

**Орищенко С. В.**

К.Т.Н., доцент

**Національний  
університет біоресурсів  
і природокористування  
України**

**Орищенко В. В.**

асистент

**Київський національний  
університет  
будівництва і  
архітектури**

**Oryschenko S.**Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor

**National University of Life  
and Environmental  
Sciences of Ukraine**

**Oryschenko V.**

assistant

**Kyiv National University of  
Civil Engineering and  
Architecture**

ВІБРАЦІЙНО-АКУСТИЧНА ДІАГНОСТИКА  
ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ДВИГУНА  
ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ © 2026  
by Орищенко С.В., Орищенко В.В. is  
licensed under CC BY 4.0

**УДК 629.33.004.5****DOI: 10.37128/2306-8744-2026-1-10**

## **ВІБРАЦІЙНО-АКУСТИЧНА ДІАГНОСТИКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ**

У статті розглянуто можливості вібраційної та акустичної діагностики двигуна внутрішнього згоряння як ефективного засобу раннього виявлення технічних несправностей. Обґрунтовано, що поява сторонніх шумів, підвищених вібрацій, нерівномірних коливань та нестабільної роботи допоміжних агрегатів є важливими діагностичними ознаками, які можуть свідчити про дефекти елементів ремінного приводу, насамперед шківів колінчастого вала. Показано, що шків колінчастого вала виконує не лише функцію передачі обертального руху, а й бере участь у демпфуванні крутильних коливань, тому його пошкодження або деградація безпосередньо впливають на динамічний стан двигуна. Узагальнено сучасні підходи до аналізу вібраційних і акустичних проявів у роботі силових агрегатів, а також наведено теоретичні залежності, які пояснюють вплив зміни жорсткості, демпфувальних властивостей та масово-інерційних характеристик шківів на формування коливальних процесів. У роботі досліджено умови виникнення резонансних явищ у системі «колінчастий вал – шків», встановлено характер зміни амплітуди вібрацій при різних коефіцієнтах демпфування та показано квадратичну залежність інерційних сил від частоти обертання. На основі теоретичного аналізу, графічної інтерпретації та практичних прикладів дефектів шківів колінчастого вала підтверджено, що тріщини, деформації, розшарування демпферного елемента та порушення геометрії є джерелами додаткових динамічних збурень і акустичних ефектів. Доведено доцільність комплексного поєднання візуального контролю, вібраційної та акустичної діагностики для підвищення достовірності оцінювання технічного стану двигуна та своєчасного виявлення потенційно небезпечних несправностей. Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості використання запропонованого підходу під час технічного обслуговування, сервісного контролю та експертної оцінки стану вузлів двигуна в експлуатації.

**Ключові слова:** вібраційна діагностика, акустична діагностика, двигун внутрішнього згоряння, шків колінчастого вала, крутильні коливання, ремінний привід, інерційні сили, резонансні явища, дефекти шківів.

**Постановка проблеми.** У процесі експлуатації автомобіля водії нерідко стикаються з появою сторонніх шумів і вібрацій двигуна. Подібні прояви можуть мати різну природу та часто не супроводжуються явними помилками в електронних системах керування, що ускладнює первинну діагностику. Внаслідок

цього джерело проблеми може тривалий час залишатися невиявленим, а експлуатація транспортного засобу - продовжуватися в умовах потенційної технічної несправності.

Однією з типових, але недооцінених причин таких симптомів є дефекти шківів колінчастого вала. Пошкодження демпферного



елемента, порушення геометрії, розшарування або механічні деформації можуть спричинити як вібраційні відхилення, так і нетипові звукові ефекти. При цьому ознаки несправності нерідко мають змінний або слабо виражений характер, що ускладнює їх правильну інтерпретацію.

