

УДК 514.1; 519.8

АЛГОРИТМ ДІАГНОСТИКИ МЕДИЧНОЇ ТЕХНІКИ НА ОСНОВІ ВЕЙЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕНЬ

Ванін В.В., д.т.н.,

Залевська О.В., к.т.н.,

Фіногенов О.Д., к.т.н.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (Україна)

В роботі розглядається проблема віброакустичної діагностики технічного обладнання лікарні. Розробка і застосування методів та засобів діагностики дозволяє підвищити ефективність використання техніки при обробці отриманих даних-. Важливою частиною діагностики є вивчення і аналіз діагностичного сигналу. Вчасно проведене обстеження дозволяє своєчасно виявляти ушкодження та дає належну оцінку стану обладнання. Розробка і застосування методів і засобів діагностики дозволяє підвищити ефективність його використання. Важливою частиною діагностики є вивчення і аналіз діагностичного сигналу.

Аналізують віброакустичний сигнал за допомогою вейвлет-перетворень, що переводять сигнал з часового представлення в частотно-часове. Існує спеціалізоване програмне забезпечення для математичних розрахунків (Mathcad, MatLab, Mathematica), в якому реалізовано вейвлет-перетворення сигналів. Але через його обмеженість в обчисленнях і труднощів реалізації складних алгоритмів, постає питання про створення простого для реалізації алгоритму діагностики обробки сигналів за допомогою вейвлет-аналізу. Методи аналізу звукових даних за допомогою вейвлет-функцій, здатні перевершити і доповнити традиційні підходи в області цифрової обробки аудіосигналів і діагностиці обладнання. В порівнянні з перетворенням Фур'є, вельвет дозволяє здійснювати більш гнучкий і масштабний аналіз, що і призводить до точного виділення властивостей сигналів, як при графічному, так і при числовому поданні одержуваних коефіцієнтів.

Розроблений на основі методу вейвлет-перетворень алгоритм дає більш точну і якісну оцінку технічного стану обладнання, порівняно з традиційними методиками, і до того ж, відрізняється особливою чутливістю на початкових стадіях пошкоджень.

Ключові слова: Вейвлет-перетворення, діагностика медичного устаткування, оцінка технічного стану обладнання.

Постановка проблеми. Важливою частиною діагностики є вивчення і аналіз діагностичного сигналу, що залежить від справності обладнання. Будь-яка похибка в роботі обладнання лікарні може призвести до не вірно встановленого діагнозу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Діагностика обладнання вирішує велику кількість задач і функцій. Серед найголовніших - забезпечення надійності, якості і безпечності роботи апаратів і машин. Завдяки діагностиці можна дати оцінку дійсному стану обладнання в даний момент [2]. Крім того, діагностика дає змогу з певною точністю локалізувати потенційне або вже існуюче пошкодження. Основними групами методів діагностики технічного обладнання є [3] органолептичні, вібраційні, акустичні, теплові, магнітно-порошкові, вихрові, ультразвукові.

Зупинимось на одному з методів технічної діагностики – методі віброакустичної діагностики. Застосування цього методу базується на використанні зміни фізичних характеристик з часом, що виникають в коливальних процесах, які супроводжують роботу приладів [3]. Будь-яке обладнання, що має обертаючі або рухомі частини, створює механічні коливання (вібрацію), що є причиною багатьох дефектів і передчасного зносу механізмів. Тому контроль форми та проведення аналізу віброакустичного сигналу, що може швидко змінюватись в залежності від стану обладнання, сприяє передчасному вияву аварійного режиму та усуненню недоліків роботи обладнання.

Віброакустична діагностика широко застосовується в оцінці стану роторного та лопатевого обладнання, пошуку витоків газу у гідрообладнанні [3].

Формулювання цілей статті. Удосконалити алгоритми для обробки віброакустичних сигналів на основі методу вейвлет-перетворень для використання в діагностиці технічного обладнання. Визначити критерії для аналізу ефективності алгоритму при використанні в діагностиці технічного обладнання.

