазначенням регламентованих видів віброметрів і вимірювальних перетворювачів, діапазонів вимірювань і похибок повірки.

3.2 Повірочна схема для засобів вимірювання звукового тиску в повітряному середовищі

Державний первинний еталон. Державний первинний еталон одиниці звукового тиску – Паскаль (Па) в повітряному середовищі складається з

					ВР 016.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

засобів вимірювальної техніки, що функціонально утворюють вимірювальний ланцюг для відтворення одиниці звукового тиску та вимірювальний ланцюг для передачі одиниці звукового тиску, комплекту еталонних мікрофонів, які застосовуються для зберігання одиниці звукового тиску і використовуваних в якості еталонів при проведенні міжнародних та регіональних звірянь, а також допоміжних пристроїв.

Діапазон значень звукового тиску, в якому відтворюється одиниця, становить від 0,02 до 2 Па в діапазоні частот від 2 Гц до 25 кГц.

Державний первинний еталон забезпечує відтворення одиниці звукового тиску з середньоквадратичним відхиленням S_0 результату вимірювань від 0,001 до 0,018 дБ в залежності від частоти при десяти незалежних спостереженнях.

Невиключена систематична похибка ρ_0 відтворення одиниці звукового тиску знаходиться в межах від 0,03 до 0,14 дБ в залежності від частоти при довірчій ймовірності 0,99.

Нестабільність ν_0 державного первинного еталона за рік не перевищує 0,02 дБ при відтворенні частот 250 Гц і 1000 Гц.

Стандартна невизначеність U_{A0} результату вимірювання, що оцінюється за типом А, знаходиться в межах від 0,001 до 0,018 дБ в залежності від частоти при десяти незалежних дослідженнях.

Стандартна невизначеність U_{B0} результату вимірювання, що оцінюється за типом В, знаходиться в межах від 0,014 до 0,09 дБ в залежності від частоти.

Державний первинний еталон застосовують для передачі одиниці звукового тиску – Паскаль (Па) вторинним еталонам звіряючи з допомогою компаратора і методом непрямих вимірювань. При необхідності ДПЕ застосовують для передачі одиниці звукового тиску робочих еталонів та високоточних робочих засобів вимірювань звіряючи з допомогою компаратора і методом непрямих вимірювань.

Межа допустимого значення середньоквадратичного відхилення (далі -

					ВР 016.00.00.000 ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СКВ) суми відносних випадкових і невиключених систематичних похибок $\Sigma_{\varepsilon 0}$ методу і засобів передачі одиниці звукового тиску вторинним еталонам і при необхідності робочим еталонам і високоточним робочим засобам вимірювань, що визначається за ГОСТ 8.381, не перевищує 0,1 дБ на частоті 1000 Гц.

Вторинні еталони. В якості вторинних еталонів одиниці звукового тиску використовують установки «Приймач звуку» (далі – ВЕТ ПЗ), «Випромінювач звуку» (далі – ВЕТ ВЗ), «Вимірювач звукового тиску» (далі – ВЕТ ВЗТ) в діапазоні вимірювань від 0,02 до 2 Па в діапазоні частот від 2 Гц до 100 кГц.

ВЕТ «Приймач звуку» складається з приймача звуку, призначеного для зберігання і передачі одиниці звукового тиску, апаратури і комплекту акустичних камер. ВЕТ «Випромінювач звуку» складається з випромінювача звуку, призначеного для зберігання і передачі одиниці звукового тиску, апаратури і акустичних камер.

ВЕТ «Вимірювач звукового тиску» складається з вимірювача звукового тиску, призначеного для зберігання і передачі одиниці звукового тиску, апаратури і акустичних камер.

В якості приймачів звуку (вимірювальних перетворювачів) використовують лабораторні еталонні і робочі еталонні мікрофони, що задовольняють міжнародним стандартам.

В якості випромінювачів звуку (мір) використовують калібратори, що задовольняють ГОСТ Р МЕК 60942, вимірювальні телефони, прилади «штучний рот», еталонні джерела шуму і т.д.

