

**Державний вищий навчальний заклад  
«Сумський державний університет»**

Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Технологія машинобудування, верстати та інструменти

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

**Пояснювальна записка**

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему **«Ідентичний переклад ISO 10816-7:2009 «Вібрація  
механічна. Оцінювання стану машин за результатами вимірювання  
вібрації на необертюваних частинах. Частина 7: Ротородинамічні  
насоси промислового застосування з вимірюванням на обертюваних валах»**

Виконала: студентка II курсу, групи СТ.мз-12с

Спеціальності: 152 – метрологія та

інформаційно-вимірювальна техніка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

освітньої програми: якість, стандартизація

та сертифікація

(назва освітньої програми)

**Наталія ГРЕЧАНИК**

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник

**Олександр ІВЧЕНКО**

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент

**Зоя ЗДЄЛЬНИК**

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Суми – 2023 року

# ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ

« Сумський державний університет »

Інститут, Кафедра	факультет	Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання
Освітньо-науковий рівень		Технологія машинобудування, верстати та інструменти
		другий (магістерський)
		(шифр і назва)
Спеціальність		152 – метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка
		(шифр і назва)
Освітня програма		152.1 Якість, стандартизація та сертифікація
		(шифр і назва освітньої програми, за наявності)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технології  
машинобудування, верстатів  
та інструментів

\_\_\_\_\_ Віталій ІВАНОВ.  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 року

## ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Гречаник Наталії Миколаївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) «Ідентичний переклад ISO 10816-7:2009 «Вібрація механічна. Оцінювання стану машин за результатами вимірювання вібрації на необертових частинах. Частина 7: Роторнодинамічні насоси промислового застосування з вимірюванням на обертових валах»

керівник проєкту Івченко О. В., канд. техн. наук, доцент,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від 22.11.2022 року за № 1111-VI

2. Строк подання студентом роботи (проєкту) 15 січня 2023 року

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) Вимоги міжнародних, регіональних та національних стандартів щодо проведення робіт з гармонізації стандартів. Вимоги ДСТУ 1.1, ДСТУ 1.2, ДСТУ 1.5, ДСТУ 1.7, ISO10816-7:2009

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Актуальність проблеми, визначення мети та завдань досліджень. 2 Дослідити сучасний стан питання вібродіагностування промислового устаткування. 3 Дослідити вібродіагностування насосного устаткування. 4 Переклад ISO 10816-7:2009 «Вібрація механічна. Оцінювання стану машин за результатами вимірювання вібрації на необертових частинах. Частина 7:

Роторнодинамічні насоси промислового застосування з вимірюванням на обертових валах»

5. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

6. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 05 жовтня 2022 року

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Актуальність проблеми, визначення мети та завдань досліджень	12.10.2022	
2	Дослідити сучасний стан питання вібродіагностування промислового устаткування	25.11.2022	
3	Дослідити вібродіагностування насосного устаткування	02.12.2022	
4	Переклад EN 10816-7:2009	15.12.2022	
5	Формулювання загальних висновків	26.12.2022	
6	Підготовка доповіді	28.12.2022	
7	Підготовка презентації	05.01.2023	
8	Оформлення роботи	10.01.2023	
9	Перевірка на наявність плагіату	10.01.2023	

**Студент**

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Наталія ГРЕЧАНИК**

\_\_\_\_\_ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

**Керівник проєкту (роботи)**

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Олександр ІВЧЕНКО**

\_\_\_\_\_ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Сумський державний університет**

**Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідуючий кафедрою

\_\_\_\_\_ Віталій ІВАНОВ

«\_\_\_» січня 2023 р.

**ІДЕНТИЧНИЙ ПЕРЕКЛАД ISO 10816-7:2009 «ВІБРАЦІЯ  
МЕХАНІЧНА. ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ МАШИН ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ  
ВИМІРЮВАННЯ ВІБРАЦІЇ НА НЕОБЕРТОВИХ ЧАСТИНАХ.  
ЧАСТИНА 7: РОТОРНОДИНАМІЧНІ НАСОСИ ПРОМИСЛОВОГО  
ЗАСТОСУВАННЯ З ВИМІРЮВАННЯМ НА ОБЕРТОВИХ ВАЛАХ»**

Кваліфікаційна робота (проект) магістра

Спеціальність 152 – метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

Освітня програма – якість, стандартизація та сертифікація

Студент

Наталія ГРЕЧАНИК

Керівник

Олександр ІВЧЕНКО

Нормоконтроль

Олександр ІВЧЕНКО

Суми – 2023

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра становить 101 сторінку, у тому числі один рисунок, дві таблиці, бібліографії із 19 джерел на двох сторінках, один додаток на 37 сторінках.

Міжнародний стандарт ISO 10816-7:2009 Mechanical vibration – Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts – Part 7: Rotodynamic pumps for industrial applications, including measurements on rotating shafts. (Вібрація механічна. Оцінювання стану машин за результатами вимірювання вібрації на необертюваних частинах. Частина 7: Роторнодинамічні насоси промислового застосування з вимірюванням на обертюваних валах) визначає вимоги та методики проведення діагностування, може бути застосований у різних галузях у всіх країнах для оцінки вібрації обладнання.

Метою роботи є дослідження та вдосконалення методів діагностики стану обладнання за вібраційними параметрами для своєчасного усунення несправностей, впровадження гармонізованих нормативних документів, а саме, вимог ISO 10816-7:2009 з розробленням проекту стандарту (згідно з вимогами ДСТУ 1.2:2015) та розроблення національних структурних елементів та національних пояснень до нього (згідно з ДСТУ 1.5:2015 та ДСТУ 1.7:2015).

Практичне значення одержаних результатів.

Розроблено: проект першої редакції національного нормативного документу: ДСТУ ISO 10816-7 (ISO 10816-7:2009, IDT) «Вібрація механічна. Оцінювання стану машин за результатами вимірювання вібрації на необертюваних частинах. Частина 7: Роторнодинамічні насоси промислового застосування з вимірюванням на обертюваних валах».

**ВІБРАЦІЯ, ВИМІРЮВАННЯ ВІБРАЦІЇ, ВІБРОДІАГНОСТУВАННЯ,  
РОТОРНОДИНАМІЧНИЙ НАСОС, ЗОНИ ТА МЕЖІ ВІБРАЦІЇ, КРИТЕРІЇ  
ОЦІНЮВАННЯ, СТАНДАРТ**

## ABSTRACT

The master's qualification work is 101 pages, including one figure, two tables, bibliographies from 19 sources on two pages, one appendix on 37 pages.

International standard ISO 10816-7:2009 Mechanical vibration – Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts – Part 7: Rotodynamic pumps for industrial applications, including measurements on rotating shafts. (Mechanical vibration. Evaluation of the condition of machines based on the results of vibration measurement on non-rotating parts. Part 7: Rotary-dynamic pumps of industrial use with measurement on rotating shafts) defines the requirements and methods of conducting diagnostics, can be applied in various industries in all countries for the evaluation of equipment vibration.

The purpose of the work is to research and improve the methods of diagnosing the state of equipment by vibration parameters for timely troubleshooting, the implementation of harmonized regulatory documents, namely, the requirements of ISO 10816-7:2009 with the development of a draft standard (according to the requirements of DSTU 1.2:2015) and the development of national structural elements and national explanations to it (according to DSTU 1.5:2015 and DSTU 1.7:2015).

Practical significance of the obtained results.

Developed: the project of the first edition of the national normative document: DSTU ISO 10816-7 (ISO 10816-7:2009, IDT) "Mechanical vibration. Evaluation of the condition of machines based on the results of vibration measurements on non-rotating parts. Part 7: Rotary-dynamic pumps for industrial applications with measurement on rotating shafts".

VIBRATION, VIBRATION MEASUREMENT, VIBRATION DIAGNOSTICS, ROTODYNAMIC PUMP, ZONES AND LIMITS OF VIBRATION, EVALUATION CRITERIA

## ЗМІСТ

	с.
Вступ.....	5
Розділ 1 Дослідження сучасного стану питання вібродіагностування промислового устаткування .....	8
1.1 Дослідження вимог національного законодавства щодо вібродіагностування промислового устаткування .....	8
1.2 Аналіз міжнародних стандартів щодо вібродіагностування промислового устаткування.....	10
1.3 Висновок .....	12
Розділ 2 Вібродіагностування насосного устаткування.....	13
2.1 Стаціонарне діагностування насосного обладнання .....	13
2.2 Аналіз серії стандартів ISO 10816 .....	16
2.3 Висновок .....	20
Розділ 3 Нормативне забезпечення робіт з ідентичного перекладу ISO 10816-7:2009.....	22
3.1 Ідентичний переклад ISO 10816-7 .....	22
3.2 Розроблення пакету супровідної документації.....	52
3.3 Висновок .....	56
Висновки.....	57
Перелік джерел посилань.....	59
Додаток А Проект першої редакція національного нормативного документу ДСТУ ISO 10816-7.....	61

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Будь-яке машинне обладнання, зокрема насосне, піддається в процесі експлуатації різним впливам, що призводять до несправностей та відмов. Наявна система технічного обслуговування в цілому забезпечує підтримання машин у справному стані, але є недостатньо досконалою, що тягне за собою появу раптових відмов, які призводять до порушень технологічних процесів, збільшення витрат на відновлення та ремонт, аварій, які можуть призвести до істотних економічних та екологічних збитків, а також до низки інших негативних явищ.

У зв'язку з цим, особлива увага приділяється вдосконаленню системи технічного обслуговування, що базується на одержанні об'єктивної та правдивої інформації про стан устаткування під час його експлуатації без зупинки та розбирання.

Нині широкого застосування набув один із методів діагностики – вібраційна діагностика. Вібрація певною мірою генерується всіма рухомими частинами машин. Вібраційні процеси, що виникають у процесі функціонування машин і устаткування, є високоінформативними, доволі повно відображають технічний стан багатьох деталей і вузлів, що дає змогу ідентифікувати не тільки дефектний вузол машинного устаткування, а й сам дефект. Усе це вказує на важливість дослідження та необхідність удосконалення методів діагностики та прогнозування стану обладнання за вібраційними параметрами для своєчасного усунення несправностей.

Вібродіагностика обладнання це одноразове проведення замірів, яке дозволяє визначити стан агрегату «на зараз» та виявити дефекти. Однак регулярна періодична діагностика забезпечує можливість спостерігати за розвитком дефекту в часі, а саме – робити обґрунтовані прогнози щодо тривалості безаварійної роботи механізму або обладнання в цілому.

Вібромоніторинг обладнання виконується відповідно до норм, що регулюють порядок проведення вібродіагностики промислових машин.



Міжнародний стандарт ISO 10816-7:2009 Mechanical vibration – Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts – Part 7: Rotodynamic pumps for industrial applications, including measurements on rotating shafts. (Вібрація механічна. Оцінювання стану машин за результатами вимірювання вібрації на необертюваних частинах. Частина 7: Роторнодинамічні насоси промислового застосування з вимірюванням на обертюваних валах) визначає вимоги та методики проведення діагностування, може бути застосований у різних галузях у всіх країнах для оцінки вібрації обладнання.

Стандарт містить довідкові матеріали, такі як допустимі вібрації та умови аварійної сигналізації або вимкнення для різних механізмів, що базуються на статистичному аналізі даних.

**Мета та завдання роботи.** Метою роботи є дослідження та вдосконалення методів діагностики стану обладнання за вібраційними параметрами для своєчасного усунення несправностей, впровадження гармонізованих нормативних документів, а саме, вимог ISO 10816-7:2009 з розробленням проєкту стандарту, структурних елементів та національних пояснень до нього.

Для досягнення поставленої мети у роботі були встановлені та вирішенні наступні завдання:

1. Дослідити сучасний стан нормативного забезпечення щодо вібродіагностування промислового устаткування.
2. Дослідити вібродіагностування насосного устаткування.
3. Нормативне забезпечення робіт з ідентичного перекладу ISO 10816-7:2009.

**Об'єкт дослідження** – правила проведення робіт з національної стандартизації.

**Предмет дослідження** – європейський стандарт ISO 10816-7:2009.

**Методи дослідження.** Досягнення поставлених завдань виконується за допомогою методу порівняння та аналізу нормативних документів.

**Практичне значення одержаних результатів.**

Розроблено: проекти першої редакції національного нормативного документу: ДСТУ ISO 10816-7 (ISO 10816-7:2009, IDT) «Вібрація механічна. Оцінювання стану машин за результатами вимірювання вібрації на необертових частинах. Частина 7: Роторнодинамічні насоси промислового застосування з вимірюванням на обертових валах».

**Особистий внесок здобувача.** Основні результати роботи, що виносяться на захист, отримані автором самостійно.

**Апробація результатів.** Не має.

**Публікації.** Не має.

**Структура і обсяг кваліфікаційної роботи магістра.** Робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатку. Повний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 101 сторінку друкованого тексту, у тому числі один рисунок, бібліографії з 19 джерел на двох сторінках, один додаток на 37 сторінках.

# РОЗДІЛ 1

## ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНОГО СТАНУ ПИТАННЯ ВІБРОДІАГНОСТУВАННЯ ПРОМИСЛОВОГО УСТАТКУВАННЯ

### 1.1 Дослідження вимог національного законодавства щодо вібродіагностування промислового устаткування

Технічне законодавство і нормативні документи, що регламентують правила, процеси, методи виготовлення, контролю продукції, а також гарантують безпеку життя, здоров'я, майна людей та навколишнього середовища забезпечують нормальне існування суспільства.

Технічне регулювання суттєво підвищує ефективність та продуктивність виробництва, поліпшує якість продукції. Крім того, сприяє впровадженню останніх досягнень науки та техніки, визначає найперспективніші напрямки розвитку науково-технічного процесу в різних галузях економіки країни в цілому. Система технічного регулювання забезпечує виробництво конкурентоспроможності якісної продукції, захист довкілля та ощадливе використання ресурсів.

Стандарти розробляються задля прийняття конкретних параметрів, що встановлюють вимоги до діяльності або характерні риси, які будуть забезпечувати єдину технологічну основу для виготовлення товарів, надання послуг, у керуванні якістю на виробництві. При цьому до об'єктів стандартизації відносяться: продукція, процеси та послуги, матеріали, складові, обладнання, правила, процедури, функції, методи або технології.

Закон України «Про стандартизацію» спрямований на приведення національної системи стандартизації у відповідність до міжнародної та європейської практики. Законодавче регулювання у сфері стандартизації в Україні здійснюється цим Законом, законом «Про стандарти, технічні регламенти та оцінку відповідності», чинними міжнародними договорами та іншими нормативно-правовими актами.

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України – центральний орган виконавчої влади у сфері стандартизації, одним із завдань якого є реалізація державної політики у сфері технічного регулювання. А головним органом, що відповідає за розробку технічних стандартів є державне підприємство "Український науково-дослідний і навчальний центр із проблем стандартизації, сертифікації і якості" (ДП УкрНДНЦ).

Підписання Угоди про Асоціацію із ЄС започаткувало зміни у сфері технічного регулювання України, а саме вимог до виробників та системи контролю за їх дотриманням. Відповідно до цього експлуатація обладнання і системи його діагностування мають відповідати Європейським стандартам.

Надійна і безпечна робота обладнання пов'язана з постійним контролем робочих параметрів машини або її окремих вузлів і агрегатів. При цьому контроль має виконуватися без відключення обладнання, і без його демонтажу, тобто, методами неруйнівного контролю. Неруйнівний контроль і технічна діагностика – основний спосіб одержання інформації про працездатність і надійність устаткування, яке застосовується та експлуатується на виробничих підприємствах.

Діагностика устаткування за вібрацією це ефективний спосіб попередження серйозних інцидентів, оскільки поява незворотних змін стану окремих вузлів впливає на різні параметри вібрації машини. А отже, дозволяє виявити такі зміни до того, як виникне відмова механізму або обладнання.

Технічне діагностування нормується відповідними стандартами ДСТУ, ISO, ГОСТ та іншими нормативно-правовими актами. Стандарти, що належать цій сфері бувають технологічними, які забезпечують технологічну основу для виробництва товарів, надання послуг, а також технічними – методи випробувань, які можуть бути необмежені ані спеціальною галуззю промисловості, ані спеціальною продукцією. До них відносяться:

- ДСТУ ISO 18436-2:2015 Моніторинг і діагностика стану машин. Вимоги до кваліфікації та сертифікації персоналу. Частина 2: Моніторинг стану та діагностування вібрації;

- ГОСТ 20815-93 Машини електричні обертові. Механічна вібрація деяких видів машин з висотою осі обертання 56 мм і більше. Вимірювання, оцінка і допустимі значення (МЭК 34-14-82);
- ГОСТ 27165-97 Агрегати паротурбінні стаціонарні. Норми вібрації валопроводів і загальні вимоги до проведення вимірювань. Зі Зміною;
- ДСТУ ISO 5348:2009 Вібрація та удар механічні. Кріплення акселерометрів механічне;
- ДСТУ 2860-94 Надійність техніки. Терміни та визначення
- ГОСТ 25364-97 Агрегати паротурбінні стаціонарні. Норми вібрації опор валопроводів і загальні вимоги до проведення вимірювань
- ДСТУ 2865-94 Контроль неруйнівний. Терміни та визначення;
- ДСТУ ISO 7919-5:2014 Вібрація механічна. Оцінювання стану машин за результатами вимірювання вібрації на обертальних валах. Частина 5. Агрегати гідроелектростанцій та насосних станцій;
- ДСТУ ГОСТ ИСО 2954:2004 Вібрація машин з зворотно поступальним й обертальним рухом. Вимоги до засобів вимірювання;
- ДСТУ ISO 13373-1:2015 Моніторинг і діагностика стану машин. Моніторинг вібраційного стану. Частина 1. Загальні методики та інші нормативні документи.

## **1.2 Аналіз міжнародних стандартів щодо вібродіагностування промислового устаткування**

Таблиця 1 – Порівняння міжнародних і європейських стандартів з національними нормативними документами

<b>Міжнародні стандарти</b>	<b>Національні стандарти</b>
BS ISO 2954:2012 Mechanical vibration of rotating and reciprocating machinery – Requirements for instruments for measuring vibration severity	ДСТУ ISO 2954:2005 Механічна вібрація машин з вертикально-поступним і обертальним рухом. Вимоги до засобів вимірювання жорсткості вібрації (ISO 2954:1975, IDT)
ISO 20816-2:2017 Mechanical vibration – Evaluation of machine vibration by measurements on rotating shafts – Land-based steam turbines and generators in excess of 50	ДСТУ ISO 7919-2:2014 Вібрація механічна. Оцінювання стану машин за результатами вимірювання вібрації на обертальних валах. Частина 2: Стаціонарні парові турбіни та

<b>Міжнародні стандарти</b>	<b>Національні стандарти</b>
MW with normal operating speeds of 1500 r/min, 1800 r/min, 3000 r/min and 3600 r/min	генератори потужністю від 50 МВт із номінальною частотою обертання 1500 об/хв, 1800 об/хв, 3000 об/хв та 3600 об/хв (ISO 7919-2:2001, IDT)
ISO 21940-31:2013 Mechanical vibration – Rotor balancing – Part 31: Susceptibility and sensitivity of machines to unbalance	ДСТУ ISO 10814:2006. Механічна вібрація. Схильність і чутливість машин до дисбалансу (ISO 10814:1996, IDT)
BS ISO 10816-6:1995 + (Amd 1:2015) Mechanical vibration – Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts – Part 6: Reciprocating machines with power ratings above 100 kW	ДСТУ ISO 10816-6:2009. Механічна вібрація. Оцінювання стану машин за результатами вимірювань вібрації на необертюваних частинах. Частина 6: Машини зворотно-поступальної дії номінальною потужністю від 100 кВт (ISO 10816-6:1995, IDT)
ISO 20816-5:2018 Mechanical vibration – Measurement and evaluation of machine vibration – Part 5: Machine sets in hydraulic power generating and pump-storage plants	ДСТУ ISO 7919-5:2014 Вібрація механічна. Оцінювання стану машин за результатами вимірювання вібрації на обертальних валах. Частина 5: Агрегати гідроелектростанцій та насосних станцій (ISO 7919-5:2005, IDT)
BS ISO 10816-3:2009 + (Amd 1) Mechanical vibration – Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts – Part 3: Industrial machines with nominal power above 15 kW and nominal speeds between 120 r/min and 15 000 r/min when measured in situ	ДСТУ ГОСТ ИСО 10816-3:2014. Вібрація. Контролювання стану машин за результатами вимірювання вібрації на необертюваних частинах. Частина 3: Промислові машини номінальною потужністю більше ніж 15 кВт і номінальною швидкістю від 120 хв <sup>-1</sup> до 15000 хв <sup>-1</sup> (ГОСТ ИСО 10816-3–2002, IDT)
BS ISO 10817-1:1998 Rotating shaft vibration measuring systems – Part 1: Relative and absolute sensing of radial vibration	ДСТУ ГОСТ ИСО 10817-1:2008 Вібрація. Системи вимірювання вібрації обертових валів. Частина 1: Пристрої для знімання сигналів відносної та абсолютної вібрації (ISO 10817-1:1998, ГОСТ ИСО 10817-1-2002, NEQ; IDT)
BS ISO 10816-1:1995 + (Amd 1:2009) Mechanical vibration – Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts – Part 1: General guidelines	ДСТУ ГОСТ ИСО 10816-1:2007 Вібрація. Контроль стану машин за наслідками вимірювань вібрації на частинах, що не обертаються. Частина 1: Загальні вимоги (ГОСТ ИСО 10816-1-97, IDT; ISO 10816-1:1995, MOD)
BS ISO 7919-1:1996 Mechanical vibration of non-reciprocating machines – Measurements on rotating shafts and evaluation criteria – General guidelines	ДСТУ ГОСТ ИСО 7919-1:2009 Вібрація. Контролювання стану машин за результатами вимірювання вібрації на обертових валах. Загальні вимоги (ГОСТ ИСО 7919-1-2002, IDT; ISO 7919-1:1996, MOD)
ISO 20816-2:2017 Mechanical vibration – Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts – Part 2: Land-based steam turbines and generators in excess of 50 MW with normal operating speeds of 1 500 r/min, 1 800 r/min, 3 000 r/min	ДСТУ ГОСТ ИСО 10816-2:2009 Механічна вібрація. Оцінка вібрації машин за допомогою вимірювань на частинах, що не обертаються. Частина 2: Наземні парові турбіни та генератори потужністю понад 50 МВт із нормальною робочою швидкістю

<b>Міжнародні стандарти</b>	<b>Національні стандарти</b>
and 3 600 r/min	1500 об/хв, 1800 об/хв, 3 000 об/хв і 3 600 об/хв
BS ISO 13373-1:2002 Condition monitoring and diagnostics of machines – Vibration condition monitoring – General procedures	ДСТУ ISO 13373-1:2015 Моніторинг і діагностика стану машин. Моніторинг вібраційного стану. Частина 1: Загальні методики (ISO 13373-1:2002, IDT)
ISO 10816-7:2009 Mechanical vibration – Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts – Part 7: Rotodynamic pumps for industrial applications, including measurements on rotating shafts	ДСТУ ISO 10816-7:2015 Вібрація механічна. Оцінювання стану машин за результатами вимірювання вібрації на необертюваних частинах. Частина 7: Ротодинамічні насоси промислового застосування з вимірюванням на обертюваних валах (ISO 10816-7:2009, IDT)

### 1.3 Висновок

Вібраційна діагностика обладнання є порівняно молодого галуззю в ряду сучасних методів неруйнівного контролю. Вона охоплює теорію і способи організації процесів розпізнавання технічних станів машин і механізмів за віброакустичними сигналами та ґрунтується на вимірюванні й аналізі параметрів вібрації устаткування, завдяки чому посідає особливе місце серед інших видів діагностики.