Основна частина. Для перевірки роботи алгоритму на реальній моделі, було записано шум роботи 5-ти кулерів Cooling Baby 6015S, чотири з яких мають ушкодження однієї лопасті різної тяжкості (5%, 25%, 50%, 75%, 150%). Звук роботи кулерів записано в аудіоформаті *.m4a в режимі «моно». Для набору статистичних даних та усунення в процесі роботи кулера впливу перехідних процесів для кожного кулера, звук роботи записаний 5 разів по 10с.

Для виявлення кращого співвідношення пошкоджень з отриманими ознаками вейвлет-перетвореного вхідного сигналу було розроблено наступні алгоритми – заснований на дискретному перетворенні Добеші [1] та на комплексному безперервному перетворенні Морле [1]. Якщо при першому алгоритмі не виявлено

дефект, то переходимо до другого алгоритму. Рішення про заміну непрацюючого обладнання приймається, якщо хоча б один з алгоритмів підтверджує пошкодження пристрою.

Алгоритм заснований на перетворенні Добеші зводиться до наступних кроків:

1. зняття вхідного сигналу x_n у вигляді вектору з розмірністю n ;

2. визначення вектору часу:

$$T_N = \frac{n}{\text{Sample Rate}},$$

де x_n - вхідний сигнал, Sample Rate – частота дискретизації сигналу, що знаходиться у вхідному аудіофайлі та в проведеному експерименті має типове значення 44100 Гц;

3. вивід графіку залежності нормованої амплітуди A_n від часу T_N :

$$A_n = \frac{x_n}{x_{max}};$$

4. розбиття інтервалу часу в 10 с на 107 інтервалів тривалістю 0.093 с для виконання вейвлет-перетворення Добеші, що виконується для вектора, довжиною у 2^M , $M \in N$;

5. виділення підвектору xM_m розмірністю $m = 2^M$;

6. виконання швидкого розкладання Фур'є від підвектору xM_m ;

7. вивід спектрограми - графіку розкладання Фур'є;

8. аналіз частоти в спектрограмі для виявлення гармонік, що кратні частоті обертання кулера;

9. виконання прямого перетворення вейвлету Добеші 4-го порядку;

10. вивід графіку спектру коефіцієнтів Добеші;

11. аналіз поведінки коефіцієнтів Добеші для кулерів з дефектами та без;

12. розрахунок квадрату модуля результату вейвлет-перетворення спектру вхідного сигналу:

$$|W_m|^2;$$

13. розрахунок середнього за часом квадрату модуля результату вейвлет-перетворення вхідного процесу - інтегрального вейвлет-спектру:

$$\hat{W} = 1/T \sum_{m=0}^{m=M} |W_m|^2;$$

14. порівняння отриманого інтегрального вейвлет-спектру \hat{W} кулерів з дефектами та без;

15. прийняття рішення про виявлення дефектів в кулері (гіпотеза H_1), або про відсутність дефектів (гіпотеза \bar{H}_1);

16. вивід прийнятого рішення.

Алгоритм заснований на перетворенні Морле, має аналогічні кроки до десятого.

Наступні кроки трохи різняться:

11. обчислення коефіцієнтів вейвлет-перетворення Морле:

$$P_{i,j,k} = \left\{ \frac{\Delta t}{\sqrt{a_j}} \Psi \left[\frac{(i-k)\Delta t}{a_j} \right] \right\},$$

де $\Psi \left[\frac{(i-k)\Delta t}{a_j} \right]$ - вейвлет-функція Морле, що обчислюється за формулою (3.1.1);

12. обчислення вейвлет-спектру:

$$W^i(a_j, b_k) \text{ вхідного сигналу } x(t),$$

де a – масштаб перетворення, $b = k\Delta t$ зсув за часом відповідно;

