МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРНІГІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ОСНОВИ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ АВТОМОБІЛІВ

Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт для студентів за напрямом підготовки 6.07010601 – «Автомобільний транспорт» спеціальності 7.07010601 - «Автомобілі та автомобільне господарство»

(частина 2)

Затверджено на засіданні кафедри
«Автомобільного транспорту та
галузевого машинобудування»
Протокол № 8 от 19.04.2017 р.

Чернігів ЧНТУ 2017

Основи технічної діагностики автомобілів. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів напряму підготовки 6.07010601 - «Автомобільний транспорт» спеціальності 7.07010601 - «Автомобілі та автомобільне господарство». Ч. 2 / Укл.: Веремей Г. О. – Чернігів: ЧНТУ, 2017. – 50 с.

Укладач: Веремей Геннадій Олександрович,
кандидат технічних наук, доцент кафедри «Автомобільного транспорту та галузевого машинобудування»

Відповідальний за випуск: Кальченко Віталій Іванович, завідувач кафедри «Автомобільного транспорту та галузевого машинобудування»,
доктор технічних наук, професор

Рецензент: Венжега Володимир Іванович,
кандидат технічних наук, доцент кафедри «Автомобільного транспорту та галузевого машинобудування» Чернігівського національного технологічного університету

ЗМІСТ

Вступ ……2

Лабораторна робота №1. Віброакустична діагностика……3

Лабораторна робота №2. Оцінка віброактивності механізмів……..……....12

Лабораторна робота №3. Ідентифікація дефектів підшипників……...……18

Лабораторна робота №4. Оцінка стану циліндро-поршневої групи.....……..…26

Лабораторна робота №5. Визначення фаз газорозподілу …….....33

Лабораторна робота №6. Випередження запалення і впорскування палива.....37

Лабораторна робота №7. Практична діагностика двигуна……43

Рекомендована література……47

Вступ

Курс «Основи технічної діагностики автомобілів» є нормативною навчальною дисципліною, складеною відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів напряму «Автомобільний транспорт».

Метою викладання навчальної дисципліни «Основи технічної діагностики автомобілів» є засвоєння бакалаврами за спеціальністю «Автомобільний транспорт» основ та принципів виявлення технічного стану автомобілів із застосуванням методів та засобів діагностування в умовах сучасних автосервісних підприємств.

Предметом вивчення навчальної дисципліни є основи технічного діагностування автомобілів.

«Основи технічної діагностики автомобілів» базується на таких дисциплінах, як «Основи конструкції автомобілів», «Теоретична механіка», «Автомобілі», «Автомобільні двигуни», «Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання», «Деталі машин», «Засоби технічного діагностування автомобілів».

Основними завданнями вивчення дисципліни «Основи технічної діагностики автомобілів» є:

1) Ознайомлення із організаційною структурою діагностування автомобілів на підприємствах, що мають транспортні засоби та в умовах сучасних автосервісних підприємств.

2) Ознайомлення із структурою процесу діагностування перед покупкою (продажем).

3) Вивчення класичних методів діагностування ходової частини автомобіля.

4) Ознайомлення із засобами для діагностування електричного та електронного обладнання.

5) Придбання знань та навичок щодо визначення технічного стану основних систем АТЗ методами віброакустичної діагностики із застосуванням відповідного діагностичного устаткування.

Дані методичні вказівки розроблені для проведення лабораторного практикуму із застосуванням віброакустичного діагностичного устаткування та стендового автомобільного обладнання.

Застосовані скорочення:

ПД – процес діагностування;

ДП – діагностичний параметр;

АСП – автосервісні підприємства;

АТЗ – автотранспортний засіб;

ПТС – параметр технічного стану.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1
ВІБРОАКУСТИЧНА ДІАГНОСТИКА

Мета роботи

Придбання базових понять в області віброакустичної діагностики автомобілів, а також вивчення будови, призначення та функціональних можливостей стенду віброакустичної діагностики «Дельфін 1М».

Короткі теоретичні відомості

Невід'ємною частиною експлуатації та обслуговування автотранспортних засобів, що випускаються сьогодні, є контроль і діагностика параметрів стану систем, вузлів і агрегатів автомобіля, проведення яких здійснюються за допомогою вбудованого і виносного діагностичного обладнання.

У штатне устаткування будь-якого сучасного автомобіля входять контрольно-діагностичні пристрої, призначені для підвищення безпеки руху, забезпечення якості в експлуатації і комфорту при переміщенні.

Вмонтовані засоби діагностики, відповідно до їх службового призначення з конструкторської та технологічної точок зору повинні мати рівень надійності на ступінь вище, ніж контрольовані ними системи або вузли. Але, як свідчить практика, експлуатаційний ресурс агрегатів, які піддаються діагностиці, часто перевищує термін служби штатного контрольно-діагностичного обладнання в автомобілі, а видана ним інформація поверхнева і не завжди коректна, оскільки є лише слідчим відображенням фізичних процесів, що протікають у системах АТЗ. Більш того, вбудовані засоби діагностики, які отримують інформацію від стаціонарно розташованих датчиків, в змозі давати вузьке інформаційне поле про існуючу проблему і не можуть забезпечити виявлення всього різноманіття і глибини можливих дефектів по визначенню.