Сьогодні країни Європейського Союзу, як і Україна перебувають у центрі розвитку глобального виробництва, саме тому необхідно постійно підвищувати науково-технічний рівень чинних стандартів, здійснювати їх оновлення з метою заміни застарілих показників і вимог.

Проаналізувавши різні стандарти з вібродіагностики можна зробити висновок про те, що вони регулярно оновлюються і швидко впроваджуються у виробництво. Проте в деяких випадках прийняття міжнародних нормативних документів як національних не може бути виконано практично. Це стосується національної безпеки, захисту здоров'я або безпеки людей чи охорони навколишнього середовища, або наявних фундаментальних кліматичних, географічних або технологічних проблем, що визначаються як законні підстави національних відхилів відповідно до Угоди Світової організації торгівлі (СОТ) про технічні бар'єри у торгівлі.

## РОЗДІЛ 2

### ВІБРОДІАГНОСТУВАННЯ НАСОСНОГО УСТАТКУВАННЯ

#### 2.1 Стаціонарне діагностування насосного обладнання

Системи технічної діагностики устаткування базуються на різних методах. Це теплові контроль та діагностика, контроль технічного стану на основі аналізу електричних та магнітних полів, вібродіагностика, акустична діагностика, діагностика на основі акустичної емісії тощо.

Деякі дефекти в роботі обладнання мають певні ознаки та параметри, які проявляються задовго до того, як дефект стає явним та попереджають про те, що він є розвивається і може призвести до поломки. Такими ознаками можуть бути такі технологічні та режимні параметри як температура, шум, вібрація. При цьому показник вібрації є найбільш інформативним та ефективним діагностичним сигналом, оскільки на основі отриманої та обробленої інформації можна:

- підвищити надійність роторного обладнання;
- виявляти та попереджати поломки й несправності;
- оптимізувати планування поточного та капітального ремонту;
- зменшити витрати на закупівлю запчастин і витратних матеріалів.

Тому, щоб мінімізувати кількість та складність поломок та підвищити надійність та ефективність обладнання, відстежувати такі параметри є рекомендованим, а в деяких випадках – критично важливим.

Вібродіагностика є перспективним методом, що застосовується для контролю і діагностики турбін, насосних агрегатів, систем охолодження, опалення та іншого промислового обладнання. Стаціонарне діагностування обладнання, що проводиться безпосередньо, під час його роботи має важливе значення, оскільки зупинка технологічного процесу не відбувається.

Безперервна робота насоса будь-якого типу призводить до зносу підшипників, вала, ущільнювача та інших деталей, що спричиняє підвищенню рівня вібрації всього агрегату. Внаслідок експлуатації такого



обладнання спостерігається зростання споживаної потужності, зниження коефіцієнту корисної дії, надмірний перегрів сполучень і підшипників, перекіс ущільнювача і зачіпання його за корпус.

Насоси монтуються на раму, яка прикріплюється до фундаменту, що також піддається сильним вібраціям. Безперервний контроль вібрації рекомендується для того, щоб мати змогу оцінити якість монтажу та уникнути дефектів у цих вузлах. Надійність кріплення рами до фундаменту оцінюють методом вимірювання вібрації у вертикальному напрямі на всіх кріпильних елементах або поруч із ними.

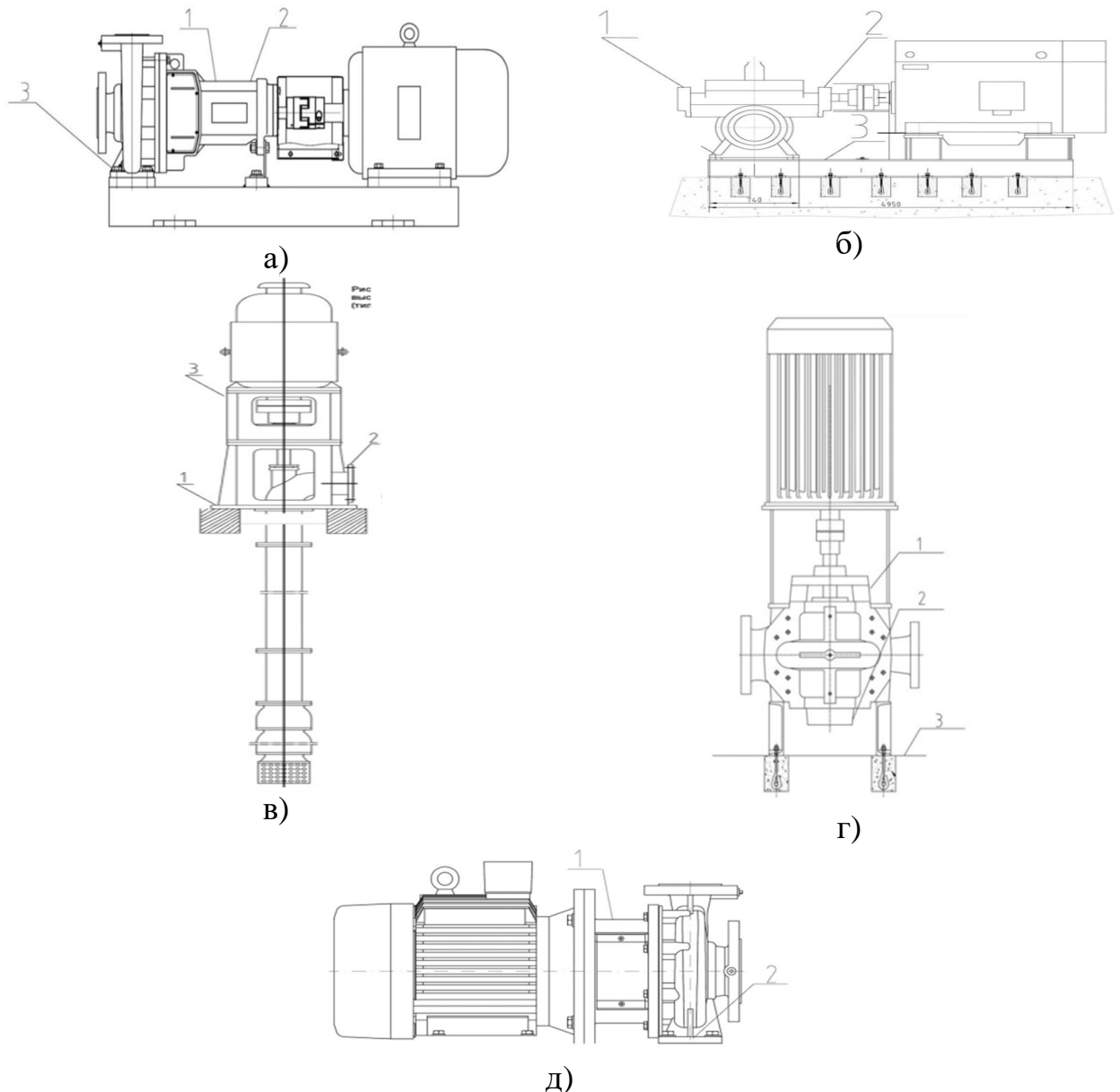
На даний час існує багато приладів вібродіагностичного контролю, які можна розділити на дві основні групи: переносні та стаціонарні.

Переносні прилади вібраційного контролю об'єднані основною характеристикою – вони зручні у транспортуванні, дають користувачу велику свободу дій та можливість використання на різних об'єктах. Прилади різняться функціональними можливостями та класом завдань, які можуть виконувати, тому можна легко обрати прилад в залежності від рівня складності діагностичних задач, які вимагає той чи інший тип механізмів.

Існує достатньо багато приладів у вигляді двоканальних аналізаторів вібрації, частоти обертання й аналізу спектральних діаграм вібрації пошкоджених вузлів машин і агрегатів. Прилади обладнані пам'яттю, п'єзоелектричним датчиком, працюють в діапазоні частот 2...40000Гц та оснащені інтерфейсом зв'язку з персональним комп'ютером. Результат їх обробки: загальний рівень сигналу, форма сигналу, спектр, спектр кривої, спектр власних частот, розгін/вибіг, амплітуда/фаза, пік-фактор.

Стаціонарні прилади вібраційного контролю використовуються для регулярного моніторингу вібраційного стану механізмів. Дані системи мають значно розширений набір функцій порівняно з портативними пристроями. Це багатофункціональні прилади для вимірювання параметрів спектральних складових сигналів, кореляційної структури сигналів, генерації електричних сигналів з нормованими метрологічними параметрами. Вони застосовуються

для вимірювання рівнів шуму і вібрації, атестації випробувального обладнання, моніторингу стану механізмів, діагностики зубчатих передач, підшипників, роторів і турбін.



а) консольні насоси (тип NES, NIS); б) насоси двостороннього всмоктування (тип NSC); в) високошвидкісні турбінні насоси (тип NV);

г) циркуляційні насоси (тип TD); д) консольно-моноблочні насоси (тип NES, NIS). 1, 2 – основні точки вимірювання; 3 – додаткові точки вимірювання

**Рисунок 1 – Точки вимірювання вібрації для різних типів насосів**

Також існує ряд стаціонарних систем вібродіагностики, основна функція яких – неперервне відстеження вібраційного стану підшипникових вузлів, контроль температури і тиску середовищ, врахування витрати рідини і пари, знаходження дефектів на стадії зародження на основі автоматизованого отримання вимірювальної інформації, її передавання, зберігання, обробка і відображення у вигляді зручному для сприйняття оператором.

Вібромоніторинг насосного обладнання виконується з урахуванням норм, що регулюють порядок проведення вібродіагностики для промислових машин. Для контролю вібрації насосних агрегатів встановлення датчиків здійснюють у точках, що показані на рисунку 1.

Віброшвидкість найбільш точно описує характер проблеми. При цьому вимірюють не найбільше значення віброшвидкості, а її середньоквадратичне значення. Допустимі норми вібрації приведені в ДСТУ ISO 10816.

## **2.2 Аналіз серії стандартів ISO 10816**

Серія стандартів ISO 10816 розроблена для оцінки вібрації обладнання зворотно-поступальної дії, машин з валами, що обертаються, а також обладнання із зубчастими передачами, що вимірюється на необертових частинах. Стандарт містить довідкові матеріали, про допустимі зони вібрації та умови аварійної сигналізації або вимкнення для різних механізмів, що базуються на статистичному аналізі даних, зібраних ISO TC 108.

Стандарти ISO 10816:

- охоплюють широкий діапазон частот, що дозволяє описати вібрацію низько- та високошвидкісних машин;
- встановлює принципи оцінки вібраційного стану на основі зон вібраційного стану;
- встановлюють критерії оцінки вібраційного стану для машин даного виду.

В ISO 10816-1 приведенне загальне керівництво, що характеризує узагальнені методики по визначенню зон вібраційного стану для сталого та перехідних режимів роботи машини, що слугує основою для інших частин. За стандартом зони вібраційного стану розмежовані наступним чином:

**Зона А** – в цю зону підпадає вібрація нових машин, що вводять в експлуатацію;

**Зона В** – машини, вібрація яких підпадає в цю зону, вважають придатними до довготривалої експлуатації без обмеження строків;

**Зона С** – машини, вібрація яких підпадає в цю зону, вважають непридатними до довготривалої безперервної роботи. Допускають функціонування таких машин обмежений проміжок часу, поки не буде проведено відновлюваних заходів;

**Зона D** – рівні вібрації в цій зоні розглядають як такі, що здатні викликати серйозні пошкодження машин.

Межі зон вібраційного стану можна використовувати як орієнтир, що дозволить уникнути завищених та нереалістичних вимог до вібрації машин. Критерії приймання нових та відновлених машин завжди повинні узгоджуватись. Як правило, цей критерій визначають в межах зони А або В та такий, що не перебільшує межу між цими зонами більш ніж на 25%.

Середньоквадратичне значення швидкості є основною величиною для побудови критеріїв вібраційного стану. Також допустимо використання критеріїв переміщення, прискорення вібрації та параметра пікового значення замість середньоквадратичного. Цю можливість часто застосовують для низько- та високошвидкісних машин.

ISO 10816-2 встановлює керівництво з оцінки вібраційного стану паротурбінних генераторних установок на основі вимірювання вібрації підшипників або підшипникових опор. Вимірювальна система повинна забезпечувати вимірювання широкосмугової вібрації в діапазоні частот від 10 до 500 Гц, за потреби діапазон частот може бути розширений.

Критерії для середньоквадратичних значень швидкості підшипників або підшипникових опор, зазначені в цій частині, застосовують для паротурбінних установок потужністю більш як 50 МВт з номінальними швидкостями 1500 об/хв, 1800 об/хв, 3000 об/хв і 3600 об/хв. Ці критерії призначені для оцінювання поведінки машини на місці її використання у сталому режимі роботи. Також розглянуті методи оцінки вібраційного стану у перехідних режимах роботи, пов'язаних зі змінами навантаження або швидкості обертання ротора.

ISO 10816-3 встановлює керівництво з оцінки вібраційного стану за вимірами вібрації підшипників, підшипникових опор або корпусу промислового агрегату на місці його використання. Цей стандарт поширюється на парові турбіни потужністю до 50 МВт, а також на паротурбінні установки потужністю понад 50 МВт, але з робочими швидкостями менше ніж 1500 об/хв або понад 3600 об/хв. Окрім того, стандарт поширюється на компресори, промислові газові турбіни потужністю до 3 МВт, генератори (що не увійшли до ISO 10816-2), всі види електродвигунів, вентилятори та повітродувки потужністю більше ніж 300 кВт, інші вентилятори на достатньо жорстких основах, а також насоси, що не увійшли до ISO 10816-7.

Враховуючи велику кількість устаткування, на яку поширюється стандарт, воно поділене на 2 групи:

1 група – машини номінальною потужністю більше ніж 300 кВт та електричні машини з висотою вала 315 мм і більше;

2 група – машини середніх розмірів номінальною потужністю від 15 до 300 кВт включно та електричні машини з висотою валу від 160 до 315 мм.

Великі машини (зазвичай з підшипниками ковзання) мають номінальну швидкість обертання у широкому діапазоні від 120 до 15000 об/хв.

Для кожної групи встановлені відповідні межі зон вібраційного стану.

ISO 10816-4 забезпечує оцінку вібраційного стану на основі результатів вимірювання вібрації на корпусах або опорах підшипників газотурбінних установок з гідродинамічними підшипниками.

Дія цієї частини поширюється на газотурбінні установки стаціонарного типу, що використовуються як приводні пристрої електричних та інших машин, номінальною потужністю понад 3 МВт і швидкістю обертання від 3000 до 30000 об/хв. Якщо до складу установки входить електрогенератор, то для установок з потужністю більше ніж 50 МВт для оцінки вібраційного стану електрогенератора застосовують критерії за ISO 10816-2, а для установок з потужністю до 50 МВт включно - ISO 10816-3.

Межі зон вібраційного стану встановлюють за виміром широкосмугової вібрації на місці використання машини у сталому режимі її роботи, а також у перехідних режимах роботи (зміна навантаження або швидкості обертання ротора). Стандарт поширюється на машини, що мають у своєму складі зубчасті механізми, проте не контролюють стан цих механізмів.

ISO 10816-5 встановлює керівництво з оцінки вібраційного стану за вимірами вібрації підшипників, підшипникових опор або корпусу гідравлічних машин на місці їх використання. Цей стандарт поширюється на агрегати, що встановлюються на гідроелектростанціях та насосних станціях, з частотою обертання від 120 до 1800 об/хв, з підшипниками ковзання з цільними або сегментними вкладками і головним двигуном потужністю 1 МВт і вище.

Ця частина поширюється на турбіни та генератори, насоси, а також на електродвигуни, турбонасоси та мотор-генератори включно з їх допоміжним обладнанням. Оцінка вібраційного стану може бути виконана для окремих турбін та насосів, що з'єднані з генераторами або електродвигунами гнучкими валами або через зубчасті передачі.

ISO 10816-6 встановлює процедури і керівництво з вимірювання вібрації та класифікації машин зворотно-поступальної дії відповідно до їх вібраційного стану. Класифікація заснована на вимірюваннях вібрації на опорних конструкціях машини, а граничні значення визначені виходячи з надійної та безпечної роботи самої машини та приєднаного до неї допоміжного обладнання.

Цей стандарт поширюється на машини з жорсткими або пружними кріпленнями до основи з номінальною потужністю понад 100 кВт. До таких машин відносяться судові двигуни, двигуни в складі дизель-генераторів, газові компресори, теплові двигуни. Класифікація машин встановлена на основі граничних значень переміщення, швидкості та прискорення.

ISO 10816-7 встановлює керівництво з оцінки вібраційного стану промислових динамічних насосів з номінальною потужністю більш як 1 кВт і вимоги вимірювання на їх підшипникових опорах. Оцінка вібраційного стану може бути виконана, і на випробувальному стенді, і на місці експлуатації насосів. Межі зон стану приведені для насосів з горизонтальним та вертикальним розташуванням вала безвідносно до жорсткості опори.

Стандарт встановлює два додаткові критерії оцінки вібраційного стану виходячи з умов тривалої безвідмовної роботи машин. Перший критерій заснований на абсолютних значеннях контрольованого параметра, другий – на його зміні з часом. Критерії застосовують до вібрації, що виробляється самою машиною, а не на ту, що передається на машину ззовні. Межі зон стану за швидкістю встановлюють для двох категорій насосів: потужністю до 200 кВт включно і потужністю більш як 200 кВт. Наведені також межі зон приймальні критерії для переміщення.

### **2.3 Висновок**

На даний час, для забезпечення безпечної та безперебійної експлуатації обладнання, існує багато переносних та стаціонарних приладів контролю та моніторингу за показником вібрації.

Вібраційна діагностика – один із високоінформативних методів діагностики, який проводиться без зупинки технологічного процесу та відображає загальний технічний стан устаткування, що дає змогу ідентифікувати не тільки дефектний вузол, а й сам дефект.

Серія стандартів ISO 10816 розроблена для оцінки вібрації обладнання, що вимірюється на необертючих частинах. Загальні критерії оцінки, представлені величиною вібрації, так і її зміною в процесі роботи устаткування. Також надано вказівки щодо встановлення експлуатаційних обмежень. Критерії оцінки стосуються лише вібрації, створеної самою машиною, а не вібрації, що передається їй ззовні.

ISO 10816 складається з таких частин:

- Частина 1: Загальні вимоги
- Частина 2: Парові турбіни та генератори наземного базування потужністю понад 50 МВт з нормальними робочими швидкостями 1500 об/хв, 1800 об/хв, 3000 об/хв і 3600 об/хв
- Частина 3: Промислові машини з номінальною потужністю понад 15 кВт і номінальною швидкістю від 120 об/хв до 15000 об/хв при вимірюванні на місці
- Частина 4: Газотурбінні установки з гідродинамічними підшипниками
- Частина 5: Машинні агрегати гідроелектростанцій і насосних установок
- Частина 6: Поршневі машини номінальною потужністю понад 100 кВт
- Частина 7: Ротодинамічні насоси для промислового застосування, включно з вимірюваннями на обертових валах.



### РОЗДІЛ 3

## НОРМАТИВНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОБІТ З ІДЕНТИЧНОГО ПЕРЕКЛАДУ ISO 10816-7:2009

### 3.1 Ідентичний переклад ISO 10816-7

Ідентичний переклад ISO 10816-7 виконано згідно вимог ДСТУ 1.2, ДСТУ 1.5 та ДСТУ 1.7 та наведено в табл. 3.1.

#### Розробка національного вступу до ДСТУ ISO 10816-7

Цей національний стандарт ДСТУ ISO 10816-7 (ISO 10816-7:2009, IDT) «Вібрація механічна. Оцінювання стану машин за результатами вимірювання вібрації на необертюваних частинах. Частина 7: Роторнодинамічні насоси промислового застосування з вимірюванням на обертових валах», прийнятий методом перекладу, – ідентичний щодо ISO 10816-7:2009 (версія en) «Mechanical vibration – Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts – Part 7: Rotodynamic pumps for industrial applications, including measurements on rotating shafts».

Технічний комітет, відповідальний за цей стандарт, – ТК 78 «Технічна діагностика і неруйнівний контроль».

У цьому національному стандарті зазначено вимоги, які відповідають чинному законодавству України.

До стандарту внесено такі редакційні зміни:

- слова «ця частина ISO 10816» замінено на слова «цей стандарт»;
- структурні елементи стандарту: «Титульний аркуш», «Передмову», «Національний вступ», першу сторінку, «Бібліографічні дані» і національний стандарт — оформлено згідно з вимогами національної стандартизації України;
- вилучено «Передмову» до ISO 10816-7:2009 як таку, що безпосередньо не стосується технічного змісту цього стандарту;

- замінено знак «x» на знак «·» у випадках позначення математичних дій;
- у стандарті наведено «Національні пояснення», виділені в тексті рамкою.

У цьому стандарті є посилання на:

ISO 2954, прийнятий в Україні як національний стандарт ДСТУ ГОСТ ИСО 2954:2004 (ГОСТ ИСО 2954-97, IDT) Вібрація машин з зворотно поступальним й обертальним рухом. Вимоги до засобів вимірювання

ISO 7919-1 прийнятий в Україні як національний стандарт ДСТУ ГОСТ ИСО 7919-1:2009 (ГОСТ ИСО 7919-1-2002, IDT; ISO 7919-1:1996, MOD) Вібрація. Контролювання стану машин за результатами вимірювання вібрації на обертових валах. Загальні вимоги

ISO10816-1:1995, прийнятий в Україні як національний стандарт ДСТУ ГОСТ ИСО 10816-1:2007 (ГОСТ ИСО 10816-1-97, IDT; ISO 10816-1:1995, MOD) Вібрація. Контроль стану машин за наслідками вимірювань вібрації на частинах, що не обертаються. Частина 1. Загальні вимоги.

Копії документів, на які є посилання в цьому стандарті, можна отримати в Національному фонді нормативних документів.

