

К.Г. Яценко, М.О. Блещенко, Г.Л. Коростильов, Ю.В. Чепурний

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВІБРОАКУСТИЧНИМ МЕТОДОМ КЛАПАННОГО МЕХАНІЗМУ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

У статті розглядається методологія застосування віброакустичного методу діагностування газорозподільного механізму (ГРМ) двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ). До початку 2000 року даний метод не знаходив широкого застосування через значну вартість діагностичних комплексів, складності обробки і аналізу діагностичної інформації. На сьогоднішній день його використання спростилося у зв'язку з появою недорогих USB осцилографів і чутливих вібродатчиків. Відмови елементів газорозподільного механізму двигуна, а зокрема, прогар клапанів, порушення їх герметичності, зміщення фаз, зростання зазорів або їх відсутність виникають у більшості автотранспортних засобів при пробігах набагато менших нормативних або граничних. Несвоєчасне проведення технічного обслуговування, використання не рекомендованих масел і паливних матеріалів, порушення теплових і навантажувальних режимів викликають збільшення зазорів в клапанах ГРМ. Проведені в представленому матеріалі дослідження дозволили встановити, що будь-які перевищення амплітуди сигналу віброімпульса понад 200 мВ вимагають регулювання зазорів або заміни гідроштовхачів. Даний метод і використовуваний набір технологічних прийомів дозволяють оперативно і без розбирання визначити технічний стан систем двигуна при будь-яких проміжних станах діагностованих об'єктів.

Ключові слова: віброакустична діагностика, амплітуда, фаза ГРМ, діагностування, клапанний механізм.

Вступ

Постановка проблеми. Відмови систем двигуна внутрішнього згоряння стоять в ряду перших із загального числа відмов автотракторної техніки [1–4]. Для їх визначення використовується значна кількість методів і засобів діагностування [5–7]. Так, зокрема, відомий віброакустичний метод [8–10]. Основи його застосування на автотракторній техніці розроблялися ще в 1970-1980 роках ГОСНИТИ, ЛСХІ та іншими інститутами [9–12]. Так, в практиці діагностування використовувалися електронний стетоскоп “Екранас”, КІ-13940-ГОСНИТИ. Але даний метод не отримав широкого розповсюдження. Головним чином це було пов'язано із значною вартістю використовуваного устаткування і складністю його використання [9]. На сьогоднішній день розроблені недорогі діагностичні засоби, що реалізують віброакустичний метод діагностування [11; 13–14].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Так, в ряді літературних джерел експериментально визначені найбільш характерні спектри віброімпульсів механізмів двигунів СМД-14А і Д-50. Встановлено, що для зазорів у сполученні поршень – гільза найбільш характерний спектр віброімпульсів лежить в діапазоні частот 2-4 кГц, газорозподільного механізму – 7-10 кГц, поршневих кілець – 10-16 кГц, шатунних і корінних підшипників – 0,5-2 кГц [7]. Ско-

нцентруємо увагу головним чином на газорозподільному механізмі.

Стуки клапанів виникають при збільшенні теплових зазорів між стрижнями клапанів і носком коромисла в залежності від конструкції ГРМ [7]. Ці чіткі дзвінки стуки добре прослуховуються на прогрітому двигуні при малій частоті обертання колінчастого вала [8]. Ясно чути стуки підшипників розподільного вала виявляються на малих обертах холостого ходу прогрітого двигуна. Найбільш важливими, з точки зору віброакустичної діагностики, є пружні коливання від зіткнень сполучених деталей. Змінність навантаження і зміна напрямку діючих сил в елементах механізмів при наявності між сполученими деталями зазорів призводить до ударів, що викликають вібрації деталей механізмів і всього двигуна [11–13; 15]. Наприклад, перекладка поршня з одного боку гільзи на іншу закінчується зіткненням і формуванням вібрації імпульсного характеру.

