

Матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної конференції

Materials of the 18<sup>th</sup> international scientific and practical conference

---

**СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТА ІННОВАЦІЙНІ  
ТЕХНОЛОГІЇ НА ТРАНСПОРТІ**

**MODERN INFORMATION AND INNOVATION  
TECHNOLOGIES IN TRANSPORT**

**MINTT– 2026**

Збірник матеріалів конференції

26–28 травня 2026 року  
Одеса, Україна

May 26–28, 2026  
Odesa, Ukraine



### **Conference organizers:**

- MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
- KHERSON STATE MARITIME ACADEMY
- KHERSON NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY
- ADMIRAL MAKAROV NATIONAL UNIVERSITY OF SHIPBUILDING
- NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF UKRAINE «KPI»
- INSTITUTE OF ELECTROPHYSICS AND RADIATION TECHNOLOGIES OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE
- V. N. KARAZIN KHARKIV NATIONAL UNIVERSITY
- NATIONAL AVIATION UNIVERSITY
- NATIONAL UNIVERSITY «ODESA MARITIME ACADEMY»
- ODESSA NATIONAL MARITIME UNIVERSITY
- SOUTHERN SCIENTIFIC CENTER OF NAS OF UKRAINE AND MES OF UKRAINE
- GDYNIA MARITIME UNIVERSITY (POLAND)
- KLAIPĖDA UNIVERSITY (LITHUANIA)
- BATUMI STATE MARITIME ACADEMY (GEORGIA)
- BEIJING EURASIAN INTERNATIONAL CENTRE FOR ECONOMIC AND CULTURAL EXCHANGE (PRC)
- CREWING COMPANY «MARLOW NAVIGATION» (CYPRUS)

### **Program Committee:**

- |   |   |
|---|---|
| P. Bidiuk – DScTech., Professor (Ukraine);  | M. Malaksiano – DScTech., Professor (Ukraine);                        |
| V. Blintsov – DScTech., Professor (Ukraine);                                      | A. Maltsev – DScTech., Professor (Ukraine);                           |
| A. Buketov – DScTech., Professor (Ukraine);                                       | I. Melnik – DScTech., Professor (Ukraine);                            |
| R. Varbanets – DScTech., Professor (Ukraine);                                     | P. Nosov – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor (Ukraine) |
| O. Vynokurova – DScTech., Professor (Ukraine);                                    | S. Osadchyi. – DScTech., Professor (Ukraine);                         |
| Viuhar Beiukaha Sadyhov – Ph.D. in Engineering, Associate Professor (Azerbaijan); | O. Pipchenko – DScTech., Associate Professor (Ukraine);               |
| V. Hnatushenko – DScTech., Professor (Ukraine);                                   | E. Prokhorenko – DScTech. (Ukraine);                                  |
| O. Lastowska – Ph.D. in Engineering, Associate Professor (Poland);                | V. Protsenko – DScTech. (Ukraine);                                    |
| V. Kuklin – Dr. of Physics and Math, Professor (Ukraine);                         | O. Reva – DScTech., Professor (Ukraine);                              |
| V. Lytvynenko – DScTech., Professor (Ukraine);                                    | O. Rubel – DSc in Economics, Professor, (Ukraine);                    |
| O. Liubich – DSc in Economics, Professor, (Ukraine);                              | Yu. Khaibyn – Director of BEICECE(PCR);                               |
|   | V. Kharchenko - DScTech., Professor (Ukraine);                        |
|   | M. Tsybal – DScTech., Professor (Ukraine);                            |
|   | Y. Yanutenene – DScTech., Professor (Lithuania).                      |

