

## ДО ПИТАННЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСНИХ АГРЕГАТІВ

Вінницький національний технічний університет;

### *Анотація*

Метою роботи є підвищення рівня надійності роботи електропривода насосного агрегату за рахунок аналізу його вібраційних характеристик. Об'єктом дослідження є процес аналізу вібраційних характеристик насосного агрегату. Предметом дослідження є комп'ютерна модель електропривода та частотний спектр вібраційних процесів в насосному агрегаті системи водопостачання.

Наведено аналіз результатів експериментальних досліджень зв'язку зміни вібрації робочих органів ВНА зі зміною їх технічного стану, визначено діагностичну ознаку - суму добуток значень амплітуди віброшвидкості експериментально визначених найбільш інформативних частотних складових на відповідні вагові коефіцієнти та застосовано на їх основі новий метод контролю.

**Ключові слова:** *технічний стан, технічна діагностика, електропривод, відцентровий насосний агрегат, відмови, дефекти, діагностична ознака.*

The method of work is to improve the reliability of the work of the electric drive of the pumping unit for the analysis of vibrational characteristics. The object of research is the process of analyzing the vibration characteristics of the pumping unit. The subject of research is the computer model of the electric drive and the frequency spectrum of vibration processes in the pump unit of the water supply system.

An analysis of the results of experimental investigations of the change in the vibration of the working organs of the VNA with a change in the technical state was carried out, a diagnostic sign was assigned - the sum of the additional value of the amplitude of the vibrational vibrance of the experimentally most significant informativnyh frequentnyh skladnyh vidpovidni vagoni vagoni koefitsienti ta zastosovani on ix osnovai noviy method of control.

**Keywords:** *technical station, technical diagnostics, electric drive, centralized pumping unit, air-driven motor, defects, diagnostic sign.*

### Вступ

Насосне устаткування в комунальному господарстві є самим енергомістким відносно інших видів устаткування. На його частку припадає до 60% споживаної електроенергії. Якщо допустити зниження ККД ВНА внаслідок погіршення технічного стану хоча б на 1%, то це призведе до значних економічних втрат. Отже, підвищення ефективності використання насосного устаткування дозволить скоротити витрати на закачування води, а, отже, знизити собівартість послуг [1-5].

Досвід експлуатації промислових відцентрових насосів показав, що ресурс їх роботи в основному залежить від якості виготовлення деталей насосів і агресивності середовища, що перекачується. Базава лінійка відцентрових насосів, що використовуються у системах водопостачання, призначені для роботи на чистій неагресивній воді із вмістом механічних домішок не більше 0,1% за масою та розміром твердих частинок не більше 100 мкм. З такою водою ВНА працюють протягом тривалого часу практично без відмов. Натомість низький ресурс роботи спостерігається у насосів, що перекачують воду (наприклад стоки каналізаційної води) із вмістом солей до 260 г/л, сірководню до 200 мг/л і вуглекислого газу до 300 мг/л. При цьому ресурс роботи насосів з деталями з чавуну складає 700–1000 год, а ККД насоса знижується до 30-36%. Ресурс роботи насосів в корозійностійкому виконанні при перекачуванні вод, що містять сірководень, не перевищує 3500 год. Ресурс роботи насосів при роботі на найбільш агресивних стічних водах (особливо тих, що містять сірководень) не перевищує 500 год. (26 діб).

Досвід діагностування відцентрових насосів у країнах ближнього і дальнього зарубіжжя, що експлуатуються у багатьох галузях промисловості та житлово-комунального господарства, дозволяє виділити два основних напрямки розвитку методів діагностування технічного стану стосовно ВНА. Ці напрямки взаємно доповнюють один одного і можуть стати основою для створення комплексної системи діагностування ВНА. Назвемо їх:

- методи параметричної діагностики;
- методи віброакустичної діагностики.

## Результати дослідження

При виборі діагностичної ознаки було проаналізовано результати експериментальних досліджень взаємозв'язку характеристик вібраційних процесів, які генеруються елементами ВНА зі зміною їх технічного стану. Для аналізу відбиралися спектри з найбільш характерними проявами окремих дефектів, які поступово призвели до погіршення технічного стану ВНА та виникнення відмов. Окремі реалізації частотних спектрів наведено на рис. 58. Умовно було прийнято п'ять ступенів розвитку дефекту в ВНА: до 10% – нормальний стан; 10-40% – початковий ступінь розвитку дефекту; 40-70% – середній ступінь розвитку дефекту; 70-90% – розвинутий дефект; понад 90% – передаварійний стан.