Проблема полягає у своєчасному виявленні подібних дефектів та правильному встановленні причинно-наслідкового зв'язку між вібраціями, шумами та технічним станом шківів колінвала.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У сучасній літературі діагностика двигуна за вібраційними та акустичними ознаками розглядається як один із найбільш інформативних напрямів технічного моніторингу [3–6]. Більшість публікацій сходяться на тому, що вібрації й шум у ДВЗ є не “побічним ефектом”, а наслідком конкретних динамічних процесів: дисбалансу обертових мас, крутильних коливань колінчастого вала, нерівномірності робочих процесів, люфтів у з'єднаннях, зносу підшипникових вузлів та резонансних явищ у навісних агрегатах [3,4]. Відповідно, зміна спектральних характеристик вібрацій і шумів часто виступає раннім діагностичним маркером дефекту, який ще не проявляється у вигляді явної відмови [5].

Окремий напрям досліджень присвячений крутильним коливанням колінчастого вала та роботі демпферних елементів [4,7]. У багатьох двигунах шків колінчастого вала виконує не лише функцію передачі обертального руху, але й роль демпфера крутильних коливань. Публікації з цієї тематики наголошують, що деградація демпфера (старіння еластомерних матеріалів, розшарування, утворення тріщин, зміна жорсткості) змінює власні частоти системи «колінчастий вал – шків – ремінний привід», що може призводити до збудження резонансних режимів [4,8].

У практичних та прикладних дослідженнях показано, що подібні дефекти можуть проявлятися у вигляді зростання вібрацій у певних діапазонах обертів, появи сторонніх шумів або нестабільних акустичних ефектів у системі ремінного приводу [3,6]. Водночас підкреслюється, що електронні системи діагностики (OBD) не завжди дозволяють виявляти подібні відхилення, оскільки дефекти шківів колінчастого вала можуть тривалий час не супроводжуватися помилками в системах керування двигуном [7].

У зв'язку з цим у багатьох роботах рекомендується комплексний підхід до діагностики, що включає візуальний контроль, інструментальні вимірювання вібрацій та акустичний аналіз у різних режимах роботи двигуна [3,5,7]. Значна увага також приділяється просторовій локалізації джерел вібрацій, де правильний вибір точок вимірювання може мати

визначальне значення для достовірності діагностики [4].

Окрема група публікацій зосереджена на дослідженні причинно-наслідкових зв'язків між дефектами елементів ремінного приводу та ресурсом суміжних вузлів і агрегатів [6,8]. У таких роботах зазначається, що ігнорування вібраційних і акустичних симптомів може призводити до прогресуючого розвитку несправностей та переходу у стадію механічної відмови.

Водночас автори відзначають складність ідентифікації джерела дефекту, оскільки симптоми несправного шківів колінчастого вала можуть бути подібними до ознак інших несправностей ремінного приводу [3,4]. Тому в більшості джерел обґрунтовується доцільність використання методів вібраційної та акустичної діагностики у поєднанні з традиційними методами контролю [5–8].

**Мета роботи.** Метою даної статті є аналіз вібраційних та акустичних проявів несправностей двигуна внутрішнього згорання, а також визначення їх зв'язку з технічним станом шківів колінчастого вала. Особлива увага приділяється характерним ознакам дефектів шківів, що можуть спричинити сторонні шуми, підвищені вібрації та нестабільність роботи допоміжних агрегатів.

У межах статті передбачається розглянути типові механізми виникнення таких симптомів, систематизувати найбільш поширені види пошкоджень шківів колінвала та проілюструвати їх на практичних прикладах. Додатковим завданням є обґрунтування доцільності використання вібраційної та акустичної діагностики як інструменту раннього виявлення дефектів.

**Виклад основного матеріалу.** Вібраційні процеси в двигуні внутрішнього згорання мають переважно динамічну природу та можуть бути описані в межах класичної теорії механічних коливань. Колінчастий вал із приєднаними масами, включаючи шків, утворює коливальну систему з розподіленими параметрами, для якої характерні власні частоти, форми коливань та коефіцієнти демпфування.

У найпростішому наближенні крутильні коливання можуть бути змодельовані як одномасова система з пружним та демпфуючим елементами. Рівняння руху (1) такої системи має вигляд :

$$J \ddot{\varphi} + c \dot{\varphi} + k\varphi = M(t) \quad (1)$$

де:  $J$  – зведений момент інерції системи;  $\varphi$  – кутове зміщення;  $c$  – коефіцієнт в'язкого демпфування;  $k$  – крутильна жорсткість;  $M$  – збуджуючий момент, що залежить від часу.