Таблиця 3.1 – Ідентичний переклад ISO 10816-7

Українською мовою	Англійською мовою
<p><b>Вступ до ISO 10816-7: 2009</b></p> <p>Вимірювання вібрації на роторнодинамічних насосах може бути корисним для багатьох цілей, напр. для оперативного моніторингу, приймальних випробувань та для діагностичного або аналітичного дослідження (моніторинг стану).</p> <p>Загальний опис принципів, що застосовуються для вимірювання та оцінки вібрації промислових машин наведено в ISO 10816-1 для вимірювання вібрації на частинах, що не обертаються та ISO7919-1 для валів, що обертаються.</p> <p>Ця частина ISO10816 базується на даних про вібрацію, зібраних в результаті дослідження близько 1500 насосів, як в умовах експлуатації, так і на різних випробувальних стендах. Це дослідження включало насоси різних типів, частоти обертання і потужності, що працюють в широкому діапазоні подач. Завдяки великій кількості вимірювань ці дані вважаються характерними для насосів, що працюють задовільно, незважаючи на відсутність інформації про середній час між відмовами та умовами експлуатації для вимірюваних значень.</p> <p>Статистична оцінка цих даних була зроблена для переважного робочого діапазону експлуатації, тобто від 70% до 120% продуктивності (ККД), а також оцінки потоку та залежності від потужності.</p> <p>Це дослідження вібрації не виявило суттєвих відмінностей між жорсткими та гнучкими опорами або між горизонтальною та вертикальною орієнтацією насосів при вимірюванні в положеннях, визначених у цій частині ISO</p> <p>10816. На противагу іншим стандартами, що стосуються вимірювань вібрації (наприклад, ISO 10816-1, ISO 10816-3 та ISO13709[10]), які враховують такі відмінності.</p>	<p><b>Introduction</b></p> <p>Vibration measurements on rotodynamic pumps can be useful for many purposes, e.g. for the operational monitoring, acceptance test and for diagnostic or analytic investigation (condition monitoring).</p> <p>General descriptions of the principles to be applied for the measurement and assessment of vibration on coupled industrial machines are given for vibration on non-rotating parts in ISO 10816-1 and for shaft vibration in ISO7919-1.</p> <p>This part of ISO 10816 is based on vibration data gathered from a survey of about 1500 pumps operating both in situ and at various test facilities. This survey included pumps of different types, speed and power, operating over a wide range of flows. Due to the large number of vibration measurements, these data are considered to be representative of pumps that are operating satisfactorily, though there is a lack of information about the mean time between failure and operating conditions for the measured values.</p> <p>Statistical evaluation of these data has been made for the preferred operating region, i.e. 70% to 120% of the best efficiency point (BEP), as well as evaluations of the flow and power dependency.</p> <p>This vibration survey showed no significant differences between rigid and flexible supports, or between horizontal and vertical orientations of the pumps when measured at the positions defined in this part of ISO 10816. This is contrast to other standards dealing with vibration measurements (e.g. ISO 10816-1, ISO 10816-3 and ISO 13709[10]) which do make these distinctions.</p> <p>The statistical analysis showed a slight dependency of the vibration values with the power consumption of a pump. Consequently, this part of ISO 10816 distinguishes between pumps up to and above 200 kW.</p>

<b>Українською мовою</b>	<b>Англійською мовою</b>
<p>Статистичний аналіз показав незначну залежність значень вібрації від споживаної потужності насоса. Отже, в цьому стандарті розрізняють насоси потужністю до і понад 200 кВт.</p>	

Українською мовою	Англійською мовою
<p><b>1 Сфера застосування</b></p> <p>Ця частина ISO 10816 містить інструкції щодо оцінки вібрації роторнодинамічних насосів промислового застосування з номінальною потужністю понад 1 кВт. Вона визначає особливі вимоги до оцінки вібрації, коли вимірювання вібрації проводяться на частинах, що не обертаються (вібрація корпусу підшипника). Вона надає конкретні вказівки щодо ретельної оцінки вимірювання вібрації корпусів роторнодинамічних насосів на місці експлуатації та на випробувальному стенді виробника або на заводі. Ця частина ISO10816 також надає загальну інформацію та рекомендації щодо оцінювання відносної вібрації валу, що обертається.</p> <p>Ця частина ISO10816 визначає зону та межі вібрації горизонтальних і вертикальних насосів, незалежно від гнучкості їхньої опори. Загальні критерії оцінки дійсні для моніторингу роботи роторнодинамічних насосів і для приймальних випробувань<sup>1)</sup> на місці або на випробувальному стенді виробника, якщо це зазначено. Для приймально-здавальних випробувань на випробувальному стенді виробника надаються особливі умови.</p> <p>1) Скрізь, де приймальні випробування згадуються в цьому стандарті, слід брати до уваги, що всі деталі щодо місця, розміру та форми цих процедур випробувань є обов'язковими та мають бути визначені та узгоджені між обома сторонами контракту.</p> <p>Для контролю значень вібрації під час тривалої роботи передбачено два критерії оцінки вібрації машини. Одним критерієм є величина спостережуваної вібрації, а другий розглядає зміни величини. Критерії оцінки застосовуються до вібрації, створюваної самим насосом, а не до вібрації, яка передається насосу від зовнішніх джерел. Критерії в основному служать для забезпечення надійної, безпечної тривалої роботи насосів, одночасно мінімізуючи шкідливий вплив на підключені пристрої. Крім того, надаються рекомендації щодо визначення робочих обмежень і встановлення</p>	<p><b>1 Scope</b></p> <p>This part of ISO 10816 gives instructions for the evaluation of vibration on rotodynamic pumps for industrial applications with nominal power above 1 kW. It defines the special requirements for evaluation of vibration when the vibration measurements are made on non-rotating parts (bearing housing vibration). It provides specific guidance for assessing the severity of vibration measured housings of rotodynamic pumps in situ and for the acceptance test at the manufacturer's test facility or in the plant. This part of ISO 10816 also gives general information and guidelines for assessing relative shaft vibration of the rotating shaft.</p> <p>This part of ISO 10816 specifies zone and limits for the vibration of horizontal and vertical pumps irrespective of their support flexibility. The general evaluation criteria are valid for operational monitoring of rotodynamic pumps and for acceptance tests<sup>1)</sup> in situ or at the manufacturer's test facility if specified. For the acceptance test at the manufacturer's test facility, special conditions are given.</p> <p>1) Wherever acceptance tests are mentioned in this part of ISO 10816 it should be taken into account that all the details about place, size and form of those test procedures are optional and need to be specified and agreed between both parties of a contract.</p> <p>For monitoring the vibration values during long-term operation, two criteria are provided for assessing the machine vibration. One criterion the magnitude of the observed vibration and the second considers changes in magnitude. The evaluation criteria are applicable for the vibration produced by the pump itself and not for vibration which is transmitted to the pump from external sources. The criteria mainly serve to ensure a reliable, safe long-term operation of the pumps, simultaneously minimizing harmful effects on connected devices. Additionally, recommendations are given for defining operational limits and setting alarm and trip values.</p> <p>For pumps units with integrated electrical motors (impeller directly on</p>

Українською мовою	Англійською мовою
<p>значень сигналів тривоги та відключення.</p> <p>Для насосних установок із вбудованими електричними двигунами (крильчатка безпосередньо на валу двигуна або вал крильчатки, жорстко з'єднаний з валом двигуна), ця частина ISO10816 застосовується до всього агрегату.</p> <p>Для двигунів із гнучким з'єднанням ця частина ISO 10816 стосується лише насоса. Крім того, окремо встановлені прилади не входять до сфери застосування цього стандарту. Ці прилади розглядаються в ISO10816-3.</p> <p>З цього стандарту виключені наступні типи насосів:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– поршневі та обертові об'ємні насоси;</li> <li>– насоси з приводом від поршневого двигуна</li> <li>– насоси в гідравлічних електростанціях і насосних установках потужністю понад 1 МВт (див. ISO 7919-5 [4] і ISO10816-5);</li> <li>– насоси для переміщення твердих речовин, шламу та занурювальні насоси.</li> </ul> <p>Крутильні коливання насосів не розглядаються в цій частині ISO10816</p>	<p>the motor shaft or impeller shaft rigidly connected to the motor shaft), this part of ISO10816 applies to the whole coupled unit.</p> <p>For flexibly coupled motors, this part of ISO10816 is applicable for the pump only. Also, separately mounted drivers are not within the scope of this part of ISO10816. Those drivers are dealt with in ISO 10816-3.</p> <p>The following types of pumps are excluded from this part of ISO10816:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- reciprocating and rotating positive displacement pumps</li> <li>- reciprocating engine driven pumps;</li> <li>- pumps in hydraulic power generating and pumping plants with power above 1MW (see ISO 7919-5[4] and ISO10816-5);</li> <li>- solids handling, slurry and submersible pumps.</li> </ul> <p>Torsional vibration is not dealt with in this part of ISO10816.</p>

Українською мовою	Англійською мовою
<p><b>2 Нормативні посилання</b></p> <p>Наступні документи, на які зроблені посилання, є обов'язковими для застосування цього документа. Для датованих посилань застосовується тільки цитоване видання. Для недатованих посилань застосовується останнє видання документа, на який зроблено посилання (включаючи будь-які зміни).</p> <p>ISO 2954, Механічна вібрація обертових і зворотно-поступальних машин – Вимоги до приладів для вимірювання інтенсивності вібрації.</p> <p>ISO 7919-1, Механічна вібрація машин без зворотно-поступального руху – Вимірювання на обертових валах та критерії оцінювання – Частина 1: Загальні настанови</p> <p>ISO 10816-1:1995, Механічна вібрація – Оцінювання вібрації машин за вимірюваннями на необертових частинах Частина 1: Загальні настанови</p>	<p><b>2 Normative references</b></p> <p>The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.</p> <p>ISO 2954, Mechanical vibration of rotating and reciprocating machinery – Requirements for instruments for measuring vibration severity</p> <p>ISO 7919-1, Mechanical vibration of non-reciprocating machines – Measurements on rotating shafts and evaluation criteria – Part 1: General guideline</p> <p><b>2</b> ISO10816-1:1995, Mechanical vibration – Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts – Part 1: General guidelines</p>

Українською мовою	Англійською мовою
<p><b>3 Вимірювання вібрації</b></p> <p><b>3.1 Величина вимірювання та процедура</b></p> <p>Вимірюваною величиною для вимірювання вібрації не обертових частин<sup>2)</sup> роторнодинамічних насосів є середньоквадратична віброшвидкість у міліметрах на секунду (мм/с). Для швидкостей нижче 600 об/хв додатково необхідно вимірювати пікове зміщення в мікрометрах (мкм). Процедура вимірювання, якої слід дотримуватися, визначена в ISO10816-1.</p> <p>2) Вимірювання на валах, що обертаються, див. Додаток Б</p> <p><b>3.2 Вимірювальна апаратура та частотний діапазон</b></p> <p><b>3.2.1 Загальні положення</b></p> <p>Вимірювальні прилади повинні відповідати вимогам, викладеним в ISO 10816-1. Вимірювальні прилади повинні бути здатні вимірювати середньоквадратичну віброшвидкість у широкому діапазоні частот, що сягає щонайменше від 10 Гц до 1000 Гц, і повинні відповідати вимогам ISO 2954.</p> <p>Для насосів з робочою швидкістю нижче 600 об/хв нижня межа частоти вимірювальних приладів, як правило, повинна становити 2 Гц, щоб частота компонента вібрації на робочій швидкості знаходилася в межах діапазону вимірюваних частот. Крім того, вимірювальні прилади повинні вимірювати як середньоквадратичну віброшвидкість (у міліметрах за секунду), так і пікове зміщення (у мікрометрах).</p> <p>У зв'язку з тим, що на широкосмуговий піковий зсув в низькочастотному діапазоні можуть сильно впливати стохастичні, імпульсні збудження, викликані потоком рідини, іноді можуть виникати значення, що перевищують нормальні, які потім повинні бути проаналізовані і пояснені, наприклад, за допомогою частотної фільтрації. Відповідно до цього, для оцінки якості насоса рекомендується вимірювати переміщення від піку до піку для відфільтрованих значень при 0,5-кратному, 1-кратному і 2-кратному</p>	<p><b>3 Vibration measurement</b></p> <p><b>3.1 Measurement quantity and procedure</b></p> <p>The measurement quantity to be used for measuring the vibration of non-rotating parts<sup>2)</sup> of rotodynamic pumps is the root-mean-square (r.m.s.) vibration velocity in mm/s. for speeds below 600 r/min, it is additionally required to measure the peak-to-peak displacement in <math>\mu\text{m}</math>. The measurement procedure to be followed is specified in ISO10816-1.</p> <p>2) For measurements on rotating shafts, see Annex B.</p> <p><b>3.2 Measuring instrumentation and frequency range</b></p> <p><b>3.2.1 General</b></p> <p>The measuring instrumentation shall conform to the requirements set out in ISO 10816-1. The instrumentation shall be capable of measuring the r.m.s. vibration velocity in a broad frequency range reaching from at least 10 Hz to 1000 Hz and shall be in accordance with the requirements of ISO 2954.</p> <p>For pumps with operating speeds below 600r/min, the lower frequency limit of the measuring instrumentation shall normally be 2 Hz so that the frequency of the vibration component at operating speed is well within the measured frequency range. In addition, the measuring instrumentation shall measure both r.m.s. vibration velocity (in millimetres per second) and peak-to-peak displacement (in micrometres).</p> <p>Owing to the fact that the broad-band peak-to-peak displacement in the low-frequency range can be strongly influenced by stochastic, impulsive excitations due to the fluid flow, sometimes higher than normal values might occur and should then be analysed and explained e.g by frequency filtering. In accordance with this it is recommended to measure the peak-to-peak displacement for the filtered values at 0,5 times, 1 times and 2 times the operating speed with a bandwidth of 1 Hz or less to evaluate the quality of a pump.</p> <p>For very high-speed pumps or for diagnostic purposes (see e.g. ISO133373-1[8] which specifies a more detailed analysis), it may be</p>



**Українською мовою**

перевищенні робочої швидкості з шириною смуги пропускання 1 Гц або менше.

Для дуже високошвидкісних насосів або для діагностичних цілей (див., наприклад, ISO133373-1[8], що визначає більш детальний аналіз) може знадобитися використання вимірювальних приладів, які охоплюють більш широкий діапазон частот, як правило, до 2,5 разів більше частоти проходження лопатей, щоб компоненти частоти проходження лопатей були адекватно враховані.

**3.2.2 Запобіжні заходи**

Необхідно подбати про те, щоб на вимірювальні прилади не впливали такі фактори, як:

- температурні коливання,
- магнітні поля.

корелює з осьовою пульсацією, яка може призвести до пошкодження осьових несучих поверхонь.

Критерії, наведені в таблицях А.1 і А.2, застосовуються до радіальної вібрації на всіх підшипниках і до осьової вібрації на упорних підшипниках.

**3.4 Умови монтажу та експлуатації**

Під час монтажу насосів проектувальник системи, виробник насосів і користувач повинні звернути особливу увагу на те, щоб уникнути резонансу в підключеній системі трубопроводів і фундаменті з основними частотами збудження (наприклад, частотою обертання, подвійною частотою обертання або частотою проходження лопатей), оскільки такий резонанс може спричинити надмірну вібрацію.

Вимірювання слід проводити, коли ротор і корінні підшипники досягли своїх нормальних стаціонарних робочих температур. Насос повинен експлуатуватися в зазначених робочих умовах, тобто при номінальних значеннях подачі, напору і швидкості, які є переважним робочим діапазоном (див. Рисунок 4). Ця частина ISO10816 також

**Англійською мовою**

required to use measuring instrumentation which covers a wider frequency range, usually up to 2,5 times the blade-passing frequency so that the blade-passing frequency components are adequately accounted for.

**3.2.2 Precautions**

Care shall be taken to ensure that the measuring instrumentation is not influenced by factors such as:

- temperature vibrations,
- magnetic fields,
- sound fields,
- power source variations,
- earth loops,
- transducer cable length,
- transducer orientation.

Particular attention should be given to ensure that the

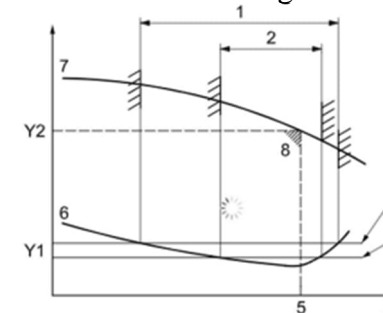


Figure 4 – Operating ranges of rotodynamic pumps

Key

X flow

Y1 vibration

Y2 head

1 allowable operating region (AOR)

2 preferred operating region (POR)

Українською мовою	Англійською мовою
<p>містить вказівки щодо експлуатації в межах усього допустимого робочого діапазону.</p> <p>Особливу увагу слід звернути на ті насоси, які працюють в різних умовах експлуатації. Якщо мають місце змінні умови, вони повинні бути зазначені. Для насосів зі змінною швидкістю обертання або навантаженням вимірювання повинні проводитися за всіх умов, за яких насос може працювати протягом тривалого періоду часу. Максимальне вимірне значення за цих умов повинно вважатися відповідним рівню вібрації. При порівнянні вимірювань важливо, щоб умови експлуатації були однаковими в межах допусків випробувань.</p> <p>Допустимий робочий діапазон і бажаний робочий діапазон (загалом від 70% до 120% від ККД) для роторно-динамічного насоса повинен бути вказаний виробником насоса відповідно до технічних умов. За межами допустимого робочого діапазону можуть виникати більш високі значення вібрації. Вони є наслідком більших динамічних сил під час роботи роторнодинамічного насоса з частковим навантаженням і перевантаженням. Ці значення можуть бути допустимі для короткочасної експлуатації; однак при безперервній роботі може виникнути пошкодження або передчасний знос</p>	<p>3 vibration limit, OAR  4 vibration limit, POR  5 flow rate of best efficiency point (BEP)  6 typical vibration characteristic  7 head-flow rate curve  8 best efficiency point for head and flow rate.</p> <p>– If the measured vibration is than the acceptance criteria allowed and excessive background vibration is suspected, measurements should be made with the pump shut down to determine the degree of external influence. If the vibration with the pump not running exceeds 25% of the value measured when the pump is running, corrective action may be necessary to reduce the effect of background vibration.</p>

## Українською мовою

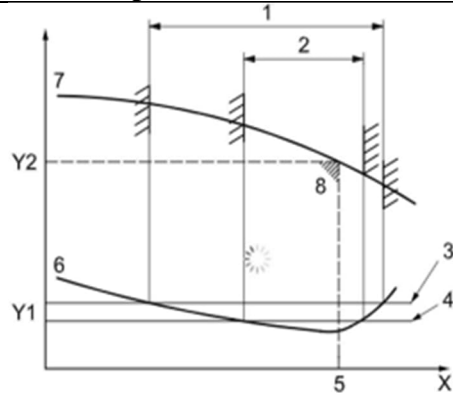


Рисунок 4 – Робочі діапазони роторнодинамічних насосів

X- потік; Y1- вібрація; Y2- напір;

1- допустима робоча область (ДРО)

2- бажана робоча область (БРО)

3- межа вібрації, ДРО

4- межа вібрації, БРО

5- витрата в точці найкращого ККД

6- типова вібраційна характеристика

7- звукова крива швидкості потоку

8- точка найкращого ККД по напору і витраті.

Якщо виміряна вібрація перевищує допустимі критерії прийнятності і є підозра на надмірну фонову вібрацію, вимірювання слід проводити при вимкненому насосі, щоб визначити ступінь зовнішнього впливу. Якщо вібрація при непрацюючому насосі перевищує 25% від значення, виміряного при працюючому насосі, можуть знадобитися

– коригувальні дії для зменшення впливу фонові вібрації.

## Англійською мовою

Українською мовою	Англійською мовою
<p><b>4 Оцінка вібрації</b></p> <p><b>4.1 Загальні відомості</b></p> <p>ISO 10816-1 надає загальний опис двох критеріїв оцінки, які використовуються для оцінки рівня вібрації різних типів машин. Один критерій враховує величину спостережуваної широкосмугової вібрації; інший - зміни величини, незалежно від того, збільшується вона чи зменшується.</p> <p>Ці критерії вібрації представлені для стаціонарних умов при номінальних швидкостях і навантаженнях. Вони не застосовуються для інших умов або під час перехідних режимів роботи (наприклад, під час запуску та зупинки або при проходженні через резонансні діапазони швидкостей), коли можна очікувати більш високих значень вібрації. Однак необхідно обмежити вібрацію в цих перехідних умовах, щоб уникнути потенційно шкідливого контакту (наприклад, тертя) між обертовими та нерухомими частинами. Тому максимальна вібрація підшипника (а також максимальна вібрація вала, див. Додаток В) під час перехідних операцій повинна бути нижче верхньої межі зони С (див. п. 5).</p> <p><b>4.2 Оцінка вібрації корпусу підшипника</b></p> <p><b>4.2.1 Критерій I: Величина вібрації</b></p> <p>Цей критерій стосується визначення величини вібрації, яка відповідає допустимим динамічним навантаженням на підшипники та допустимій передачі вібрації в навколишнє середовище. Максимальна величина вібрації, що спостерігається на кожному підшипнику, оцінюється в порівнянні з оціночними зонами (див. 5.2). Допустимі межі для кожної зони були встановлені на основі міжнародного досвіду і наведені в Таблиці А.1 і Таблиці А.2</p> <p><b>4.2.2 Критерій II: Зміна величини вібрації</b></p> <p>Цей критерій дає змогу оцінити зміну величини вібрації порівняно з раніше встановленим базовим значенням. Може відбутися значна зміна величини широкосмугової вібрації, яка вимагає певних дій,</p>	<p><b>4 Vibration evaluation</b></p> <p><b>4.1 General</b></p> <p>ISO 10816-1 provides a general description of the two evaluation criteria used to assess the vibration severity of various types of machines. One criterion considers the magnitude of observed broad-band vibration; the other considers changes in magnitude, irrespective of whether they are increasing or decreasing.</p> <p>These vibration criteria are presented for steady-state conditions at the rated speeds and loads. They do not apply for other conditions or during transient operation (e.g. during start up and shutdown or when passing thorough resonant speed ranges), when higher values of vibration may be expected. It is, however, necessary to limit the vibration in these transient conditions to avoid potentially damaging contact (i.e. rubbing) between the rotating and stationary parts. Therefore, the maximum bearing vibration (and also the maximum shaft vibration, see Annex B) during transient operations should be below the upper limit of zone C (see Clause 5).</p> <p><b>4.2 Evaluation of bearing housing vibration</b></p> <p><b>4.2.1 Criterion I: Vibration magnitude</b></p> <p>This criterion is concerned with defining for vibration magnitude consistent with acceptable dynamic loads on the bearings and acceptable vibration transmission into the environment. The maximum vibration magnitude observed at each bearing is assessed against the evaluation zones (see 5.2).</p> <p>The permissible limits for each zone have been established from international experience and are given in Table A.1 and Table A.2</p> <p><b>4.2.2 Criterion II: Change in vibration magnitude</b></p> <p>This criterion provides an assessment of a change in vibration magnitude from a previously established reference value. A significant change in broad-band vibration magnitude can occur which requires some action even though the limits of zone C as given in Table A.1 and Table</p>

Українською мовою	Англійською мовою
<p>навіть якщо межі зони С, наведені в таблицях А.1 і А.2, не були досягнуті. Такі зміни можуть бути миттєвими або прогресуючи ми і можуть вказувати на пошкодження, що починаються, або інші порушення. Критерій II визначається на основі зміни амплітуди широкосмугових вібрацій, що відбуваються в усталених умовах експлуатації. Сталі умови експлуатації слід тлумачити як такі, що включають зміни в межах діапазону допусків на випробування потужності машини або умов експлуатації.</p> <p>У разі застосування Критерію II вимірювання вібрації, що порівнюються, повинні проводитися в одному і тому ж місці розташування та орієнтації датчика, а також за приблизно однакових умов експлуатації насоса. Очевидні зміни в нормальних величинах вібрації, незалежно від їх загальної кількості, повинні бути досліджуються з метою уникнення небезпечної ситуації. Якщо збільшення або зменшення величини вібрації перевищує 25% від верхнього значення зони В, як зазначено в таблицях А.1 і А.2, такі зміни слід вважати значними, особливо якщо вони є раптовими. Тоді слід розпочати діагностичні дослідження, наприклад, з використанням спектра швидкого перетворення Фур'є (ШПФ), щоб встановити причину зміни (дисбаланс, кавітація, пошкодження підшипників тощо) та визначити, які подальші дії є доцільними. <b>4.3 Оцінювання на основі інформації про вектор вібрації</b></p> <p>Оцінювання, що розглядається в цьому стандарті, обмежується широкосмуговою вібрацією без посилання на частотні компоненти або фазу. У більшості випадків це буде адекватним для приймально-здавальних випробувань та для цілей експлуатаційного моніторингу. Однак, для цілей довгострокового моніторингу стану і діагностики, використання інформації про вектор вібрації особливо корисно для виявлення змін в динамічному стані насоса.</p> <p>У деяких випадках ці зміни можуть залишитися невиявленими при використанні тільки широкосмугових вимірювань вібрації (для більш</p>	<p>A.2 have not been reached. Such changes can be instantaneous or progressive with and may indicate incipient damage or some other irregularity. Criterion II is specified on the basis of a change in broadband vibration magnitude occurring under steady-state operating conditions. Steady-state operating conditions should be interpreted to include changes within the range of testing tolerances of machine power or operating conditions.</p> <p>When Criterion II is applied, the vibration measurements being compared shall be taken at the same transducer location and orientation, and under approximately the same pump operating conditions. Obvious changes in the normal vibration magnitudes, regardless of their total amount, should be investigated so that a dangerous situation can be avoided. When an increase or decrease in vibration magnitude exceeds 25% of the upper value of zone B, as given in Table A.1 and Table A.2, such changes should be considered significant, particularly if they are sudden. Diagnostic investigations, e.g. using Fast Fourier Transform (FFT) spectrum, should then be initiated to ascertain the change (unbalance, cavitation, damage to the bearings, etc.) and to determine what further actions are appropriate.</p> <p><b>4.2 Evaluation based on vibration vector information</b></p> <p>The evaluation considered in this part of ISO 10816 is limited to broadband vibration without reference to frequency components or phase. This will, in most cases, be adequate for acceptance testing and for operational monitoring purposes. However, for long-term condition monitoring purposes and for diagnostics, the use of vibration vector information is particularly useful for detecting changes in the dynamic state of a pump. In some cases, these changes would go undetected when using only broadband vibration measurements (for more details, see ISO 10816-1:1995, Annex D).</p> <p>Phase- and frequency-related vibration information are being used increasingly for monitoring and diagnostic purposes. The specification of</p>

