

which have different metric properties and surface properties of the curvature. The article defines the family of isotropic lines, which corresponds to the minimal surface and adjoint minimal surface, close to the minimal Catalan's surface on geometric and differential characteristics.

Key words: *isotropic line, minimal surface, quadratic form of surface, formula Schwarz, Catalan's surface*

УДК 621.7.08; 621.4.004.67

СУЧАСНИЙ МЕТОД ОЦІНКИ ЗНОСУ ЦИЛІНДРІВ АВТОТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ

***К. Л. Шевченко, доктор технічних наук
Національний технічний університет України «Київський
політехнічний університет імені Ігоря Сікорського»***

С. І. Козупиця, кандидат технічних наук

В. М. Горкун, інженер

***Національний університет біоресурсів і
природокористування України***

Анотація. Викладена методологія оцінки зносу основних елементів двигунів внутрішнього згорання та обґрунтовані сучасні вимоги, які до них висуваються. Застосування радіохвильового методу діагностування дозволяє не тільки якісно оцінювати стан поверхні циліндро поршневої групи двигуна, а також можливість його кількісної оцінки, що є перевагою методу.

Показана принципова можливість використання радіохвильового методу для діагностики циліндро-поршневої групи двигунів внутрішнього згорання. Використання запропонованого методу дозволяє без розбирання двигуна диференціювати несправність циліндро-поршневої групи та зробити висновок про необхідність ремонту або очищення циліндрів двигуна від продуктів згорання.

Запропонований метод радіохвильового діагностування на нашу думку є унікальним і обіцяє величезні можливості для роботи інженерів при діагностуванні сучасних двигунів внутрішнього згорання і дозволить швидко та якісно провести оцінку надійності їх роботи.

© К. Л. Шевченко, С. І. Козупиця, В. М. Горкун, 2017

Наведений у даній статті метод радіохвильового діагностування, окрім оцінки стану поверхні циліндро поршневої групи двигунів, може знайти своє застосування в інших об'єктах науково-виробничої діяльності.

Ключові слова: *автотракторні двигуни, циліндро-поршнева група, оперативна діагностика, електромагнітна хвиля, напруженість електромагнітного поля, вимірювальна система, резонансна частота системи*

Постановка проблеми. Відомо, що автомобільний транспорт є найважливішою складовою при організації вантажних та пасажирських перевезень. Значна доля автотранспортних перевезень у загальному обсязі вантажно-пасажирського потоку обумовлює високі вимоги до всіх складових системи безпеки дорожнього руху. Одним з основних аспектів досягнення безпечності дорожнього руху є відповідність технічного стану автотранспорту нормативним показникам. Важливою складовою є екологічна безпека автотранспорту. З точки зору екологічної безпеки найбільшої уваги заслуговують викиди відпрацьованих газів двигунів транспортних засобів. Наявність в них забруднюючих атмосферу газообразних та сажоподібних речовин пов'язана як з неправильним налагодженням системи подачі палива, так і зі зносом циліндропоршневої групи двигунів. Останнє окрім підвищення рівня викидів у навколишнє середовище шкідливих речовин викликає підвищення розходу паливно-мастильних матеріалів. У зв'язку з цим важливе місце займають питання, пов'язані з оперативною діагностикою та підтриманням в робочому стані всіх систем транспортних засобів, зокрема, двигунів внутрішнього згоряння.

Сьогодні практично відсутні технічні засоби, що дозволяють без розбирання двигуна оцінити стан циліндропоршневої групи та наявність продуктів згоряння на її поверхнях. Найбільше розповсюдження отримав метод виміру компресії, але він не дозволяє достовірно оцінити знос поверхонь тертя двигуна, тому що зменшення компресії може залежати від герметичності клапанної системи, а її підвищення – попаданням оливи в камеру згоряння через направляючі втулки клапанів [1].