Принцип дії виносного діагностичного устаткування, що застосовується на сучасних станціях технічного обслуговування (СТО) заснований на системі зчитування і дешифрування кодів автомобільного комп'ютера. Кінцева обмежена кількість закладеної інформації в зчитувальних портативних пристроях не в змозі охопити широкий спектр можливих прихованих дефектів і нерідко призводить до невірно встановленого діагнозу про технічний стан того чи іншого вузла. Робота подібних діагностичних приладів заснована на обробці специфічно-вузької інформації і позбавляє можливості проводити діагностику іншими методами з метою збору додаткової інформації для отримання об'єктивної картинки.

Більшість традиційних методів діагностування систем автомобіля здійснюється сьогодні, як правило, за допомогою візуального виявлення дефектів і несправностей шляхом розбирання агрегату з використанням вузькоспеціалізованого технологічного обладнання та комп'ютерної техніки, що дозволяють проводити діагностику тільки тих автотранспортних засобів, на які вони суто розраховані. Тобто автомобіль марки "Toyota", наприклад, не

може бути продіагностованим на фірмовій СТО компанії "Volkswagen" в силу відсутності універсальності і взаємозамінності обладнання у даних виробників, а повне або часткове розбирання того чи іншого вузла призводить до порушень у припрацюванні деталей і зниження терміну їх безаварійної служби.

Віброакустичне діагностування

Віброакустичне діагностування - безрозбірний спосіб визначення технічного стану і виявлення дефектів в механізмі або конструкції шляхом оцінки їх віброактивності та прослуховування на акустичні шуми.

Динамічні навантаження на будь-яку деталь машини або механізму супроводжуються вібраційного активністю (хвильовим коливальним процесом) конструкції пристрою, яка може бути зафіксована і проаналізована. Збільшені зазори у з'єднаннях підшипників з валами, підвищений знос зубців в зубчастій передачі, підвищене вироблення в будь-якому вигляді сполучення деталей, дефекти в підшипниках і т. д. обов'язково відіб'ються на віброактивності механізму, проявляючи себе в своїй смузі частот.

Аналіз акустичних шумів, які супроводжують роботу будь-якого вузла, може бути представлений у вигляді ультразвукових коливань з їх амплітудно-частотними характеристиками (АЧХ), що ефективно може бути використано при виявленні прихованих дефектів в конструкціях (мікро тріщини, раковини) і локалізації сторонніх звуків (стуки пальців в ГРМ, руйнування або деформація матеріалу), а також з метою визначення працездатності будь-якої системи (відкриття - закриття клапанів, дія робочого тіла в гідро- і пневмо- вузлах, робота форсунок і т. д.)

Термінологія в діагностиці

Неполадки - чинники, які негативно впливають на вказаний алгоритм функціонування об'єкта.

Дефект - прихована проблема, розвиток якої може привести до функціональної відмови (далі - відмова) - неприпустимого відхилення від призначених параметрів функціонування частини або всього пристрою в цілому.

Параметрична відмова - вихід будь-якого нормативного параметра за допустимі межі.

Функціональна діагностика (далі - діагностика) - процедура визначення поточного технічного стану функціонуючого об'єкта без розбирання і втручання в його роботу.

Діагностична ознака (параметр) - це встановлена заздалегідь теоретично або експериментально подія або певний структурний параметр вимірювального сигналу, наявність, поява або зміна якого під час функціонування вказує на технічний стан об'єкта.

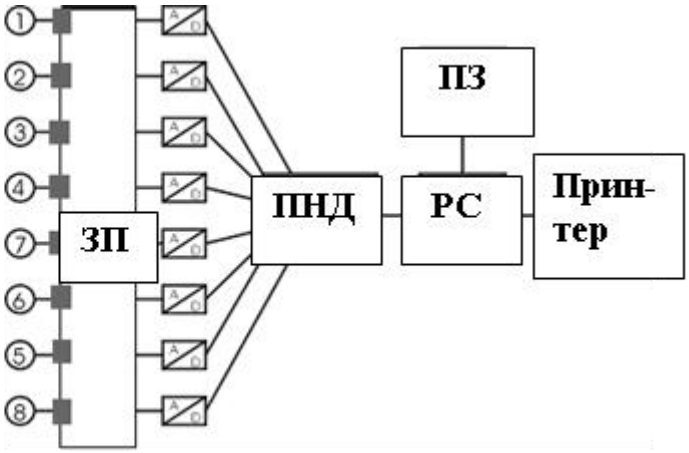
Моніторинг - періодичний контроль певних параметрів механізму з метою виявлення статистичних та інших закономірностей розвитку технічного стану.