<b>Українською мовою</b>	<b>Англійською мовою</b>
<p>детальної інформації див. ISO 10816-1:1995, Додаток D).</p> <p>Інформація про вібрацію, пов'язану з фазою та частотою, все частіше використовується для моніторингу та діагностики. Проте специфікація критеріїв для цього виходить за рамки цього стандарту.</p>	<p>criteria for this, however, is beyond the present scope of this part of ISO 10816.</p>

Українською мовою	Англійською мовою
<p><b>5 Оціночні зони та умови для експлуатації на місці та приймально-здавальних випробувань</b></p> <p><b>5.1 Загальні положення</b></p> <p>Зони оцінки, наведені в 5.2, визначені для того, щоб дозволити якісно оцінити вібрацію даної машини та надати вказівки щодо можливих дій.</p> <p>Числові значення, наведені в додатку А та додатку В, є керівними принципами для забезпечення уникнення грубих недоліків або нереалістичних вимог. У деяких випадках, однак, можуть існувати специфічні особливості, пов'язані з конкретною машиною, які вимагають використання інших граничних значень зон (вищих або нижчих). У таких випадках, як правило, необхідно пояснити причини цього і, зокрема, підтвердити, що насос не буде піддаватися небезпеці при роботі з більш високими значеннями вібрації.</p> <p>Ця частина ISO10816 поділяє насоси на дві категорії наступним чином:</p> <p>а) <b>Категорія I:</b> Насоси, які повинні мати високий рівень надійності, доступності або безпеки з міркувань безпеки (наприклад, насоси для токсичних та/або небезпечних рідин; для критичного застосування, нафтогазової, спеціальної хімії, атомної енергетики або електростанцій);</p> <p>б) <b>Категорія II:</b> насоси для загального або менш критичного застосування (наприклад, насоси для безпечних рідин).</p> <p>ПРИМІТКА Вертикально підвішені насоси (позначення насосів від VS 1 до VS 7 відповідно до ISO13709<sup>(10)</sup> з частотою обертання понад 600 об/хв, як правило, відносяться до категорії II.</p> <p>Для кожної з цих категорій застосовуються різні граничні значення вібрації. Тому класифікація насоса повинна бути узгоджена між виробником і користувачем.</p> <p><b>5.2 Зони оцінки</b></p> <p><b>Зона А:</b> Вібрація нових машин, що вводяться в експлуатацію,</p>	<p><b>5 Evaluation zones and conditions for operation in situ and acceptance tests</b></p> <p><b>3.1 General</b></p> <p>The evaluation zones given in 5,2 are defined to permit a qualitative assessment of the vibration of a given machine and to provide guidelines on possible actions.</p> <p>Numerical values, as given in Annex A and annex B, provide guidelines for ensuring that gross deficiencies or unrealistic requirements are avoided. In certain cases, however, there may be specific features associated with a particular machine which would require different zone limit values (higher or lower) to be used. In such cases it is normally necessary to explain the reasons for this and, in particular, to confirm that the pump will not be endangered by operating with higher vibration values.</p> <p>This part of ISO 10816 divides pumps into two categories as follows:</p> <p>a) <b>Category I:</b> Pumps required to have a high level of reliability, availability or safety reasons (e.g. pumps for toxic and/or hazardous liquids; for critical application, oil and gas, special chemical, nuclear or power plant application);</p> <p>b) <b>Category II:</b> Pumps for general or less critical application (e.g. pumps for non-hazardous liquids).</p> <p>NOTE Vertical suspended pumps (pump designations VS 1 to VS 7 according to ISO13709<sup>(10)</sup> with speeds above 600r/min are usually within Category II</p> <p>For each of these categories, different vibration limits apply. Therefore the classification of a pump has to be agreed upon between the manufacturer and the user.</p> <p><b>3.1 Evaluation zones</b></p> <p><b>Zone A:</b> The vibration of newly commissioned machines normally falls within this zone.</p>

Українською мовою	Англійською мовою
<p>зазвичай знаходиться в цій зоні.</p> <p><b>Зона В:</b> Машини з вібрацією в межах цієї зони зазвичай вважаються прийнятними для необмеженої тривалої експлуатації.</p> <p><b>Зона С:</b> Машини з вібрацією в цій зоні зазвичай вважаються незадовільними для тривалої безперервної експлуатації. Як правило, машина може експлуатуватися протягом обмеженого періоду часу в такому стані, поки не з'явиться відповідна можливість для виправлення ситуації.</p> <p><b>Зона D:</b> Значення вібрації в цій зоні зазвичай вважаються достатніми для того, щоб викликати пошкодження машини.</p> <p><b>5.3 Межі оціночних зон</b></p> <p>Значення меж зон, наведені в додатку А, є максимальними широкосмуговими значеннями швидкості, а для приймально-здавальних випробувань - також фільтрованої (в 1 раз більшої частоти обертання і частоти проходження лопаток, <math>f_n - z_i</math>) швидкості (див. таблицю А.1). Для тихохідних насосів додатково наводяться відфільтро-вані (0,5-кратні, 1-кратні та 2-кратні частоти обертання) значення подачі (див. таблицю А.2), якщо вимірювання проводяться двома ортогонально орієнтованими радіальними перетворювачами (див. 3.3), то слід використовувати залежність кожної з величин, виміряних у кожній площині вимірювань.</p> <p>Якщо обидва критерії швидкості вібрації та переміщення є релевантними, а максимальні виміряні значення швидкості та переміщення порівнюються з відповідними значеннями, наведеними в таблицях А.1 і А.2, повинна застосовуватися зона оцінювання, яка є найбільш обмежувальною.</p> <p>Критерії, наведені в таблицях А.1 і А.2, застосовуються до радіальної вібрації на всіх підшипниках і до осьової вібрації на упорних підшипниках (щодо осьової вібрації див. також 3.3.2).</p> <p><b>5.4 Умови експлуатації на місці</b></p> <p>Нормальними умовами експлуатації на місці є усталена робота</p>	<p><b>Zone B:</b> Machines with vibration within this zone are normally considered acceptable for unrestricted long-term operation.</p> <p><b>Zone C:</b> Machines with vibration within this zone are normally considered unsatisfactory for long-term continuous operation. Generally, the machine may be operated for a limited period in this condition until a suitable opportunity arises for remedial action.</p> <p><b>Zone D:</b> Vibration values within this zone are normally considered to be of sufficient severity to cause damage to the machine.</p> <p><b>3.2 Evaluation zone limits</b></p> <p>The values for the zone limits which are given in Annex A are the maximum broad-band values of velocity and, for acceptance tests, also the filtered (1 times the running speed and blade-passing frequency, <math>f_n - z_i</math>) velocity (see Table A.1). For low-speed pumps, additionally the filtered (0,5 times, 1 times and 2 times the running speed) displacement values are listed (see Table A.2) when measurements are taken from two orthogonally oriented radial transducers (see 3.3) the hinger of the each of the values measured in each measurement plane should be used.</p> <p>When both vibration velocity and displacement criteria sre relevant, and the maximum measured values of velocity and displacement are compared to the corresponding values in Table A.1 and Table A.2, the evaluation zone which is the most restrictive shall apply.</p> <p>The criteria in Table A.1 and Table A.2 apply to radial vibration on all bearings and to axial vibration on thrust bearings (for axial vibration, see also 3.3.2).</p> <p><b>3.3 Conditions for operation in situ</b></p> <p>The normal conditions for operation in situ are steady-state operation of the fully installed pumps at rated speed and load. The evaluation zones defined in 5,2 are relevant to these conditions.</p> <p><b>3.4 Conditions for acceptance test</b></p> <p><b>3.4.1 General</b></p> <p>Wherever acceptance test is mentioned in this part of ISO 10816 it</p>



Українською мовою	Англійською мовою
<p>повністю встановлених насосів при номінальній частоті обертання та навантаженні. Оціночні зони, визначені в 5.2, відносяться до цих умов.</p> <p><b>5.5 Умови проведення приймально-здавальних випробувань</b></p> <p><b>5.5.1 Загальні положення</b></p> <p>Скрізь, де в цьому стандарті згадуються приймально-здавальні випробування, слід брати до уваги, що всі деталі щодо місця, обсягу та форми цих випробувань є обов'язковими і повинні бути визначені та узгоджені між обома сторонами контракту.</p> <p>Наведені нижче умови повинні застосовуватися для приймальних випробувань, якщо не вказано інше. Приймально-здавальні випробування будуть проводитися, якщо вони необхідні та визначені.</p> <p><b>5.5.2 Заводські приймальні випробування</b></p> <p>Вібрація нових насосів, встановлених на випробувально-му стенді, повинна, як правило, знаходитися в межах зони В у всьому допустимому робочому діапазоні (див. межі, наведені в таблиці А.1, якщо не вказано інше). Якщо значення на випробувальному стенді не відповідають цій вимозі, необхідно провести додаткові вимірювання (наприклад, аналіз БПФ) виробником для з'ясування причини відхилення.</p> <p>Зазвичай причиною більш високих значень є те, що дросельний клапан знаходиться дуже близько до насоса і це викликає вібрацію на трубопроводах, корпусі насоса і корпусі підшипника.</p> <p>Якщо значення перевищують граничні значення вібрації, виробник повинен продемонструвати за допомогою додаткових вимірювань першопричину цих значень, наприклад, через тимчасове кріплення (опори).</p> <p><b>5.5.3 Приймальні випробування на місці</b></p> <p>Умови на місці застосовуються до насосів, які повністю встановлені на місці.</p>	<p>should be taken into account that all the details about place, size and form of those test procedures are optional and need to be specified and agreed between both parties of a contract.</p> <p>The conditions below shall apply for acceptance tests unless others are specified. Acceptance tests will be carried out if required and specified.</p> <p><b>3.4.2 Factory acceptance test</b></p> <p>The vibration of new pumps installed in a test bed should normally fall within zone B in the entire allowable operating range (see the limits given in Table A.1 unless otherwise specified). If the values at the test facility do not fulfil this requirement, additional measurements (e.g. FFT analysis) by the manufacturer to clarify the reason for the deviation are necessary.</p> <p>Normally the reason for higher values is that the throttle valve is very near to the pump and this causes vibration at the piping, the pump casing and the bearing housing.</p> <p>If the values exceed the vibration limits the manufacturer shall demonstrate with additional measurements the root cause for these values, e.g. due to a temporary fixing (supports).</p> <p><b>5.5.3 Acceptance test in situ</b></p> <p>The in situ conditions apply to pumps which are fully installed on site.</p> <p>The borderline between zone A and zone B is normally considered to be the limit value for acceptance test in situ when running in the preferred operating range. For the entire allowable operating range, higher vibration is expected but still being within zone B (see Table A.1 for details).</p>

<b>Українською мовою</b>	<b>Англійською мовою</b>
<p>Межа між зоною А і зоною В зазвичай вважається граничним значенням для приймально-здавальних випробувань на місці при роботі в бажаному робочому діапазоні. Для всього допустимого робочого діапазону очікується більш висока вібрація, але все ще в межах зони В (див. Таблицю А.1 для отримання додаткової інформації).</p>	

Українською мовою	Англійською мовою
<p><b>6 Експлуатаційні обмеження</b></p> <p><b>6.1 Загальні відомості</b></p> <p>Для довготривалої експлуатації зазвичай встановлюються експлуатаційні межі вібрації. Ці межі мають форму "СИГНАЛ ТРИВОГИ" та ВІДКЛЮЧЕННЯ.</p> <p><b>ТРИВОГА:</b> Попередження про те, що досягнуто певного значення вібрації або відбулася значна зміна, при якій можуть знадобитися коригувальні дії. Як правило, якщо виникає ситуація ТРИВОГА робота може продовжуватися протягом певного періоду, поки проводяться розслідування для виявлення причини зміни вібрації та визначення будь-яких коригувальних дій.</p> <p><b>ВІДКЛЮЧЕННЯ:</b> Вказує на величину вібрації, при перевищенні якої подальша експлуатація машини може призвести до пошкодження. Якщо межа ВІДКЛЮЧЕННЯ перевищена, слід негайно вжити заходів для зменшення вібрації або вимкнути машину.</p> <p>Різні експлуатаційні межі, що відображають відмінності в динамічному навантаженні і жорсткості опори, можуть бути визначені для різних місць і напрямків вимірювання.</p> <p><b>6.2 Налаштування сигналу ТРИВОГА</b></p> <p>Граничні значення ТРИВОГА можуть значно відрізнятися в більшу або меншу сторону для різних машин. Вибрані значення, як правило, встановлюються відносно базового значення, визначеного на основі досвіду для місця або напрямку вимірювання для даної конкретної машини.</p> <p>Рекомендується встановлювати межу ТРИВОГА вище базового рівня на величину, що дорівнює 25% від верхньої межі зони В. Якщо базовий рівень низький, то ТРИВОГА може бути нижче зони С.</p> <p>За відсутності встановленої базової лінії (наприклад, для нової машини), початкове налаштування ТРИВОГА повинно базуватися або на досвіді роботи з іншими аналогічними машинами,</p>	<p><b>3 Operational limits</b></p> <p><b>6.1 General</b></p> <p>For long-term operation, it is common practice to establish operational vibration limits. These limits take the form of ALARM and TRIP.</p> <p><b>ALARM:</b> To provide a warning that a defined value of vibration has been reached or a significant change has occurred, at which remedial action may be necessary. In general, if an ALARM situation occurs, operation can continue for a period whilst investigations are carried out to identify the reason for the change in vibration and define any remedial action.</p> <p><b>TRIP:</b> To specify the magnitude of vibration beyond which further operation of the machine may cause damage. If the TRIP limit is exceeded, immediate action should be taken to reduce the vibration or the machine should be shut down.</p> <p>Different operational limits, reflecting differences in dynamic load and support stiffness, may be specified for different measurement locations and directions.</p> <p><b>6.2 Setting of ALARMS</b></p> <p>The ALARM limits may vary considerably, up or down, for different machines. The values chosen will normally be set relative to a baseline value determined from experience for the measurement location or direction for that particular machine.</p> <p>It is recommended that the ALARM limit be set higher than the baseline by an amount equal to 25% of the upper limit of zone B. If the baseline is low, the ALARM may be below zone C.</p> <p>Where there is no established baseline (for example with a new machine), the initial ALARM setting should be based either on experience with other similar machines or relative to agreed acceptance values. After a period of time, the steady-state baseline value will be established and the ALARM setting should be adjusted accordingly.</p>

Українською мовою	Англійською мовою
<p>або на узгоджених прийнятних значеннях. Через певний період часу буде встановлено стаціонарне базове значення, і налаштування ТРИВОГА повинно бути скориговане відповідно.</p> <p>Рекомендується, щоб межа ТРИВОГА зазвичай не перевищувала в 1,25 рази верхню межу зони В.</p> <p>Якщо базова лінія стаціонарного режиму змінюється (наприклад, після капітального ремонту машини), налаштування ТРИВОГА повинно бути відповідно переглянуте (приклад наведено в Додатку С).</p> <p><b>6.3 Налаштування сигналу ВІДКЛЮЧЕННЯ</b></p> <p>Граничні значення ВІДКЛЮЧЕННЯ, як правило, стосуються механічної цілісності машини і залежать від будь-яких специфічних конструктивних особливостей, які були введені для того, щоб машина могла витримувати аномальні динамічні сили. Таким чином, значення, що використовуються, будуть, як правило, однаковими для всіх машин подібної конструкції і, як правило, не будуть пов'язані з базовим значенням стаціонарного стану, що використовується для встановлення сигналу ТРИВОГА.</p> <p>Однак для машин різної конструкції можуть існувати відмінності, і неможливо дати чіткі рекомендації щодо абсолютних меж TRIP.</p> <p>Як правило, межа відключення знаходиться в межах зони С або зони D, але рекомендується, щоб межа відключення не перевищувала в 1,25 рази верхню межу зони С.</p>	<p>It is recommended that the ALARM limit should not normally exceed 1,25 times the upper limit of zone B.</p> <p>If the steady-state baseline changes (for example after a machine overhaul), the ALARM setting should be revised accordingly (an example is given in Annex C).</p> <p><b>6.3 Setting of TRIPS</b></p> <p>The TRIP limits will generally relate to the mechanical integrity of the machine and be dependent on any specific design features which have been introduced to enable the machine to withstand abnormal dynamic forces. The values used will, therefore, generally be the same for all machines of similar design and would not normally be related to the steady-state baseline value used for setting ALARMS.</p> <p>There may, however, be differences for machines of different design and it is not possible to give clear guidelines for absolute TRIP limits. In general, the TRIP limit will be within zone C or zone D, but it is recommended that the TRIP limit not exceed 1,25 times the upper limit of zone C.</p>

Українською мовою	Англійською мовою
<p><b>Додаток А (нормативний)</b>  <b>Межі оціночної зони для вібрації частин, що не обертаються</b></p> <p>Ці значення застосовуються до вимірювань радіальної вібрації на всіх підшипниках, опорах або корпусах роторнодинамічних насосів і до вимірювань осьової вібрації на упорних підшипниках в усталених умовах експлуатації в номінальному діапазоні частоти обертання, незалежно від гнучкості опори і способу установки (див. Додаток D). Вони не застосовуються, коли насоси перебувають у перехідному стані (наприклад, графік швидкості або навантаження). У таблиці А.2 додатково наведені граничні значення вібраційних переміщень для низькооберткових насосів.</p> <p>Якщо обидва критерії швидкості вібрації й переміщення є релевантними, а максимальні виміряні значення швидкості та переміщення порівнюються з відповідними значеннями, наведеними в таблицях А.1 та А.2, то застосовується зона оцінки, яка є найбільш обмежувальною.</p> <p><b>Таблиця А.1</b> – Зональні обмеження вібрації не обертових частин роторнодинамічних насосів потужністю понад 1 кВт, що застосовуються для робочих коліс з лопатями <math>z_i \geq 3</math>.</p> <p><b>Таблиця А.2</b> – Додаткові критерії обмеження вібрації не обертових частин роторнодинамічних насосів з частотою обертання сільфона 600 об/хв, дійсні для відфільтрованих значень подачі (0,5, 1 і 2 рази від частоти обертання).</p> <p>Слід зазначити, що існують специфічні насоси або особливі умови підтримки та експлуатації, а також деякі конструкції насосів і форми робочих коліс для спеціальних застосувань, для яких можуть бути допустимі інші значення (більші або менші), ніж ті, що наведені в Таблиці А.1 і Таблиці А.2. Всі такі випадки повинні бути узгоджені між виробником і користувачем.</p> <p>На насос, що знаходиться в режимі очікування, можуть впливати працюючі машини, встановлені поблизу, що може призвести до</p>	<p><b>Annex A (normative)</b>  <b>Evaluation zone limits for vibration of non-rotating parts</b></p> <p>These values apply to radial vibration measurements on all bearings, pedestals or housings of rotodynamic pumps and to axial vibration measurements on thrust bearings under steady-state operating conditions at rated speed range, irrespective of the support flexibility and installation operation (see Annex D). They do not apply when the pumps is undergoing a transient condition (e.g. starting speed or load). Table A.2 gives additionally vibration displacement limits for low-speed pumps.</p> <p>When both vibration velocity and displacement criteria are relevant, and the maximum measured values of velocity and displacement are compared to the corresponding values in Table A.1 and Table A.2, the evaluation zone which is the most restrictive shall apply.</p> <p><b>Table A.1</b> – Zone limits for vibration of non-rotating parts of rotodynamic pumps with power above 1 kW, applicable for impellers with of blades <math>z_i \geq 3</math>.</p> <p><b>Table A.2</b> – Additional criteria for vibration limits on non-rotating parts of rotodynamic pumps with running speed below 600 r/min, valid for filtered displacement values (0,5 times, 1 times and 2 times the running speed).</p> <p>It should be noted that there are specific pumps or special support and operating conditions as well as some pump designs and impeller shapes for special applications, for which different values (higher or lower) from those given in Table A.1 and Table A.2 may be permissible. All such cases should be subject to agreement between the manufacturer and the user.</p> <p>A standby pump may be affected by running machines installed nearby that may cause damage especially at antifriction bearings of the standby pump. The vibration values given in this part of ISO 10816 are only valid for a running pump. If measurements are taken at the standby pump, vibration limits should be much lower. Those limits are not subject of this</p>

<b>Українською мовою</b>	<b>Англійською мовою</b>
<p>пошкодження, особливо підшипників кочення насоса, що знаходиться в режимі очікування. Значення вібрації, наведені в цьому стандарті, дійсні тільки для працюючого насоса. Якщо вимірювання проводяться на насосі, що знаходиться в режимі очікування, межі вібрації повинні бути значно нижчими. Ці межі не є предметом цієї частини ISO10816.</p>	<p>part of ISO 10816.</p>

Українською мовою	Англійською мовою
<p><b>Додаток В</b> (інформаційний)  <b>Критерії оцінки відносної вібрації вала роторнодинамічних насосів з підшипниками ковзання</b>  <b><i>В.1 Вимірювання вібрації вала</i></b>  Вимірювання відносної вібрації валу може бути корисним для виявлення дефектів тертя між обертовими та нерухомими частинами. Загальна інформація про методи вимірювання наведена в ISO 7919-1.</p> <p><b>Вимірювання вібрації</b>  валу доповнює вимірювання вібрації корпусу підшипника. Важливо розуміти, що не існує простого способу пов'язати вібрацію корпусу підшипника з вібрацією валу або навпаки. Значення, наведені в таблиці В.1, застосовні для горизонтальних насосів з гідродинамічними підшипниками-ми, що змащуються мастилом. Вертикальні насоси та підшипники, що змащуються, не розглядаються в цьому додатку.</p> <p>Для вимірювання вібрації валу вимірювальне обладнання, що використовується, повинно відповідати вимогам, викладеним в ISO7919-1, а також вимогам ISO10817-1[7]. Діапазон частот повинен відповідати специфікаціям, наведеним у п. 3.2 цього стандарту. Вимірюваною величиною є нефільтроване пікове вібропереміщення, виміряне в мікрометрах . Биття валу в площинах вимірювання (сумарне електричне і механічне биття) повинно бути зведене до мінімуму і рекомендується не перевищувати 12,5% діаметрального зазору підшипника або 6 мкм , в залежності від того, яка з величин більша.</p> <p>Рекомендується використовувати два датчики, радіально встановлені в одній радіальній площині, перпендикулярній до осі вала або якомога ближче до неї, і встановлені під кутом <math>90^{\circ} \pm 5^{\circ}</math> один від одного на одній і тій же половині підшипника. Вимірювання пікової вібрації вала відносно корпусу підшипника повинно проводитися всередині корпусу підшипника або якомога ближче до</p>	<p><b>Annex B</b> (informative)  <b>Evaluation criteria for relative shaft vibration of rotodynamic pumps with sleeve bearings</b>  <b><i>B.1 Shaft vibration measurement</i></b>  Relative shaft vibration measurement can be useful to defect rubbing between the rotating and stationary parts. General information about measurement procedures are given in ISO 7919-1. Shaft vibration measurement is complementary to the bearing housing vibration measurement. It is important to recognize that there is no simple way to relate bearing housing vibration to shaft vibration, or vice versa. The values in Table B.1 are applicable for horizontal pumps with oil lubricated hydrodynamic bearings. Vertical pumps and product lubricated bearings are not covered within this annex.</p> <p>For shaft vibration measurement, the measurement equipment to be used shall conform to the requirements set out in ISO7919-1 and shall be in accordance with the requirements of ISO10817-1[7]. The frequency range shall fulfil the specifications given in 3. 2 of this part of ISO 10816. The measurement quantity is the unfiltered peak-to-peak vibration displacement measured in <math>\mu\text{m}</math>. The shaft runout at the measuring planes (total electrical and mechanical runout) should be minimized and is recommended to not exceed 12,5% of the diametrical bearing clearance or 6 <math>\mu\text{m}</math>, whichever is greater.</p> <p>The use of two transducers radially mounted in the same radial plane perpendicular to the shaft axis or as close to as practicable, and mounted <math>90^{\circ} \pm 5^{\circ}</math> apart on the same bearing half, is recommended. The measurement of peak-to-peak shaft vibration relative to the bearing housing should be taken inside the bearing housing or as close as possible to the bearing.</p> <p>A single transducer instead of the more typical pair orthogonal transducers may be used at a bearing, if it will provide adequate information on the magnitude of the machine vibration. In general caution</p>

