

УДК 621.43.041

**С.О. Якушенко,**

викладач
Херсонського
політехнічного
коледжу,
Одеського
національного
політехнічного
університету
e-mail:
Yakushenkosa82@
mail.ru

**П.С. Носов**

викладач, к.т.н.,
доцент
Херсонського
політехнічного
коледжу,
Одеського
національного
політехнічного
університету,
e-mail:
pason@ukr.net

РОЗРОБКА САПР ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ВІБРОАКУСТИЧНИХ ШУМОВИХ СИГНАЛІВ

С.О. Якушенко, П.С. Носов.
Розробка САПР для визначення
технічного стану автомобільних двигунів
на основі аналізу віброакустичних
шумових сигналів. Розглянуто питання
застосування системи автоматизованого
проектування для визначення технічного
стану автомобільних двигунів.

S.O. Yakushenko, P.S. Nosov.
Application of CAD to determine the
technical condition of automobile engines
based on analysis of vibroacoustic noise.
The article of the use of computer-aided
design to determine the technical condition
of automobile engines.

1. Вступ

Експлуатаційна надійність, економічність, активна безпека та екологічні якості автомобіля в значній мірі визначаються роботою його двигуна. Тому підтримка працездатності двигуна і своєчасне виявлення несправностей є важливим завданням.

Сучасний двигун внутрішнього згоряння є складним, багатофункціональним об'єктом, діагностика якого достатньо складна, що визначається складністю конструкції і безліччю елементів, які входять до його складу. У багатьох випадках вона вимагає застосування досить складного і дорогого діагностичного обладнання, а в ряді випадків – часткового розбирання двигуна для діагностування дефектів внутрішніх деталей. При цьому якість діагностики багато в чому визначається досвідом і знаннями майстра – діагноста і часто носить суб'єктивний характер.

Тому пошук і дослідження нових методів діагностування, що дозволяють швидко, максимально просто і достовірно виявляти несправності є актуальним завданням. Простота ідентифікації несправностей означає, по-перше, відсутність високих вимог до кваліфікації й досвіду майстра-діагноста, коли на перший план виходить не досвід людини, а технічні можливості самої системи діагностування, а, по-друге, мінімальне число необхідних вимірювань і низька трудомісткість їх проведення.

2. Матеріал і результати дослідження

Оскільки автомобіль є відновлюваною системою, визначення тактики і стратегії відновлення його працездатності має велике значення. У зв'язку з цим доцільно розглянути процес працездатності об'єкта експлуатації. Таким об'єктом може бути автомобіль у цілому, агрегат, вузол або сполучення. Велике значення мають такі дослідження для 3D моделювання. Це дозволить розробляти прототипи агрегатів автомобіля із урахуванням відповідних результатів даного дослідження [1-4].

Втрата працездатності об'єкта експлуатації, де x – один з параметрів, який може мати будь-який фізичний зміст. Таких параметрів може бути кілька.

На кожний параметр установлюють допустимі межі – мінімальні x_{\min} і максимальні x_{\max} його значення. Якщо параметр лежить в інтервалі $x_{\min} \dots x_{\max}$, то об'єкт вважають працездатним.

Об'єкт діагностування може бути у справному стані, якщо задовольняє усі технічні вимоги, що ставлять до нього в цей момент часу. У зв'язку з цим потрібні спеціальні методи для теоретичного аналізу багатьох можливих станів автомобіля в цілому або його окремих частин. Такі методи ґрунтуються на дослідженні діагностичних моделей. Ці моделі визначають причину – наслідкові співвідношення між технічним станом об'єкта діагностування (вхідними і внутрішніми параметрами його структури) та їхніми діагностичними сигналами (вихідними параметрами).

Діагностичні моделі можуть бути в аналітичній, табличній, векторній, структурно – наслідковій або інших формах.

На практиці дуже поширені структурно – наслідкові моделі (рис. 1)

Структурно – наслідкова модель створюється на основі інженерного вивчення будови об'єкта і його функціонування, статичного аналізу показників надійності та оцінки діагностичних параметрів. Основним недоліком даної моделі є трудність і неможливість синтезу великих складних систем.