В якості вимірювачів звукового тиску (вимірювальних приладів) використовують вимірювальні підсилювачі з приймачами звуку.

В якості апаратури використовують генератори, вольтметри, електронні фільтри, блоки живлення, допоміжні приймачі і випромінювачі звуку, компаратори, електростатичні збудники, що задовольняють міжнародним стандартом.

					ВР 016.00.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В якості акустичних камер в стандартах використовують камери малого об'єму, безлунні і ревербераційні камери.

ВЕТ ПЗ, ВЕТ ВЗ і ВЕТ ВЗТ застосовують для передачі одиниці звукового тиску – Паскаль (Па) при перевірці / калібруванні робочих еталонів звіряючи з допомогою компаратора, методами прямих і непрямих вимірювань і безпосереднім звірення. При необхідності перераховані в цьому пункті вторинні еталони застосовують для передачі одиниці звукового тиску високоточним робочим засобам вимірювань звіряючи з допомогою компаратора, методами прямих і непрямих вимірювань.

Межі допустимих значень довірчих меж $\Delta_{\Sigma 0}$ суми відносних випадкових СКВ і невиключених систематичних похибок (далі – НСП) результатів вимірювань звукового тиску при довірчій ймовірності 0,99 вторинних еталонів не повинні перевищувати значень, зазначених в таблиці 3.1. Межа нестабільності v_0 вторинних еталонів одиниці звукового тиску за рік не повинна перевищувати 0,1 дБ на частоті 1000 Гц [9].

Таблиця 3.1 – Межі допустимих значень довірчих меж

Діапазон частот	Довірчі межі суми СКВ та НСП – $\Delta_{\Sigma 0}$ вторинних еталонів, дБ		
	ВЕТ ПЗ	ВЕТ ВЗ	ВЕТ ВЗТ
1	2	3	4
За тиском в камері малого об'єму: - від 2 Гц до 25 кГц	0,2	–	0,2
По тиску в камері малого об'єму, з введенням поправки на електростатичний збудник: - від 10 Гц до 100 кГц	0,4	–	0,4
По вільному полю в безлунній камері: - від 1 до 100 кГц - від 1 до 40 кГц	0,9 0,3	– –	0,9 0,3

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
По вільному полю, з введенням поправки на вільне поле:			
- від 315 Гц до 100 кГц	1,0	–	1,0
- від 315 Гц до 40 кГц	0,6	–	0,6
По дифузному полю за результатами вимірювань в безлунній камері розрахунковим методом:			
- від 315 Гц до 40 кГц	0,7	–	0,7
- від 315 Гц до 20 кГц	0,5	–	0,5
По дифузному полю, з введенням поправки на дифузне поле:			
- від 315 Гц до 100 кГц	1,0	–	1,0
- від 315 Гц до 20 кГц	0,5	–	0,5
У камерах малого об'єму (і в вільному полі):			
- від 2 (50) Гц до 100 кГц	–	1,0	–
- від 2 (50) Гц до 10 кГц	–	0,3	–

Межа допустимого значення СКВ суми відносних випадкових і невиключених систематичних похибок $\Delta_{\text{св0}}$ методу і засобів передачі одиниці звукового тиску робочих еталонів і при необхідності високоточним робочим засобам вимірювань, що визначається за ГОСТ 8.381, не повинен перевищувати 0,2 дБ на частоті 1000 Гц.

Робочі еталони. В якості робочих еталонів використовують установки «Приймач звуку» (далі – РЕТ ПЗ), «Випромінювач звуку» (далі – РЕТ ВЗ), «Вимірювач звукового тиску» (далі РЕТ ВЗТ) в діапазоні вимірювань від 0,02 до 2 Па в діапазоні частот від 2 Гц до 100 кГц. РЕТ «Приймач звуку»

					ВР 016.00.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

складається з приймача звуку, призначеного для зберігання і передачі одиниці звукового тиску, апаратури і акустичних камер.