Власна кутова частота системи визначається співвідношенням (2):



$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{J}} \quad (2)$$

а відповідна власна частота (3):

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} \quad (3)$$

Наявність демпферного елемента у конструкції шківів колінчастого вала призводить до зменшення амплітуди вимушених коливань. Ефективність демпфування (4) визначається коефіцієнтом загасання:

$$\xi = \frac{c}{2\sqrt{kJ}} \quad (4)$$

При пошкодженні або деградації демпфера відбувається зміна параметрів  $c$  та  $k$ , що безпосередньо впливає на спектр коливань. Зменшення демпфування або зміна жорсткості може спричинити наближення робочих частот до власної частоти системи, що створює умови для резонансу. Амплітуда вимушених коливань (5) у цьому випадку описується залежністю:

$$A(\omega) \propto \frac{1}{\sqrt{(k - J\omega^2)^2 + (c\omega)^2}} \quad (5)$$

де  $\omega$  - кутова частота зовнішнього збурення.

З позицій динаміки машин, дефекти шківів колінвала (ексцентриситет, биття, нерівномірний розподіл мас) формують додаткові періодичні сили інерції (6), величина яких визначається:

$$F = mr\omega^2 \quad (6)$$

де:  $m$  - еквівалентна невіднована маса;  $r$  - радіус ексцентриситету;  $\omega$  - кутова швидкість обертання.

Зростання кутової швидкості призводить до квадратичного збільшення динамічних навантажень, що пояснює характерне посилення вібрацій при підвищенні обертів двигуна.

Таким чином, теоретичні залежності підтверджують, що навіть незначні зміни параметрів шківів колінчастого вала можуть суттєво впливати на динамічну поведінку системи та формувати характерні вібраційні й акустичні прояви, які мають діагностичну цінність.

Представлено резонансну характеристику системи «колінчастий вал – шків» (рис.1), що відображає залежність нормованої амплітуди вібрацій від частоти обертання колінчастого вала при різних значеннях коефіцієнта демпфування. Криві демонструють типовий резонансний характер поведінки коливальної системи, за якого в області, близькій до власної частоти,

спостерігається різке зростання амплітуди коливань.

Аналіз графіка показує, що зі зменшенням коефіцієнта демпфування відбувається суттєве підвищення пікового значення амплітуди. Для найменшого значення демпфування ( $\zeta=0.05$ ) зафіксовано найбільш виражений резонансний пік, що свідчить про підвищену чутливість системи до збурюючих впливів. Зі збільшенням демпфування ( $\zeta=0.10$ ,  $\zeta=0.20$ ) амплітуда коливань у резонансній зоні зменшується, а резонансна крива набуває більш згладженого характеру.

Отримані залежності узгоджуються з положеннями теорії механічних коливань та підтверджують важливу роль демпферного елемента шківів колінчастого вала у зниженні рівня вібрацій. Погіршення демпфувальних властивостей, що характерне для дефектів або зношування шківів, може призводити до розвитку резонансних явищ та зростання динамічних навантажень у системі.

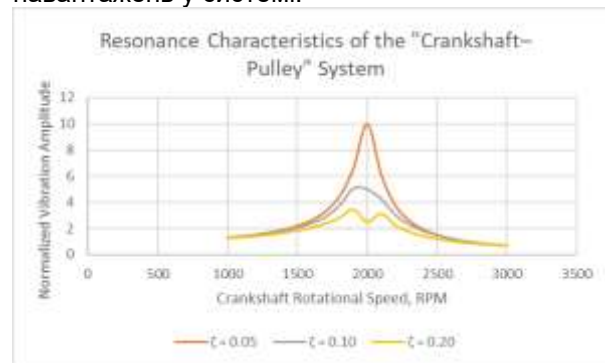
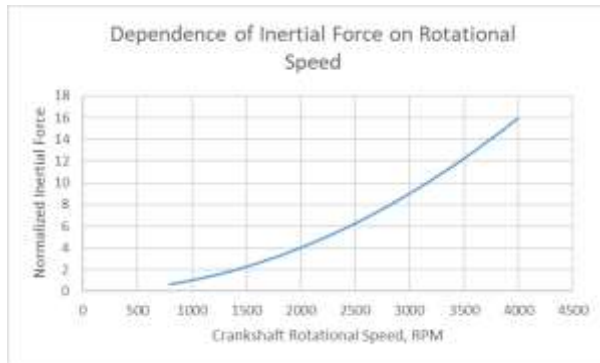