Імітаційне моделювання дає змогу експериментально досліджувати складні внутрішні взаємодії між елементами моделі, вивчати дію на

функціональні системи, що мають випадковий характер, нелінійність, обмеження різних типів. Щоб визначити, в якому стані автомобіль або його елемент, треба знати параметри їхнього технічного стану (структурні параметри) задані нормативно – технічною документацією заводом – виробником.

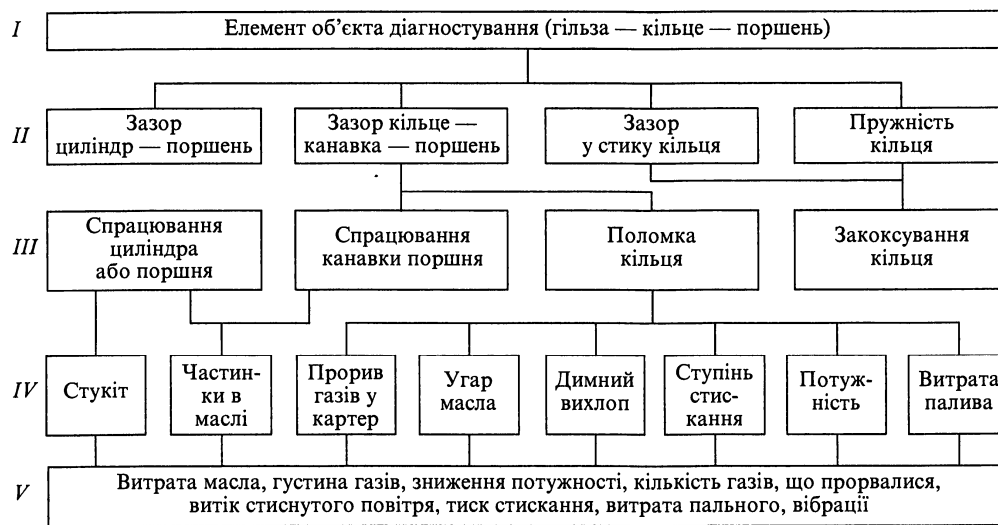


Рис. 1. – Структурно – наслідкова діагностична модель

Параметри технічного стану називають фізичні величини (міліметри, градуси тощо), які визначають його функціонування в цілому. Параметри технічного стану поршень – циліндр двигуна можуть бути розміри сполучених деталей поршнів і циліндрів, які визначають зазор між ними, овальність тощо. В процесі експлуатації параметри технічного стану змінюються від номінального до граничного значення під впливом різних конструктивно – технологічних та експлуатаційних чинників. Граничні значення структурних параметрів зумовлені ймовірністю відмов і несправностей автомобіля і є переважно значеннями техніко – економічного характеру.

Під діагностування параметрів технічного стану автомобіля та його елементів вимірюють безпосередньо на підставі вихідних і супровідних процесів, що породжуються функціонуючим механізмом. Супровідні процеси можна оцінити з допомогою таких діагностичних параметрів, як швидкість і прискорення вібрації, тощо [5].

Діагностування за зміною віброакустичних параметрів, коли функціонує будь-який механізм, рух окремих деталей супроводжується їхніми

співударяннями, внаслідок чого в механізмі поширюються пружні коливання, які створюють певні структурні шуми. У процесі спрацьовування деталей змінюються структурні параметри, а отже, і параметри шуму й вібрації механізму в цілому.

Шуми в працюючому двигуні виникають унаслідок:

- стуку корінних і шатунних підшипників, поршневих пальців, поршнів;
- вібрації клапанів;
- коливання розподільного валу і кулачків від імпульсів крутильних коливань колінчастого валу;
- коливання газів у впускному та випускному трубопроводах;
- детонації у бензинових двигунах;
- співударяння деталей і тертя в рухомих з'єднаннях.

За характером стуку або шуму можна визначити деякі несправності двигуна. Одним з перспективних методів діагностики технічного стану кривошипно – шатунного та газорозподільного механізму є віброакустичний метод.

