

## PARAMETRIC VISUALISATION OF NOISE SIGNALS FOR ASSESSMENT OF THE FUNCTIONAL STATE OF MECHANICAL SYSTEMS' ELEMENTS

**Mygal G.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Transport Technologies, Lviv Polytechnic National University, e-mail: [halyna.v.myhal@lpnu.ua](mailto:halyna.v.myhal@lpnu.ua),  
**Protasenko O.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, e-mail: [olha.protasenko@hneu.net](mailto:olha.protasenko@hneu.net),  
**Golomysov V.**, student, Lviv Polytechnic National University,  
e-mail: [vladyslav.holomysov.vp.2024@lpnu.ua](mailto:vladyslav.holomysov.vp.2024@lpnu.ua)

The advancement of intelligent systems for evaluating the functional state of vehicles is vital for identifying vehicles, operational control of their condition, environmental monitoring, and enhancing user convenience in vehicle operation. This development is crucial in modern intelligent services aimed at ecological monitoring technology for sustainable development.

Various types of noises, particularly vibrations and sound signals from different mechanical system components, provide valuable information for assessing the functional condition of vehicle parts. Sound characteristics such as rhythm, frequency, and amplitude can reveal insights into engine performance, including speed, wear, or potential issues. The capability to detect acoustic anomalies is essential; for instance, knocking sounds, faint noises, or pops from the exhaust may signal engine problems. Acoustics can also assess vibration levels, indicating uneven rotation, faulty moving parts, or other underlying issues. Acoustic methods for engine diagnostics can be highly effective, offering valuable insights without disassembly or engine shutdown. Various acoustic techniques employed to assess engine performance include: a) Listening to the engine's operation, which is one of the simplest methods; an experienced technician can identify sound anomalies that may indicate operational issues; b) Spectral analysis, which measures the frequency response of sound to differentiate between various fault types based on changes in the spectrum; c) Analysis of sound vibrations; d) Acoustic emission tomography; and even e) Utilisation of machine learning for sound signal analysis. For instance, research has been conducted using sound spectral analysis to identify faults in machinery, including engines, and studies focusing on noise within engine cooling and lubrication system units through acoustic emission analysis to assess the degree of wear on the impeller [1-3].

The diversity, uncertainty, nonlinearity, and multidimensionality of information flow from dynamic systems necessitate a revision. These factors impose limitations on the capabilities of information technologies. A promising approach to address these issues is the parametric representation of information signals – such as electrical signals, sound, and noise—within the context of potential dynamic events. This approach serves as a foundation for an interdisciplinary methodology to capture the individuality of complex systems. To effectively identify the functional state of system elements, emphasis is placed on the noise components of signals from various sources, as they provide significantly more information than other elements. Noise possesses random and fractal characteristics; its statistical properties are leveraged in analytical methods to characterise stable disturbances in the operation of mechanisms. This analysis not only aids in uncovering subtle, hidden patterns in the mechanisms' performance but also enables the early detection of unfavourable changes in functionality.

The most promising method for this purpose involves an interdisciplinary approach that focuses on the parametric visualisation of information signals from the object under investigation, thereby highlighting the individual functioning of complex systems [4-8]. This approach emphasises the parametric representation of the object's information signals (such as electrical signals, sound, and noise) within the realm of potential dynamic events. This method unveils the unique characteristics of the signal's structure as it transforms into a topological 3D model, represented as a closed trajectory in the dynamic events space. This geometrisation of information

flows encompasses both spatial and temporal decompositions. Geometrically, these decompositions are distinguished by their perpendicularity and curvature, while physically, they differ in the speed and acceleration of dynamic events [4-8]. The spatiotemporal organisation of the components is most evident in the orthogonal projection of the trajectory, which comprises distinct graphical signatures from first- and second-order sources. These signatures represent the natural patterns of the spatio-temporal structure of the signal, and comparing them facilitates the rapid identification of changes in the object's state [6, 7].

Visualising acoustic signals by transforming them into topological 3D models opens up new avenues for developing remote monitoring methods for mechanical systems. This approach enables us to analyse the conditions and sources of emitted sounds, allowing for the early identification of potential faults. Recordings were captured in WAV format using a microphone with a frequency range of 60 Hz to 18,000 Hz and a sampling frequency of 44,100 Hz. Sound processing and graphical rendering were carried out on the MATLAB platform. The topological 3D models were generated using the Origin program [8]. The parametric visualisation of the acoustic noise signal from a differentiated piston engine allows for identifying mechanical faults. It offers insights into the operational state of the mechanical system through its noise parameters. This foundation paves the way for developing a remote diagnostics method for vehicle components to detect operational errors in sound-generating objects, evaluate the condition of units or systems, pinpoint sources related to mechanical parts, and identify defects or mechanical damage to components or assemblies. This capability is particularly crucial for analysing the environmental impact of internal combustion engines. For instance, the use of low-quality fuel or improper functioning of the fuel or ignition systems can disrupt the combustion process of the fuel-air mixture, altering the engine sound captured by the acoustic analysis system.

By processing these acoustic signals and transforming them into a three-dimensional topological model for parametric visualisation, we can develop methodologies for remote monitoring of mechanical systems. It would enable the assessment of a unit's functional state and facilitate the early detection of functional defects and weld issues within the components of a mechanical system.

