

## Аннотация

### ОБОСНОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СМЕСИ ДИЗЕЛЬНОГО И АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТОПЛИВА

Хоменко С.М.

*Усовершенствовано математическую модель токсичности отработанных газов дизельного двигателя, что работает на топливах с добавками разных концентраций рапсового масла и этанола. Это позволяет устанавливать нормы содержания CO, C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>, NO<sub>x</sub> и C в отработанных газах двигателей.*

## Abstract

### SUBSTANTIATION OF ECOLOGICAL INDICATORS OF WORK OF THE ENGINE AT USE OF A MIX OF DIESEL AND ALTERNATIVE FUEL

S. Khomenko

*The mathematical model of toxic exhaust gases of the diesel engine is improved with additions in the fuel of rape seed oil and ethanol of different concentrations. It allows to set the norms of maintenance CO, C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>, NO<sub>x</sub> and C in exhaust gases of the engines.*

УДК 620.179.17

### КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИМОГ ДО АКУСТИКО-ЕМІСІЙНИХ ОЗНАК ДЕФЕКТІВ ПАР ТЕРТЯ МЕХАНІЗМІВ

Шевченко С.А., к.т.н.

*(Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка)*

*Розроблена класифікація акустико-емісійних ознак дефектів пар тертя механізмів. Обґрунтована можливість діагностування підшипників кочення за ознакою нерівномірності розподілу сигналів акустичної емісії в часі.*

**Постановка проблеми.** Для експлуатації машин за технічним станом необхідна об'єктивна інформація щодо інтенсивності процесів зношування пар тертя. Отже, постає проблема вибору методу діагностування. Оскільки зношування супроводжується динамічною перебудовою поверхневих шарів

деталей (рухом дислокацій, зародженням та розвитком мікротріщин), то перспективним методом діагностування є акустико-емісійний метод [1]. Цей метод полягає в аналізі хвиль напруги в металі, частота яких знаходиться в межах від десятків до сотень кілогерц.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Огляд літературних джерел показує, що дослідження з акустико-емісійного діагностування механізмів здебільшого ґрунтуються на використанні ознак, які походять зі споріднених галузей техніки. Перед усім це ознаки дискретної емісії, розроблені для діагностування статично навантажених конструкцій (каркаси, ємності під тиском тощо) та випробувань зразків матеріалів на циклічну втому: рахунок (кількість імпульсів, зареєстрованих за весь час випробувань), активність (кількість імпульсів за одиницю часу) [2]. Що стосується неперервної емісії (коли окремі імпульси розрізнити неможливо), то її характеризують параметрами, широко використовуваними у вібраційній діагностиці – середньоквадратичним значенням, пік-фактором (відношенням пікового значення до середньоквадратичного), спектром коливань [3]. Крім того, використовують часові параметри (тривалість фронту та спаду імпульсів) [3], параметри розподілу імпульсів за амплітудою та застосовують вейвлет-перетворення [4].

Однак указані параметри не враховують повною мірою особливості акустичної емісії пар тертя механізмів.

**Метою** даної роботи є класифікація акустико-емісійних ознак за критеріями їх відповідності задачі діагностування пар тертя механізмів та обґрунтування вимог до перспективних ознак.

**Класифікація акустико-емісійних ознак.** Показники, за яким здійснюватиметься класифікація, виберемо, виходячи з особливостей акустичної емісії як діагностичного параметра пар тертя механізмів.

По-перше, це вплив різноманітних чинників на амплітуду вихідного сигналу датчика акустичної емісії – затухання пружних хвиль у матеріалі деталі та при переході між деталями, розкид чутливості датчиків, значна нерівномірність їх амплітудно-частотних характеристик, залежність чутливості датчика від установаження на об'єкті (площинності та шорсткості поверхні).

По-друге, це зростання потужності неперервного сигналу емісії чи активності дискретної емісії через певні (здебільшого, нерегулярні) проміжки часу, обумовлені контактуванням деталей на ділянках втомного руйнування чи короткочасним граничним тертям.

Виходячи із цих особливостей, показниками для класифікації акустико-емісійних ознак виберемо:

- інваріантність до масштабування сигналу по амплітуді;
- інваріантність до зміни порядку слідування відліків сигналу в часі.

Класифікація акустико-емісійних ознак зведена в табл. 1.