Зіткнення деталей у механізмі викликають їх деформацію, і пружні коливання з відповідними амплітудами і частотами. Швидкість на початку удару v_0 є функцією декількох величин [7]:

$$v_0 = f(s, F, m_1, m_2, t_{BTM}, \omega), \quad (1)$$

де s – зазор в сполученнях деталей, м; F – сила, під дією якої відбувається зіткнення, Н; m_1, m_2 – маси деталей, кг; ω – кутова швидкість обертання колін-

частотою ω , рад/с; t_{BTM} – температура води і масла відповідно, °С. Кожна сполучена пара деталей механізму формує вібрації при зіткненні, як правило, імпульсного характеру з відповідною частотою наповнення імпульсу (власною частотою коливання). Спектр ударних прискорень визначається як функція максимальних прискорень у залежності від власних частот деталей які зіткнулися. Знаючи частоту коливань деталей механізмів двигуна або автомобіля, можна встановити моменти утворення імпульсів, енергія яких пропорційна ударному імпульсу R , а отже, і зазору s . Чим більше зазор у сполучених деталях, тим далі переміщується вібраційний імпульс щодо опорної точки, наприклад, ВМТ, причому пропорційно із збільшенням зазору s зростає енергія і інтенсивність вібрації.

Частота дії (Гц) вимушених коливань визначається за формулою

$$f = \frac{i \cdot k \cdot g \cdot n}{60}, \quad (2)$$

де i – сумарне передавальне відношення; k – кратність дії вимушених коливань; g – порядок гармонічних складових; n – частота обертання колінвала, об/хв.

Знаючи частоту дії вимушених коливань кінематичної пари, можна визначити джерела віброімпульсів вібрації.

Для розшифрування осцилограм і спектрограм вібрацій механізмів двигуна необхідно знати частотні характеристики пружних коливань деталей досліджуваних механізмів. У загальному вигляді власна частота коливань деталі буде, Гц:

$$f = \sqrt{\frac{d^2y}{dt^2}} / \sqrt{y}, \quad (3)$$

де $\frac{d^2y}{dt^2}$ – прискорення об'єктів які зіткнулися, рад/с; y – прогин при заданому прискоренні, рад.

Рівняння показує, що для визначення частоти пружних коливань необхідно знати прискорення $\frac{d^2y}{dt^2}$, яке можна визначити до будь-якого елементу деталі при заданому вигині y , або вигині при заданому прискоренні.

Метою статті є експериментальне дослідження віброакустичним методом технічного стану клапанного механізму ДВС по амплітуді вібраційного сигналу.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

– обґрунтувати використання методу акустичної вібродіагностики для контролю технічного стану

клапанного механізму двигуна внутрішнього згоряння;

– розробити інформаційну вимірювальну систему для визначення технічного стану клапанного механізму в режимі реального часу;

– виявити залежності моментів закриття і відкриття клапанів від акустичної вібрації.

Виклад основного матеріалу

Для вимірювання та реєстрації осцилограм амплітудних і фазових параметрів віброімпульсів використовувався USB DISco2 (USB – осцилограф) с програмою USB DiSco 3.24 (Motor-Master). П'єзодатчик (акселерометр) фірми SCNENCK з частотною характеристикою від 3 Гц до 1 кГц та високотемпературному виконанні, для вимірювання віброімпульсів, встановлювався на кришці ГРМ в безпосередній близькості від впускних і випускних клапанів (рис. 1).



Рис. 1. П'єзодатчик (акселерометр) фірми SCNENCK встановлений на кришці ГРМ в безпосередній близькості від випускного клапана 4 циліндра: 1 – п'єзодатчик; 2 – кришка ГРМ

Кріплення п'єзодатчика (акселерометра) здійснювалося магнітом до металевої поверхні клапанної кришки (рис. 1).

На початку експерименту визначалися місця найбільшої інтенсивності вібрації шляхом приєднання п'єзодатчика з магнітним кріпленням. В цій точці оцінювалася максимальна амплітуда і фаза вібрації. Всі вимірювання проводилися на трьох автомобілях ЗАЗ Sens із приблизно однаковим пробігом і умовами експлуатації. Двигун прогрівався до робочої температури. Вимірювання проводились на частоті обертання ДВС, відповідно холостому ходу – 860 об/хв. Автомобілі Sens були обрані з незначним стуком при роботі ДВС.