Рис. 1. Резонансна характеристика системи «колінчастий вал - шків» при різних коефіцієнтах демпфування

Представлено залежність нормованої інерційної сили від частоти обертання колінчастого вала (рис.2). Крива має нелінійний характер та демонструє інтенсивне зростання інерційних навантажень зі збільшенням швидкості обертання.

Отримана залежність відповідає теоретичним уявленням динаміки обертючих систем, згідно з якими інерційна сила є пропорційною квадрату кутової швидкості. У зв'язку з цим навіть відносно незначне підвищення частоти обертання призводить до суттєвого збільшення динамічних сил, що діють на елементи механічної системи.

Аналіз графіка свідчить, що в області високих обертів спостерігається різке зростання інерційних навантажень, що пояснює підвищену чутливість двигуна до дисбалансу, дефектів шківів колінчастого вала та інших джерел збурень. В умовах наявності конструктивних або експлуатаційних відхилень це може сприяти розвитку вібрацій, підвищеному зносу та зниженню ресурсу вузлів.



**Рис. 2. Залежність нормалізованої сили інерції від частоти обертання колінчастого вала**

У процесі дослідження вібраційних та акустичних характеристик роботи двигуна внутрішнього згоряння встановлено, що технічний стан шківів колінчастого вала суттєво впливає на динамічні параметри силового агрегату. Це обумовлено тим, що шків колінвала є елементом, безпосередньо залученим до передачі крутного моменту та демпфування крутильних коливань, які виникають унаслідок циклічності робочих процесів у циліндрах.

Теоретичний аналіз показує, що у справному двигуні вібраційні процеси мають квазіперіодичний характер і визначаються конструктивними особливостями механізму кривошипно-шатунної групи, масовим балансуванням та жорсткістю з'єднань. Наявність демпферного елемента у конструкції шківів забезпечує зменшення амплітуди крутильних коливань і запобігає розвитку резонансних режимів. Порушення цілісності або деградація демпфера змінює параметри коливальної системи, зокрема її власні частоти та коефіцієнти демпфування, що призводить до перерозподілу енергії коливань.

Експериментальні спостереження та аналіз практичних випадків підтвердили, що дефекти шківів колінчастого вала можуть виступати джерелом як гармонійних, так і стохастичних вібрацій. При цьому встановлено такі закономірності:

- механічні деформації або порушення геометрії шківів спричиняють зростання амплітуди вібрацій, пов'язаних із частотою обертання колінчастого вала;

- пошкодження або розшарування демпферного елемента формують змінні вібраційні процеси та нестабільні акустичні прояви;

- виникнення додаткових коливальних компонентів часто супроводжується появою ширококутового шуму та імпульсних акустичних ефектів;

- у певних режимах роботи можливе збудження резонансних явищ, що проявляються у вигляді локального підсилення вібрацій.

З позицій теорії коливань зазначені явища пояснюються зміною динамічної жорсткості та масово-пружних характеристик вузла «колінчастий вал - шків». Наявність дефектів призводить до появи додаткових збурень, які порушують стаціонарність коливального процесу та сприяють передачі вібрацій на суміжні елементи - ремінний привід, підшипники навісних агрегатів та елементи кріплення двигуна.

Візуальний аналіз несправних шківів колінвала підтвердив наявність характерних пошкоджень, зокрема тріщин, ознак зсуву демпферного шару, локальних деформацій та нерівномірного зносу. Виявлені дефекти узгоджуються з теоретичними уявленнями про механізми виникнення вібрацій та шумів, що дозволяє розглядати акустичні й вібраційні параметри як інформативні діагностичні критерії.