Українською мовою	Англійською мовою
<p>нього.</p> <p>Один датчик замість більш типової пари ортогональних датчиків може бути використаний на підшипнику, якщо це забезпечить адекватну інформацію про величину вібрації машини. Загалом слід дотримуватися обережності при оцінці значень від одного датчика в площині вимірювання, оскільки він може бути не орієнтований для забезпечення розумного наближення до максимального значення в цій площині (див. ISO7919-1).</p> <p>З огляду на відносно високу швидкість обертання роторнодинамічних насосів, зазвичай застосовуються методи вимірювання з використанням безконтактних перетворювачів. Вони є кращими при частоті обертання обертових частин 3000 об/хв і більше. При монтажі безконтактних перетворювачів для вимірювання відносної вібрації вала слід дотримуватися обережності, щоб уникнути виникнення резонансів у межах кріплення перетворювачів.</p> <p><b><i>B.2 Оцінка вібрації валу</i></b></p> <p>Величина вібрації - це найбільше значення пікового переміщення, виміряного в двох обраних напрямках, ортогональних один одному. Значення, наведені в цьому додатку, є результатом досвіду експлуатації роторнодинамічних насосів і, якщо їм приділяти належну увагу, можна очікувати прийнятної роботи. Якщо використовується тільки один напрямок вимірювання, слід подбати про те, щоб переконатися, що він забезпечує адекватну інформацію.</p> <p>Різниця між абсолютними і відносними вимірами валу пов'язана з вібрацією корпусу підшипника, але може не дорівнювати їй чисельно через різницю кутів зсуву фаз. Таким чином, при застосуванні критеріїв цього стандарту при оцінці вібрації насоса на необертючих частинах (корпус підшипника) і на валу, що обертається, необхідно проводити незалежні вимірювання вібрації валу і корпусу підшипника. Якщо застосування різних критеріїв призводить до</p>	<p>should be observed when evaluating values from a single transducer in a measurement plane since it may not be oriented to provide a reasonable approximation of the maximum value in that plane (see ISO7919-1).</p> <p>In view of the relatively high rotational speed of rotodynamic pumps, measurement techniques using non-contacting transducers are commonly applied. These are preferred with rotating parts with speeds of 3000 r/min and more. When mounting non-contacting transducers for measuring relative shaft vibration, care should be taken to avoid resonances within the transducers mounting.</p> <p><b><i>B.2 Shaft vibration evaluation</i></b></p> <p>The vibration magnitude is the higher value of the peak-to-peak displacement measured in two selected directions orthogonal to each other. The values presented in this annex are the result of experience with rotodynamic pumps and, if due regard is paid to them, acceptable operation can be expected. If only one measurement direction is used care should be taken to ensure that it provides adequate information.</p> <p>The difference between the shaft absolute and shaft relative measurements is related to the bearing housing vibration but may not be numerically equal to it because of phase angle differences. Thus, when the criteria of this part of ISO10816 are applied in the assessment of pump vibration on non-rotating parts (bearing housing), and on the rotating shaft, independent shaft and bearing housing vibration measurements shall be made. If application of the different criteria leads to different assessments of vibration severity, the more restrictive is considered to apply.</p> <p>The basic assumption for a safe operation of a hydrodynamic bearing is that the shaft in the bearing shell may only be displaced so far that contact between shaft and bearing shell is avoided. The bearing clearance between shaft and bearing shell therefore shall never be completely bridged by the vibration displacement of the shaft movement in relation to the bearing shell (this assumes that the bearing clearance is the smallest clearance</p>



Українською мовою	Англійською мовою
<p>різних оцінок тяжкості вібрації, вважається, що застосовується більш обмежувальний критерій.</p> <p>Основним припущенням для безпечної роботи гідродинамічного підшипника є те, що вал в обоймі підшипника може зміщуватися лише настільки, щоб уникнути контакту між валом і оболонкою підшипника. Таким чином, зазор між валом і корпусом підшипника ніколи не повинен повністю перекриватися вібраційним зміщенням руху валу відносно корпусу підшипника (при цьому передбачається, що зазор підшипника є найменшим зазором у порівнянні з іншими деталями, такими як ущільнення або лабіринти). Оцінка величини вібрації відноситься до діаметрального зазору підшипника, як це було в новому насосі. Таким чином, доцільно обмежити вібраційний зсув переміщення валу відносно вкладиша підшипника, як функцію діаметрального зазору підшипника.</p> <p>Зазор підшипників нового насоса повинен бути вказаний виробником насоса. Для упорних підшипників допустимий зазор також повинен бути вказаний виробником.</p> <p>Основним припущенням для безпечної експлуатації підшипника ковзання є відсутність контакту між обертовим валом і нерухомими частинами, такими як вкладиш підшипника, а також відсутність перевищення граничних значень вібрації на підшипнику.</p> <p>Граничні значення вібрації вала вказані в цьому додатку як функція тільки діаметрального зазору підшипника. Ці обмеження не поширюються на осьову вібрацію вала на упорних підшипниках.</p> <p>ПРИМІТКА ISO 7919-3[3] визначає межі вібрації вала як функцію максимальної робочої швидкості. Однак для деяких насосів значення переміщення, рекомендовані в ISO 7919-3, можуть бути вищими, ніж фактичний зазор підшипника.</p> <p>Через те, що місця вимірювання знаходяться близько до підшипника, більші прогини валу можуть спостерігатися в інших місцях вздовж валу, тому слід подбати про те, щоб в цих місцях не</p>	<p>compared to other parts such as seals or labyrinths).</p> <p>The evaluation of the vibration magnitudes is referred to the diametrical bearing clearance as it was in the new pump. Thus it is advisable to limit the vibration displacement of the shaft movement in relation to the bearing shell as a function of the diametrical bearing clearance.</p> <p>The bearing clearance of a new pump shall be stated by the pump manufacturer. For axial bearings, the permissible clearance has also to be stated by the manufacturer.</p> <p>The basic assumption for a safe operation of a sleeve bearing is that no contact occurs between the rotating shaft and the stationary parts such as the bearing shell and also that the limits of vibration on the bearing are not exceeded.</p> <p>Shaft vibration limits are specified in this annex as a function of the diametrical bearing clearance only. These limits do not apply to axial shaft vibration on thrust bearings.</p> <p>NOTE ISO 7919-3[3] gives shaft vibration limits as a function of maximum service speed. However, for some pumps, the displacement values recommended in ISO 7919-3 might be higher than the actual bearing clearance.</p> <p>Due to the fact that the measurement locations are close to the bearing, higher shaft deflections could be experienced at other positions along the shaft and care should be taken that no contact occurs at those positions, for example in a seal area or inside multistage pumps.</p> <p>For transient conditions, the maximum limit is normally the upper limit of zone C.</p> <p><b>Table B.1</b> – Recommended values for maximum relative displacement of the shaft as a function of the nominal diametrical clearance for rotodynamic pumps with hydrodynamic bearings.</p>

Українською мовою	Англійською мовою
<p>відбувалося контакту, наприклад, в зоні ущільнення або всередині багатоступневих насосів.</p> <p>Для перехідних режимів максимальною межею зазвичай є верхня межа зони С.</p> <p><b>Таблиця В.1</b> - Рекомендовані значення максимального відносного переміщення валу в залежності від номінального діаметрального зазору для роторнодинамічних насосів з гідродинамічними підшипниками.</p>	

Українською мовою	Англійською мовою
<p><b>Додаток С</b> (інформативний)</p> <p><b>Приклад встановлення значень параметрів ТРИВОГА і ВІДКЛЮЧЕННЯ</b></p> <p>Розглянемо випадок відцентрового насоса зі швидкістю обертання 1500 об/хв і потужністю 100 кВт, що відноситься до категорії II. Експлуатаційна межа ТРИВОГА для нової машини, для якої немає попередніх відомостей про вібрацію підшипників, зазвичай встановлюється в межах зони С. Конкретне значення часто встановлюється за взаємною домовленістю між виробником машини та користувачем. Для цього прикладу припустимо, що спочатку воно було встановлене біля межі зони В/С для кожного підшипника, наприклад, до значення середньої частоти обертання 6 мм/с (максимальна рекомендована межа ТРИВОГА для цього типу насоса становить 6,4 мм/с згідно з таблицею А.1).</p> <p>Рекомендована виробником межа ВІДКЛЮЧЕННЯ для відключення насоса в цьому прикладі становить 9 мм/с (максимальна рекомендована межа ВІДКЛЮЧЕННЯ для насоса категорії II становить 10,6 мм/с).</p> <p>Після певного періоду експлуатації машини користувач може залишити початкове значення ТРИВОГА (однакове для всіх підшипників) або розглянути можливість зміни значення ТРИВОГА для відображення типових базових значень вібрації в стаціонарному режимі на кожному підшипнику. Використовуючи процедуру, описану в пункті 6.2, як основу, значення ТРИВОГА може бути встановлене для кожного підшипника на рівні суми типового усталеного значення, отриманого з досвіду роботи з конкретною машиною, і 25% верхньої межі зони В. Таким чином, якщо типове усталене значення вібрації на одному підшипнику становить 2,5 мм/с, можна використовувати нове значення ТРИВОГА на рівні 3,8 мм/с (тобто <math>2,5 \text{ мм/с} + 0,25 \times 5,1 \text{ мм/с}</math>) (див. таблицю А.1). Це знаходиться в межах зони В. Якщо на іншому підшипнику типове</p>	<p><b>Annex C</b> (informative)</p> <p><b>Example of setting ALARM and TRIP values</b></p> <p>Consider the case of a 1500r/min centrifugal pump with a power of 100 kW classified as a Category II pump. The operational ALARM limit for a new machine for which there is no prior knowledge of bearing vibration is normally set within zone C. The specific value is often set by mutual agreement between the machine manufacturer and the user. For this example, assume it has been set initially near the zone limit B/C for each bearing, for example to an r.m.s. value of 6 mm/s (the maximum recommended ALARM limit for this pump type is 6,4 mm/s according to Table A.1).</p> <p>The recommended TRIP limit from the manufacturer to trip the pump in this example is an r.m.s. value of 9 mm/s (the maximum recommended TRIP limit for a Category II pump is 10,6 mm/s).</p> <p>After a period of machine operation, the user may choose to keep the original ALARM setting (same on all bearings) or consider the option of changing the ALARM setting to reflect the typical steady-state baseline values of vibration at each bearing. Using the procedure described in 6,2 as the basis, the ALARM may be set for each bearing to equal the sum of the typical steady-state value obtained from experience with the specific machine, and 25% of the upper limit of zone B. hence, if the typical steady-state r.m.s. value at one bearing is 2,5 mm/s, a new ALARM setting of 3,8 mm/s ( i.e. <math>2,5 \text{ mm/s} + 0,25 \times 5,1 \text{ mm/s}</math>) (see Table A.1) may be used. That is within zone B. If on another bearing the typical value is 4,3 mm/s, application of the procedure of 6.2 for this second bearing would result in a value of 5,6 mm/s (<math>4,3 \text{ mm/s} + 0,25 \times 5,1 \text{ mm/s}</math>). The difference between this (5,6 mm/s) and the initial ALARM limit (6,4 mm/s) is insignificant and therefore the ALARM limit would probably remain unchanged at 6,4 mm/s, within zone C.</p> <p>For either bearing of the pump, however, the machine TRIP limit would be the same and remain at an r.m.s. value of 9mm/s in accordance</p>

Українською мовою	Англійською мовою
<p>значення становить 4,3 мм/с, застосування процедури 6.2 для цього підшипника призведе до значення 5,6 мм/с (<math>4,3\text{мм/с} + 0,25 \times 5,1\text{ мм/с}</math>). Різниця між цим значенням (5,6мм/с) і початковою межею ТРИВОГА (6,4 мм/с) є незначною, і тому межа ТРИВОГА, ймовірно, залишиться незмінною на рівні 6,4 мм/с в межах зони С.</p> <p>Однак для будь-якого підшипника насоса межа відключення машини буде однаковою і залишиться на рівні 9 мм/с відповідно до Критерію І (див. 4.2.1). Підставою для цього є те, що межа відключення є фіксованим значенням, що відповідає максимальній вібрації, якій повинна піддаватися машина.</p>	<p>with Criterion I (see 4.2.1). The basis for this is that the TRIP limit is a fixed value corresponding to the maximum vibration to which the machine should be subjected.</p>

Українською мовою	Англійською мовою
<p><b>Додаток D</b> (інформативний)  <b>Врахування гнучкості опори та орієнтації установки</b>  Загалом існують дві різні ситуації з опорою (тип фундаменту):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– гнучка опора, коли власна частота коливань є меншою, ніж 75% від найнижчої частоти збудження машини (як правило частоти обертання),</li> <li>– жорстка опора, коли власна частота становить більше 125% від найнижчої частоти збудження</li> </ul> <p>На одній машині і особливо на одній опорі в різних напрямках можуть виникати різні ситуації. Часто дуже важко оцінити, чи є опора жорсткою або гнучкою. У будь-якому випадку слід уникати резонансу власних частот з частотою обертання або іншими частотами збудження.</p> <p>Досвід показує, що відмови (наприклад, відмови шарикопідшипників) залежать тільки від величини вібрації, а не від стану опори.</p> <p>Дослідження більш ніж 1500 насосів (проведені до підготовки цього стандарту) показали, що на величину вібрації не дуже сильно впливає гнучкість опори. В результаті цього факту в цьому стандарті не робиться різниці між жорсткими і гнучкими фундаментами.</p> <p>Ця частина ISO10816 не робить різниці між вертикально і горизонтально встановленими насосами, оскільки зібрані значення вимірювань не показали значних відмінностей.</p> <p>Оскільки вертикальні насоси пропонуються в різних типах зі спеціальними умовами опори, що впливають на поведінку вібрації, важко дати точні значення для кожної конструкції. Тим не менш, в результаті дослідження та аналізу отриманих значень вимірювань можна стверджувати, що вертикальні насоси можуть знаходитися в межах значень, характерних для горизонтальних насосів.</p>	<p><b>Annex D</b> (informative)  <b>Consideration of support flexibility and installation orientation</b>  In general two different support situations (type of foundation) exist:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– flexible support where the natural frequency is less than 75% of the lowest excitation frequency of the machine (usually the running speed),</li> <li>– rigid support where the natural frequency is more than 125% of lowest excitation frequency.</li> </ul> <p>On one machine and especially on one bearing in different directions different situations can occur. It is often very difficult to evaluate whether the support is rigid or flexible. In any case, resonance of natural frequencies with the running speed or other excitation frequencies should be avoided.</p> <p>Experiences show that failures (e.g. ball bearing failures) depend on vibration magnitude only and not on the support situation.</p> <p>The investigation of more than 1500 pumps (done prior to the preparation of this part of ISO 10816) showed that the vibration values are not very much affected by the support flexibility. As a result of this fact, this part of ISO10816 makes no distinction between rigid and flexible foundations.</p> <p>This part of ISO 10816 does not distinguish between vertically and horizontally mounted pumps since the collected measurement values did not show significant differences.</p> <p>Because vertical pumps are offered in various types with special support conditions affecting the vibration behavior it is difficult to give precise values for each design. Nevertheless it should be stated as a result of the investigation and the analysis of the measurement values taken that vertical pumps can be well within the limits for horizontal pumps.</p>

Українською мовою	Англійською мовою
<p><b>Бібліографія</b></p> <p>[1] ISO 5199, Технічні умови для відцентрових насосів - Клас II</p> <p>[2] ISO 5348, Механічні вібрації та удари - Механічне кріплення акселерометрів</p> <p>[3] ISO 7919-3, Механічна вібрація - Оцінка вібрації машин шляхом вимірювання на обертових валах - Частина 3: З'єднані промислові машини</p> <p>[4] ISO 7919-5, Механічна вібрація - Оцінювання вібрації машин шляхом вимірювання на обертових валах - Частина 5: Машинні агрегати в гідроелектростанціях та насосних установках</p> <p>[5] ISO 9905, Технічні умови для відцентрових насосів - Клас I</p> <p>[6] ISO 9908, Технічні умови для відцентрових насосів – клас III</p> <p>[7] ISO 10817-1, Системи вимірювання вібрації обертових валів - Частина 1: Відносне та абсолютне вимірювання радіальної вібрації</p> <p>[8] ISO 13373- 1, Контроль стану та діагностика машин - Контроль вібраційного стану - Частина 1: Загальні процедури</p> <p>[9] ISO13373- 1, Контроль стану та діагностика машин – Контроль вібраційного стану - Частина 2: Оброблення, аналіз та представлення даних про вібрацію</p> <p>[10] ISO 13709, Насоси відцентрові для нафтової, нафтохімічної та газової промисловості</p> <p>[11] ISO 15783, Насоси роторнодинамічні без ущільнень - клас II - Технічні умови</p>	<p><b>Bibliography</b></p> <p>[1] ISO 5199, Technical specifications for centrifugal pumps – Class II</p> <p>[2] ISO 5348, Mechanical vibration and shock – Mechanical mounting of accelerometers</p> <p>[3] ISO 7919-3, Mechanical vibration – Evaluation of machine vibration by measurements on rotating shafts – Part 3: Coupled industrial machines</p> <p>[4] ISO 7919-5, Mechanical vibration – Evaluation of machine vibration by measurements on rotating shafts – Part 5: Machine sets in hydraulic power generating and pumping plants</p> <p>[5] ISO 9905, Technical specifications for centrifugal pumps – Class I</p> <p>[6] ISO 9908, Technical specifications for centrifugal pumps – Class III</p> <p>[7] ISO 10817-1, Rotating shaft vibration measuring systems – Part 1: Relative and absolute sensing of radial vibration</p> <p>[8] ISO 13373- 1, Condition monitoring and diagnostics of machines – Vibration condition monitoring – Part 1: General procedures</p> <p>[9] ISO13373- 1, Condition monitoring and diagnostics of machines – Vibration condition monitoring – Part 2: Processing, analysis and presentation of vibration data</p> <p>[10] ISO 13709, Centrifugal pumps for petroleum, petrochemical and natural gas industries</p> <p>[11] ISO 15783, Seal-less rotodynamic pumps – Class II – Specification</p>

## 3.2 Розроблення пакету супровідної документації

### АНОТАЦІЯ

до національного НД ДСТУ ISO 10816-7 (ISO 10816-7:2009, IDT)

Вібрація механічна. Оцінювання стану машин за результатами вимірювання вібрації на необертювх частинах. Частина 7: Роторнодинамічні насоси промислового застосування з вимірюванням на обертових валах

Національний стандарт є переклад ISO 10816-7:2009 Mechanical vibration – Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts – Part 7: Rotodynamic pumps for industrial applications, including measurements on rotating shafts (Вібрація механічна. Оцінювання стану машин за результатами вимірювання вібрації на необертювх частинах. Частина 7: Роторнодинамічні насоси промислового застосування з вимірюванням на обертових валах).

Ступінь відповідності – ідентичний (IDT).

Переклад з англійської (en).

Уведено вперше.

Цей стандарт містить інструкції щодо оцінки вібрації роторнодинамічних насосів промислового застосування з номінальною потужністю понад 1 кВт. Визначає вимоги до оцінки вібрації на частинах, що не обертаються (вібрація корпусу підшипника), а також надає загальну інформацію та рекомендації щодо оцінювання відносної вібрації валу, що обертається.

Цей стандарт визначає зону та межі вібрації горизонтальних і вертикальних насосів. Критерії оцінки застосовуються до вібрації, створюваної самим насосом, а не до вібрації, яка передається насосу від зовнішніх джерел. Крім того, надаються рекомендації щодо визначення робочих обмежень і встановлення значень сигналів тривоги та відключення.

**Ключові слова:** оцінка вібрації, роторнодинамічні насоси, вібрація корпусу підшипника, зони та межі вібрації.

**ОПИС**  
**справи національного НД ДСТУ ISO 10816-7 (ISO 10816-7:2009, IDT)**

Вібрація механічна. Оцінювання стану машин за результатами вимірювання вібрації на необертюваних частинах. Частина 7: Роторнодинамічні насоси промислового застосування з вимірюванням на обертюваних валах

Ч/ч	Назва документа	Кількість примірників	Кількість аркушів	Порядковий номер аркуша у справі
1	Опис справи національного НД			
2	Копія супровідного листа щодо надсилання справи національного НД на прийняття			
3	ТЗ на розроблення проекту національного НД			
4	Перша редакція проекту національного НД			
5	Пояснювальна записка до першої редакції проекту національного НД			
6	Звід коментарів до першої редакції проекту національного НД			
7	Остаточна редакція проекту національного НД, підготовлена в Microsoft Word			
8	Електронні копії: - остаточної редакції проекту національного НД, підготовленої в Microsoft Word; - анотації до національного НД, підготовленої в Microsoft Word; - європейського НД			
9	Пояснювальна записка до остаточної редакції проекту національного НД			
10	Протокол відповідального ТК стосовно розгляду остаточної редакції проекту національного НД, щодо якого досягнуто консенсус			
11	Анотація до національного НД разом з електронною копією			
12	Інші документи			

\_\_\_\_\_  
(розробник)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(ім'я та прізвище)



**ЗВІД КОМЕНТАРІВ**

до першої редакції проекту національного НД

ДСТУ ISO 10816-7 (ISO 10816-7:2009, IDT) Вібрація механічна.

Оцінювання стану машин за результатами вимірювання вібрації на необертювних частинах. Частина 7: Роторнодинамічні насоси промислового застосування з вимірюванням на обертювних валах

<b>Ч/ч</b>	<b>Структурний елемент проекту національного НД</b>	<b>Назва підприємства, установи, організації, ТК які надали коментар, номер і дата листа чи повідомлення електронною поштою</b>	<b>Коментар</b>	<b>Висновок відповідального ТК</b>
1	2	3	4	5

Голова ТК

\_\_\_\_\_  
(підпис)\_\_\_\_\_  
(ім'я та прізвище)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_ р.