Для проведення експериментальних досліджень із вимірювання вібросигналів здійснювався контроль зазорів в клапанах ГРМ за допомогою щупа. На прогрітому двигуні зазори по технічним вимогам повинні бути: для впускних клапанів –

0,15 мм; для випускних клапанів – 0,30 мм. Допуск на установку зазорів становить $\pm 0,02$ мм.

Перед основною частиною експерименту було проведено калібрування п'єзоелектричного датчика (рис. 1). Для цієї мети на “холодному” двигуні, після зняття кришки ГРМ, щупом перевірялися зазори клапанів. Після чого встановлювалися номінальні значення зазорів і для них знімалася осцилограма віброімпульсів при робочому температурному режимі.

На осцилограмі вимірювалася амплітуда, відповідно до кожного клапану ГРМ. Далі з кроком 0,02 мм до 0,38 мм встановлювалися регульовальні шайби і для встановлених зазорів фіксувалися віброімпульси. Після чого отримані виміри були зведені в таблицю, на підставі якої побудували графік (рис. 2).

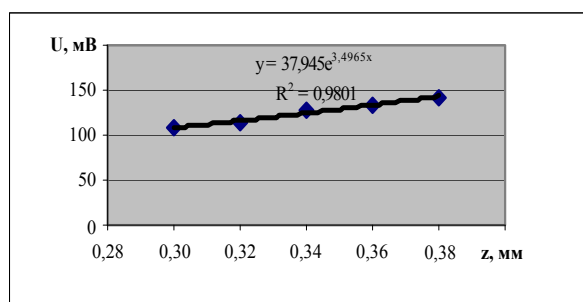


Рис. 2. Результати калібрування п'єзодатчика: залежність вихідного сигналу U , мВ від величини зазорів z , мм у клапанному механізмі ГРМ

Форма калібрувальної кривої рис. 2 має нелінійний вигляд, що пояснює пропорційність між зазором і квадратом швидкості формування віброімпульса.

У нашому випадку рівняння буде мати таким вигляді:

$$y = 37,945e^{3,4965-x}, \quad (4)$$

де y – значення амплітуди віброімпульса, мВ;

x – значення зазору в клапанному механізмі ГРМ, мм.

Для вимірювань в результаті експериментів амплітуд віброімпульсів і відповідних їм зазорів в клапанах ГРМ можна скористатися калібрувальною кривою на рис. 2 і рівнянням (4).

Множина повторень вимірювань амплітуд віброімпульсів їх фазових параметрів показали розбіжність максимум в 1-3% від вимірювання до вимірювання. Що з достатньою точністю описує реальний вібраційний процес.

Основна частина експериментальних досліджень включала контроль віброімпульсів від зіткнення елементів ГРМ на трьох автомобілях Sens із двигуном 1.3.

Перед проведенням експерименту “на холодну” провели вимірювання зазорів за допомогою щупа. Після чого на прогрітому ДВС проводився контроль амплітудних і фазових параметрів віброімпульсів. Результати контролю приведені в табл. 1.

Таблиця 1

Результати контролю віброімпульсів від зіткнення ГРМ

Показники	1циліндр, мВ	2 цилиндр, мВ	3 цилиндр, мВ	4циліндр, мВ
ДВС Sens (1)	108	115	118	108
ДВС Sens(2)	105	110	100	106
ДВС Sens(3)	95	105	100	101

Проведений контроль зазорів на трьох ДВС Sens 1.3 із приблизно однаковим пробігом за допомогою щупа встановив значне домінування збільшених зазорів в випускних клапанах.

Подальше проведення діагностування за допомогою п'єзодатчика з вимірювальною апаратурою підтвердили результати прямого контролю щупом.