Представлено шків колінчастого вала (рис.3.) з вираженими ознаками механічного пошкодження. Візуально спостерігаються тріщини та порушення цілісності конструктивних елементів, що свідчить про втрату жорсткості та зміну масово-інерційних характеристик деталі. Наявність подібних дефектів призводить до порушення рівномірності обертання та виникнення додаткових динамічних збурень у системі приводу допоміжних агрегатів.

Пошкодження такого типу здатні спричинити зростання вібрацій, появу сторонніх шумів, а також розвиток нерівномірних навантажень на ремінний привід і суміжні вузли. З позицій динаміки машин, тріщини та деформації шківів можуть виступати джерелом періодичних збурюючих сил, величина яких збільшується зі зростанням частоти обертання колінчастого вала.

Виявлені дефекти підтверджують доцільність використання візуального контролю у поєднанні з вібраційною та акустичною діагностикою, оскільки подібні пошкодження безпосередньо впливають на динамічну стабільність роботи двигуна.



**Рис. 3. Механічне пошкодження шківів колінчастого вала**

На рисунку 4 представлено шків навісного агрегата з ознаками геометричної деформації робочих поверхонь. Візуально спостерігається порушення форми струмків, що свідчить про зміну просторового положення та втрату початкової геометрії деталі. Подібні відхилення можуть виникати внаслідок механічних перевантажень, перекосу агрегата, зношування підшипникових вузлів або дії ударних навантажень у процесі експлуатації.

З позицій динаміки машин, деформація шківів призводить до нерівномірного руху ременя та формування змінних динамічних сил у системі приводу. Це, у свою чергу, сприяє виникненню додаткових вібрацій, локальних коливань та характерних акустичних ефектів, зокрема свисту, биття або періодичних шумів. Величина таких збурень має тенденцію до зростання зі збільшенням частоти обертання.

Виявлені дефекти підтверджують, що навіть незначні геометричні порушення елементів ремінного приводу можуть суттєво впливати на вібраційні та акустичні характеристики роботи двигуна і допоміжних агрегатів, що обґрунтовує важливість візуального контролю у поєднанні з методами вібраційної діагностики.



**Рис. 4. Геометрична деформація канавок допоміжного шківів**

Отримані результати свідчать про доцільність використання вібраційної та акустичної діагностики для раннього виявлення дефектів шківів колінчастого вала, а також для оцінювання технічного стану суміжних вузлів і механізмів.

**Висновки.** У результаті проведеного аналізу встановлено, що вібраційні та акустичні характеристики роботи двигуна внутрішнього згоряння є інформативними діагностичними параметрами, чутливими до технічного стану елементів ремінного приводу та шківів колінчастого вала. Теоретичні положення

динаміки механічних систем та результати графічних інтерпретацій підтверджують визначальну роль масово-інерційних і демпфувальних властивостей у формуванні коливальних процесів.

Показано, що деградація або механічні пошкодження шківів колінчастого вала можуть призводити до зміни динамічних параметрів системи, зростання амплітуди коливань та виникнення резонансних режимів. Зменшення ефективності демпфування супроводжується різким підвищенням вібраційних навантажень, що узгоджується з класичними моделями вимушених коливань. Встановлена квадратична залежність інерційних сил від частоти обертання пояснює інтенсивне посилення вібраційних проявів на високих обертах.

Візуальний аналіз дефектних шківів та елементів ремінного приводу підтвердив, що геометричні порушення, тріщини та деформації є суттєвими чинниками виникнення додаткових динамічних збурень і сторонніх шумів. Отримані результати свідчать про доцільність використання вібраційної та акустичної діагностики як ефективного засобу раннього виявлення несправностей, особливо у випадках, коли традиційні методи контролю не забезпечують достатньої інформативності.

Таким чином, комплексний підхід, що поєднує теоретичний аналіз, графічні методи та візуальний контроль, дозволяє підвищити достовірність оцінювання технічного стану вузлів двигуна та своєчасно ідентифікувати потенційно небезпечні дефекти.

