

Математична модель методу визначення густини має вигляд:

$$v = \lambda f = \frac{Z}{\rho}; \lambda = \frac{2a^2}{N_{aa}} [2]; \text{ як наслідок } \rho = \frac{ZN_{aa}}{2a^2 f},$$

де  $Z$  – акустичний опір середовища,  $N_{aa}$  – ширина ближньої зони (відстань між електроакустичними перетворювачами),  $a$  – діаметр перетворювачів.

Структурна схема вимірювача густини наведена на рис. 1.



Рисунок 1 – Схема ультразвукового вимірювача густини

Принцип роботи вимірювача наступний. Ультразвукові коливання створюються і приймаються електроакустичними перетворювачами. Частоту їх збудження забезпечує генератор змінної частоти. Дані коливання аналізуються за амплітудою за допомогою блоку керування, до складу якого входить мікроконтролер, підсилювач, АЦП та компаратор, й реєструються пікові значення амплітуди в даний момент часу і в попередній. При незмінній густині генератор змінної частоти налаштований на частоту, що відповідає останньому максимуму ультразвукової хвилі. При зміні густини зменшується амплітуда вихідного сигналу, що призводить до переналаштування частоти. При досягненні частоти ультразвукових хвиль, що відповідає максимальній амплітуді реєструється значення частоти, за якою і розраховують густину.

Отже, запропонований метод вимірювання густини має суттєві переваги в порівнянні з відомими, оскільки не використовує імпульсні сигнали, являється менш інерційним і більш завадозахищеним за рахунок використання власної частоти п'єзоелементів.

1. ГОСТ 3900-85. Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности. – Введ. 1987-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 36 с. 2. Крюков И. О размере ближней зоны плоских ультразвуковых преобразователей, находящихся на одной оси //И.И. Крюков / Акустический журнал. – М.: 1995. – Т.41. – №1. – С. 101-105.

## ФРАКТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВІБРАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ

Паздрій О.Я.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» пр. Перемоги, 37, Київ, 03056

Необхідність аналізувати технічний стан об'єкта у складних умовах експлуатації надзвичайно актуальна сьогодні. Для аналізу вібраційних сигналів найчастіше використовуються методи обробки сигналів, які

дозволяють визначити характер змінювання у часі показників надійності та безпечної експлуатації об'єктів, а також спрогнозувати їх поведінку у майбутньому. До таких методів, залежно від складності та потенційної діагностичної цінності інформації, що аналізується, можна віднести статистичні методи, спектрально-кореляційні, частотно-часові та масштабно-часові перетворення.

У цій роботі була проведена обробка двох вібраційних сигналів, які отримано іншими дослідниками у процесі вимірювання вібрацій на двигуні автомобіля. Ці сигнали відрізняються за станом двигуна, один із сигналів характеризується вібрацією двигуна з початковою деформацією кришки. Метою обробки є виявлення відмінностей у сигналах, які б характеризували зміну стану двигуна автомобіля. Для цього за допомогою програми розробленої у пакеті Matlab, був проведений вейвлет-аналіз та фрактальний аналіз [1] отриманих сигналів.

Результатом фрактального аналізу є основна кількісна характеристика фракталів – фрактальна розмірність, введена Хаусдорфом для компактноі множини в довільному метричному просторі. Для аналізу сигналів та розрахунку показника Херста був застосован метод нормованого розмаху, який називають R/S-аналізом, безрозмірне відношення за допомогою розподілу розмаху R на стандартне відхилення S.

R/S-аналіз є процесом, який вимагає переробки великої кількості даних. У цьому методі часовий ряд  $N(t)$  розбивається на  $A$  суміжних періодів довжини  $n$  та визначається середнє значення нормованого розмаху:

$$\left(\frac{R}{S}\right)_n = \left(\frac{1}{A}\right) \cdot \sum_{a=1}^A \left(R_a/S_a\right)$$

де  $R_a$  - максимальний розмах, а  $S_a$  - вибіркове відхилення, вчислене для кожного періоду. Показник Херста може бути порахований за допомогою проведення лінійної регресії для залежності  $\log(R/s)$   $n$  від  $\log_2(n)$ . Накил прямої і є оцінкою показника Херста  $H$ . Показник Херста, в свою чергу, пов'язаний з фрактальною розмірністю  $D$  кривої співвідношенням:

$$D = D_T - H,$$

де  $H$  - Показник Херста  $H$ ,  $D_T$  -евклідова розмірність.

У ході досліджень було виявлено невелику відмінність сигналів двох технічних станів об'єкта, але навіть відмінність на долі відсотків вже дає змогу оцінювати та прогнозувати стан об'єкта у майбутньому.

*1. Бурай Н.І, Паздрій О.Я «Теорія Фракталів та її застосування в задачах обробки інформації»,-НТУУКПІ, 2014.*