Так, при допуску на зазор у випускному клапані $0,30 \pm 0,05$ мм величина сигналу віброімпульсу склала – 105 мВ. Тому будь-які перевищення цього параметра вимагають регулювання зазорів, а на автомобілях з гідро штовхачами клапанів – заміни гідро штовхачів.

Як видно з таблиці, в деяких циліндрах значення віброімпульсу перевищенні. У трьох із двадцяти циліндрів потрібне регулювання зазору.

Широке застосування альтернативних видів палив, зокрема в Україні газових палив, а також цілий ряд експлуатаційних факторів призводять до відмови елементів газорозподільного механізму двигуна. Виникають такі складні несправності, як прогар клапанів, порушення їх герметичності, зміщення фаз, зростання зазорів.

Для виявлення ознак несправності ГРМ розроблено значну кількість методів. Але більшість з них має низьку чутливість [5–7]. На наш погляд, найбільшу чутливість до виникаючих відмов елементів ГРМ має віброакустичний метод. Однак проблемним питанням широкого його застосування і пов'язаних із ним технологічних прийомів до теперішнього часу були: значна вартість діагностичних комплексів, складність калібрування використову-

ваних датчиків, складність обробки і аналізу діагностичної інформації [3; 5; 15]. Розробка і широке застосування USB осцилографів і високочутливих п'єзодатчиків дозволили вирішити цю проблему.

На наш погляд, перспективним напрямком розвитку даного методу є його використання як "штатного" методу розпізнавання змін зазорів ДВС. Цей напрямок отримує розвиток останнім часом завдяки зниженню ціни на п'єзодатчики і пристрої аналізу і відображення інформації.

Представлений у статті метод може бути поширений на будь-які автомобілі, які знаходяться в експлуатації, а також перспективні нові моделі. Сучасні двигуни з гідро штовхачами дуже чутливі до якості масла і тому контроль зазорів в експлуатації дуже важливий з метою експертизи і розпізнавання ознак інтенсивного наростання віброімпульсів окремих клапанів ГРМ.

Висновок

Проведені експериментальні дослідження дозволили встановити широкі можливості для використання віброапаратури при діагностуванні зазорів в клапанах ГРМ. Під час допуску на зазор в випусковому клапані $0,30 \pm 0,05$ мм величина сигналу вібро-

імпульса склала – 105 мВ. Будь-які перевищення амплітуди сигналу віброімпульса вимагають регулювання зазорів або заміни гідро штовхачів. Розроблені технологічні прийоми і в сукупності віброакустичний метод діагностування має суттєві переваги по відношенню до існуючих кращих аналогів (по компресії, по пульсаціям тиску у впускному колекторі, по зміні тиску в циліндрі, продування циліндра повітрям). В першу чергу це суттєва чутливість вібрації до зміни зазору, тоді як перераховані вище методи взагалі не дозволяють виявити зміну теплового зазору. А також можливість одночасного (відносно) спостереження за діагностуючими елементами ГРМ, у той час як аналоги вимагають проведення вимірювань в окремому циліндрі двигуна та електронні підсилювачі. В кінцевому підсумку це мінімум ніж в два рази зменшення трудомісткості процесу діагностування при високій достовірності контролю. Крім того, істотною перевагою методу є його універсальність по відношенню до інших деталей і обертовим вузлам систем двигуна.

При наявності датчиків положення колінчатого та розподільчого вала можна отримувати синхронну картинку роботи будь-якого вузла у визначений момент часу.