### **Organizing Committee:**

- |                    |  |
|--------------------|--|
| Head               | Victor Husiev – Rector of Kherson State Maritime Academy;  |
| Deputy Head        | Olena Diahyleva – First Vice Rector;<br>Andrii Ben – Vice Rector for Research;   |
| Committee members: | Yaroslav Nahrybelnyi – Doctor of Pedagogical Sciences, Dean of the Faculty of Navigation;<br>Oleh Tovstokoryi – PhD in Technical Sciences, Head of the Department of Navigation and Ship Handling;<br>Valentyn Nastasenکو – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Operation of Ship Power Plants;<br>Eduard Appazov – PhD in Technical Sciences, Head of the Postgraduate and Doctoral Studies Department, Associate Professor of the Department of Navigation and Ship Handling;<br>Andrii Petrovskyi – PhD in Technical Sciences, Scientific Secretary of the Conference, Head of the Department of Technical Information;<br>Roman Vrublevskyi – Secretary in charge of the Conference, Associate Professor of the Department of Ship Technical Systems and Complexes<br>Tetiana Radul – Technical Secretary of the Conference, specialist of the II category of the technical information department;<br>Dmytro Onyshko – Technical Specialist of the Conference, senior lecturer at the Department of General Professional Training and Maritime Safety. |

#### **The author is responsible for the accuracy of the stated facts, quotes and other information.**

The collection presents the proceedings of the XVIII International Scientific and Practical Conference «Modern Information and Innovation Technologies in Transport», which took place in Odesa on May 26–28, 2026 and was devoted to topical issues of modern information and innovation technologies in transport sector.

The materials of proceedings are designed for teachers and students of higher educational institutions, specialists of research institutions and enterprises.

Modern Information and Innovation Technologies in Transport (MINTT – 2026) [proceedings of the XVIII International Scientific and Practical Conference, May 26–28, 2026, Odesa]. – Odesa: Kherson State Maritime Academy, 2026. – 534 p.

---

## ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ АКУСТИЧНОГО ВИЯВЛЕННЯ НЕСПРАВНОСТЕЙ В ОБЕРТОВИХ МЕХАНІЧНИХ ПРИСТРОЯХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

<sup>1</sup>Серебряков А.К., <sup>1</sup>Тарануха В.Ю., <sup>2</sup>Бушма О.В.

<sup>1</sup> Інститут інформаційних технологій та систем Національної академії наук України  
(Україна)

<sup>2</sup> Київський столичний університет імені Бориса Грінченка  
(Україна)

**Вступ.** Стрімкий розвиток сучасних інформаційних технологій в сфері транспорту справив значний вплив на способи аналізу роботи двигунів, пристроїв та інших обертових механізмів рухомого складу в цілому. Розпізнавання несправного технічного стану таких елементів механічних систем є критично важливим для діагностики транспортних засобів, дає змогу своєчасно виявляти їх пошкодження, що сприяє безпеці руху та запобігає потенційним аваріям.

Сучасні промислові нейромережеві підходи до діагностики техніки демонструють високу точність класифікації ознак несправностей в обертових механізмах [1]. Проте, їх широке застосування ускладнюється істотними практичними обмеженнями. Такі рішення вимагають великих обсягів маркованих даних для навчання у різних експлуатаційних умовах. В той же час, нейромережі мінімального розміру та набору ознак демонструють порівняно невисоку якість розпізнавання [2]. Тому для оцінки технічного стану транспортних засобів є потреба у прикладній системі, здатній забезпечувати достатню надійність розпізнавання зі задовільною швидкістю. Вона має зберігати високу розрізняльну здатність і бути адаптованою під різні режими роботи обертових механізмів.

**Актуальність досліджень.** Питання розрізнення справних та пошкоджених пристроїв, класифікації їх несправностей, як правило, зводиться до оброблення спектру акустичного сигналу [3, 4]. У наявних роботах амплітудна модуляція не використовується як центральна компактна ознака в поєднанні з оцінкою виражених частот спектру. Така модуляція є наслідком впливу обертання механізму в робочому режимі на акустичний сигнал. Для її ефективного аналізу було запропоновано алгоритм Детекції Піків на Границях Циклів (ДПГЦ), який використовує дані про розподіл домінуючих піків виражених частот акустичних сигналів для виявлення несправностей у механічних пристроях із двигунами внутрішнього згоряння (ДВЗ) за їх портретами [5]. Початкова версія засобу не використовувала спектральну інформацію повноцінно, спираючись на аналіз амплітудної модуляції за розподілом піків.

Однак, детальний аналіз алгоритму ДПГЦ та слуховий контроль акустичних сигналів двигунів мотоциклів показали, що розбіжність в частоті амплітудної модуляції поміж сигналами недостатня для того щоб пояснити, чому сигнали мають різне звучання. Поглиблене дослідження вказує на необхідність включення додаткової спектральної характеристики до формування портретів сигналів.