Шляхом аналізу бази вибірок частотних спектрів для різних типів дефектів на різних ступенях їх розвитку була встановлена відсутність прямого зв'язку між зміною значення конкретної однієї гармоніки та технічним станом ВНА, що обумовлює необхідність врахування тенденції зміни різних гармонік, зокрема найбільш інформативних, при розвитку різних видів дефектів. Було зроблено висновки, що такими, зокрема, є 1, 2, 3 та 4 роторні гармоніки  $f_0$ , а також 1, 2, 3 лопаткові гармоніки  $f_l$  (оскільки на робочому колесі ВНА розташовані 7 лопатей, тому  $1f_l$  лопаткова гармоніка проявляється на частоті  $7f_0$  (350 Гц),  $2f_l$  – на частоті  $14f_0$  (700 Гц),  $3f_l$  – на частоті  $21f_0$  (1050 Гц) відповідно, і т.д.), які і були покладені в основу формування діагностичної ознаки (ДО) стану ВНА. ДО пропонується визначати як добуток відповідних амплітуд гармонік вібраційних характеристик на певні вагові коефіцієнти. Вагові коефіцієнти задаються, виходячи з експериментальних досліджень та досвіду застосування запропонованого підходу до діагностики.

В результаті аналізу літературних джерел можна стверджувати, що відмінному технічному стану буде відповідати значення ДО, приблизно рівне 2, а при непрацездатному стані (100% знос) значення ДО буде знаходитись у межах 11-12 одиниць. Значення ДО для різних дефектів буде дещо відрізнятись, але загалом можна виділити 5 умовних діапазонів ДО для приблизної оцінки розвитку дефекту та загального технічного стану (табл. 1) [1-5].

**Табл.1 – Оцінка технічного стану та ступеня розвитку дефекту для різних значень ДО**

№ діапазону	Технічний стан ВНА	Ступінь розвитку дефекту	Значення ДО
1	відмінний	до 10% (нормальний стан)	< 2
2	добрий	10-40% (початковий ступінь)	2 - 4
3	задовільний	40-70% (середній ступінь)	4 - 8
4	незадовільний	70-90% (розвинутий дефект)	8 -10
5	недопустимий	понад 90% (передаварійний стан)	> 10

## Висновки

Виконавши аналіз і систематизацію інформації щодо питання діагностування насосних агрегатів отримано такі висновки:

1. Найбільш повною характеристикою несправності насосного агрегату є вібрації в процесі його роботи. Причому такі несправності будуть характеризувати як сам насос, так і його приводний електричний двигун.

2. Для виявлення несправності насосного агрегату можна скористатися частотним спектром його вібраційних характеристик. Імпульси вібрацій певної частоти вказуватимуть на певний тип несправності.

3. Щоб з'ясувати рівень несправності можна скористатися параметром ДО, який розраховується як добуток амплітуд вібраційних характеристик на певні вагові коефіцієнти. Останні при цьому будуть виконувати функцію фільтрування важливих характеристик і відкидання неважливих. Такий підхід має кращі результати, ніж середньо-квадратичне значення діагностичної ознаки.

4. Згідно поданої таблиці можна робити висновки про стан несправності насосного агрегату за його вібраційними характеристиками. У випадку критичного стану дефекту, агрегат необхідно виводити з експлуатації і виконувати капітальний ремонт. Таким чином виникає можливість передбачення аварійної ситуації, що дозволить не допустити аварію і підвищити надійність роботи обладнання.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Заміховський Л.М. Основи теорії надійності і технічної діагностики систем / Л.М. Заміховський, В.П. Калявін: Навч. посібник. – Івано-Франківськ. Полум'я, 2004. – 360 с.
2. Паньків Ю.В. Особливості насосного агрегата ЦНС-180-1900 як об'єкта діагностування при роботі в системі підтримання пластового тиску / Ю.В. Паньків // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2006. – №1(95). – С. 161–168.
3. Заміховський Л.М. Логічна діагностична модель відцентрового насосного агрегату для систем підтримання пластового тиску / Л.М. Заміховський, Ю.В. Паньків // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – 2008. – №71. – С. 87–91.
4. Заміховський Л.М. Діагностична модель відцентрового насосного агрегату як основної складової системи підтримання пластового тиску / Л.М. Заміховський, Ю.В. Паньків // Методи та прилади контролю якості. – 2005. – №15. – С. 43–45.
5. Заміховський Л.М. Методика діагностичного обстеження вібраційного стану відцентрових насосних агрегатів системи підтримання пластового тиску / Л.М. Заміховський, Ю.В. Паньків // Наукові вісті ІМЕ. – 2004. – №6. – С. 216–221.

**Мoшнорі́з Микола Миколайович** – канд. техн. наук, доцент кафедри комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів, Вінницький національний технічний університет, e-mail: moshnoriz@vntu.edu.ua.

**Мосе́жний Дмитро Володимирович** – студент групи ІЕМ-19б, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, e-mail: dmoseznij@gmail.com.

**Moshnoriz Mykola Mykolayovych** – Cand. tech. Sciences, Associate Professor of Computerized Electromechanical Systems and Complexes, Vinnytsia National Technical University, e-mail: moshnoriz@vntu.edu.ua.

**Dmytro Volodymyrovych Mosezhny** – student of group ІЕМ-19b, Faculty of Electrical Power Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, e-mail: dmoseznij@gmail.com.