Список літератури

1. Соснін Д.А. Электрообладнання і системи бортової автоматики сучасних легкових автомобілів / Д.А. Соснін. – М.: СОЛОН-Р, 2001. – 272 с.
2. Komorska I. Diagnostic-oriented Vibroacoustic Model of the Reciprocating Engine / I. Komorska // SolidStat. – 2012. – № 180. – P. 214-221. – Available at: <https://www.scientific.net/>.
3. Макушин А.А. Аналітичні дослідження впливу конструкції ГРМ на показники ДВС / А.А. Макушин. – Автомобільна промисловість. – 2012. – № 3. – С. 12-16.
4. Витрогон О.О. Повышение динамических характеристик двигателя внутреннего сгорания / О.О. Витрогон, Л.И. Соустова, А.С. Романов // Вестник Севастопольского национального технического университета. – 2016. – № 5(4). – С. 216-221.
5. Браїльчук А.П. Віброакустичний метод експрес-діагностики форсунок уприскування легких палив / А.П. Браїльчук, А.А. Трифонов, Р.С. Санов // Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. – 2006. – № 34(35). – С. 208-211.
6. Ковальчук Л.І. Діагностування систем подачі палива бензинових ДВС по параметрах хвильових процесів в паливній рампі / Л.І. Ковальчук, Г.А. Гусев // Автомобільна промисловість. – 2011. – № 4. – С. 25-26.
7. Banlaki P. Part failure diagnosis for internal combustion engine using noise and vibration analysis [Electronic resource] / P. Banlaki // Periodica Polytechnica Transportation Engineering. – 2010. – № 38. – pp. 53-60. – Available at: <http://surl.li/bqwn>.
8. Kaźmierczak A. Dopplerowska wibrometria laserowa w diagnostyce silnika spalinowego [Electronic resource] / A. Kaźmierczak, K. Krakowian, R. Wróbel // Przegląd Elektrotechniczny. – 2010. – № 86(10). – P. 147-149. – Available at: www.pe.org.pl/.
9. Urbahs A. The problem of vibro-acoustic diagnostics of gas turbine engine bearing units / A. Urbahs // 20th International Scientific Conference "Mechanika". – Lithuania, 2015. – P. 268-271.
10. Yunusov S. New Approach to the Formation of the Adequate Diagnostic Matrix of the Gas Turbine Engine / S. Yunusov // 25th European Conference on Modelling and Simulation "ECMS 2011". – Kharkiv, 7-10 June 2011. – P. 362-369.
11. Nonlinear Analysis of Combustion Engine Vibroacoustic Signals for Misfire Detection [Electronic resource] / P. Boguś, J. Merksiz, R. Grzeszczyk, S. Mazurek // SAE Technical Papers. – 2003. – Available at: <http://surl.li/bqya>.
12. Злотин Г.Н. Анализ вибрационных свойств двигателя относительно систем вибродиагностики механизма газораспределения / Г.Н. Злотин, К.И. Лютин // Вестник Волгоградского государственного технического университета. – 2008. – № 6(44). – С. 8-11.
13. Лютин К.И. Вибродиагностика систем двигателей внутреннего сгорания с использованием нейронных сетей / К.И. Лютин, В.Е. Федянов // Вестник Волгоградского государственного технического университета. – 2007. – № 8(34). – С. 88-90.

14. Кузнецов В.Н. Влияние фаз газораспределения на изменение давления во впускном коллекторе многоцилиндрового двигателя / В.Н. Кузнецов, В.И. Беляев, Ф.П. Мельников // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – № 12(122). – С. 137-141.

15. Борисенко В.А. Влияние износа профиля кулачка распределительного вала на смену фаз газораспределения / В.А. Борисенко, С.А. Баришников // Материалы XIV международной научно-технической конференции “Достижения науки в агропромышленном производстве”. – Челябинск, 2015. – С. 19-23.