Відомі також пневматичні установки [2], принцип дії яких базується на подачі в циліндр через отвір для свічки запалювання повітря під тиском $8...10 \text{ кГ/см}^2$ та нагляді за зміною тиску при повільному ручному переміщенні поршня в циліндрі в межах повного робочого ходу. За допомогою такої установки добре визначається нерівномірність зносу циліндру по його довжині та герметичність клапанної системи. Але, при зносі компресійних кілець достовірність

результатів суттєво зменшується. Перспективним на наш погляд є застосування радіохвильового методу [3], який дозволяє оцінити не тільки знос циліндру при різних положеннях поршня, а і стан внутрішніх поверхонь циліндрів та дна поршня. Радіохвильовий метод базується на оцінці параметрів електромагнітних коливань, які взаємодіють з контрольованим об'єктом. Особливістю радіохвильового методу є використання електромагнітних хвиль довжиною від одиниць міліметрів до десятків сантиметрів (хвилі міліметрового, сантиметрового або дециметрового діапазону). Такі електромагнітні коливання відносять до діапазону НВЧ (надзвичайно високих частот). Умови взаємодії НВЧ хвиль з контрольованим об'єктом можуть бути різними – резонансне збудження в контрольованому об'єкті електромагнітних хвиль, проходження або відбиття останніх від контрольованого об'єкта. В загальному випадку на параметри електромагнітної хвилі впливають розмір і форма об'єкта контролю, діелектрична і магнітна проникність середовища, його діелектричні втрати та інші параметри. При цьому в якості вихідних параметрів можна використовувати зміни амплітуди, частоти, фази або поляризації електромагнітної хвилі, або інші, пов'язані з цими параметри.

Метою досліджень є підвищення якості оцінки зносу циліндро-поршневої групи автотракторних двигунів та зменшення витрат часу та коштів.

Об'єктом досліджень є радіохвильовий метод та параметри електромагнітних коливань, які взаємодіють з контрольованим об'єктом.

Аналіз останніх досліджень. Уявимо внутрішній об'єм камери згоряння в якості об'ємного циліндричного резонатора, як відрізок порожнистого циліндричного хвилеводу. Для збудження такого резонатору можна використовувати індуктивний або ємнісний зв'язок. При ємнісному зв'язку подовжений внутрішній провідник коаксіальної лінії, що грає роль штиря для зв'язку, розташовують в області максимальної напруженості електричного поля і встановлюють його по можливості паралельно напрямковій лінії поля. При індуктивному зв'язку на кінці кабелю, що з'єднується з резонатором, включають петлю, яку розташовують в область максимальної напруженості магнітного поля і встановлюють так, щоб лінії магнітного поля пронизували площину петлі по можливості під прямим кутом. Елементи збудження можуть вводитися в порожнину циліндру через отвір для свічки запалювання. В циліндричних резонаторах співіснують два види коливань з складовими типів Е і Н. В такій електромагнітній системі можливе використання щонайменше двох інформативних параметрів: основної резонансної

частоти та добротності резонансної системи [4]. У загальному випадку визначення резонансної частоти являє собою складну задачу, що найчастіше вирішують наближеними методами. Визначення резонансної частоти в широкому діапазоні частот ще більш ускладнюється. Якщо необхідно знати тільки зміну резонансної частоти, то в загальному випадку вона може бути знайдена при відомих структурах поля [5]. Якщо в ідеальному випадку в циліндричному об'ємному резонаторі діаметром D і довжиною l уздовж довжини l укладається p на півхвиль, то резонансна довжина хвилі:

$$\lambda_{рез} = \frac{\lambda_{кр}}{\sqrt{1 - \left(\frac{p\lambda_{кр}}{2l}\right)^2}}, \quad (1)$$

де: $\lambda_{кр}$ – критична довжина хвилі даного типу.

Відомо, що довжина хвилі та резонансна частота зв'язані співвідношенням:

$$f_{рез} = c / \lambda_{рез}, \quad (2)$$

де: c – швидкість розповсюдження електромагнітної хвилі.

Реальна камера згоряння мало схожа на ідеальний циліндричний резонатор, а значення її власної резонансної частоти визначається багатьма факторами, серед яких форма та об'єм камери, стан внутрішньої поверхні, кількість продуктів згоряння (нагару), що покривають стінки камери та ін. При цьому слід відмітити, що в даному випадку викликає зацікавленість не власне значення резонансної частоти, а її відхилення від нормованого показника, визначеного для ідеального стану циліндропоршневої групи двигуна. Тому доцільно розглянути два випадки. В першому будемо вважати, що стінки циліндра двигуна мають ідеальну форму, але на поверхні поршня та тарілок клапанів є відкладення нагару. Цей випадок відповідає тому, що у резонатор довільної форми об'ємом V_0 обмежений ідеально провідною поверхнею S_0 і заповнений середовищем з параметрами ε_0 , μ_0 , вноситься інше середовище з параметрами ε_a , μ_a і об'ємом $V < V_0$. Відносна зміна власної частоти в загальному випадку визначається з виразу:

$$\frac{f}{f_0} = \frac{\int_V (\Delta\varepsilon \dot{E}_0^{**} + \Delta\mu \dot{H}_0^{**}) dV}{\int_V (\varepsilon_0 \dot{E}_0^{**} + \mu_0 \dot{H}_0^{**}) dV}, \quad (3)$$