Найбільш сприятливим сполученням властивостей ознак є інваріантність до масштабування по амплітуді та неінваріантність до зміни порядку слідування відліків сигналу в часі (див. табл. 1). Проте слід зауважити, що вимірювання тривалості імпульсів (та їх елементів) утруднене через багаторазове відбиття імпульсів від поверхонь деталей. Що стосується

спектрального аналізу та вейвлет-перетворення, то їм властиві порівняно великі обсяги обчислень та об'єми вихідної інформації, яка потребує подальшої обробки.

Таблиця 1 – Класифікація акустико-емісійних ознак дефектів пар тертя механізмів

Акустико-емісійні ознаки	Інваріантність до масштабування сигналу по амплітуді	Інваріантність до зміни порядку слідування відліків сигналу в часі
Спектр, вейвлет-коефіцієнти	Ні	Ні
Амплітуда, потужність, рахунок, активність	Ні	Так
Тривалість імпульсів, тривалість фронту та спаду імпульсів	Так	Ні
Пік-фактор, гістограма амплітуд, інформаційна ентропія	Так	Так

#### **Обґрунтування вимог до перспективних акустико-емісійних ознак.**

Перспективні діагностичні ознаки повинні бути інваріантними до масштабування сигналу акустичної емісії по амплітуді, оскільки це суттєво послабить вплив варіацій чутливості датчиків та затухання сигналу в елементах конструкції на результат діагностування. Що стосується зміни порядку слідування відліків сигналу в часі, то перспективні діагностичні ознаки повинні бути неінваріантними до нього, щоб бути придатними для виявлення сплесків емісії при контактуванні дефектних ділянок поверхні деталей.

У дані роботі пропонується використовувати нерівномірність розподілу імпульсів акустичної емісії в часі як ознаку для діагностування підшипників кочення.

**Розробка методики діагностування підшипника кочення.** За умови відсутності дефектів на контактуючих поверхнях деталей підшипника і сталого режиму роботи, потік сигналів акустичної емісії розглядатимемо як найпростіший (тобто, стаціонарним пуасонівським) потік. Отже, відповідно до властивостей найпростішого потоку, час надходження сигналів акустичної емісії бездефектного підшипника буде випадковою величиною, рівномірно розподіленою на інтервалі дослідження  $[0, T]$ :

$$F(t) = t/T, \quad (1)$$

де  $F$  – гіпотетична інтегральна функція рівномірного розподілу часу надходження сигналів акустичної емісії;  $t$  – час, с;  $T$  – тривалість інтервалу дослідження, с.

Контактування деталей на дефектних ділянках втомного руйнування призводитиме до збільшення активності акустичної емісії, оскільки мікротріщини на цих ділянках є концентраторами напруг і сприяють динамічній перебудові структури матеріалу. Отже, емпірична інтегральна функція розподілу часу реєстрації сигналів акустичної емісії відрізнятиметься

від гіпотетичної інтегральної функції (1) тим більше, чим більше розвинені дефекти на контактуючих поверхнях.

Відповідність фактичного розподілу часу надходження сигналів акустичної емісії гіпотетичному розподілу (1) можна перевірити за критерієм згоди Крамера-Мізеса-Смирнова:

$$W_n^2 = \sum_{i=1}^n \left( F(t_n) - \frac{2i-1}{2n} \right)^2 + \frac{1}{12n}, \quad (2)$$

де  $W_n^2$  – статистика.

Чим більшим є значення статистики  $W_n^2$ , тим більше фактичний розподіл сигналів акустичної емісії відрізняється від гіпотетичного рівномірного, що є ознакою дефекту підшипника.

Перетворимо (2) з урахуванням (1):

$$d = \sum_{i=1}^n \left( \frac{t_n}{T} - \frac{2i-1}{2n} \right)^2 + \frac{1}{12n}, \quad (3)$$

де  $d$  – показник технічного стану підшипника кочення.

Експериментальні дослідження акустичної емісії підшипників типу 202 здійснювались на комп'ютеризованому комплексі [5] у наступному режимі: частота обертання внутрішнього кільця 1460 1/хв. (період обертання 0,041 с), навантаження 258 Н, тривалість інтервалу дослідження 0,1 с. Рисунок 1 ілюструє результати вимірювань.