# СПРАВА

ДСТУ ISO 10816-7 (ISO 10816-7:2009, IDT)

**Вібрація механічна. Оцінювання стану машин за результатами  
вимірювання вібрації на необертювних частинах. Частина 7:**

**Роторнодинамічні насоси промислового застосування з вимірюванням  
на обертових валах**

У \_\_\_\_\_ томах

\_\_\_\_\_

загальна кількість аркушів у \_\_\_\_\_ томах

**ТОМ №** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

кількість аркушів у томі

### **3.3 Висновок**

Отже, в цьому розділі наукової роботи було розроблено документи справи стосовно ідентичного перекладу національного нормативного документу ДСТУ ISO 10816-7. Проєкт першої редакції національного нормативного документу наведено в додатку А

## ВИСНОВКИ

В роботі розроблено проєкт першої редакції національного нормативного документу ДСТУ ISO 10816-7 (ISO 10816-7:2009, IDT) Вібрація механічна. Оцінювання стану машин за результатами вимірювання вібрації на необертювних частинах. Частина 7: Роторнодинамічні насоси промислового застосування з вимірюванням на обертювних валах та супровідної документації до нього.

На основі проведених досліджень можна зробити висновки:

1. Наявна система технічного обслуговування недосконала, а саме, поява раптових відмов призводить до різних негативних явищ. Тому особливу увагу необхідно приділити вдосконаленню системи технічного моніторингу, яка базується на одержанні об'єктивної та правдивої інформації про стан устаткування під час його експлуатації без зупинки та демонтажу.

2. Міжнародний стандарт ISO 10816-7 містить інструкції щодо оцінки вібрації роторнодинамічних насосів промислового застосування потужністю понад 1 кВт. Визначає зону та межі вібрації насосів, а також робочі обмеження та значення інформуючих сигналів.

3. У випадку прийняття міжнародних, регіональних стандартів, кодексів усталеної практики та інших документів, що прирівнюються до них, а також змін до них як національних стандартів або кодексів усталеної практики застосовуються вимоги ДСТУ 1.7:2015.

4. Вимоги викладені в ДСТУ 1.2:2015 застосовують під час розроблення, перевірки, перегляду, скасування та відновлення національних стандартів, кодексів усталеної практики та змін до них, а також для нормативних документів, якими передбачено прийняття міжнародних та регіональних НД.

5. В роботі розроблено документи справи стосовно ідентичного перекладу національного нормативного документа ДСТУ ISO 10816-7.

Проект першої редакції відповідного національного НД наведено в додатку А.

**ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ**

- 1 ДСТУ 1.2:2015 Національна стандартизація. Правила проведення робіт з національної стандартизації.
- 2 ДСТУ 1.5:2015 Національна стандартизація. Правила розроблення, викладання та оформлення.
- 3 ДСТУ 1.7:2015 (ISO/IEC Guide 21-1:2005, ISO/IEC Guide 21-2:2005) Національна стандартизація. Правила та методи прийняття міжнародних і регіональних нормативних документів
- 4 Закон України "Про стандартизацію" від 05.06.2014 № 1315\_VII [Електронний ресурс]. – Голос України. 2014. - № 124. - URL: [http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1315\\_18](http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1315_18)
- 5 Новітні технології в освіті, науці та виробництві: збірник матеріалів II Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції, 16 квітня 2020 р. – Покровськ: ДВНЗ «ДонНТУ», 2020.– 282 с.
- 6 Вібродіагностика [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://vibro-expert.ru/vibrodiagnostika/elektronniie-jurnal.html>.
- 7 Про Загальнодержавну програму адаптації законодавства України до законодавства Європейського Союзу. Закон України № 1629-IV від 18 березня 2004 р. – [Електронний ресурс]. – <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1629a-15>
- 8 Євроінтеграційний Портал / Режим доступу: <https://eu-ua.kmu.gov.ua/ekonomichna-ta-haluzeva-spivpratsia-z-yes>
- 9 Математичне моделювання № 2(43) 2020 Інноваційні методи неруйнівного контролю якості металоконструкцій та технологічного устаткування [Електронний ресурс] / Режим доступу: [https://doi.org/10.31319/2519-8106.2\(43\)2020.219271](https://doi.org/10.31319/2519-8106.2(43)2020.219271)
- 10 Петрухин В.В., Петрухин С.В. Основы вибродиагностики и средства измерения вибрации: учебное пособие. - Москва: Инфра-Инженерия, 2010. -

- 176 с.: ил. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://djvu.online/file/F4pPQLMkd3IHX>
- 11 Вібродіагностика та вібромоніторинг стану обладнання / Режим доступу: <https://galp.com.ua/vibrodiagnostika-i-vibromonitoring>
- 12 Закон України «Про стандарти, технічні регламенти та процедури оцінки відповідності» [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/124-19>
- 13 Спецпроект EDERA та міжнародного фонду «Відродження» за підтримки ЄС у рамках проекту «Громадська синергія» <https://eu-agreement.ed-era.com>
- 14 Угода про асоціацію між Україною та ЄС [Електронний ресурс] / Режим доступу: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984\\_011#Te](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011#Te)
- 15 Сайт Компанії «VIBSENS» з вібраційних технологій. Режим доступу: <https://www.vibsens.com>
- 16 Гольдин А.С. Вибрация роторных машин. М.: Машиностроение, 1999, 344с. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://djvu.online/file/KIPrZZHWv8YMD>
- 17 Сайт міжнародної організації зі стандартизації Режим доступу: <https://www.iso.org/standards.html>
- 18 Сайт Британського інституту неруйнівного контролю. Моніторинг і діагностика стану вібрації. Режим доступу: <https://www.bindt.org/international-and-european-standards/cm-related-standards/vibration-condition-monitoring-and-diagnostics/?cookie-accept=1>
- 19 Журнал «Технічна діагностика та неруйнівний контроль» № (3) 2017, № (4) 2006 Режим доступу: <https://patonpublishinghouse.com/ukr/journals/tdnk>

**ДОДАТОК А**  
**ПРОЕКТ ПЕРШОЇ РЕДАКЦІЯ НАЦІОНАЛЬНОГО НОРМАТИВНОГО**  
**ДОКУМЕНТУ ДСТУ ISO 10816-7**



пр ДСТУ ISO 10816-7:202\_



---

---

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

ДСТУ ISO 10816-7:202\_  
(ISO 10816-7:2009, IDT)  
(Проект, перша редакція)

**Вібрація механічна**

**ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ МАШИН ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ  
ВИМІРЮВАННЯ ВІБРАЦІЇ НА НЕОБЕРТОВИХ  
ЧАСТИНАХ**

**Частина 7: Роторнодинамічні насоси промислового застосування з  
вимірюванням на обертових валах**

Київ  
ДП «УкрНДНЦ»  
202\_

пр ДСТУ ISO 10816-7:202\_

## ПЕРЕДМОВА

- 1 ВНЕСЕНО: Технічний комітет стандартизації «Технічна діагностика і неруйнівний контроль» (ТК 78), Сумський державний університет
- 2 ПРИЙНЯТО ТА НАДАНО ЧИННОСТІ: наказ ДП «УкрНДНЦ» від \_\_\_\_\_ 202\_ р. № \_\_\_\_\_ з 202\_ - - -
- 3 Національний стандарт відповідає ISO 10816-7:2009 Mechanical vibration – Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts – Part 7: Rotodynamic pumps for industrial applications, including measurements on rotating shafts (Вібрація механічна. Оцінювання стану машин за результатами вимірювання вібрації на необертюваних частинах. Частина 7: Роторнодинамічні насоси промислового застосування з вимірюванням на обертових валах)  
  
Ступінь відповідності – ідентичний (IDT)  
  
Переклад з англійської (en)
- 4 Цей стандарт розроблено згідно з правилами, установленими в національній стандартизації України
- 5 УВЕДЕНО ВПЕРШЕ

---

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

ДП «УкрНДНЦ» 202\_

## ЗМІСТ

	с.
Національний вступ	IV
Вступ до ISO 10816-7:2009	V
1 Сфера застосування	1
2 Нормативні посилання	3
3 Вимірювання вібрації	4
3.1 Величина вимірювання та процедура	4
3.2 Вимірювальна апаратура та частотний діапазон	4
3.2.1 Загальні положення	4
3.2.2 Запобіжні заходи	5
3.2.3 Постійний і періодичний моніторинг	6
3.3 Місця та напрямки вимірювання	7
3.3.1 Загальне вимірювання	7
3.3.2 Спеціальні осьові вимірювання	9
3.4 Умови монтажу та експлуатації	10
4 Оцінка вібрації	12
4.1 Загальні відомості	12
4.2 Оцінка вібрації корпусу підшипника	12
4.2.1 Критерій I: Величина вібрації	12
4.2.2 Критерій II: Зміна величини вібрації	13
4.3 Оцінювання на основі інформації про вектор вібрації	13
5 Оціночні зони та умови для експлуатації на місці та приймально-здавальних випробувань	14
5.1 Загальні положення	14
5.2 Зони оцінки	15
5.3 Межі оціночних зон	15
5.4 Умови експлуатації на місці	16
5.5 Умови проведення приймально-здавальних випробувань	16
5.5.1 Загальні положення	16
5.5.2 Заводські приймальні випробування	16
5.5.3 Приймальні випробування на місці	17
6 Експлуатаційні обмеження	17
6.1 Загальні відомості	17
6.2 Налаштування сигналу ТРИВОГА	18
6.3 Налаштування сигналу ВІДКЛЮЧЕННЯ	19
Додаток А (нормативний) Межі оціночної зони для вібрації частин, що не обертаються	20
Додаток Б (інформаційний) Критерії оцінки відносної вібрації вала роторнодинамічних насосів з підшипниками ковзання	23
Додаток В (інформативний) Приклад встановлення значень параметрів ТРИВОГА і ВІДКЛЮЧЕННЯ	27
Додаток Г (інформативний) Врахування гнучкості опори та орієнтації установки	28
Бібліографія	30

пр ДСТУ ISO 10816-7:202\_

## НАЦІОНАЛЬНИЙ ВСТУП

Цей національний стандарт ДСТУ ISO 10816-7 (ISO 10816-7:2009, IDT) «Вібрація механічна. Оцінювання стану машин за результатами вимірювання вібрації на необертюваних частинах. Частина 7: Роторнодинамічні насоси промислового застосування з вимірюванням на обертових валах», прийнятий методом перекладу, – ідентичний щодо ISO 10816-7:2009 (версія en) «Mechanical vibration – Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts – Part 7: Rotodynamic pumps for industrial applications, including measurements on rotating shafts».

Технічний комітет, відповідальний за цей стандарт, – ТК 78 «Технічна діагностика і неруйнівний контроль».

У цьому національному стандарті зазначено вимоги, які відповідають чинному законодавству України.

До стандарту внесено такі редакційні зміни:

- слова «ця частина ISO 10816» замінено на слова «цей стандарт»;
- структурні елементи стандарту: «Титульний аркуш», «Передмову», «Національний вступ», першу сторінку, «Бібліографічні дані» і національний стандарт — оформлено згідно з вимогами національної стандартизації України;
- вилучено «Передмову» до ISO 10816-7:2009 як таку, що безпосередньо не стосується технічного змісту цього стандарту;
- замінено знак «×» на знак «·» у випадках позначення математичних дій;
- у стандарті наведено «Національні пояснення», виділені в тексті рамкою.

У цьому стандарті є посилання на:

ISO 2954, прийнятий в Україні як національний стандарт ДСТУ ГОСТ ISO 2954:2004 (ГОСТ ISO 2954-97, IDT) Вібрація машин з

**пр ДСТУ ISO 10816-7:202\_**

зворотно поступальним й обертальним рухом. Вимоги до засобів вимірювання

ISO 7919-1 прийнятий в Україні як національний стандарт ДСТУ ГОСТ ИСО 7919-1:2009 (ГОСТ ИСО 7919-1-2002, IDT; ISO 7919-1:1996, MOD) Вібрація. Контролювання стану машин за результатами вимірювання вібрації на обертових валах. Загальні вимоги

ISO10816-1:1995, прийнятий в Україні як національний стандарт ДСТУ ГОСТ ИСО 10816-1:2007 Вібрація. Контроль стану машин за наслідками вимірювань вібрації на частинах, що не обертаються. Частина 1. Загальні вимоги (ГОСТ ИСО 10816-1-97, IDT; ISO 10816-1:1995, MOD).

Копії документів, на які є посилання в цьому стандарті, можна отримати в Національному фонді нормативних документів.

**ВСТУП ДО ISO 10816-7: 2009**

Вимірювання вібрації на роторнодинамічних насосах може бути корисним для багатьох цілей, наприклад, для оперативного моніторингу, приймальних випробувань та для діагностичного або аналітичного дослідження (моніторинг стану).

Загальний опис принципів, що застосовуються для вимірювання та оцінки вібрації промислових машин наведено в ISO 10816-1 для вимірювання вібрації на частинах, що не обертаються та ISO 7919-1 для валів, що обертаються.

Цей стандарт базується на даних про вібрацію, зібраних в результаті дослідження близько 1500 насосів, як в умовах експлуатації, так і на різних випробувальних стендах. Це дослідження включало насоси різних типів, частоти обертання і потужності, що працюють в широкому діапазоні подач. Завдяки великій кількості вимірювань ці дані вважаються характерними для насосів, що працюють задовільно,

**пр ДСТУ ISO 10816-7:202\_**

незважаючи на відсутність інформації про середній час між відмовами та умовами експлуатації для вимірюваних значень.

Статистична оцінка цих даних була зроблена для переважного робочого діапазону експлуатації, тобто від 70% до 120% продуктивності (ККД), а також оцінки потоку та залежності від потужності.

Це дослідження вібрації не виявило суттєвих відмінностей між жорсткими та гнучкими опорами або між горизонтальною та вертикальною орієнтацією насосів при вимірюванні в положеннях, визначених у цьому стандарті. На противагу іншим стандартами, що стосуються вимірювань вібрації (наприклад, ISO 10816-1, ISO 10816-3 та ISO13709[10] ), які враховують такі відмінності.

Статистичний аналіз показав незначну залежність значень вібрації від споживаної потужності насоса. Отже, в цьому стандарті розрізняють насоси потужністю до і понад 200 кВт.

пр ДСТУ ISO 10816-7:202\_

---

**НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ**

---

Вібрація механічна

**ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ МАШИН ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ВИМІРЮВАННЯ  
ВІБРАЦІЇ НА НЕОБЕРТОВИХ ЧАСТИНАХ**

Частина 7: Роторнодинамічні насоси промислового застосування з  
вимірюванням на обертових валах

**MECHANICAL VIBRATION  
EVALUATION OF MACHINE VIBRATION BY MEASUREMENTS ON NON-  
ROTATING PARTS**

Part 7: Rotodynamic pumps for industrial applications, including  
measurements on rotating shafts

---

Чинний від \_\_-\_\_-\_\_

**1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ**

Цей стандарт містить інструкції щодо оцінки вібрації роторнодинамічних насосів промислового застосування з номінальною потужністю понад 1 кВт. Він визначає особливі вимоги до оцінки вібрації, коли вимірювання вібрації проводяться на частинах, що не обертаються (вібрація корпусу підшипника). Він надає конкретні вказівки щодо ретельної оцінки вимірювання вібрації корпусів роторнодинамічних насосів на місці експлуатації та на випробувальному стенді виробника або на заводі. Цей стандарт також надає загальну інформацію та рекомендації щодо оцінювання відносної вібрації валу, що обертається.

Цей стандарт визначає зону та межі вібрації горизонтальних і вертикальних насосів, незалежно від гнучкості їхньої опори. Загальні критерії оцінки дійсні для моніторингу роботи роторнодинамічних насосів і для приймальних випробувань<sup>1)</sup> на місці або на випробувальному стенді

---

**пр ДСТУ ISO 10816-7:202\_**

виробника, якщо це зазначено. Для прийнятно-здавальних випробувань на випробувальному стенді виробника надаються особливі умови.

Для контролю значень вібрації під час тривалої роботи передбачено два критерії оцінки вібрації машини. Одним критерієм є величина спостережуваної вібрації, а другий розглядає зміни величини. Критерії оцінки застосовуються до вібрації, створюваної самим насосом, а не до вібрації, яка передається насосу від зовнішніх джерел. Критерії в основному служать для забезпечення надійної, безпечної тривалої роботи насосів, одночасно мінімізуючи шкідливий вплив на підключені пристрої. Крім того, надаються рекомендації щодо визначення робочих обмежень і встановлення значень сигналів тривоги та відключення.

Для насосних установок із вбудованими електричними двигунами (крильчатка безпосередньо на валу двигуна або вал крильчатки жорстко з'єднаний з валом двигуна), цей стандарт застосовується до всього агрегату.

Для двигунів із гнучким з'єднанням цей стандарт стосується лише насоса. Крім того, окремо встановлені прилади не входять до сфери застосування цього стандарту. Ці прилади розглядаються в ISO10816-3. З цього стандарту виключені наступні типи насосів:

- поршневі та обертові об'ємні насоси;
- насоси з приводом від поршневого двигуна;
- насоси в гідравлічних електростанціях і насосних установках потужністю понад 1 МВт (див. ISO 7919-5 [4] і ISO10816-5);
- насоси для переміщення твердих речовин, шламу та занурювальні насоси.

Крутильні коливання насосів не розглядаються в цьому стандарті.

---

<sup>1)</sup>Скрізь, де приймальні випробування згадуються в цьому стандарті, слід брати до уваги, що всі деталі щодо місця, розміру та форми цих процедур випробувань є необов'язковими та мають бути визначені та узгоджені між обома сторонами контракту.



## 2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

У цьому стандарті наведено посилання на такі національні стандарти:

ISO 2954, Mechanical vibration of rotating and reciprocating machinery – Requirements for instruments for measuring vibration severity

ISO 7919-1, Mechanical vibration of non-reciprocating machines – Measurements on rotating shafts and evaluation criteria – Part 1: General guideline

ISO10816-1:1995, Mechanical vibration – Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts – Part 1: General guidelines

Наступні документи, на які зроблені посилання, є обов'язковими для застосування цього документа. Для датованих посилань застосовується тільки цитоване видання. Для недатованих посилань застосовується останнє видання документа, на який зроблено посилання (включаючи будь-які зміни).

### НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

ISO 2954, Механічна вібрація обертових і зворотно-поступальних машин – Вимоги до приладів для вимірювання інтенсивності вібрації.

ISO 7919-1, Механічна вібрація машин без зворотно поступального руху – Вимірювання на обертових валах та критерії оцінювання – Частина 1: Загальні настанови

ISO 10816-1:1995, Механічна вібрація – Оцінювання вібрації машин за вимірюваннями на необертових частинах – Частина 1: Загальні настанови

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

пр ДСТУ ISO 10816-7:202\_

### **3 ВИМІРЮВАННЯ ВІБРАЦІЇ**

#### **3.1 Величина вимірювання та процедура**

Вимірюваною величиною для вимірювання вібрації не обертових частин<sup>2)</sup> роторнодинамічних насосів є середньоквадратична віброшвидкість у міліметрах на секунду (мм/с). Для швидкостей нижче 600 об/хв додатково необхідно вимірювати пікове зміщення в мікрометрах (мкм). Процедура вимірювання, якої слід дотримуватися, визначена в ISO10816-1.

#### **3.2 Вимірювальна апаратура та частотний діапазон**

##### **3.2.1 Загальні положення**

Вимірювальні прилади повинні відповідати вимогам, викладеним в ISO 10816-1. Вимірювальні прилади повинні бути здатні вимірювати середньоквадратичну віброшвидкість у широкому діапазоні частот, що сягає щонайменше від 10 Гц до 1000 Гц, і повинні відповідати вимогам ISO 2954.

Для насосів з робочою швидкістю нижче 600 об/хв нижня межа частоти вимірювальних приладів, як правило, повинна становити 2 Гц, щоб частота компонента вібрації на робочій швидкості знаходилася в межах діапазону вимірюваних частот. Крім того, вимірювальні прилади повинні вимірювати як середньоквадратичну віброшвидкість (у міліметрах за секунду), так і пікове зміщення (у мікрометрах).

У зв'язку з тим, що на широкосмуговий піковий зсув в низькочастотному діапазоні можуть сильно впливати стохастичні, імпульсні збудження, викликані потоком рідини, іноді можуть виникати значення, що перевищують нормальні, які потім повинні бути проаналізовані і пояснені, наприклад, за допомогою частотної фільтрації.

---

<sup>2)</sup>Вимірювання на валах, що обертаються, див. додаток Б.

**пр ДСТУ ISO 10816-7:202\_**

Відповідно до цього, для оцінки якості насоса рекомендується вимірювати переміщення від піку до піку для відфільтрованих значень при 0,5-кратному, 1-кратному і 2-кратному перевищенні робочої швидкості з шириною смуги пропускання 1 Гц або менше.

Для дуже високошвидкісних насосів або для діагностичних цілей (див., наприклад, ISO133373-1[8], що визначає більш детальний аналіз) може знадобитися використання вимірювальних приладів, які охоплюють більш широкий діапазон частот, як правило, до 2,5 разів більше частоти проходження лопатей, щоб компоненти частоти проходження лопаті були адекватно враховані.

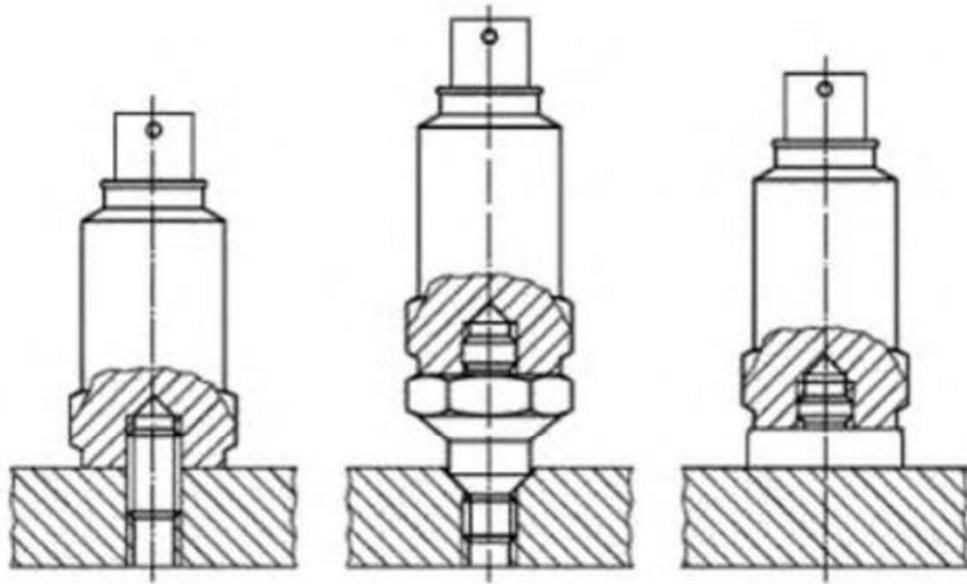
**3.2.2 Запобіжні заходи**

Необхідно подбати про те, щоб на вимірювальні прилади не впливали такі фактори, як:

- температурні коливання,
- магнітні поля,
- звукові поля,
- коливання джерела живлення,
- контури заземлення,
- довжина кабелю датчика,
- орієнтація датчика.

Особливу увагу слід звернути на те, щоб віброперетворювачі були правильно змонтовані і щоб таке кріплення не погіршувало точність вимірювань. Якщо використовуються віброперетворювачі з магнітною основою, то опорна поверхня на об'єкті вимірювання повинна бути підготовлена для уникнення похибок вимірювання. Відповідні способи монтажу показані на рисунку 1.

пр ДСТУ ISO 10816-7:202\_



**Рисунок 1 – Способи кріплення віброперетворювачів.**

**Примітка.** ISO 5348 [2] містить інформацію про механічне кріплення або акселерометри, яка також може бути застосована до датчиків швидкості.

### **3.2.3 Постійний і періодичний моніторинг**

Звичайною практикою для великих або критично важливих насосів є постійно встановлені прилади для безперервного онлайн-моніторингу вібрації в ключових точках вимірювання. Для багатьох насосів, переважно невеликих за розміром або потужністю, безперервний моніторинг вібрації не обов'язково проводити. Зміни в дисбалансі, працездатності підшипників, центрування і т.д. можуть бути виявлені з достатньою достовірністю за результатами періодичних вимірювань вібрації переносними приладами.