де: $\Delta\varepsilon = \varepsilon_a - \varepsilon_0$; $\Delta\mu = \mu_a - \mu_0$; $\dot{E}_0^*$, $\dot{H}_0^*$ – вектори, комплексно поєднані векторам електричної $\dot{E}_0$ і магнітної $\dot{H}_0$, напруженості в об'ємному

резонаторі об'ємом V_0 , обмеженому ідеальною провідною поверхнею S_0 і заповнений середовищем з параметрами ε_0, μ_0 ;

f_0 – власна частота, що відповідає цьому полю;

$\dot{E}, \dot{H}$ – вектори електричної і магнітної напруженостей у тім же резонаторі, заповненому іншим середовищем з параметрами ε_a, μ_a ;

f – власна частота, що відповідає цьому полю; $\Delta f = f_0 - f$.

Визначення напруженості поля $\dot{E}, \dot{H}$ пов'язано зі значними труднощами. При малих збурюваннях поля E_0 , приблизно можна вважати $E = E_0, H = H_0$. Тоді при заповненні камери згоряння діелектричним середовищем ($\mu_a = 0$) вираз (3) перетвориться до вигляду:

$$\frac{\Delta f}{f_0} = \left[\frac{1 + (\varepsilon_a - 1) \frac{\int_V \dot{E}_0^2 dV}{\int_V \dot{E}_0^2 dV}}{1} \right]^{1/2}. \quad (4)$$

В другому випадку будемо вважати, що нагар у камері згоряння відсутній, але поверхня циліндра має деякий знос. Цей випадок відповідає тому, що резонатор довільної форми об'ємом V_0 , обмежений ідеальною провідною поверхнею S_0 і заповнений середовищем з параметрами ε_0, μ_0 має деформацію ідеально провідної поверхні порожнини, що приводить до зміни об'єму резонатора на величину $V < V_0$.

Зміна власної частоти:

$$\Delta f = \frac{\pm \int_V \dot{E}_0^2 dV \pm \int_V \dot{H}_0^2 dV}{\int_V (\dot{E}_0^2 + \dot{H}_0^2) dV}, \quad (5)$$

де верхній знак „+” відповідає збільшенню, нижній „-” – зменшенню об'єму.

При малих збурюваннях поля E_0 вираз (5) можна записати у вигляді:

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{\pm \int_V \dot{E}_0^2 dV \pm \int_V \dot{H}_0^2 dV}{\int_V (\varepsilon_0 \dot{E}_0^2 + \mu_0 \dot{H}_0^2) dV}. \quad (6)$$

Відзначимо, що в резонаторах на відрізках порожнистих хвильоводів при заповненні уздовж осі z розподіл поля має вигляд:

$$\dot{E} = \dot{E}_0 \phi(z); \quad \dot{H} = \dot{H}_0 \psi(z), \quad (7)$$

де $\dot{E} = \dot{E}(x, y, z)_{z \in 0}$; $\dot{H} = \dot{H}(x, y, z)_{z \in 0}$, а об'ємні інтеграли можуть бути замінені лінійними.

В реальних умовах експлуатації двигунів на зміну власної частоти можуть впливати як наявність нагару, так і зміна геометрії циліндру. Тому для отримання інформаційної надлишковості доцільно використовувати і інший інформативний параметр – зміну добротності резонансної системи.