#### Список використаних джерел

1. Cherkashin D. V., Saienko O. F., Hubskeyi S. O. Use of vibration diagnostics to monitor and control the technical condition of automotive components. *Bulletin of the National Technical University «KhPI». Series: Automobile and Tractor Engineering*. 2024. No. 2. P. 97–106. DOI: 10.20998/2078-6840.2024.2.10
2. Cheng, Wang, Cheung, Sau Cheng, Lee, Chee Wan, Tsang, Sai Wing. Spectrogram-based classification on vehicles with modified loud exhausts via convolutional neural networks. *Applied Acoustics*, 2023. Vol. 205. 109254 <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2023.109254>
3. Das, S., Saha, A., Sujith Kumar, C. Calibrated non-contact vibrational harmonics measurement based on self-vibration compensated 2D-PSD with MEMS accelerometer using FFT analysis. *IET Science, Measurement & Technology*, 2020. Vol. 14. No. 8. pp. 877–882 <https://doi.org/10.1049/iet-smt.2019.0229>
4. Do, Jae Seok, Kareem, Akeem Bayo, Hur, Jang-Wook. LSTM-Autoencoder for Vibration Anomaly Detection in Vertical Carousel Storage



and Retrieval System (VCSRS). *Sensors*, 2023, 23(2).1009. <https://doi.org/10.3390/s23021009>

5. Ghazaly, Nouby M., Moaz, Ahmad O., Makrah, Mostafa M. Investigation of vibration signal processing using Short Time Fourier Transform for internal combustion engine. *International Journal of Vehicle Structures & Systems*, 2022, 14(5). <https://doi.org/10.4273/ijvss.14.5.05>

6. Oryshchenko S., Oryshchenko V. Machine Diagnostics in Mechatronic Systems: Analysis Methods and Intelligent Technologies. *Academic Journal. Industrial Machine Building, Civil Engineering*. 2025. No. 1(64). P. 140–146. <https://doi.org/10.26906/znp.2025.64.4146>

7. Sevchik, J. Application of MEMS Accelerometers in Measuring Vertical Oscillations in Motor Vehicles. In: *Lecture Notes in Networks and Systems*, vol. 316. Springer, 2021. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-90055-7\\_24](https://doi.org/10.1007/978-3-030-90055-7_24)

8. Shin, G.-H., Hur, J.-W. Correlation Coefficient Based Optimal Vibration Sensor Placement and Number. *Sensors*, 2022, Vol. 22, No. 3. <https://doi.org/10.3390/s22031207>

#### References

1. Cherkashin D. V., Saienko O. F., Hubsnyi S. O. (2024). Use of vibration diagnostics to monitor and control the technical condition of automotive components. *Bulletin of the National Technical University «KhPI». Series: Automobile and Tractor Engineering*. No. 2. P. 97–106. DOI: 10.20998/2078-6840.2024.2.10 [in English]

2. Cheng, Wang, Cheung, Sau Cheng, Lee, Chee Wan, Tsang, Sai Wing. (2023). Spectrogram-based classification on vehicles with modified loud exhausts via convolutional neural networks. *Applied Acoustics*. Vol. 205. 109254 <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2023.109254> [in English]

3. Das, S., Saha, A., Sujith Kumar, C. (2020). Calibrated non-contact vibrational harmonics measurement based on self-vibration compensated 2D-PSD with MEMS accelerometer using FFT analysis. *IET Science, Measurement & Technology*. Vol. 14. No. 8. pp. 877–882 <https://doi.org/10.1049/iet-smt.2019.0229> [in English]

4. Do, Jae Seok, Kareem, Akeem Bayo, Hur, Jang-Wook. (2023). LSTM-Autoencoder for Vibration Anomaly Detection in Vertical Carousel Storage and Retrieval System (VCSRS). *Sensors*, 23(2).1009. <https://doi.org/10.3390/s23021009> [in English]

5. Ghazaly, Nouby M., Moaz, Ahmad O., Makrah, Mostafa M. (2022). Investigation of vibration signal processing using Short Time Fourier Transform for internal combustion engine. *International Journal of Vehicle Structures &*

*Systems*. 14(5). <https://doi.org/10.4273/ijvss.14.5.05> [in English]