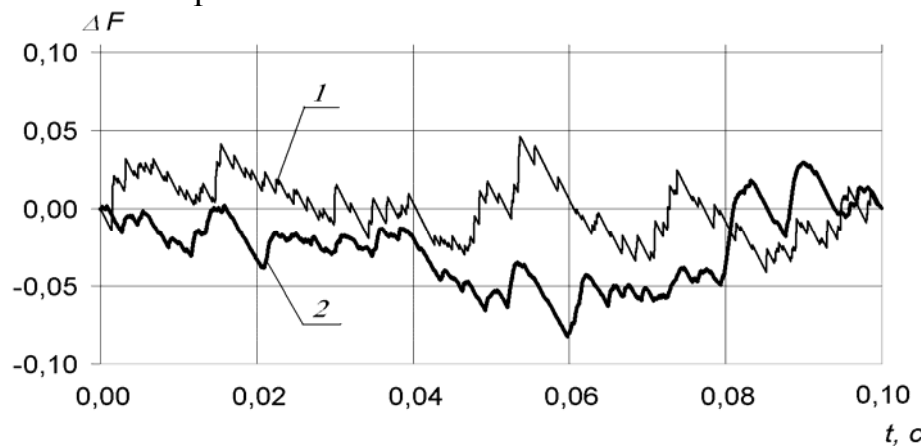


Рис. 1. Графіки різниць між інтегральними функціями розподілу в часі імпульсів акустичної емісії підшипників та інтегральною функцією рівномірного розподілу: 1 – новий підшипник, 2 – зношений підшипник з ділянками втомного руйнування

Показник технічного стану, обчислений за формулою (3), дорівнював 0,010 для нового підшипника та 0,189 для зношеного підшипника, що підтверджує можливість використання запропонованої ознаки для діагностування підшипників кочення.

**Висновки.** Розроблена класифікація акустико-емісійних ознак дефектів пар тертя механізмів. Обґрунтовано, що нерівномірність розподілу імпульсів акустичної емісії в часі є діагностичною ознакою дефекту підшипника кочення.

Перспективним напрямком робіт є використання даної ознаки для визначення граничного стану підшипника.

### **Список літератури**

1. ГОСТ Р 52727-2007 Техническая диагностика. Акустико-эмиссионная диагностика. Общие требования.
2. Abdullah M. Al-Ghamd, D. Zhechkov, D. Mba. A comparative experimental study on the use of Acoustic Emission and vibration analysis for bearing defect identification and estimation of defect size // Mechanical System and Signal Processing, 2006. –№7, 1537–1571.
3. Mazal P., Koula V., Hort F., Vlasic F. Applications of continuous sampling of AE signal for detection of fatigue damage. // NDT in Progress, 2009. –№4. –8 p.
4. Yanhui Feng, Suguna Thanagasundram, Fernando S. Schlindwein. Discrete wavelet-based thresholding study on acoustic emission signals to detect bearing defect on a rotating machine // The Thirteen International Congress of Sound and Vibration. Vienna, Austria. 2-6 July, 2006. –8 p.
5. Войтов В.А., Шевченко С.А. Обоснование структуры комплекса для исследования акустико-эмиссионных признаков дефектов подшипников качения // Вісник ХНТУСГ. Проблеми технічної експлуатації машин. -Харків: ХНТУСГ, 2011. -Вип. 109. - С. 50-54.

### **Аннотация**

#### **КЛАССИФИКАЦИЯ И ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К АКУСТИКО-ЭМИССИОННЫМ ПРИЗНАКАМ ДЕФЕКТОВ ПАР ТРЕНИЯ МЕХАНИЗМОВ**

**Шевченко С.А.**

*Разработана классификация акустико-эмиссионных признаков дефектов пар трения механизмов. Обоснована возможность диагностирования подшипников качения по признаку неравномерности распределения акустической эмиссии во времени.*

### **Abstract**

#### **CLASSIFICATION AND GROUND OF REQUIREMENTS TO THE ACOUSTIC-EMISSIVE SIGNS OF FRICTION PAIRS DEFECTS OF MECHANISMS**

**S. Shevchenko**

*Classification of acoustic-emissive signs of friction pair's defects of mechanisms is worked out. Possibility of diagnosing of wobbling bearing on the sign of unevenness of distribution of acoustic emission in time is grounded.*