References

- Sosnin, M. (2001), “*Elektroobladnannya i sistemi bortovoyi avtomatiki suchasnih legkovih avtomobiliv*” [Electrical equipment and systems of on-board automation of modern cars], SOLON-R, Moscow, 272 p.
- Komorska, I. (2012), Diagnostic-oriented Vibroacoustic Model of the Reciprocating Engine, *SolidStat*, No. 180, pp. 214-221, available at: www.scientific.net (accessed 3 July 2012).
- Makushin, Al. (2012), “Analitichni doslidzhennya vplivu konstruktsiyi GRM na pokazniki DVS” [Analytical studies of the influence of the timing structure on the ICE], *Automotive Industry*, No. 3, pp. 12-16.
- Vitrogon, O., Romanov, A. and Soustova, L. (2016), “Povyshenie dinamicheskikh karakteristik dvigatelya vnutrennego sgoraniya” [Increasing the dynamic characteristics of the internal combustion engine], *Bulletin of the Sevastopol National Technical University*, No. 5(4), pp. 216-221.
- Brailchuk, A., Trifonov, A., and Sanov, P. (2006), “Vibroakustichnij metod ekspres-diagnosticsi forsunok upriskyvaniya legkih paliv” [Vibroacoustic method of rapid diagnostics of injectors of light fuel injection], *Bulletin of the Kharkiv National Highway University*, No. 34-35, pp. 208-211.
- Kovalchuk, L. and Gusev, G. (2011), “Diagnostuvannya sistem podachi paliva benzinovih DVS po parametrah hvilovih procesiv v palivnij rampi” [Diagnosis of fuel systems of gasoline ICE on the parameters of wave processes in the fuel ramp], *Automotive Industry*, No. 4, pp. 25-26.
- Banlaki, P. (2010), Part failure diagnosis for internal combustion engine using noise and vibration analysis, *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, No. 38, pp. 53-60, available at: www.surl.li/bqwn (accessed 10 January 2010).
- Kaźmierczak, A., Krakowian, K. and Wróbel, R. (2010), Dopplerowska wibrometria laserowa w diagnostyce silnika spalinowego, *Przegląd Elektrotechniczny*, No. 86(10), pp. 147-149, available at: www.pe.org.pl/ (accessed 11 January 2010).
- Urbahs, A. (2015), The problem of vibro-acoustic diagnostics of gas turbine engine bearing units, *20th International Scientific Conference “Mechanika”*, Lithuania, pp. 268-271.
- Yunusov, S. (2011), New Approach to the Formation of the Adequate Diagnostic Matrix of the Gas Turbine Engine, *25th European Conference on Modelling and Simulation “ECMS 2011”*, 7-10 June, Kharkiv, Ukraine, pp. 362-369.
- Boguś, P., Merksiz, J., Grzeszczyk, R. and Mazurek, S. (2003), Nonlinear Analysis of Combustion Engine Vibroacoustic Signals for Misfire Detection, *SAE Technical Papers*, available at: www.surl.li/bqya (accessed 1 March 2003).
- Zlotin, Z. and Lutin, L. (2008), Analysis of the vibration properties of the engine in relation to the systems of vibration diagnostics of the mechanism of gas distribution, *Bulletin of the Volgograd State Technical University*, No. 6(44), pp. 8-11.
- Lyutin, K. and Fedyanov, V. (2007), Vibrodiagnosis of ICE systems using neural networks, *Bulletin of the Volgograd State Technical University*, No. 8(34), pp. 88-90.
- Kuznetsov, V., Belyaev, V. and Melnikov, F. (2014), “Vliyanie faz gazoraspredeleniya na izmenenie davleniya vo vpusknom kollektore mnogocilindrovogo dvigatelya” [Influence of gas distribution phases on the change in pressure in the intake manifold of a multi-cylinder engine], *Gazette of the Altai State Agrarian University*, No. 12(122), pp. 137-141.
- Borisenko, V. and Baryshnikov, S. (2015), “Vliyanie iznosa profilya kulachka raspredelitel'nogo vala na smenu faz gazoraspredeleniya” [The effect of wear of the cam profile of the ICE camshaft on the change of gas distribution phases], *Proceedings of the 14th International Scientific and Technical Conference “Achievements of Science in Agroindustrial Production”*, Chelyabinsk, Russia, pp. 19-23.