6. Oryshchenko S., Oryshchenko V. (2025). Machine Diagnostics in Mechatronic Systems: Analysis Methods and Intelligent Technologies. *Academic Journal. Industrial Machine Building, Civil Engineering*. No. 1(64). P. 140–146. <https://doi.org/10.26906/znp.2025.64.4146> [in English]

7. Sevchik, J. (2021) Application of MEMS Accelerometers in Measuring Vertical Oscillations in Motor Vehicles. In: *Lecture Notes in Networks and Systems*, vol. 316. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-90055-7\\_24](https://doi.org/10.1007/978-3-030-90055-7_24) [in English]

8. Shin, G.-H., Hur, J.-W. (2022). Correlation Coefficient Based Optimal Vibration Sensor Placement and Number. *Sensors*. Vol. 22, No. 3. <https://doi.org/10.3390/s22031207> [in English]

#### VIBRATION AND ACOUSTIC DIAGNOSTICS OF THE TECHNICAL CONDITION OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

*The article examines the possibilities of vibration and acoustic diagnostics of an internal combustion engine as an effective means of early detection of technical faults. It is substantiated that the occurrence of abnormal noises, increased vibrations, irregular oscillations, and unstable operation of auxiliary units are important diagnostic indicators that may point to defects in belt drive components, primarily the crankshaft pulley. It is shown that the crankshaft pulley performs not only the function of transmitting rotational motion, but also participates in damping torsional vibrations; therefore, its damage or degradation directly affects the dynamic state of the engine. Modern approaches to the analysis of vibration and acoustic manifestations in the operation of power units are generalized, and theoretical relationships are presented that explain the influence of changes in stiffness, damping properties, and mass-inertia characteristics of the pulley on the formation of oscillatory processes. The study investigates the conditions for the occurrence of resonance phenomena in the “crankshaft–pulley” system, determines the nature of vibration amplitude changes at different damping coefficients, and demonstrates the quadratic dependence of inertial forces on rotational speed. Based on theoretical analysis, graphical interpretation, and practical examples of crankshaft pulley defects, it is confirmed that cracks, deformations, delamination of the damping element, and geometric deviations are sources of additional dynamic disturbances and acoustic effects. The expediency of a comprehensive combination of visual inspection,*



vibration diagnostics, and acoustic diagnostics to improve the reliability of assessing the technical condition of the engine and timely identifying potentially hazardous faults is proven. The practical significance of the obtained results lies in the possibility of using the proposed approach during maintenance, service inspection, and expert

evaluation of the condition of engine units in operation.

**Keywords:** vibration diagnostics, acoustic diagnostics, internal combustion engine, crankshaft pulley, torsional vibrations, belt drive, inertial forces, resonance phenomena, pulley defects.

#### **Відомості про авторів**

**Орищенко Сергій Вікторович**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри тракторів і автомобілів Національного університету біоресурсів і природокористування України (вул. Героїв Оборони 15, м. Київ, 03041, Україна, e-mail: [oryschenko.sv@nubip.edu.ua](mailto:oryschenko.sv@nubip.edu.ua), <https://orcid.org/0000-0002-5359-5285>)

**Орищенко Віктор Вікторович**, асистент кафедри організації та управління будівництвом Київського національного університету будівництва і архітектури (проспект Повітряних Сил 31, м. Київ, 03037, України, e-mail: [oryscshenko.vv@knuba.edu.ua](mailto:oryscshenko.vv@knuba.edu.ua), <https://orcid.org/0000-0002-5081-1229>)

**Oryschenko Sergey**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Tractors and Automobiles of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (15 Heroiv Oborony St., Kyiv, 03041, Ukraine, e-mail: [oryschenko.sv@nubip.edu.ua](mailto:oryschenko.sv@nubip.edu.ua), <https://orcid.org/0000-0002-5359-5285>)

**Oryschenko Viktor**, Assistant of the Department of Construction Organization and Management, Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture (31 Air Force Avenue, Kyiv, 03037, Ukraine, e-mail: [oryscshenko.vv@knuba.edu.ua](mailto:oryscshenko.vv@knuba.edu.ua), <https://orcid.org/0000-0002-5081-1229>)

Стаття надійшла 23.02.2026

Стаття прийнята 11.03.2026

Опубліковано 17.04.2026