Відомо, що добротність Q об'ємного резонатора визначається відношенням запасеної енергії до енергії втрат за період і характеризує смугу пропущення резонатора в режимі змушених коливань, а також його здатність зберегти накопичену енергію в режимі власних коливань. Розрізняють добротність Q_0 не навантаженого резонатора і добротність Q_H навантаженого резонатора. Добротність ненавантаженого резонатора визначається за формулою:

$$Q_0 = \frac{2 \int_v H^2 dv}{\delta \int_s H^2 ds}, \quad (8)$$

де: δ – глибина проникнення електромагнітної хвилі в металеву стінку;

v – об'єм резонатора; s - площа поверхні стінок резонатора;

H –напруженість магнітного поля.

З виразу (8) видно, що добротність характеризує затухання електромагнітних коливань у резонаторах, що, у свою чергу, визначається втратами енергії в стінках резонатора і у середовищі, що заповнює резонатор. Крім того, добротність Q_0 залежить від характеру розподілу магнітного поля по об'єму, її значення тим більше, чим більше відношення об'єму резонатора до площі його поверхні.

Стосовно випадку, що розглядається можна прогнозувати, що основний вклад у зміну добротності резонансної системи буде вносити наявність нагару і викликані цим втрати енергії електромагнітного поля. При цьому втрати енергії через знос поверхні циліндру будуть відносно малими. При зміні положення поршня в циліндрі відповідно будуть змінюватись резонансна частота і добротність системи. Тому доцільно проводити виміри не при одному положенні поршня (наприклад, у нижній мертвій точці), а при повному робочому ході. Результатом вимірювань при цьому будуть дві залежності, які показують зміни резонансної частоти та добротності від положення поршня. По відношенню значень максимальної та мінімальної резонансних частот можна також посередньо оцінювати ступінь стиску в кожному циліндрі.

Представлені матеріали показують принципову можливість

використання радіохвильового методу для діагностики циліндропоршневої групи двигунів внутрішнього згорання. Застосування запропонованого методу дозволяє визначати характерні для кожного циліндру двигуна параметри, диференціювати несправність циліндропоршневої групи та робити висновок про необхідність ремонту або очищення циліндрів шляхом видалення продуктів згорання.

Висновок. Проведені дослідження показують на принципову можливість застосування радіохвильового методу для діагностики циліндро-поршневої групи двигунів внутрішнього згорання.

Список літератури

1. Румянцев С. И. Ремонт автомобилей. Москва. Транспорт. 1998. 327 с.
2. Кисляков В. Ф., Луцник В. В. Будова й експлуатація автомобілів. Київ. Либідь. 2002. 273 с.
3. Білоконь Я. Ю., Горкун В. М., Окоча А. І. Автотранспортні засоби категорій «В» і «С»: навчальний посібник. Київ. Арії. 2009. 352 с.
4. Ключев В. В. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий: справочник. Кн. 2. Москва. Машиностроение. 1986. 352 с.
5. Головкин Д. Б., Скрипник Ю. О., Шевченко К. Л. Частотно-дисперсійні аналізатори складу та властивостей матеріалів та речовин. Київ. МП Леся. 2002. 182 с.
6. А. с. 1506372 СССР МПК В17.1 15/00. Шевченко К. Л. СССР. 275356/25-05; заявл. 05.05.88; опубл. 07.09.89. Бюл. №32. 3 с.

References

1. Rumyantsev S. S. (1998). Car repair. Moscow. Transport. 327.
2. Kislyakov V. V., Lushchik V. V. (2002). Structure and operation of vehicles. Kiev. Lybid. 273.
3. Belokon Y. Y., Gorkun V. M., Okocha A. I. (2009). Vehicles of categories "B" and "C": textbook. Kiev. Arias. 352.
4. Klyuev V. V. (1986). Devices for the nondestructive testing of materials and products: Handbook. Kn. 2. Moscow. Engineering. 352.
5. Golovko D. B., Skrypnyk Y. O., Shevchenko K. L. (2002). Frequency-dispersive analyzers of composition and properties of materials and substances. Kiev. 182.
6. A. s. 1506372 USSR IPC B17.1 15/00. Shevchenko K. L. USSR. 275356/25-05. Appl. 05.05.88. Publ. 07.09.89. Bull. 32. 3.

СОВРЕМЕННЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ИЗНОСА ЦИЛИНДРОВ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

К. Л. Шевченко, С. И. Козупиця, В. Н. Горкун

Аннотация. Изложена методология оценки износа основных элементов двигателей внутреннего сгорания и обоснованы современные требования, которые к ним предъявляются. Применение радиоволнового метода диагностирования позволяет не только качественно оценивать состояние

поверхности цилиндро-поршневой группы двигателя, а также возможность его количественной оценки, что является преимуществом метода.