Для віброакустичного діагностування використовують коливальні процеси пружного середовища, які виникають під час роботи двигуна. Джерелом цих коливань є газодинамічні процеси (згоряння, випуск, впуск), регулярні механічні співударяння у сполученнях через зазори і незрівноваженості мас, а також хаотичні коливання, зумовлені процесами тертя. Під час роботи двигуна всі коливання накладаються одне на одне і, взаємодіючи, утворюють випадкову сукупність коливальних процесів, яку називають спектром. Це ускладнює віброакустичне діагностування потребою заглушити перешкоди, виділяти корисні сигнали й розшифрувати коливальний спектр [6].

Поширення коливань у пружному середовищі (тверді тіла, рідини, газу) має коливальний характер. Параметри коливального процесу є частота (періодичність), рівень (амплітуда) і фаза (положення імпульсу коливального процесу щодо точки циклу роботи механізму). Рівень вимірювань за зміщенням, швидкістю або прискоренням частинок пружного середовища, за тиском, що виникає в ньому, або ж за потужністю коливального процесу. Між параметрами коливального процесу є перевідні параметри. Повітряні коливання називають шумами (стукотом), які сприймаються за допомогою мікрофона. Коливання матеріалу, з якого складається механізм, називається вібраціями. Параметри вібрації сприймаються за допомогою п'єзOMETРИЧНИХ ДАВАЧІВ, потім підсилюють, вимірюють за масштабом і реєструють. [7]

Основною характеристикою зовнішнього і внутрішнього шумів в працюючому двигуні є рівень звуку в дБ. Допустимі його значення, в більшості промислово розвинених країн введено законодавчо, на базі Правил ЄЕК ООН №51, обмеження граничних рівнів шуму автомобілів в той час як рівень більшості потужностних, економічних та вагогабаритних показників двигуна в основному визначається кон'юнктурними міркуваннями. Тенденція посилення вимог до акустичних якостей автомобілів (див. таблицю 1), а також необхідність відповідати вимогам обмежувальних норм висунули віброакустичні характеристики автомобіля в число основних показників, які зумовлюють конкурентоспроможність на світовому ринку [8].

Таблиця 1 – Зіставлення діючих і перспективних вимог правил ЄЕК ООН по допустимих рівнях шуму, дБ

Категорія транспортних засобів	Рівень шуму, дБ	
	Діючий	Перспектива
Легкові автомобілі	77	70
Автобуси з повною масою, кг:		
– до 3500	79	72
– понад 3500	80	74
Автобуси з двигуном потужністю понад 147 квт	80	75
Вантажні та вантажнопасажирські автомобілі, автопоїзди з повною масою, кг:		
– до 3500 включно	79	73
– 3500...12000	80	72
– понад 12000	80	71
Вантажні та вантажнопасажирські автомобілі, автопоїзди з двигуном потужністю 147 квт	80	70

Віброакустичне діагностування дає змогу розшифрувати коливальні процеси, оскільки кожна пара, що співударяється, породжує свої власні

коливання, які за своїми параметрами різко відрізняються від коливань газодинамічного походження і коливань, спричинених тертям. Потужність коливань різко змінюється, коли змінюються зазори. Це пояснюється тим, що зі змінням зазорів змінюється енергія співударянь і їхня тривалість. Наявність коливань пар, що співударяються, визначають за фазою відносно опорної точки (верхня мертва точка, посадка клапана, тощо).

Є кілька методів віброакустичного діагностування. Найпоширеніша реєстрація рівня коливального процесу у вигляді миттєвого імпульсу в функції часу (або частоти обертання колінчастого валу) за допомогою осцилографа. Рівень і характер спаду коливального процесу порівняно з нормативними дають змогу визначити несправність сполучення, що діагностується.

Універсальнішим методом віброакустичного діагностування є реєстрація й аналіз усього спектра, тобто всієї сукупності коливальних процесів. Коливальний спектр знімають на вузькій характерній ділянці процесу при відповідному швидкісному й навантажувальному режимах роботи діагностованого механізму. Аналіз спектра полягає в групуванні за частотами його складових коливальних процесів за допомогою фільтрів (подібно до настроювання радіоприймачів на відповідну хвилю). Дефект виявляють за максимальним або середнім рівнем коливального процесу у смузі частот, зумовлені роботою діагностованого сполучення порівняно з нормативами (еталонами) [9].