РЕТ «Випромінювач звуку» складається з випромінювача звуку, призначеного для зберігання і передачі одиниці звукового тиску, апаратури і акустичних камер. РЕТ «Вимірювач звукового тиску» складається з вимірювача звукового тиску, призначеного для зберігання і передачі одиниці звукового тиску, апаратури і акустичних камер.

В якості приймачів звуку (вимірювальних перетворювачів) використовують лабораторні еталонні і робочі еталонні мікрофони, що задовольняють міжнародним стандартам.

В якості випромінювачів звуку (мір) використовують калібратори, що задовольняють ГОСТ Р МЕК 60942, вимірювальні телефони, прилади «штучний рот», еталонні джерела шуму. В якості вимірювачів звукового тиску (вимірювальних приладів) використовують вимірювальні підсилювачі з приймачами звуку. В якості апаратури використовують генератори, вольтметри, електронні фільтри, блоки живлення і попередні підсилювачі для приймачів звуку, допоміжні приймачі і випромінювачі звуку, компаратори, електростатичні збудники, що задовольняють міжнародним стандартам.

В якості акустичних камер в стандартах використовують камери малого об'єму, безлунні і ревербераційні камери.

РЕТ ПЗ, РЕТ ВЗ і РЕ ВЗТ застосовують для передачі одиниці звукового тиску – Паскаль (Па) при перевірці / калібрування робочим засобам вимірювань звіряючи з допомогою компаратора, методами прямих і непрямих вимірювань і безпосереднім звірення. Передача одиниці звукового тиску при перевірці / калібрування шумоміра може бути здійснена тільки на частоті 1000 Гц, оскільки рівень звукового тиску і рівень звуку збігаються за значенням на частоті 1000 Гц.

Межі допустимих значень довірчих меж відносних похибок Δ_0 при довірчій ймовірності 0,95 робочих еталонів повинні не перевищувати значень, зазначених в таблиці 3.2.

					ВР 016.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Таблиця 3.2 – Межі допустимих значень довірчих меж відносних похибок

Діапазон частот	Δ_0 робочих еталонів, дБ		
	РЕТ ПЗ	РЕТ ВЗ	РЕТ ВЗТ
За тиском в камері малого об'єму: - від 2 Гц до 1250 Гц	0,3	–	0,3
По тиску в камері малого об'єму, з введенням поправки на електростатичний збудник: - від 10 Гц до 100 кГц	0,4	–	0,5
По вільному полю в безлунній камері: - від 1 до 100 кГц - від 1 до 40 кГц	1,2 0,5	– –	1,2 0,5
По вільному полю, з введенням поправки на вільне поле: - від 315 Гц до 100 кГц - від 315 Гц до 40 кГц	1,3 0,8	– –	1,3 0,8
По дифузному полю за результатами вимірювань в безлунній камері розрахунковим методом: - від 315 Гц до 40 кГц - від 315 Гц до 20 кГц	0,9 0,7	– –	0,9 0,7
По дифузному полю, з введенням поправки на дифузне поле: - від 315 Гц до 100 кГц - від 315 Гц до 20 кГц	1,3 0,7	– –	1,3 0,7
У камерах малого об'єму (і в вільному полі): - від 2 (50) Гц до 100 кГц - від 2 (50) Гц до 10 кГц	– –	1,3 0,4	– –

Межа допустимого значення СКВ суми відносних похибок $\Delta_{\varepsilon 0}$ методу і засобів передачі одиниці звукового тиску робочих засобів вимірювань, що визначається за ГОСТ 8.381, не повинна перевищувати 0,2 дБ на частоті 1000 Гц.