### References

1. Ghaderi H., Kabiri P. Automobile engine condition monitoring using sound emission. Turkish journal of electrical engineering & computer sciences. 2017. № 25, Pp. 1807–1826. Doi: 10.3906/elk-1605-77
2. Wail M. Adaileh. Engine fault diagnosis using acoustic signals. Progress in environmental protection and processing of resources. 2013. Pp. 295–298. Doi: 10.4028/www.scientific.net/amm.295-298.2013
3. Chomphan, S., Kingrattanaset, Th. An analysis of sound for fault engine. American journal of applied sciences. 2014. № 11(6), pp. 1005 – 1009. Doi: 10.3844/ajassp.2014.1005.1009
4. Mygal V. P., Mygal G. V. Convergent Approach to Identification of Transient States of a Dynamic System. Nano-Electron. Phys. 2020. 12(6): 06018. [https://doi.org/10.21272/jnep.12\(6\).06018](https://doi.org/10.21272/jnep.12(6).06018)
5. Mygal V.P., Mygal G.V. Topological 3D Model of the Functioning of a Dynamic System – Cognitive Estimation of Complexity. J. Nano- Electron. Phys. 13, No 4, 04023, P. 04023-1 - 04023-6 (2021). [https://doi.org/10.21272/jnep.13\(4\).04023](https://doi.org/10.21272/jnep.13(4).04023)
6. Mygal V. P., But A. V., Mygal G. V. and Klimenko, I. A. An interdisciplinary approach to study individuality in biological and physical systems functioning. Nature, Scientific Reports. 2016. #6, pp. 387-391. DOI: 10.1038/srep29512
7. Mygal V. P., Mygal G. V., Balabanova L. M. Visualization of Signal Structure Showing Element Functioning in Complex Dynamic Systems – Cognitive Aspects. Journal of nano- and electronic physics. 2019. № 11(2): 02013. [https://doi.org/10.21272/jnep.11\(2\).02013](https://doi.org/10.21272/jnep.11(2).02013).

8. Mygal V. P., Sylevitch V.Yu., Mygal G. V. Integrated diagnostics of the functional state of transport system elements based on the visualization of noise signals. Vcheni zapysky Tavriiskoho natsionalnoho universytetu imeni V. I. Vernadskoho. 2020. T. 31 (70), part 2, №3, p. 102–108. DOI <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.3-2/18> [in Ukrainian].

УДК 656.13:656.078

## СТАН РОЗВИТКУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

**Скляренко Ю.О.**, аспірант кафедри транспортних технологій підприємств, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», e-mail: [sklyarenko120681@gmail.com](mailto:sklyarenko120681@gmail.com),  
**Тимофєєнко М.Ю.**, фахівець кафедри транспортних технологій підприємств, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», e-mail: [unibox449@gmail.com](mailto:unibox449@gmail.com)

Сучасна транспортна система вантажного автомобільного транспорту, що базується на традиційних підходах до управління, є складною і водночас недостатньо ефективною організаційно-технічною структурою. Рівень її функціональної ефективності визначається сукупністю численних чинників, більшість з яких мають інформаційне підґрунтя. Серед них – структура та технічний стан автопарку підприємства; умови експлуатації транспортних засобів; особливості рельєфу та профілю місцевості; характеристики дорожнього покриття, включаючи його тип і стан; обсяг та якість виконання робіт з будівництва, ремонту й обслуговування дорожньої інфраструктури; прогнозування та запобігання аварійним ситуаціям; показники інтенсивності та насиченості трафіку; обсяг, фізико-механічні властивості вантажів; режим та швидкість руху транспортних засобів; атмосферно-кліматичні умови; рівень кваліфікації персоналу; ефективність маршрутизації тощо.

Застосування застарілих методів організації транспортної системи призводить до підвищених витрат на перевезення, затримок у доставці вантажів та зростання рівня аварійності на маршрутах. Негативні наслідки такого управління, недостатній розвиток інфраструктурних об'єктів, порушення термінів доставки, а також зростаючий екологічний та техногенний вплив автотранспорту створюють значні виклики для Єдиної транспортної системи країни, вимагаючи комплексного підходу до модернізації та інтеграції сучасних технологічних рішень.

Основним комплексним завданням щодо підвищення ефективності автомобільного транспорту є впровадження процесів інтеграції глобальних супутникових і радіонавігаційних систем, які здатні забезпечити застосування керівних інформаційних технологій, контроль функціонування та взаємодію підприємств автомобільного транспорту, станцій технічного обслуговування та транспортних систем. Такий підхід дозволяє вирішувати велику кількість різноманітних завдань моніторингу, прогнозування та керування дорожньо-транспортними потоками, які вимагають отримання, аналізу, узагальнення та обробки великих обсягів інформації, що дистанційно надходять у реальному часі від кожного транспортного засобу індивідуально та стосуються його технічного стану, часу подій, місця розташування та параметрів автомобілів і вантажів [1].

На сьогодні багато розвинених країн світу активно займаються просуванням і розробкою телематичних та інтелектуальних транспортних систем (ІТС), які вважаються перспективним засобом для розв'язання найактуальніших проблем підвищення ефективності експлуатації автомобільного транспорту. Інтелектуальні транспортні системи – це транспортні системи, в яких здійснюється інтеграція сучасних інформаційних, комунікаційних, телематичних технологій та засобів автоматизованого керування з транспортною інфраструктурою, транспортними засобами й користувачами. ІТС, згідно з її