Однак даний метод потребує вирішення низки складних завдань. Джерела звуків в працюючому автомобільному двигуні дуже численні і різноманітні. Практично всі деталі двигуна, включаючи і нерухомі, під дією ударних і періодичних механічних навантажень можуть вібрувати як на вимушених, так і на своїх резонансних частотах. Все це створює дуже складну шумову картину. З одного боку, це говорить про те, що будь-яке відхилення від нормальної роботи двигуна повинне обов'язково відбитися на його шумовій картині. Але з іншого боку, виділити ті зміни в цій картині, які викликані певними несправностями, і класифікувати їх вельми непросто.

У результаті накладення і вимушених, і власних коливань безлічі цих елементів з мінливою в часі амплітудою і різними (і також що можуть змінюватися в часі) періодами, а також відбувається між ними інтерференції, сам сумарний сигнал (в тимчасовій області) і його спектр виходять нестаціонарними. З нього складно виділити стійкі інформативні ознаки, за якими можна було б проводити ідентифікацію станів об'єкта. Тому необхідно знайти такі способи параметризації сигналу, які при високій економічності і стійкості забезпечували б достатню інформативність для вирішення класифікаційних завдань.

Висновки. Розробка і широке впровадження нової, більш досконалої і гнучкої системи визначення технічного стану автомобілів на базі сучасного контрольно-діагностичного обладнання могла б серйозно підвищити ефективність діагностики несправностей. Своєчасне і достовірне визначення стану автомобільних двигунів безпосередньо впливає на економічну ефективність використання автопарку. Дослідження показали, що рішення даної задачі може бути засноване на зв'язку між несправністю двигуна і структурою сигналів акустичного шуму при його роботі.

Тому створення систем автоматизованого проектування, які б мали можливість на основі віброакустичних шумових сигналів роботи двигуна та аналізу бази даних з ймовірною похибкою встановлювати терміни роботи циліндро – поршневої групи двигуна, могла б полегшити роботи майстрам діагностам, та зменшити час на виконання зайвих операцій.

Література

1. Nosov P.S., Yalansky A.D., Iakovenko V.O.. 3D modelling of rehabilitation corset with use of PowerSHAPE Delcam // Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві. Збірник наукових праць [Текст]. — Вип. 1(2) — Одеса: Наука і техніка, С. 222-231.
2. Носов, П.С. 3D Моделирование конструкции ортопедического корсета в Delcam PowerShape-FeatureCam. Науковий вісник ХДМА. Науковий журнал. — Херсон: ХДМА, 2013. - № 1(8) - С. 241-247.
3. Оганов, А. В. Необходимость внедрения офиса управления проектами [Текст] / А. В. Оганов, В. Д. Гогунский // Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві. — 2013. — Вип. 4(5). — С. 57–61.
4. Тонконогий, В.М. Информационные технологии проектирования в ортопедии [Текст] / В.М. Тонконогий, Е.В. Савельева, А.В. Бец. Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві. Збірник наукових праць. – Вип. 1(2) – Одеса. 2012: АО"Бахва", С. 182-188.
5. Лудченко О. А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: Технологія: Підручник. – К.: Вища шк., 2007. С. 68-86.
6. Иоршин Ю.И. Виброметрия. Измерения вибраций и ударов. Общая теория, методы и приборы [Текст]: Підручник. – М.: Государственный научно – техническое издательство машиностроительной литературы, 1963. – 773с.
7. <http://www.referun.com/n/modelirovanie-vibroakusticheskikh-kharakteristik-istochnikov-strukturnogo-shuma-ot-soudareniy-mezhduelementami-dvs>
8. <http://www.dissercat.com/content/modelirovanie-vibroakusticheskikh-kharakteristik-istochnikov-strukturnogo-shuma-ot-soudareni>
9. http://www.rae.ru/use/?article_id=7782542&op=show_article§ion=content

Надійшла до редакції 20.11.2015