Робочі засоби вимірювань. В якості робочих ЗВ одиниці звукового тиску використовують приймачі звуку, калібровані по тиску в камері малого об'єму, по вільному або дифузному полю. В якості приймачів звуку (вимірювальних перетворювачів) використовують лабораторні еталонні і робочі еталонні мікрофони, що задовольняють міжнародні стандарти, прилади «штучне вухо». В якості випромінювачів звуку (мір) використовують калібратори, що задовольняють ГОСТ Р МЕК 60942, вимірювальні телефони, прилади «штучний рот», еталонні джерела шуму, аудіометри. В якості вимірювачів звукового тиску (вимірювальних приладів) використовують вимірювальні підсилювачі з приймачами звуку. В якості вимірювачів рівня звуку використовують шумоміри згідно ГОСТ 17187. Межі допустимих довірчих меж відносних похибок Δ_0 при довірчій ймовірності 0,95 робочих засобів вимірювань не повинні перевищувати значень, наведених в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Межі допустимих довірчих меж відносних похибок

Діапазон частот	Δ_0 робочих засобів вимірювання, дБ		
	ПЗ	ВЗ	ВЗТ
1	2	3	4
За тиском в камері малого об'єму: - від 2 Гц до 1250 Гц	0,3	–	0,5
По тиску в камері малого об'єму, з введенням поправки на електростатичний збудник: - від 10 Гц до 100 кГц	0,7	–	0,7

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4
По вільному полю в безлунній камері:			
- від 1 до 100 кГц	1,5	–	1,5
- від 1 до 40 кГц	0,7	–	0,7
По вільному полю, з введенням поправки на вільне поле:			
- від 315 Гц до 100 кГц	1,5	–	1,5
- від 315 Гц до 40 кГц	1,0	–	1,0
По дифузному полю за результатами вимірювань в безлунній камері розрахунковим методом:			
- від 315 Гц до 40 кГц	1,2	–	1,2
- від 315 Гц до 20 кГц	0,9	–	0,9
По дифузному полю, з введенням поправки на дифузне поле:			
- від 315 Гц до 100 кГц	1,5	–	1,5
- від 315 Гц до 20 кГц	0,9	–	0,9
У камерах малого об'єму (і в вільному полі):			
- від 2 (50) Гц до 100 кГц	–	1,5	–
- від 2 (50) Гц до 10 кГц	–	0,5	–

Відношення межі допустимої відносної похибки робочих еталонів та межі допустимої відносної похибки робочих засобів вимірювань повинно бути не більше 1:1,5. Робочі засоби вимірювань застосовують для вимірювань, не пов'язаних з передачею одиниці звукового тиску, тобто в наукових цілях, при контролі параметрів продукції (налаштування, ремонті) і при лабораторних дослідженнях, в медицині, в техніці безпеці і Охоронні навколишнього середовища.

Оформлення результатів повірки. Результати вимірювання та інші дані, отримані під час проведення повірки, оформляють протоколом довільної форми з обов'язковим зазначенням моделі, типорозміру та заводського номера приладу, що повіряється. Дозволяється оформляти один протокол на декілька однотипних приладів або партію приладів (під час проведення первинної повірки) з обов'язковим зазначенням загальної кількості, моделі, типорозміру та заводських номерів. Протокол повинен підписати державний повірник з обов'язковим зазначенням дати. На вимогу заявника йому надають засвідчену копію протоколу повірки приладу. За погодженням із заявником протокол повірки дозволяється не оформляти.

Прилади, які відповідають вимогам цієї інструкції, допускаються до застосування. При позитивних результатах первинної повірки в паспорті на прилад роблять запис про його придатність до експлуатації із зазначенням дати повірки. Запис засвідчують підписом державного повірника і відбитком повірочного тавра. На вимогу заявника в паспорт приладу вклеюють витяг з протоколу повірки. Позитивні результати періодичної повірки приладу засвідчують підписом державного повірника і відбитком повірочного тавра у відповідному розділі паспорта на прилад або видають свідоцтво про повірку.

Прилади, що пройшли повірку з позитивним результатом, підлягають, якщо це зазначено в технічній або експлуатаційній документації підприємства-виробника, опломбуванню пломбами з відбитком повірочного тавра в місцях, які визначені технічною або експлуатаційною документацією.

При негативних результатах первинної повірки прилад не допускається до випуску з виробництва. При негативних результатах періодичної повірки прилад визнають непридатним до застосування, державний повірник анулює свідоцтво про повірку і (або) гасить попередній відбиток повірочного тавра чи робить запис про непридатність у відповідному розділі паспорта на прилад. На вимогу заявника оформляють довідку про непридатність. Після ремонту прилад повинен бути повторно поданий на повірку.