При виконанні тільки періодичних вимірювань на насосах дефекти, що раптово виникають, не будуть виявлені. Це особливо слід враховувати, коли насос має відношення до безпеки. У цьому випадку рекомендується безперервний моніторинг в режимі он-лайн. Використання комп'ютерів для аналізу тенденцій і попередження про

пр ДСТУ ISO 10816-7:202\_

несправності також стає все більш поширеним. Детальна інформація про процедури та прилади для моніторингу вібраційного стану наведена в ISO 13373-1[8].

### **3.3 Місця та напрямки вимірювання**

#### **3.3.1 Загальне вимірювання**

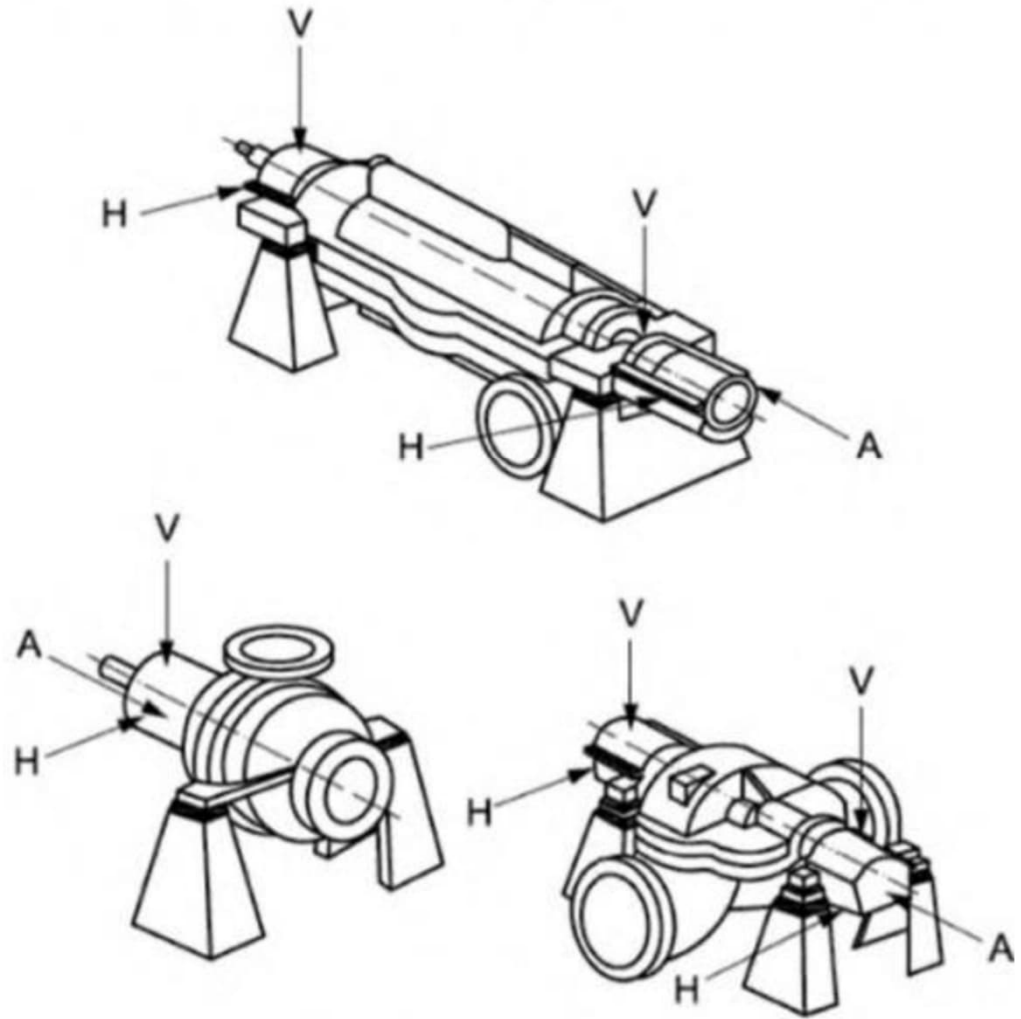
Вібрація не обертових частин роторнодинамічних насосів повинна вимірюватися на корпусі підшипника насоса. Вимірювання вібрації зазвичай проводяться на відкритих частинах насоса, до яких є доступ (див. рисунок 2 і 3).

Необхідно підтвердити, що вимірювання правильно відображають вібрацію корпусу підшипника і не погіршуються будь-яким локальним резонансом або посиленням. Місця вимірювань та орієнтація датчиків повинні бути такими, щоб динамічні сили насоса були представлені з достатньою чутливістю. Ці місця, як правило, розташовані близько до центральної лінії підшипників. Для забезпечення цього вимірювання, як правило, проводяться на кожному корпусі підшипника у двох ортогональних радіальних напрямках і, можливо, в одному осьовому напрямку (див. 3.3.2), як показано на рисунку 2 і рисунку 3.

Для насосів з горизонтальним розташуванням валів, як правило, перевага надається горизонтальному та вертикальному напрямкам, а також, якщо можливо, осьовому напрямку. Для насосів з вертикальним або похилим розташуванням валів місця вимірювання повинні бути обрані таким чином, щоб забезпечити максимальне значення. У більшості випадків воно буде лежати в напрямку найбільшої гнучкості та під кутом 90° від нього.

Місця і напрямки вимірювань, що використовувалися, повинні бути перераховані у звіті про вимірювання.

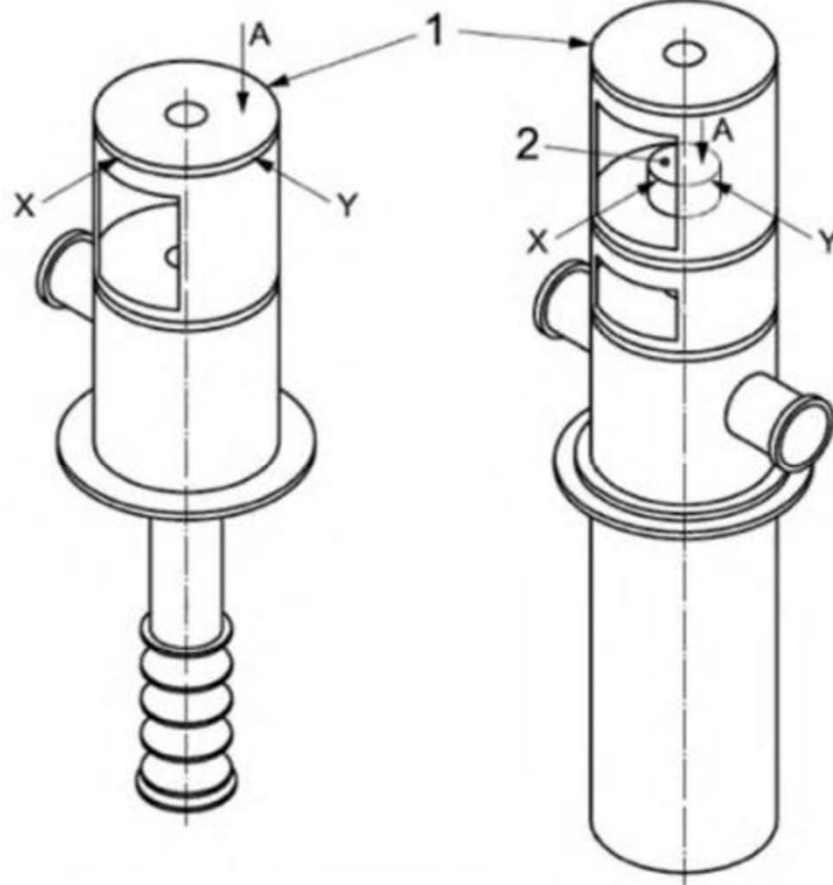
пр ДСТУ ISO 10816-7:202\_



H, V (горизонтальний, вертикальний) - два ортогональних радіальних напрямки вимірювання; A - осьовий напрямок вимірювання вібрації

**Рисунок 2 – Місця вимірювання на горизонтальних насосах.**

пр ДСТУ ISO 10816-7:202\_



Умовні позначки:

- 1 – монтажна поверхня приводу/нижній підшипник двигуна;
- 2 – корпус підшипника насоса
- X, Y - два ортогональні радіальні напрямки вимірювання;
- A - осьовий напрямок вимірювання.

### Рисунок 3 – Місця вимірювання на вертикальних насосах.

Переважно обирати це місце, яке знаходиться в межах досяжності, в іншому випадку можна використати нижній корпус підшипника двигуна.

#### 3.3.2 Спеціальні осьові вимірювання

Вимірювання осьової вібрації на основних радіальних несучих підшипниках під час постійного моніторингу експлуатації не є поширеною практикою. Такі осьові вимірювання в основному використовуються під час періодичних вібраційних обстежень або в діагностичних цілях. Однак

#### **пр ДСТУ ISO 10816-7:202\_**

певні несправності легше виявити в осьовому напрямку. Критерії осьової вібрації в даний час наведені тільки для упорних підшипників, де осьова вібрація корелює з осьовою пульсацією, яка може призвести до пошкодження осьових несучих поверхонь.

Критерії, наведені в таблицях А.1 і А.2, застосовуються до радіальної вібрації на всіх підшипниках і до осьової вібрації на упорних підшипниках.

### **3.4 Умови монтажу та експлуатації**

Під час монтажу насосів проектувальник системи, виробник насосів і користувач повинні звернути особливу увагу на те, щоб уникнути резонансу в підключеній системі трубопроводів і фундаменті з основними частотами збудження (наприклад, частотою обертання, подвійною частотою обертання або частотою проходження лопатей), оскільки такий резонанс може спричинити надмірну вібрацію.

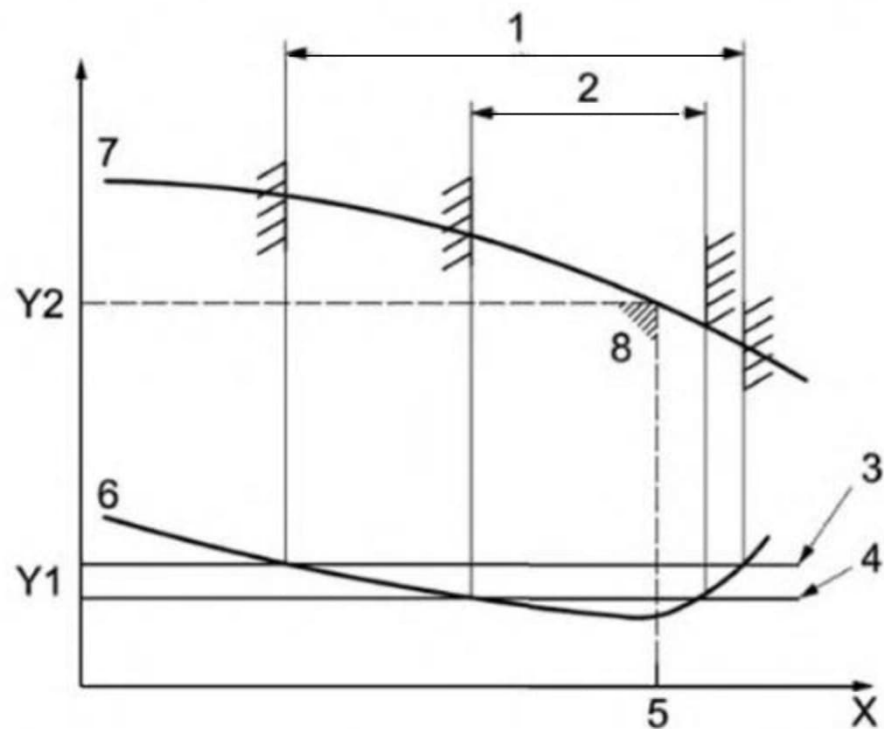
Вимірювання слід проводити, коли ротор і корінні підшипники досягли своїх нормальних стаціонарних робочих температур. Насос повинен експлуатуватися в зазначених робочих умовах, тобто при номінальних значеннях подачі, напору і швидкості, які є переважним робочим діапазоном (див. Рисунок 4). Цей стандарт також містить вказівки щодо експлуатації в межах усього допустимого робочого діапазону.

Особливу увагу слід звернути на ті насоси, які працюють в різних умовах експлуатації. Якщо мають місце змінні умови, вони повинні бути зазначені. Для насосів зі змінною швидкістю обертання або навантаженням вимірювання повинні проводитися за всіх умов, за яких насос може працювати протягом тривалого періоду часу. Максимальне виміряне значення за цих умов повинно вважатися відповідним рівню вібрації. При порівнянні вимірювань важливо, щоб умови експлуатації були однаковими в межах допусків випробувань.



пр ДСТУ ISO 10816-7:202\_

Допустимий робочий діапазон і бажаний робочий діапазон (загалом від 70% до 120% від ККД) для роторнодинамічного насоса повинен бути вказаний виробником насоса відповідно до технічних умов. За межами допустимого робочого діапазону можуть виникати більш високі значення вібрації. Вони є наслідком більших динамічних сил під час роботи роторнодинамічного насоса з частковим навантаженням і перевантаженням



X- потік; Y1- вібрація; Y2- напір; 1- допустима робоча область (ДРО); 2- бажана робоча область (БРО); 3- межа вібрації, ДРО; 4- межа вібрації, БРО; 5- витрата в точці найкращого ККД; 6- типова вібраційна характеристика; 7- звукова крива швидкості потоку; 8- точка найкращого ККД по напору і витраті

**Рисунок 4 – Робочі діапазони роторнодинамічних насосів.**

Якщо виміряна вібрація перевищує допустимі критерії прийнятності і є підозра на надмірну фонову вібрацію, вимірювання слід проводити при вимкненому насосі, щоб визначити ступінь зовнішнього впливу. Якщо

пр ДСТУ ISO 10816-7:202\_

вібрація при непрацюючому насосі перевищує 25% від значення, виміряного при працюючому насосі, можуть знадобитися коригувальні дії для зменшення впливу фонові вібрації. Ці значення можуть бути допустимі для короткочасної експлуатації; однак при безперервній роботі може виникнути пошкодження або передчасний знос.

## **4 ОЦІНКА ВІБРАЦІЇ**

### **4.1 Загальні відомості**

ISO 10816-1 надає загальний опис двох критеріїв оцінки, які використовуються для оцінки рівня вібрації різних типів машин. Один критерій враховує величину спостережуваної широкосмугової вібрації; інший – зміни величини, незалежно від того, збільшується вона чи зменшується.

Ці критерії вібрації представлені для стаціонарних умов при номінальних швидкостях і навантаженнях. Вони не застосовуються для інших умов або під час перехідних режимів роботи (наприклад, під час запуску та зупинки або при проходженні через резонансні діапазони швидкостей), коли можна очікувати більш високих значень вібрації. Однак необхідно обмежити вібрацію в цих перехідних умовах, щоб уникнути потенційно шкідливого контакту (наприклад, тертя) між обертовими та нерухомими частинами. Тому максимальна вібрація підшипника (а також максимальна вібрація вала, див. додаток Б ) під час перехідних операцій повинна бути нижче верхньої межі зони С (див. п. 5).

### **4.2 Оцінка вібрації корпусу підшипника**

#### **4.2.1 Критерій I: Величина вібрації**

Цей критерій стосується визначення величини вібрації, яка відповідає допустимим динамічним навантаженням на підшипники та допустимій передачі вібрації в навколишнє середовище. Максимальна величина вібрації, що спостерігається на кожному підшипнику,

пр ДСТУ ISO 10816-7:202\_

оцінюється в порівнянні з оціночними зонами (див. 5.2). Допустимі межі для кожної зони були встановлені на основі міжнародного досвіду і наведені в таблиці А.1 і таблиці А.2.

#### **4.2.2 Критерій II: Зміна величини вібрації**

Цей критерій дає змогу оцінити зміну величини вібрації порівняно з раніше встановленим базовим значенням. Може відбутися значна зміна величини широкосмугової вібрації, яка вимагає певних дій, навіть якщо межі зони С, наведені в таблицях А.1 і А.2, не були досягнуті. Такі зміни можуть бути миттєвими або прогресуючими і можуть вказувати на пошкодження, що починаються, або інші порушення. Критерій II визначається на основі зміни амплітуди широкосмугових вібрацій, що відбуваються в ustalених умовах експлуатації. Сталі умови експлуатації слід тлумачити як такі, що включають зміни в межах діапазону допусків на випробування потужності машини або умов експлуатації.

У разі застосування Критерію II вимірювання вібрації, що порівнюються, повинні проводитися в одному і тому ж місці розташування та орієнтації датчика, а також за приблизно однакових умов експлуатації насоса. Очевидні зміни в нормальних величинах вібрації, незалежно від їх загальної кількості, повинні бути досліджуються з метою уникнення небезпечної ситуації. Якщо збільшення або зменшення величини вібрації перевищує 25% від верхнього значення зони В, як зазначено в таблицях А.1 і А.2, такі зміни слід вважати значними, особливо якщо вони є раптовими. Тоді слід розпочати діагностичні дослідження, наприклад, з використанням спектра швидкого перетворення Фур'є (ШПФ), щоб встановити причину зміни (дисбаланс, кавітація, пошкодження підшипників тощо) та визначити, які подальші дії є доцільними.

#### **4.3 Оцінювання на основі інформації про вектор вібрації**

Оцінювання, що розглядається в цьому стандарті, обмежується широкосмуговою вібрацією без посилання на частотні компоненти або

пр ДСТУ ISO 10816-7:202\_

фазу. У більшості випадків це буде адекватним для прийнятно-здавальних випробувань та для цілей експлуатаційного моніторингу. Однак, для цілей довгострокового моніторингу стану і діагностики, використання інформації про вектор вібрації особливо корисно для виявлення змін в динамічному стані насоса.

У деяких випадках ці зміни можуть залишитися невиявленими при використанні тільки широкосмугових вимірювань вібрації (для більш детальної інформації див. ISO 10816-1:1995, додаток D).

Інформація про вібрацію, пов'язану з фазою та частотою, все частіше використовується для моніторингу та діагностики. Проте специфікація критеріїв для цього виходить за рамки цього стандарту.

## **5 ОЦІНОЧНІ ЗОНИ ТА УМОВИ ДЛЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НА МІСЦІ ТА ПРИЙМАЛЬНО-ЗДАВАЛЬНИХ ВИПРОБУВАНЬ**

### **5.1 Загальні положення**

Зони оцінки, наведені в 5.2, визначені для того, щоб дозволити якісно оцінити вібрацію даної машини та надати вказівки щодо можливих дій.

Числові значення, наведені в додатку А та додатку Б, є керівними принципами для забезпечення уникнення грубих недоліків або нереалістичних вимог. У деяких випадках, однак, можуть існувати специфічні особливості, пов'язані з конкретною машиною, які вимагають використання інших граничних значень зон (вищих або нижчих). У таких випадках, як правило, необхідно пояснити причини цього і, зокрема, підтвердити, що насос не буде піддаватися небезпеці при роботі з більш високими значеннями вібрації.

Цей стандарт поділяє насоси на дві категорії наступним чином:

а) **Категорія I:** Насоси, які повинні мати високий рівень надійності, доступності або безпеки з міркувань безпеки (наприклад, насоси для

**пр ДСТУ ISO 10816-7:202\_**

токсичних та/або небезпечних рідин; для критичного застосування, нафтогазової, спеціальної хімії, атомної енергетики або електростанцій);

б) **Категорія II:** насоси для загального або менш критичного застосування (наприклад, насоси для безпечних рідин).

**Примітка.** Вертикально підвішені насоси (позначення насосів від VS 1 до VS 7 відповідно до ISO13709[10] з частотою обертання понад 600 об/хв, як правило, відносяться до категорії II.

Для кожної з цих категорій застосовуються різні граничні значення вібрації. Тому класифікація насоса повинна бути узгоджена між виробником і користувачем.

### **5.2 Зони оцінки**

**Зона А:** Вібрація нових машин, що вводяться в експлуатацію, зазвичай знаходиться в цій зоні.

**Зона В:** Машини з вібрацією в межах цієї зони зазвичай вважаються прийнятними для необмеженої тривалої експлуатації.

**Зона С:** Машини з вібрацією в цій зоні зазвичай вважаються незадовільними для тривалої безперервної експлуатації. Як правило, машина може експлуатуватися протягом обмеженого періоду часу в такому стані, поки не з'явиться відповідна можливість для виправлення ситуації.

**Зона D:** Значення вібрації в цій зоні зазвичай вважаються достатніми для того, щоб викликати пошкодження машини.

### **5.3 Межі оціночних зон**

Значення меж зон, наведені в додатку А, є максимальними широкосмуговими значеннями швидкості, а для прийнятно-здавальних випробувань - також фільтрованої (в 1 раз більшої частоти обертання і частоти проходження лопаток,  $f_n - z_i$ ) швидкості (див. таблицю А.1). Для тихохідних насосів додатково наводяться відфільтровані (0,5-кратні, 1-кратні та 2-кратні частоти обертання) значення подачі (див. таблицю А.2),

пр ДСТУ ISO 10816-7:202\_

якщо вимірювання проводяться двома ортогонально орієнтованими радіальними перетворювачами (див. 3.3), то слід використовувати залежність кожної з величин, виміряних у кожній площині вимірювань.

Якщо обидва критерії швидкості вібрації та переміщення є релевантними, а максимальні виміряні значення швидкості та переміщення порівнюються з відповідними значеннями, наведеними в таблицях А.1 і А.2, повинна застосовуватися зона оцінювання, яка є найбільш обмежувальною.

Критерії, наведені в таблицях А.1 і А.2, застосовуються до радіальної вібрації на всіх підшипниках і до осьової вібрації на упорних підшипниках (щодо осьової вібрації див. також 3.3.2).

#### **5.4 Умови експлуатації на місці**

Нормальними умовами експлуатації на місці є усталена робота повністю встановлених насосів при номінальній частоті обертання та навантаженні. Оціночні зони, визначені в 5.2, відносяться до цих умов.

#### **5.5 Умови проведення приймально-здавальних випробувань**

##### **5.5.1 Загальні положення**

Скрізь, де в цьому стандарті згадуються приймально-здавальні випробування, слід брати до уваги, що всі деталі щодо місця, обсягу та форми цих випробувань є обов'язковими і повинні бути визначені та узгоджені між обома сторонами контракту.

Наведені нижче умови повинні застосовуватися для приймальних випробувань, якщо не вказано інше. Приймально-здавальні випробування будуть проводитися, якщо вони необхідні та визначені.

##### **5.5.2 Заводські приймальні випробування**

Вібрація нових насосів, встановлених на випробувальному стенді, повинна, як правило, знаходитися в межах зони В у всьому допустимому робочому діапазоні (див. межі, наведені в таблиці А.1, якщо не вказано

пр ДСТУ ISO 10816-7:202\_

інше). Якщо значення на випробувальному стенді не відповідають цій вимозі, необхідно провести додаткові вимірювання (наприклад, аналіз БПФ) виробником для з'ясування причини відхилення.

Зазвичай причиною більш високих значень є те, що дросельний клапан знаходиться дуже близько до насоса і це викликає вібрацію на трубопроводах, корпусі насоса і корпусі підшипника.

Якщо значення перевищують граничні значення вібрації, виробник повинен продемонструвати за допомогою додаткових вимірювань першопричину цих значень, наприклад, через тимчасове кріплення (опори).

### 5.5.3 Приймальні випробування на місці

Умови на місці застосовуються до насосів, які повністю встановлені на місці.

Межа між зоною А і зоною В зазвичай вважається граничним значенням для приймально-здавальних випробувань на місці при роботі в бажаному робочому діапазоні. Для всього допустимого робочого діапазону очікується більш висока вібрація, але все ще в межах зони В (див. таблицю А.1 для отримання додаткової інформації).