13. обчислення поточного значення безперервного вейвлет-перетворення Морле:

$$W^0(a_0, b_0) = 0, \\ W^{i+1}(a_j, b_k) = W^i(a_i, b_k) + x(i\Delta t) \cdot P_{i,j,k};$$

14. обчислення квадрату модуля результату вейвлет-спектру вхідного сигналу:

$$|W_m|^2;$$

15. обчислення середнього за часом квадрату модуля результату вейвлет-перетворення вхідного процесу - інтегрального вейвлет-спектру:

$$\widehat{W}(j) = 1/T \sum_{m=0}^M |W_m|^2;$$

16. перевірка по інтегральному вейвлет-спектрі правильності вибору масштабів a_j , або їх корекція і повернення до кроку 11;

17. розрахунок розподілу дисперсії вейвлет-коефіцієнтів:

$$\bar{W}(b_k) = \frac{1}{M} \left| \sum_{j=1}^M \widehat{W}(j) - \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M \widehat{W}^2(a_j, b_k) \right|^2 = W(k);$$

18. визначення по розподілу дисперсії вейвлет-коефіцієнтів неоднорідних ділянок і аналіз вейвлет-коефіцієнтів по всім масштабам на відхилення від синусоїди;

19. прийняття рішення про виявлення дефекту (гіпотеза H_1), або про невиявлення - в разі неперевіщення порогу відмінності від синусоїди (гіпотеза H_0) ні в одному з масштабів.

Для перевірки працездатності алгоритму на реальному обладнанні було проведено серію експериментів з 5 кулерами чотири з яких мають ушкодження однієї лопаті різної тяжкості. Результати наведені на рис. 1-6.