					ВР 016.00.00.000 ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі вирішено важливе практичне завдання, а саме розроблено методику повірки та виконано аналіз похибки вимірювання рефракції очкових лінз за допомогою окулярного діоптриметра ДО-3.

У роботі отримано наступні результати:

1. Описано технічні характеристики та службове призначення приладу для вимірювання параметрів шуму та вібрації ВШВ-003-М2. Це дало змогу встановити найбільш визначальні параметри, які суттєво впливатимуть на якість вимірювання даним приладом та розробити його методику повірки та провести аналіз похибки вимірювання.

2. Проведено аналіз існуючих аналогів приладу для вимірювання параметрів шуму та вібрації ВШВ-003-М2, що дозволило застосувати методику повірки для більш ширшої групи подібних за принципом роботи та характеристиками приладів, в тому числі векторних генераторів сигналів.

3. Описано функціональні особливості та фізичні перетворення, які покладено в основу роботи приладу для вимірювання параметрів шуму та вібрації ВШВ-003-М2. Це дало змогу підібрати засоби повірки для розроблення методики повірки приладу для вимірювання параметрів шуму та вібрації ВШВ-003-М2 та решти подібних за принципом роботи групи приладів.

4. В другому розділі описано структурно-функціональну схему приладу для вимірювання параметрів шуму та вібрації ВШВ-003-М2.

5. Описано принцип роботи приладу для вимірювання параметрів шуму та вібрації ВШВ-003-М2.

6. Проведено розрахунок підсилювача високих частот приладу для вимірювання параметрів шуму та вібрації ВШВ-003-М2.

7. Описано можливі несправності та шляхи їх усунення приладу ВШВ-003-М2 для вимірювання і контролю параметрів вібрації і шуму.

					ВР 016.00.00.000 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. В спеціальній частині описано методику повірки приладу для вимірювання параметрів шуму та вібрації ВШВ-003-М2.

					ВР 016.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛА

1. Прилад для вимірювання параметрів шуму та вібрації ВШВ-003-М2. URL: <https://spectrolab.com.ua/ua/p22404794-izmeritel-shuma-vibratsii.html> (дата звернення: 23.04.25).
2. Прилад для вимірювання параметрів вібрації «Виброметр-К1». URL: <https://pgpribor.com/product/vibrometr-k1> (дата звернення: 23.04.25).
3. Прилад «Виброметр ВВМ-311». URL: <https://zapadpribor.com/vvm-311/> (дата звернення: 23.04.25).
4. Прилад «Янтарь-М». URL: <https://zapadpribor.com/yantar-m> (дата звернення: 23.04.25).
5. Конспект лекцій з навчальної дисципліни «Перетворювачі та пристрої вимірювальної техніки» для студентів всіх форм навчання спеціальності «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» відділу Інфокомунікацій та інженерії. / О. Д. Архелюк. Чернівці.: ЧНУ імені Юрія Федьковича, 2021. 51 с.
6. Паспорт на прилад для вимірювання параметрів шуму та вібрації ВШВ-003-М2.
7. Зубчук В. І., Делавар-Касмаї М.. Цифрова схемотехніка: навч. посіб. для самостійної роботи студентів. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 258 с.
8. Наказ Верховної Ради України «Про затвердження Порядку проведення повірки законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що перебувають в експлуатації, та оформлення її результатів». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0278-16%23Text> (дата звернення 1.06.24).
9. Навчально-методичний посібник з дисципліни «Похибки та невизначеності вимірювань» для здобувачів освітнього ступеня «магістр» зі спеціальності 175 Інформаційно-вимірювальні технології усіх форм навчання [Електронний ресурс] / [Упоряд.: Р.В. Трембовецька, В.Я. Гальченко, В.В.

					ВР 016.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Тичков, Д.Г. Матвієнко]; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол.
ун-т. – Черкаси: ЧДТУ, 2024. – 254 с.

					ВР 016.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63