

## Діагностування ресурсу підшипників кочення відцентрового насоса

Бойко Ю.І.

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

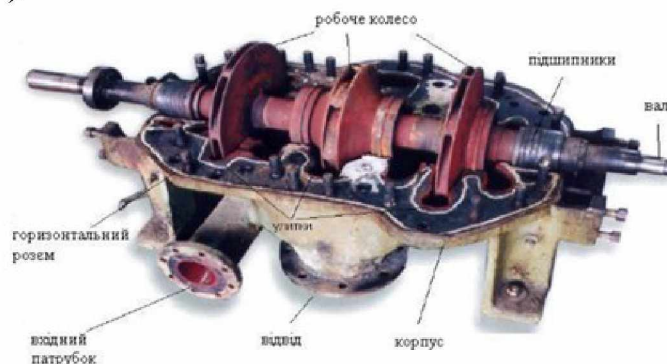
Достовірна оцінка ступеня критичності технічного стану та прогнозування ресурсу різноманітних за конструкцією та призначенням механічних систем є важливою і до кінця не вирішеною до теперішнього часу проблемою. Так само це стосується і одного зі специфічних представників великого класу роторних машин – харчової промисловості.

Ступінь критичності динамічного стану роторних машин загальнопромислового призначення визначається за результатами порівняння рівня вібрації машини, зареєстрованого в даний момент часу, з його гранично допустимим за «Нормами віброактивності» значенням.

Разом з тим, великий досвід вібродіагностики свідчить, що поведінка тренда відбиває властиві лише аналізованому зразку машини якість виготовлення та особливості його навантаження у даних експлуатаційних умовах, повною мірою зумовлюючи момент досягнення машиною свого гранично допустимого стану (відмови). Тому вивчення характеру поведінки тренду за час експлуатації машин, для яких «Норми віброактивності» відсутні, відкриває шлях для вирішення проблеми прогнозування їх ресурсу, а отже, і достовірного вібродіагностування їх технічного стану.

Ця ідея прогнозування була покладена в основу розробленої методики вібродіагностування технічного стану відцентрового насоса за результатами вимірювання вібрацій його корпусу.

Відцентрові насоси складаються з наступних основних вузлів та деталей: корпус, ротор з робочим колесом, підшипники, кінцеві ущільнення валу, ущільнення робочих коліс, сполучні муфти (рис. 1.).



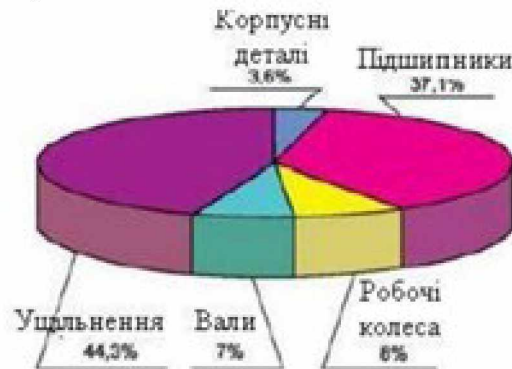
**Рис. 1. Відцентровий горизонтальний багатоступінчастий насос зі спіральним корпусом**

Вал насоса служить для передачі робочому колесу обертання від двигуна насоса. Колеса закріплюють на валу за допомогою шпонок та/або настановних гайок. Вал насоса зазвичай виготовляється з кованої мартенівської сталі, а у відповідальних випадках із легованої з додаванням хрому, нікелю, ванадію. Для захисту валу від зносу або безпосереднього впливу рідини він іноді облицьовується втулками, а в сильно корозійному середовищі виконується зі спеціальних сортів нержавіючої сталі. Зважаючи на високі числа оборотів відцентрових насосів, їх вали розраховуються на критичне число оборотів. Вали бувають жорсткі, якщо їх робочі числа оборотів лежать нижче за критичні, і гнучкі, якщо вони вищі за критичні. Для виготовлення валів насосів, що перекачують холодну воду можна використовувувати сталь 40, 45 або 40Х.

Вал водяного насоса повинен мати достатню міцність і жорсткість, за яких гарантується відсутність неприпустимих деформацій, що порушують стійку роботу ротора. Під дією власної ваги та ваги насаджених деталей вал має певний статичний прогин. При обертанні

валу навіть при ретельному балансуванні завжди має місце залишковий небаланс, що викликає додаткове навантаження на вал від дії відцентрової сили. Крім того, при роботі на ротор діють гідромеханічні сили в радіальному та осьовому напрямках. Під дією цих сил вісь валу отримує додатковий динамічний прогин, який залежить від частоти обертання валу насоса.

При певній частоті обертання динамічний прогин може досягти такого значення, що вал водяного насоса стане динамічно нестійким і вібруватиме. І тут зазвичай частота збурюючої сили збігається з частотою своїх коливань ротора, і настає явище резонансу. Частота обертання валу насоса, що відповідає виникненню резонансу, називається критичною частотою обертання ( $n_{кр}$ ). Основні несправності валу відцентрового насоса можуть бути різними, але найпоширенішим явищем, що викликає погану роботу агрегату, є погане обслуговування його підшипникових вузлів (рис. 2).



**Рис. 2. Діаграма розподілу пошкоджень за елементами насосів**

Тривалість роботи підшипникових вузлів залежатиме від плавності роботи механізму. Якщо робота валу буде нерівномірною, з частими биттями, це викличе великі навантаження на підшипникові вузли. Тому термін їхньої служби буде дуже коротким.