**Постановка задачі.** Для надійного аналізу акустичних сигналів двигунів, розрізнення їх справного та несправного станів є перспективним використання залежності поміж піками амплітудної модуляції та наявною спектральною інформацією. Для цього має бути виконано інтелектуальну інтеграцію репрезентативної ознаки спектру в портрет сигналу з урахуванням збереження мінімальної обчислювальної складності в рамках ресурсоефективного рішення.

**Метою роботи** є підвищення надійності акустичного виявлення несправностей в обертових механічних пристроях транспортних засобів шляхом врахування залежності основної частоти їх аудіосигналів від амплітудної модуляції, спричиненої роботою двигуна. На цій основі виконано об'єднання ознак в єдиний репрезентативний показник, на основі

якого оцінюється технічний стан відповідного пристрою.

У результаті запропоновано та протестовано покращений засіб виявлення несправностей в механічних пристроях, який використовує розширену за рахунок спектральних даних акустичних сигналів множину ознак технічного стану об'єкту. Для оцінки надійності результати виявлення несправностей протестовано за допомогою Байєсівського класифікатора [6].

**Результати дослідження.** Для аудіосигналів ДВЗ мотоциклів [5] були окремо взяті основні частоти із застосуванням функції *yin* python-пакету для аудіо-аналізу *librosa* [7]. Вона реалізує метод оцінки основної частоти з використанням автокореляції. Спочатку обчислюється нормалізована різницева функція за віконним обробленням сигналу з перекриттям. Далі, перший мінімум у різницевій функції нижче порогу обирається як оцінка періоду сигналу. Оцінений період уточнюється за допомогою параболічної інтерполяції перед перетворенням у відповідну частоту.

Отримані значення основної частоти разом із даними про розподіл піків за методом ДПГЦ об'єднано в розширену множину ознак для отримання портретів аудіосигналів, як це показано на рис. 1.