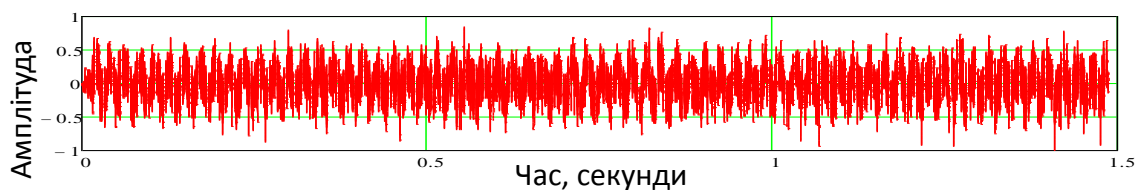


Рис. 1. Приклад отриманої аудіограми – аудіограма від нешкоджененого кулера

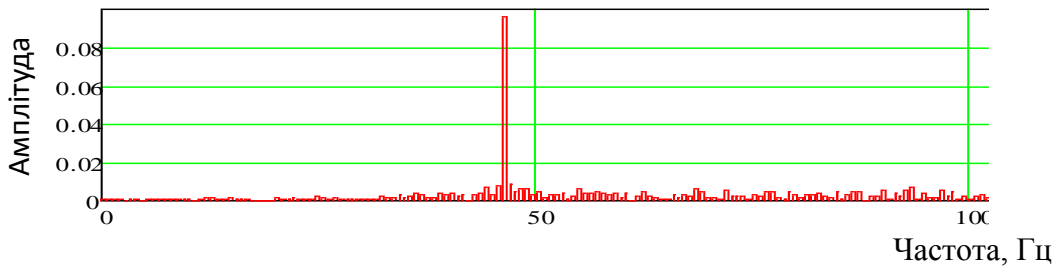


Рис. 2. Приклад отриманої спектрограми від неушкодженого кулера

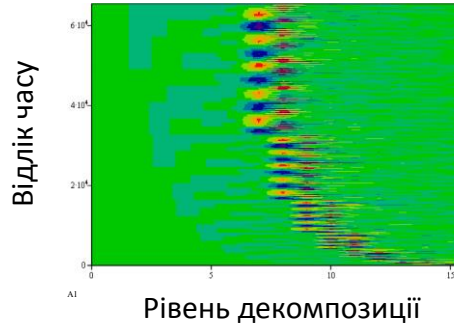


Рис. 3. Приклад отриманої скалограми від неушкодженого кулера

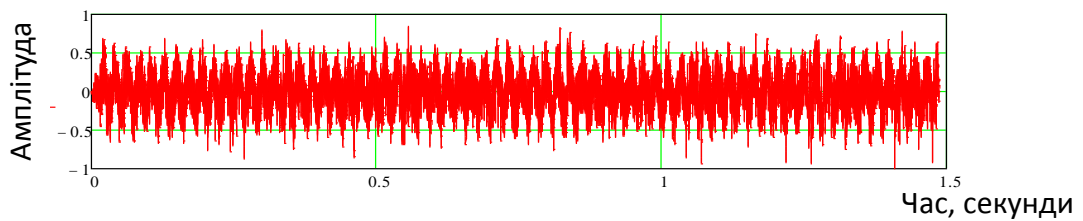


Рис. 4. Приклад отриманої аудіограми – аудіограма від кулера з дефектом 5%

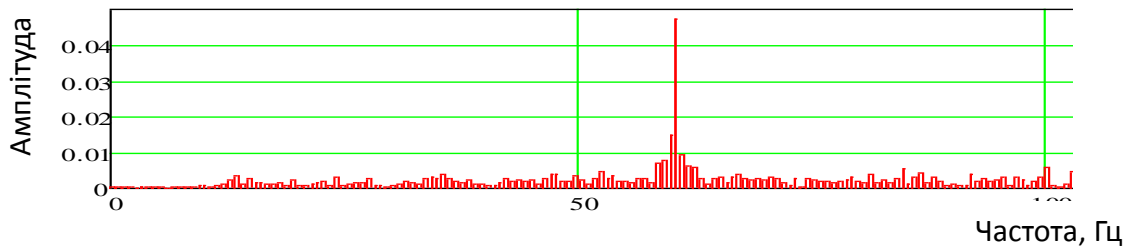


Рис. 5. Приклад отриманої спектрограми кулера з дефектом 5%

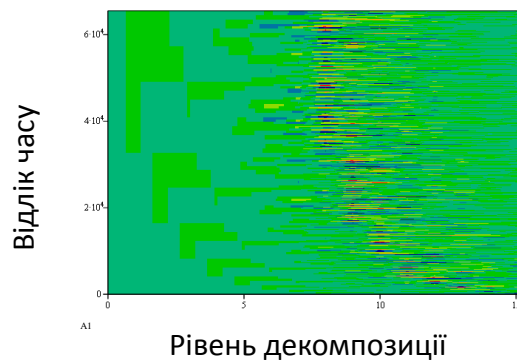


Рис. 6. Приклад отриманої скалограми від кулера з дефектом 5%

В результаті роботи отримано статистичні характеристики вейвлет-спектру Добеші, що можуть бути критеріями ушкодження (таблиця 1).

Таблиця 1

Статистичні характеристики вейвлет-спектру Добеші

Ушкодження кулера, %	Інтегральна інтенсивність Вейлет-спектру (мах, сума)		Ширина спектру
0	0,997	7,352	6,596
5	1,494	8,965	9,149
50	1,675	9,031	11,103
75	2,965	15,954	10,564

Висновки. Розглянуті в даній роботі методи аналізу звукових даних за допомогою вейвлет-функцій, здатні перевершити і доповнити традиційні підходи в області цифрової обробки аудіосигналів і діагностиці обладнання. Розроблений на основі методу вейвлет-перетворень алгоритм дає більш точну і якісну оцінку технічного стану обладнання, порівняно з традиційними методиками, і до того ж відрізняється особливою чутливістю на початкових стадіях пошкоджень.