Показана принципиальная возможность использования радиоволнового метода для диагностики цилиндро-поршневой группы двигателей внутреннего сгорания. Использование предложенного метода позволяет без разборки двигателя дифференцировать неисправность цилиндро-поршневой группы и сделать вывод о необходимости ремонта или очистки цилиндров двигателя от продуктов сгорания.

Предложенный метод радиоволнового диагностирования по нашему мнению является уникальным и обещает огромные возможности для работы инженеров при диагностике современных двигателей внутреннего сгорания и позволит быстро и качественно провести оценку надежности их работы.

Приведенный в данной статье метод радиоволнового диагностирования, кроме оценки состояния поверхности цилиндра поршневой группы двигателей, может найти свое применение в других объектах научно-виробничої деятельности.

Ключевые слова: *автомобильные двигатели, цилиндрико-поршневая группа, износ стенок цилиндра, оперативная диагностика, электромагнитная волна, напряженность электромагнитного поля, измерительная цепь, резонансная частота системы*

MODERN METHOD OF ASSESSMENT OF WEAR OF CYLINDERS OF AUTOMOTIVE ENGINES

K. L. Shevchenko, S. I. Kozupitsa, V. M., Gorkun

Abstract. *The methodology for the evaluation of wear of the main elements of internal combustion engines and based on current requirements., which they imposed. Using radiowave method of diagnostics allows not only to qualitatively evaluate the surface condition of the cylinder piston group of the engine, and the possibility of quantitative assessment, which is an advantage of the method.*

We show the possibility of using radio wave method for the diagnosis of the cylinder-piston group of internal combustion engines. Using the proposed method allows without disassembly of the engine to differentiate between a malfunction of the cylinder group and to conclude about the necessity of repair or cleaning of the cylinders of the engine from the combustion products.

The proposed method of radio wave diagnostics in our opinion is unique and promises huge opportunities for engineers in the diagnosis of modern internal combustion engines and will allow you to quickly and

accurately assess the reliability of their work.

Outlined in this article a method of radio wave diagnostics in addition to assessing the surface condition of the cylinder piston group of engines may be used in other objects of scientific activities.

Key words: *automotive engines, cylinder piston group, cylinder walls wear, line diagnostics, electromagnetic wave, electromagnetic field strength, measuring circuit, resonance frequency of system*

УДК 378.147.88-057.87

АКТИВІЗАЦІЯ ПІЗНАВАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СТУДЕНТІВ В УМОВАХ ПРАКТИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ З ДИСЦИПЛІНИ “ПРАВИЛА ДОРОЖНЬОГО РУХУ”

***I. О. Колосок, кандидат педагогічних наук
e-mail: kolosoc@online.ua***

Анотація. *Кількісне зростання автомобільного парку у нашій країні і як наслідок збільшення учасників дорожнього руху призводить до зростання кількості дорожньо-транспортних подій. В Україні за останні п'ять років зареєстровано 293 тис. дорожньо-транспортних пригод, у яких загинуло майже 35 тис. і травмовано понад 286 тис. осіб. Переважну більшість дорожньо-транспортних пригод скоєно з вини водіїв транспортних засобів (77 відсотків загальної кількості). Рівень смертності внаслідок дорожньо-транспортних пригод в Україні (102 особи на 1 млн. жителів) значно перевищує показники таких держав, як Швейцарія (49 осіб), Німеччина (62 особи). Основними причинами такого стану є недостатній рівень забезпечення безпеки дорожнього руху; неналежне забезпечення технічного обслуговування транспортних засобів; низький рівень дисципліни учасників дорожнього руху; невідповідність стану вулично-дорожньої мережі рівню інтенсивності транспортного руху; недостатність впровадження новітніх технологій і технічних засобів організації дорожнього руху; невисокий рівень підготовки майбутніх водіїв. В статті розглядаються проблеми навчального процесу вишу, що пов'язані з підвищенням якості практичної підготовки студентів з дисципліни “Правила дорожнього руху” та запропоновані дійові шляхи їх вирішення за рахунок диференціації підходів у керуванні пізнавальною діяльністю студентів.*