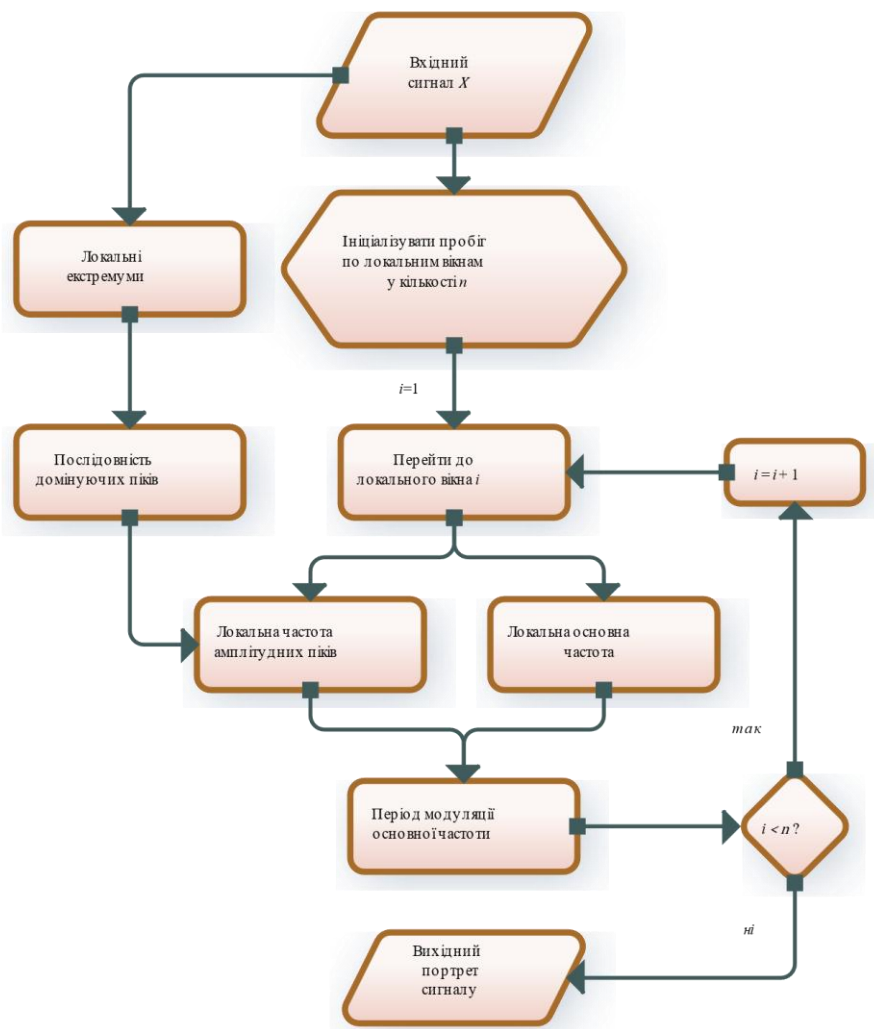


Рисунок 1 — Блок-схема підходу на основі періоду модуляції основної частоти

Отримані піки використано в якості ознаки, яка вказує на період модуляції основної частоти. Для порівняння з портретами аналогічне оброблення було виконано для решти вхідних сигналів. Результати аналізу розширеного датасету [6] на основі відстаней від значень портретів справних ДВЗ, виконаного аналогічним чином за розширеною множиною ознак, показано в табл. 1.

Таблиця 1 — Відстані від портретів аудіосигналів справних ДВЗ за розширеним показником

Модель мотоцикла	Справні				Пошкоджені			
	S51	ETZ	YZF	CBR	S51	ETZ	YZF	CBR
Simson S51 (S51)	1.7	2.9	18.4	17.1	25.6	14.8	10.0	6.2
MZ ETZ-250 (ETZ)	2.6	1.7	22.5	20.6	38.7	23.8	11.1	5.6
Yamaha YZF-R6 (YZF)	14.3	12.6	0.5	1.2	35.5	26.8	8.4	10.8
Honda CBR600RR (CBR)	21.8	19.0	2.0	1.3	56.5	42.3	12.3	16.2

Результати демонструють, що, по-перше, для портрету кожного двигуна проміжок до його справних аудіосигналів значно менший, аніж до несправних отже зберіглася можливість розрізнити стан «справний-пошкоджений». По-друге, підвищилась надійність розпізнавання двох- та чотирьох-тактних типів ДВЗ поміж собою, оскільки збільшився проміжок, який їх розділяє. Як для запропонованого класифікатора, так і для тих, що використовують SVM або похідні від них, більший проміжок – це більший запас стійкості рішення до нових або дещо збурених даних, що безпосередньо забезпечує підвищення надійності визначення стану об'єкту [8, 9]. Те саме стосується і моделей в межах типу – для них чисельні відстані теж збільшились. Це свідчить про доцільність поєднання частоти піків та основної частоти в єдиний показник, який характеризує період її модуляції. Хоча кожна з ознак можливо використовувати окремо, в такому випадку з високою ймовірністю очікується зниження надійності розпізнавання. Тому їх відокремлене застосування може виявитись недостатнім. В цілому, вдалося отримати покращений, ніж у [5], результат розпізнавання пошкоджених ДВЗ та підвищити надійність розмежування окремих моделей мотоциклів поміж собою.

Для оцінки ефективності розширеної множини ознак було застосовано Байєсівські класифікатори, аналогічно [6]. В дослідженні використано статистичні портрети від початкового (Б1) та розширеного (Б2) датасету. Порівняння було виконано також і у випадку переліку ознак для розширеного датасету (Б3). Експеримент із використанням класифікаторів на основі запропонованого показника показав, що, попри очікуване падіння точності через збільшення вибірки та збільшення кількості типів несправностей, перехід до нього мінімізує втрату в надійності розпізнавання. Розроблений засіб на основі розширеної множини ознак демонструє вищу надійність визначення несправностей і є більш робастним до розширення датасету.

Таким чином, метод Баєса та додатково розглянутий повний перелік ознак, а саме: середнє, дисперсія, медіана, медіана абсолютних відхилень, квантиль  $p_{10}$ , квантиль  $p_{90}$ , матсподівання, коефіцієнт варіації, автокореляція з затримкою [10, 11] не є необхідними для наявної вибірки записів звуків роботи двигунів щодо визначення їх стану.