Література

1. Дробик О.В. Цифрова обробка аудіо- та відеоінформації у мультимедійних системах: навч. посіб. К.: Наукова думка, 2008. 144 с.
2. Клюев В.В., Пархоменко П.П., Абрамчук В.Е. Технические средства диагностирования: Справочник. М.: Машиностр., 1989. 672 с.
3. Киселев Ю.В. Вибрационная диагностика систем и конструкций авиационной техники. Учебник. Самара: Самарский государственный аэрокосмический университет, 2012. 103 с.
4. Петрухин В.В., Петрухин С.В. Основы вибродиагностики и средства измерения вибрации. Гриф УМО ВУЗов РФ. М.: Инфра-Инженерия, 2010. 176 с.

АЛГОРИТМ ДИАГНОСТИКИ МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНИКИ НА ОСНОВЕ ВЕЙЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

Ванин В.В., Залевская О.В., Финогенов А.Д.

В работе рассматривается проблема виброакустического диагностирования технического оборудования больницы. Разработка и

применение методов и средств диагностики позволяет повысить эффективность использования техники при обработке полученных данных. Важной частью диагностики является изучение и анализ диагностического сигнала. Вовремя проведенное обследование позволяет своевременно выявлять повреждения и дает должную оценку состояния оборудования. Разработка и применение методов и средств диагностики позволяет повысить эффективность его использования. Важной частью диагностики является изучение и анализ диагностического сигнала.

Анализируют виброакустический сигнал с помощью вейвлет-преобразований, которые переводят сигнал из временного представления в частотно-временное. Существует специализированное программное обеспечение для математических расчетов, в котором реализовано вейвлет-преобразование сигналов. Но из-за его ограниченности в вычислениях и трудности реализации сложных алгоритмов, встает вопрос о создании простого для реализации алгоритма диагностики обработки сигналов с помощью вейвлет-анализа. Методы анализа звуковых данных с помощью вейвлет-функций, способны превзойти и дополнить традиционные подходы в области цифровой обработки аудиосигналов и диагностике оборудования. В сравнении с преобразованием Фурье, вейвлет позволяет осуществлять более гибкий и масштабный анализ, что и приводит к точному выделению свойств сигналов, как при графическом и числовом представлении получаемых коэффициентов.

Разработанный на основе метода вейвлет-преобразований алгоритм дает более точную и качественную оценку технического состояния оборудования, по сравнению с традиционными методиками, и к тому же, отличается особой чувствительностью на начальных стадиях повреждений.

Ключевые слова: Вейвлет-преобразование, диагностика медицинского оборудования, оценка технического состояния оборудования.

THE ALGORITHM OF DIAGNOSTICS MEDICAL EQUIPMENT ON THE BASIS VALET TRANSFORMATIONS

Vanin V., Zalevska O., Finogenov A.

This paper considers the problem of vibro-acoustic diagnostics of the technical equipment of the hospital. The development and application of methods and means of diagnostics allows to increase the efficiency of the

use of technology in the processing of the received data. An important part of diagnosis is the study and analysis of the diagnostic signal. In time, the survey allows to identify damages and needs assessment equipment. The development and application of methods and means of diagnostics allows to increase the efficiency of its use. An important part of diagnosis is the study and analysis of the diagnostic signal.

Analyze this signal using the wavelet transforms that translate the signal from a time representation in time-frequency. There is specialized software for mathematical calculations (Mathcad, MatLab, Mathematica), which implemented the wavelet transform of signals. But because of its limitations in the calculations and the difficulties of implementing complex algorithms, there is a question about creating a simple to implement algorithm for diagnosis of signal processing using wavelet analysis. Methods of analysis of audio data using wavelet functions are able to transcend and complement the traditional approaches in the field of digital audio processing and diagnostic equipment. In comparison with the Fourier transform, corduroy allows for a more flexible and large-scale analysis, which leads to the exact separation properties of the signals, the graphical and numeric representation of the obtained coefficients.

Developed on the basis of wavelet-transformation algorithm provides a more accurate and qualitative assessment of technical condition of equipment, compared with traditional techniques, and also characterized by a special sensitivity in the initial stages of damage.

Key words: Wavelet transform, diagnostics-medical equipment, evaluation of technical condition of equipment.