Для підвищення ресурсу і надійності відцентрових насосів, скорочення витрат, пов'язаних з ремонтом і простоями, необхідна система точної діагностики технічного стану підшипників кочення. У зв'язку з цим широке поширення в усьому світі набули методи неруйнівного контролю, що базуються на вимірюванні експлуатаційних параметрів. Теорія і практика аналізу параметрів настільки відпрацьована, що можна отримувати достовірну інформацію про поточний технічний стан не тільки підшипника, але й його елементів.

Неруйнівний контроль підшипників може проводитися трьома методами дефектоскопії: – магнітно-порошковий; – вихорострумовий; – акустичний. Магнітно-порошковий метод неруйнівного контролю є високоточним. Він дозволяє виявляти як поверхневі, так і підповерхневі тріщини в підшипниках. Суть його полягає в наступному. Деталь необхідно намагнітити, потім нанести магнітний індикатор (порошок або суспензію). Якщо в деталі є дефект, то в цьому місці спостерігатиметься скупчення порошку. Тобто тріщину можна побачити очима і з 99% вірогідністю можна судити про її місцеположення і довжину. Розкриття тріщин, що виявляються даним методом, починається з 2 мкм. При використанні цього методу є багато нюансів – шорсткість поверхні, метод намагнічування і т.д. Але якщо всі операції виконуються правильно, то в достовірності контролю сумніватися не доводиться. Для проведення неруйнівного контролю підшипників існують спеціалізовані установки.

До плюсів магнітно-порошкового методу можна віднести:

- високу достовірність контролю;
- наочність результатів контролю.
- До мінусів:
- діагностика повинна проводитися в добре освітленому приміщенні;
- контролюються деталі тільки з феромагнітних матеріалів;
- установки для магнітної діагностики стаціонарні.

Вихорострумний метод контролю заснований на збудженні в контрольованому виробі вихрових струмів і подальшому виділенні на виході перетворювача сигналу, амплітуда і фаза якого визначаються діючим вторинним полем.

Цей метод контролю дуже розвинений в авіації, тому що більшість деталей складається з немагнітних матеріалів (наприклад, алюміній).

Вихорострумні дефектоскопи компактні, мають малу вагу, що дозволяє використовувати їх де завгодно. Можна проводити неруйнівний контроль навіть в погано освітленому приміщенні, оскільки за наявності дефекту спрацює світловий і звуковий індикатори. Діагностика може проводитися й автоматизованими установками, але, на жаль, ці установки мають вузьку спрямованість на якість певного типу підшипників.

До плюсів цього методу можна віднести:

- простоту операцій контролю;
- діагностику можна проводити на забруднених або покритих фарбою поверхнях;
- можна проводити контроль деталей з магнітного і немагнітного матеріалу.

До мінусів:

- виявляються тільки поверхневі тріщини.

Акустичний метод неруйнівного контролю заснований на використанні хвиль і пружних коливань. Інформативні параметри – час, частота, амплітуда, фаза, спектр. За акустичним методом частіше застосовують звукові й ультразвукові частоти. Тобто використовують діапазон частот приблизно від 0,5 кГц до 30 МГц. У разі, коли при контролі використовують частоти понад 20 кГц, допустиме вживання терміну «ультразвуковий» замість терміну «акустичний».

Плюси ультразвукового методу контролю:

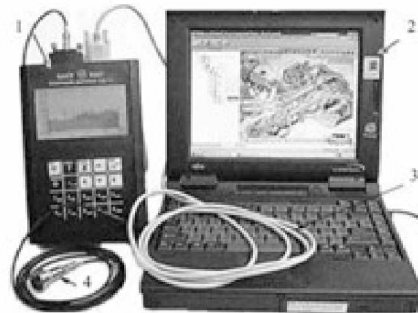
- можливість виявлення як поверхневих, так і внутрішніх дефектів;
- можливість виявлення тонких тріщин;
- безпека для обслуговуючого персоналу.

До мінусів:

- складна форма та малі розміри деталей;
- шорсткість поверхні виробу.

У даний час в практиці використовуються чотири методи ультразвукового оцінювання технічного стану підшипників кочення: Пік-чинника, прямого спектра, спектраогибаючих і ударних імпульсів.

Діагностика технічного стану за вібрацією широко й дуже ефективно використовується на практиці. Системи діагностики дозволяють оцінювати технічний стан не тільки підшипників кочення, основні методи діагностики яких були розглянуті вище, але і такі вузли, як підшипники ковзання, ротори, механічні передачі, у тому числі зубчасті й пасові, машини постійного струму, синхронні машини, асинхронні двигуни, насосні агрегати, компресори, турбіни й т. д. Структура найпростішої переносної системи автоматичної діагностики зображена на рис. 3. Для вузлів або деталей, частота обертання яких у момент вимірювання вібрації точно невідома, використовується, окрім датчика вібрації, ще і датчик обертів.



**Рис. 3. Найпростіша переносна система діагностики:**

1 – приймач даних – аналізатор; 2 – персональний комп'ютер; 3 – кабель для забезпечення зв'язку між аналізатором і комп'ютером; 4 – датчик вібрації

## **Висновки**

Ультразвуковий метод неруйнівного контролю є ефективним методом діагностики підшипників кочення, що уможлиблює:

- виявляти дефекти зборки;
- виявляти як поверхневі, так і внутрішні дефекти;
- виявляти, оцінювати рівень дефектів експлуатації й прогнозувати їх розвиток, причому на початковій стадії;
- безпеку для обслуговуючого персоналу.

Такі дослідження раціонально проводити із використанням комп’ютерних програм автоматичної діагностики.