## 6 ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ОБМЕЖЕННЯ

### 6.1 Загальні відомості

Для довготривалої експлуатації зазвичай встановлюються експлуатаційні межі вібрації. Ці межі мають форму "СИГНАЛ ТРИВОГИ" та ВІДКЛЮЧЕННЯ.

**ТРИВОГА:** Попередження про те, що досягнуто певного значення вібрації або відбулася значна зміна, при якій можуть знадобитися коригувальні дії. Як правило, якщо виникає ситуація ТРИВОГА робота може продовжуватися протягом певного періоду, поки проводяться розслідування для виявлення причини зміни вібрації та визначення будь-яких коригувальних дій.

пр ДСТУ ISO 10816-7:202\_

**ВІДКЛЮЧЕННЯ:** Вказує на величину вібрації, при перевищенні якої подальша експлуатація машини може призвести до пошкодження. Якщо межа ВІДКЛЮЧЕННЯ перевищена, слід негайно вжити заходів для зменшення вібрації або вимкнути машину.

Різні експлуатаційні межі, що відображають відмінності в динамічному навантаженні і жорсткості опори, можуть бути визначені для різних місць і напрямків вимірювання.

## **6.2 Налаштування сигналу ТРИВОГА**

Граничні значення ТРИВОГА можуть значно відрізнятися в більшу або меншу сторону для різних машин. Вибрані значення, як правило, встановлюються відносно базового значення, визначеного на основі досвіду для місця або напрямку вимірювання для даної конкретної машини.

Рекомендується встановлювати межу ТРИВОГА вище базового рівня на величину, що дорівнює 25% від верхньої межі зони В. Якщо базовий рівень низький, то ТРИВОГА може бути нижче зони С.

За відсутності встановленої базової лінії (наприклад, для нової машини), початкове налаштування ТРИВОГА повинно базуватися або на досвіді роботи з іншими аналогічними машинами, або на узгоджених прийнятних значеннях. Через певний період часу буде встановлено стаціонарне базове значення, і налаштування ТРИВОГА повинно бути скориговане відповідно.

Рекомендується, щоб межа ТРИВОГА зазвичай не перевищувала в 1,25 рази верхню межу зони В.

Якщо базова лінія стаціонарного режиму змінюється (наприклад, після капітального ремонту машини), налаштування ТРИВОГА повинно бути відповідно переглянуте (приклад наведено в додатку В).



### 6.3 Налаштування сигналу ВІДКЛЮЧЕННЯ

Граничні значення ВІДКЛЮЧЕННЯ, як правило, стосуються механічної цілісності машини і залежать від будь-яких специфічних конструктивних особливостей, які були введені для того, щоб машина могла витримувати аномальні динамічні сили. Таким чином, значення, що використовуються, будуть, як правило, однаковими для всіх машин подібної конструкції і, як правило, не будуть пов'язані з базовим значенням стаціонарного стану, що використовується для встановлення сигналу ТРИВОГА.

Однак для машин різної конструкції можуть існувати відмінності, і неможливо дати чіткі рекомендації щодо абсолютних меж TRIP.

Як правило, межа відключення знаходиться в межах зони С або зони D, але рекомендується, щоб межа відключення не перевищувала в 1,25 рази верхню межу зони С.

пр ДСТУ ISO 10816-7:202\_

ДОДАТОК А  
(нормативний)

**МЕЖІ ОЦІНОЧНОЇ ЗОНИ ДЛЯ ВІБРАЦІЇ ЧАСТИН, ЩО НЕ  
ОБЕРТАЮТЬСЯ**

Ці значення застосовуються до вимірювань радіальної вібрації на всіх підшипниках, опорах або корпусах роторнодинамічних насосів і до вимірювань осьової вібрації на упорних підшипниках в усталених умовах експлуатації в номінальному діапазоні частоти обертання, незалежно від гнучкості опори і способу установки (див. додаток Г). Вони не застосовуються, коли насоси перебувають у перехідному стані (наприклад, графік швидкості або навантаження). У таблиці А.2 додатково наведені граничні значення вібраційних переміщень для низькооберткових насосів.

Якщо обидва критерії швидкості вібрації й переміщення є релевантними, а максимальні виміряні значення швидкості та переміщення порівнюються з відповідними значеннями, наведеними в таблицях А.1 та А.2, то застосовується зона оцінки, яка є найбільш обмежувальною.

пр ДСТУ ISO 10816-7:202\_

**Таблиця А.1** – Зональні обмеження вібрації не обертових частин роторнодинамічних насосів потужністю понад 1 кВт, що застосовуються для робочих коліс з лопатями  $z_l \geq 3$ .

Зона	Опис (див. 5.2, детальні визначення зон).	Гранична віброшвидкість середньоквадратичне значення мм/с			
		Категорія <sup>a</sup> I		Категорія <sup>a</sup> II	
		≤ 200	> 200	≤ 200	> 200
A	Нові машини, що вводяться в експлуатацію	2,5	3,5	3,2	4,2
B	Необмежена довгострокова експлуатація у допустимому робочому діапазоні	4,0	5,0	5,1	6,1
C	Обмежена експлуатація	6,6	7,6	8,5	9,5
D	Ризик пошкодження	>6,6	>7,6	>8,5	>9,5
Максимальна межа сигналу ТРИВОГА (~ в 1,25 рази перевищує верхню межу зони B) <sup>б</sup>		5,0	6,3	6,4	7,6
Максимальна межа ВІДКЛЮЧЕННЯ (~ в 1,25 рази перевищує верхню межу зони C) <sup>б</sup>		8,3	9,5	10,6	11,9
Приймально - здавальні випробування на місці	Бажаний діапазон експлуатації	2,5	3,5	3,2	4,2
	Допустимий діапазон експлуатації	3,4	4,4	4,2	5,2
Заводські приймально-здавальні випробування	Бажаний діапазон експлуатації	3,3	4,3	4,2	5,2
	Допустимий діапазон експлуатації	4,0	5,0	5,1	6,1
Для всіх приймально-здавальних випробувань у бажаному робочому діапазоні (див. 3.4) кожне з відфільтрованих значень <sup>в)</sup> для частоти обертання ( $f_n$ ) і частоти проходження лопатей ( $f_n \cdot z_l$ ) повинно бути		≤ 2	≤ 2	≤ 3	≤ 3
<p>а) Для визначення, див. 5.1</p> <p>б) Рекомендовані значення. Величина вібрації повинна перевищувати ці межі протягом 10 с до зняття сигналу ТРИВОГИ або ВІДКЛЮЧЕННЯ, щоб уникнути помилкових сигналів</p> <p>в) Для приймально-здавальних випробувань у допустимому, але за межами бажаного робочого діапазону. Відфільтровані значення для частоти обертання (<math>f_n</math>) і частоти проходження лопатей (<math>f_n \cdot z_l</math>) можуть бути вищими (у 1,3 рази), ніж значення для бажаного робочого діапазону</p>					

пр ДСТУ ISO 10816-7:202\_

**Таблиця А.2** – Додаткові критерії обмеження вібрації не обертових частин роторнодинамічних насосів з частотою обертання сільфона 600 об/хв, дійсні для відфільтрованих значень подачі (0,5, 1 і 2 рази від частоти обертання).

Зона	Опис (див. 5.2, детальні визначення зон)	Граничне значення вібропереміщення від піку до піку $\mu\text{m}$
A	Нові машини, що вводяться в експлуатацію	50
B	Необмежена довгострокова експлуатація у допустимому робочому діапазоні	80
C	Обмежена експлуатація	130
D	Ризик пошкодження	> 130
Максимальне значення сигналу ТРИВОГА		100
Максимальне значення ВІДКЛЮЧЕННЯ		160
Приймально-здавальні випробування на місці	Бажаний діапазон експлуатації	50
	Допустимий діапазон експлуатації	65
Заводські приймально-здавальні випробування	Бажаний діапазон експлуатації	65
	Допустимий діапазон експлуатації	80
а) Рекомендовані значення. Величина вібрації повинна перевищувати ці межі протягом 10 с до зняття сигналу ТРИВОГИ або ВІДКЛЮЧЕННЯ, щоб уникнути помилкових сигналів		
<b>Примітка.</b> Граничні значення застосовуються для кожної дискретної частоти вібрації		

Слід зазначити, що існують специфічні насоси або особливі умови підтримки та експлуатації, а також деякі конструкції насосів і форми робочих коліс для спеціальних застосувань, для яких можуть бути допустимі інші значення (більші або менші), ніж ті, що наведені в таблиці А.1 і таблиці А.2. Всі такі випадки повинні бути узгоджені між виробником і користувачем.

На насос, що знаходиться в режимі очікування, можуть впливати працюючі машини, встановлені поблизу, що може призвести до

пр ДСТУ ISO 10816-7:202\_

пошкодження, особливо підшипників кочення насоса, що знаходиться в режимі очікування. Значення вібрації, наведені в цьому стандарті, дійсні для працюючого насоса. Якщо вимірювання проводяться на насосі, що знаходиться в режимі очікування, межі вібрації повинні бути значно нижчими. Ці межі не є предметом цього стандарту.

## ДОДАТОК Б

(інформаційний)

### КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ВІДНОСНОЇ ВІБРАЦІЇ ВАЛА РОТОРНОДИНАМІЧНИХ НАСОСІВ З ПІДШИПНИКАМИ КОВЗАННЯ

#### Б.1 Вимірювання вібрації вала

Вимірювання відносної вібрації валу може бути корисним для виявлення дефектів тертя між обертовими та нерухомими частинами. Загальна інформація про методи вимірювання наведена в ISO 7919-1. Вимірювання вібрації валу доповнює вимірювання вібрації корпусу підшипника. Важливо розуміти, що не існує простого способу пов'язати вібрацію корпусу підшипника з вібрацією валу або навпаки. Значення, наведені в таблиці Б.1, застосовні для горизонтальних насосів з гідродинамічними підшипниками, що змащуються мастилом. Вертикальні насоси та підшипники, що змащуються, не розглядаються в цьому додатку.

Для вимірювання вібрації валу вимірювальне обладнання, що використовується, повинно відповідати вимогам, викладеним в ISO7919-1, а також вимогам ISO10817-1[7]. Діапазон частот повинен відповідати специфікаціям, наведеним у п. 3.2 цього стандарту. Вимірюваною величиною є нефільтроване пікове вібропереміщення, виміряне в мікрометрах . Биття валу в площинах вимірювання (сумарне електричне і механічне биття) повинно бути зведене до мінімуму і рекомендується не

пр ДСТУ ISO 10816-7:202\_

перевищувати 12,5% діаметрального зазору підшипника або 6 мкм , в залежності від того, яка з величин більша.

Рекомендується використовувати два датчики, радіально встановлені в одній радіальній площині, перпендикулярній до осі вала або якомога ближче до неї, і встановлені під кутом  $90^\circ \pm 5^\circ$  один від одного на одній і тій же половині підшипника. Вимірювання пікової вібрації вала відносно корпусу підшипника повинно проводитися всередині корпусу підшипника або якомога ближче до нього.

Один датчик замість більш типової пари ортогональних датчиків може бути використаний на підшипнику, якщо це забезпечить адекватну інформацію про величину вібрації машини. Загалом слід дотримуватися обережності при оцінці значень від одного датчика в площині вимірювання, оскільки він може бути не орієнтований для забезпечення розумного наближення до максимального значення в цій площині (див. ISO7919-1).

З огляду на відносно високу швидкість обертання роторнодинамічних насосів, зазвичай застосовуються методи вимірювання з використанням безконтактних перетворювачів. Вони є кращими при частоті обертання обертових частин 3000 об/хв і більше. При монтажі безконтактних перетворювачів для вимірювання відносної вібрації вала слід дотримуватися обережності, щоб уникнути виникнення резонансів у межах кріплення перетворювачів.

## **Б.2 Оцінка вібрації валу**

Величина вібрації - це найбільше значення пікового переміщення, виміряного в двох обраних напрямках, ортогональних один одному. Значення, наведені в цьому додатку, є результатом досвіду експлуатації роторнодинамічних насосів і, якщо їм приділяти належну увагу, можна очікувати прийнятної роботи. Якщо використовується тільки один напрямок вимірювання, слід подбати про те, щоб переконатися, що він забезпечує адекватну інформацію.

**пр ДСТУ ISO 10816-7:202\_**

Різниця між абсолютними і відносними вимірами валу пов'язана з вібрацією корпусу підшипника, але може не дорівнювати їй чисельно через різницю кутів зсуву фаз. Таким чином, при застосуванні критеріїв цього стандарту при оцінці вібрації насоса на необертюваних частинах (корпус підшипника) і на валу, що обертається, необхідно проводити незалежні вимірювання вібрації валу і корпусу підшипника. Якщо застосування різних критеріїв призводить до різних оцінок тяжкості вібрації, вважається, що застосовується більш обмежувальний критерій.

Основним припущенням для безпечної роботи гідродинамічного підшипника є те, що вал в обоймі підшипника може зміщуватися лише настільки, щоб уникнути контакту між валом і оболонкою підшипника.

Таким чином, зазор між валом і корпусом підшипника ніколи не повинен повністю перекриватися вібраційним зміщенням руху валу відносно корпусу підшипника (при цьому передбачається, що зазор підшипника є найменшим зазором у порівнянні з іншими деталями, такими як ущільнення або лабіринти). Оцінка величини вібрації відноситься до діаметрального зазору підшипника, як це було в новому насосі. Таким чином, доцільно обмежити вібраційний зсув переміщення валу відносно вкладиша підшипника, як функцію діаметрального зазору підшипника.

Зазор підшипників нового насоса повинен бути вказаний виробником насоса. Для упорних підшипників допустимий зазор також повинен бути вказаний виробником.

Основним припущенням для безпечної експлуатації підшипника ковзання є відсутність контакту між обертовим валом і нерухомими частинами, такими як вкладиш підшипника, а також відсутність перевищення граничних значень вібрації на підшипнику.

Граничні значення вібрації вала вказані в цьому додатку як функція тільки діаметрального зазору підшипника. Ці обмеження не поширюються на осьову вібрацію вала на упорних підшипниках.

**пр ДСТУ ISO 10816-7:202\_**

**Примітка.** ISO 7919-3[3] визначає межі вібрації вала як функцію максимальної робочої швидкості. Однак для деяких насосів значення переміщення, рекомендовані в ISO 7919-3, можуть бути вищими, ніж фактичний зазор підшипника.

Через те, що місця вимірювання знаходяться близько до підшипника, більші прогини валу можуть спостерігатися в інших місцях вздовж валу, тому слід подбати про те, щоб в цих місцях не відбувалося контакту, наприклад, в зоні ущільнення або всередині багатоступеневих насосів.

Для перехідних режимів максимальною межею зазвичай є верхня межа зони С.

**Таблиця Б.1** - Рекомендовані значення максимального відносного переміщення валу в залежності від номінального діаметрального зазору для роторнодинамічних насосів з гідродинамічними підшипниками.

Зона	Опис (див. 5.2, детальні визначення зон).	Гранична межа пікового вібропереміщення вала по відношенню до діаметрального зазору гідродинамічного підшипника, що змащується мастилом <sup>а</sup>
A	Нові машини, що вводяться в експлуатацію	0,33× зазор підшипника в новому стані
B	Необмежена довгострокова експлуатація у допустимому робочому діапазоні	0,5× зазор підшипника в новому стані
C	Обмежена експлуатація	0,7× зазор підшипника в новому стані
D	Ризик пошкодження	> 0,7× зазор підшипника в новому стані
Максимальне значення сигналу ТРИВОГА <sup>б</sup>		0,6× зазор підшипника в новому стані
Максимальне значення ВІДКЛЮЧЕННЯ <sup>б</sup>		0,9× зазор підшипника в новому стані
Приймально-здавальні випробування на місці	Бажаний діапазон експлуатації	0,33× зазор підшипника в новому стані
	Допустимий діапазон експлуатації	0,5× зазор підшипника в новому стані
Заводські приймально-здавальні випробування	Бажаний діапазон експлуатації	0,33× зазор підшипника в новому стані
	Допустимий діапазон експлуатації	0,5× зазор підшипника в новому стані
а) Виробник насоса повинен вказати номінальне значення гідродинамічного зазору підшипника		
б) Рекомендовані значення. Величина вібрації повинна перевищувати ці межі протягом 10 с до зняття сигналу ТРИВОГИ або ВІДКЛЮЧЕННЯ, щоб уникнути помилкових сигналів		



пр ДСТУ ISO 10816-7:202\_

ДОДАТОК В  
(інформативний)  
**ПРИКЛАД ВСТАНОВЛЕННЯ ЗНАЧЕНЬ ПАРАМЕТРІВ «ТРИВОГА» І  
«ВІДКЛЮЧЕННЯ»**

Розглянемо випадок відцентрового насоса зі швидкістю обертання 1500 об/хв і потужністю 100 кВт, що відноситься до категорії II. Експлуатаційна межа ТРИВОГА для нової машини, для якої немає попередніх відомостей про вібрацію підшипників, зазвичай встановлюється в межах зони С. Конкретне значення часто встановлюється за взаємною домовленістю між виробником машини та користувачем. Для цього прикладу припустимо, що спочатку воно було встановлене біля межі зони В/С для кожного підшипника, наприклад, до значення середньої частоти обертання 6 мм/с (максимальна рекомендована межа ТРИВОГА для цього типу насоса становить 6,4 мм/с згідно з таблицею А.1).

Рекомендована виробником межа ВІДКЛЮЧЕННЯ для відключення насоса в цьому прикладі становить 9 мм/с (максимальна рекомендована межа ВІДКЛЮЧЕННЯ для насоса категорії II становить 10,6 мм/с).

Після певного періоду експлуатації машини користувач може залишити початкове значення ТРИВОГА (однакове для всіх підшипників) або розглянути можливість зміни значення ТРИВОГА для відображення типових базових значень вібрації в стаціонарному режимі на кожному підшипнику. Використовуючи процедуру, описану в пункті 6.2, як основу, значення ТРИВОГА може бути встановлене для кожного підшипника на рівні суми типового усталеного значення, отриманого з досвіду роботи з конкретною машиною, і 25% верхньої межі зони В. Таким чином, якщо типове усталене значення вібрації на одному підшипнику становить 2,5 мм/с, можна використовувати нове значення ТРИВОГА на рівні 3,8 мм/с (тобто  $2,5 \text{ мм/с} + 0,25 \cdot 5,1 \text{ мм/с}$ ) (див. таблицю А.1). Це знаходиться в межах зони В. Якщо на іншому підшипнику типове значення становить

пр ДСТУ ISO 10816-7:202\_

4,3 мм/с, застосування процедури 6.2 для цього підшипника призведе до значення 5,6 мм/с ( $4,3\text{мм/с} + 0,25 \cdot 5,1\text{ мм/с}$ ). Різниця між цим значенням (5,6мм/с) і початковою межею ТРИВОГА (6,4 мм/с) є незначною, і тому межа ТРИВОГА, ймовірно, залишиться незмінною на рівні 6,4 мм/с в межах зони С.

Однак для будь-якого підшипника насоса межа відключення машини буде однаковою і залишиться на рівні 9 мм/с відповідно до Критерію I (див. 4.2.1). Підставою для цього є те, що межа відключення є фіксованим значенням, що відповідає максимальній вібрації, якій повинна піддаватися машина.

## ДОДАТОК Г

(інформативний)

### ВРАХУВАННЯ ГНУЧКОСТІ ОПОРИ ТА ОРІЄНТАЦІЇ УСТАНОВКИ

Загалом існують дві різні ситуації з опорою (тип фундаменту):

- гнучка опора, коли власна частота коливань є меншою, ніж 75% від найнижчої частоти збудження машини (як правило частоти обертання),
- жорстка опора, коли власна частота становить більше 125% від найнижчої частоти збудження.

На одній машині і особливо на одній опорі в різних напрямках можуть виникати різні ситуації. Часто дуже важко оцінити, чи є опора жорсткою або гнучкою. У будь-якому випадку слід уникати резонансу власних частот з частотою обертання або іншими частотами збудження.

Досвід показує, що відмови (наприклад, відмови шарико-підшипників) залежать тільки від величини вібрації, а не від стану опори.

Дослідження більш ніж 1500 насосів (проведені до підготовки цього стандарту) показали, що на величину вібрації не дуже сильно впливає

**пр ДСТУ ISO 10816-7:202\_**

гнучкість опори. В результаті цього факту в цьому стандарті не робиться різниці між жорсткими і гнучкими фундаментами.

Цей стандарт не робить різниці між вертикально і горизонтально встановленими насосами, оскільки зібрані значення вимірювань не показали значних відмінностей.

Оскільки вертикальні насоси пропонуються в різних типах зі спеціальними умовами опори, що впливають на поведінку вібрації, важко дати точні значення для кожної конструкції. Тим не менш, в результаті дослідження та аналізу отриманих значень вимірювань можна стверджувати, що вертикальні насоси можуть знаходитися в межах значень, характерних для горизонтальних насосів.

пр ДСТУ ISO 10816-7:202\_

### БІБЛІОГРАФІЯ

- 1 ISO 5199, Technical specifications for centrifugal pumps – Class II
- 2 ISO 5348, Mechanical vibration and shock – Mechanical mounting of accelerometers
- 3 ISO 7919-3, Mechanical vibration – Evaluation of machine vibration by measurements on rotating shafts – Part 3: Coupled industrial machines
- 4 ISO 7919-5, Mechanical vibration – Evaluation of machine vibration by measurements on rotating shafts – Part 5: Machine sets in hydraulic power generating and pumping plants
- 5 ISO 9905, Technical specifications for centrifugal pumps – Class I
- 6 ISO 9908, Technical specifications for centrifugal pumps – Class III
- 7 ISO 10817-1, Rotating shaft vibration measuring systems – Part 1: Relative and absolute sensing of radial vibration
- 8 ISO 13373- 1, Condition monitoring and diagnostics of machines – Vibration condition monitoring – Part 1: General procedures
- 9 ISO13373- 1, Condition monitoring and diagnostics of machines – Vibration condition monitoring – Part 2: Processing, analysis and presentation of vibration data
- 10 ISO 13709, Centrifugal pumps for petroleum, petrochemical and natural gas industries
- 11 ISO 15783, Seal-less rotodynamic pumps – Class II – Specification

## НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

- 1 ISO 5199, Технічні умови для відцентрових насосів – Клас II
- 2 ISO 5348, Механічні вібрації та удари - Механічне кріплення акселерометрів
- 3 ISO 7919-3, Механічна вібрація – Оцінка вібрації машин шляхом вимірювання на обертових валах – Частина 3: З'єднані промислові машини
- 4 ISO 7919-5, Механічна вібрація – Оцінювання вібрації машин шляхом вимірювання на обертових валах – Частина 5: Машинні агрегати в гідроелектростанціях та насосних установках
- 5 ISO 9905, Технічні умови для відцентрових насосів – Клас I
- 6 ISO 9908, Технічні умови для відцентрових насосів – клас III
- 7 ISO 10817-1, Системи вимірювання вібрації обертових валів –Частина 1: Відносне та абсолютне вимірювання радіальної вібрації
- 8 ISO 13373-1, Контроль стану та діагностика машин – Контроль вібраційного стану – Частина 1: Загальні процедури
- 9 ISO13373-1, Контроль стану та діагностика машин – Контроль вібраційного стану – Частина 2: Оброблення, аналіз та представлення даних про вібрацію
- 10 ISO 13709, Насоси відцентрові для нафтової, нафтохімічної та газової промисловості
- 11 ISO 15783, Насоси роторнодинамічні без ущільнень – клас II – Технічні умови

---

Код УКНД

**Ключові слова:** вібрація, вимірювання вібрації, роторнодинамічні насоси.

---