В подальшій роботі слід виконати розширену апробацію запропонованої множини ознак. Вона може бути реалізована за рахунок збільшення датасету додатковими записами роботи двигунів автомобілів або інших типів ДВЗ з різною кількістю циліндрів та конфігурацією. До них має бути застосована аналогічна процедура отримання ознак. Передбачається, що запропонований засіб буде спроможний чітко розділяти справні та пошкоджені двигуни автомобілів за пороговим значенням, а також розрізняти автомобілі та мотоцикли. Важливим є використання оптимального методу визначення як основної частоти сигналу окремо, так і всього спектру. Слід розглянути інші прийнятні підходи для порівняння з використаною функцією *win*. Суміжним важливим чинником є вибір оптимальної ширини полоси пропускання (довжини вікна, в якому виконується аналіз), що також вимагає подальших розвідок.

**Висновки.** Аналітично протестовано та виконано розширену апробацію засобу виявлення несправностей у механічних пристроях із ДВЗ. Показано, що покращений алгоритм аналізу акустичних сигналів та розроблений на його основі засіб формування їх

портретів надає більш повну інформацію для розпізнавання як несправностей, так і окремих моделей пристроїв. Описане розширення множини ознак для характеристики періоду модуляції основної частоти є доцільним для отримання більш надійних результатів. Запропонований показник слід застосувати до розширеного класу засобів для ідентифікації об'єктів та вирішення пов'язаних задач.

Ефективність засобу підтверджено експериментально на аудіозаписах роботи двигунів мотоциклів розширеного датасету [6]. При цьому, засіб зберігає робастність і залишається швидким в обчислювальному відношенні та може бути використаний для класифікації звукових портретів різних типів двигунів, апаратів, приладів, агрегатів та інших технічних об'єктів.

**Подяка.** Дослідження виконано за грантової підтримки Національного фонду досліджень України в рамках проєкту «Технологія акустичного виявлення та пеленгування об'єктів з використанням різних типів сенсорів» (реєстраційний номер 2025.05/0059).

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Z. Ye, Liu Z., Wang H. Review on Sound-Based Industrial Predictive Maintenance: From Feature Engineering to Deep Learning. *Mathematics*. 2025. vol. 13. is. 11. pp. 1724.
2. Muthumala, Uditha, Yuxuan Zhang, Luciano Sebastian Martinez-Rau, and Sebastian Bader. Comparison of tiny machine learning techniques for embedded acoustic emission analysis. In 2024 IEEE 10th World Forum on Internet of Things (WF-IoT), pp. 444-449. IEEE, 2024.
3. Amarnath, M. and Krishna, I.P., 2014. Local fault detection in helical gears via vibration and acoustic signals using EMD based statistical parameter analysis. *Measurement*, 58, pp. 54- 64.
4. Kedadouche, M., Thomas, M. and Tahan, A.J.M.S., 2016. A comparative study between Empirical Wavelet Transforms and Empirical Mode Decomposition Methods: Application to bearing defect diagnosis. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 81, pp.88- 107.
5. Compact Acoustic Signal Portraits for Resource-Efficient Mechanical Fault Detection / O. Volkov, and others. *Electronics Letters*. 2026. Vol.62, №1. pp. e70551.
6. Сребряков А., Тарануха В., Бушма О. Тестування ресурсоефективного методу виявлення поломок механічних пристроїв за аудіосигналами. Матеріали 3-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні системи та технології: результати і перспективи» (Київ, 10 березня 2026 р.) Київ, 2026. С.126-129.
7. De Cheveigné, Alain, and Hideki Kawahara. YIN, a fundamental frequency estimator for speech and music. *The Journal of the Acoustical Society of America* 111.4 (2002): 1917-1930.
8. Cortes, C. and Vapnik, V., 1995. Support-vector networks. *Machine learning*, 20(3), pp.273-297.
9. Du, K.L., Jiang, B., Lu, J., Hua, J. and Swamy, M.N.S., 2024. Exploring kernel machines and support vector machines: Principles, techniques, and future directions. *Mathematics*, 12(24), p.3935.
10. Kumar A., Solanki S. S., Chandra M. Hilbert spectrum based features for speech/music classification. *Serbian Journal of Electrical Engineering*. 2022. vol.19.2 p.239–259.
11. Amarnath M., Krishna IR P. Local fault detection in helical gears via vibration and acoustic signals using EMD based statistical parameter analysis. *Measurement*. 2014. vol.58. p.154–164.