Надійшла до редколегії 10.01.2020

Схвалена до друку 11.02.2020

Відомості про авторів:

Яценко Костянтин Григорович

кандидат технічних наук доцент
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-7822-8521>

Блещенко Микола Олександрович

курсант
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-2260-7164>

Information about the authors:

Kostiantin Yatsenko

Candidate of Technical Sciences Associate Professor
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-7822-8521>

Mykola Bleshchenko

Cadet
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-2260-7164>

Коростильов Геннадій Леонідович

викладач кафедри
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-5736-0507>

Henadii Korostylov

Instructor
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-5736-0507>

Чепурний Юрій Васильович

начальник навчальної лабораторії кафедри
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-2615-1312>

Yurii Chepurnyi

Head of Research Laboratory
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-2615-1312>

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ
КЛАПАННОГО МЕХАНИЗМА ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

К.Г. Яценко, М.О. Блещенко, Г.Л. Коростыльов, Ю.В. Чепурной

В статье рассматривается методология применения виброакустического метода диагностирования газораспределительного механизма (ГРМ) двигателя внутреннего сгорания (ДВС). К началу 2000 года данный метод не находил широкого применения из-за значительной стоимости диагностических комплексов, сложности обработки и анализа диагностической информации. На сегодняшний день его использования упростилось в связи с появлением недорогих USB осциллографов и чувствительных вибродатчиков. Отказы элементов газораспределительного механизма двигателя и, в частности, прогар клапанов, нарушения их герметичности, смещение фаз, рост зазоров или их отсутствие возникают в большинстве автотранспортных средств при пробегах гораздо меньших нормативных или предельных. Несвоевременное проведение технического обслуживания, использование не рекомендованных масел и топливных материалов, нарушение тепловых и нагрузочных режимов вызывают увеличение зазоров в клапанах ГРМ. Проведенные в представленном материале исследования позволили установить, что любые превышения амплитуды сигнала виброимпульса более 200 мВ требуют регулировки зазоров или замены гидротолкателей. Данный метод и используемый набор технологических приемов позволяют оперативно и без разборки определять техническое состояние систем двигателя при любых промежуточных состояниях диагностированных объектов.

Ключевые слова: виброакустическая диагностика, амплитуда, фаза ГРМ, диагностирование, клапанной механизм.

**EXPERIMENTAL RESEARCH BY VIBROACOUSTIC STUDY
OF VALVE MECHANISM OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE**

K. Yatsenko, M. Bleshchenko, H. Korostylov, Yu. Chepurnyi

The article indicates the methodology of using vibroacoustic nosting on the example of the gas distribution mechanism (GDM). Until the beginning of 2000 this method was not widely used due to the significant cost diagnostic systems, the complexity of used sensors calibration, the complexity processing and analysis of diagnostic information. Nowadays its' using is simplified due to the advent of low-cost USB oscilloscopes and high sensitivity real vibration sensors. Moreover, the possibilities for processing diagnostics of statistical data and their presentation have significantly increased. Besides, the car in the field of electronic systems and elements that allow synchronously receiving the necessary diagnostic signal, and then, analyze the received data was significantly improved. Failures of engine timing elements and, in particular, burnout valves, violation of their tightness, phase displacement, the growth of gaps or their absence occur in most vehicles with runs much lower than normal matte or marginal. This is explained by a number of operational factors, such as - untimely maintenance, the use of recommended oils and fuel materials, violation of thermal and load re- bench presses and others. In 30–50% of cases, these factors cause an increase in valve clearances of GDM. In the presented material the studies allowed establish: when tolerance for clearance in the exhaust valve 0.35 ± 0.05 mm set $-150-182$ mV. The control of gaps in gas distribution mechanism valves revealed 14 deviations of 20 controlled cylinders of the internal combustion engine. Any excess of the amplitude of the signal impulses above 182 mV require adjustment of gaps or replacement of hydraulic pushers. This method and the used set of technological methods allow quickly determine the technical condition of engine systems without disassembly at any intermediate exact conditions of diagnosed objects. This set of diagnostic tools, technological methods and regulatory data allows to recommend their use at modern motor transport enterprises engaged in operation, repair and maintenance of vehicles.

Keywords: vibroacoustic diagnostics, amplitude, gas distribution mechanism phase, diagnosis, valve mechanism.