Метою діагностування є раннє виявлення та ідентифікація дефектів, а пошук ознак стану - основним її завданням.

Оснащення лабораторної роботи

Стенд віброакустичної діагностики «Дельфін 1М», сумісний персональний комп'ютер, принтер.

Стенд «Дельфін-1М» є агрегатизованим вимірювально-інформаційним комплексом, призначеним для діагностування стану механічних конструкцій, всіх функціональних (механічних, гідравлічних, пневматичних електричних) систем автомобіля (рисунок 1.1, а).



(а) *(б)*

Рисунок 1.1 – Загальний вигляд (а) і блок – схема (б) стенда віброакустичної діагностики «Дельфін 1М»

Принцип роботи стенду побудований на:

- зборі інформації (отриманні даних при діагностуванні тих чи інших параметрів) за допомогою датчиків, які фізично встановлюються в зоні проведення діагностики;
- посиленні і перетворенні сигналу, отриманого датчиками, з аналогового в цифровий;
- передачі даних на персональний комп'ютер;
- обробки отриманої інформації за допомогою програмного забезпечення і виведенні результатів на екран у вигляді графіків, спектрів, таблиць і амплітудно-частотних характеристик.

Висновок про технічний стан об'єкта, що діагностується проводиться на підставі:

- аналізу оброблених даних і порівняння їх з нормативними;
- застосуванні методу візуального виявлення дефектів шляхом порівняння результатів спостережень з прецедентними даними, представленими безпосередньо показаннями датчиків;
- математичної обробки даних і виведення її на екран РС у вигляді гістограм, спектрів, таблиць і графіків;
- спектрального аналізу і амплітудно-частотних характеристик (АЧХ);

- автоматичної обробки інформації та виведення її на екран у вигляді готових обробних програм (діагностичних висновків і експертних оцінок можливого стану об'єкта).

У комплект стенда входять (рисунок 1.1, б): блок електроніки (вхідні роз'єми ЗП – з'ясовувального пристрою; 1-8 - адаптери; A/D - комплект аналого-цифрових перетворювачів; ПНД - пристрій надсилання даних); РС - персональний комп'ютер і ПЗ - програмне забезпечення; пристрій виведення інформації на друк; комплект датчиків (віброакустичні, ультразвукові, тиску і пульсації тиску, електричні адаптери, температури, електромагнітні контактні і безконтактні), комплект сполучних проводів, комплект перехідників і хвилеводів, мережевий кабель зв'язку з комп'ютером.

Експлуатація стенду «Дельфін 1М»

Блок електроніки представлений у вигляді виносного пристрою, в якому знаходяться схеми узгодження і первинної обробки сигналів, аналого-цифрові перетворювачі (АЦП), а також пристрій передачі даних. Світлодіодні індикатори включення живлення і стану блоку розташовані на лицьовій панелі. Вимикач живлення, електричний запобіжник і мережевий роз'єм зв'язку з комп'ютером розташовані з тильного боку блоку.

Стенд «Дельфін-1М» розташовується в робочій зоні і як складний електронно-механічний пристрій вимагає грамотної експлуатації зумовленої необхідним обсягом знань. Для ефективної експлуатації рекомендується присутність, як мінімум, двох осіб - ведучого і оператора, які мають знання у галузях: технічних вимірювань і мірильної техніки; конструкції автомобіля і фізичних процесів, які протікають в його системах; будови і принципу дії діагностичного стенду; користування ЕОМ та принтером. Один (ведучий) керує процесом діагностування, підключає і утримує датчики, а інший виконує операції з програмним забезпеченням і комп'ютером. Між ними повинен бути візуально-слуховий зв'язок. У разі виконання робіт однією людиною передбачено управління введенням інформації з боку виносного блоку і введення регульованої затримки часу на введення інформації після команди «Старт». Передача даних здійснюється за командою оператора з боку комп'ютера або з боку блоку (віддалений запуск). Для віддаленого запуску передачі даних на блоці є червона кнопка "Зап." (Запис). В "Черговому режимі" для завершення передачі даних використовується кнопка "Скидання".

Починати роботу на стенді "Дельфін 1М" можна тільки в разі засвоєних мінімально необхідних теоретичних уявлень в практичній діагностиці автомобіля і при наявності досвіду виявлення демаскуючих ознак різних неполадок!

При цьому потрібно знати:

- тип двигуна (карбюратор, інжектор, дизель);
- загальну кількість та місцезнаходження першого циліндра;
- фази газорозподілу (кути відкриття і закриття клапанів);

- типи систем запалювання і впорскування;
- послідовність запалювання (впорскування) по циліндрах;
- місцезнаходження контакту «мінус котушки»;
- нормативний початковий кут випередження запалювання;
- місце розташування роз'єму самодіагностики, контакту К-лінії.

Інтерфейс головного екрану програмного забезпечення стенду представлений на рисунку 1.2.

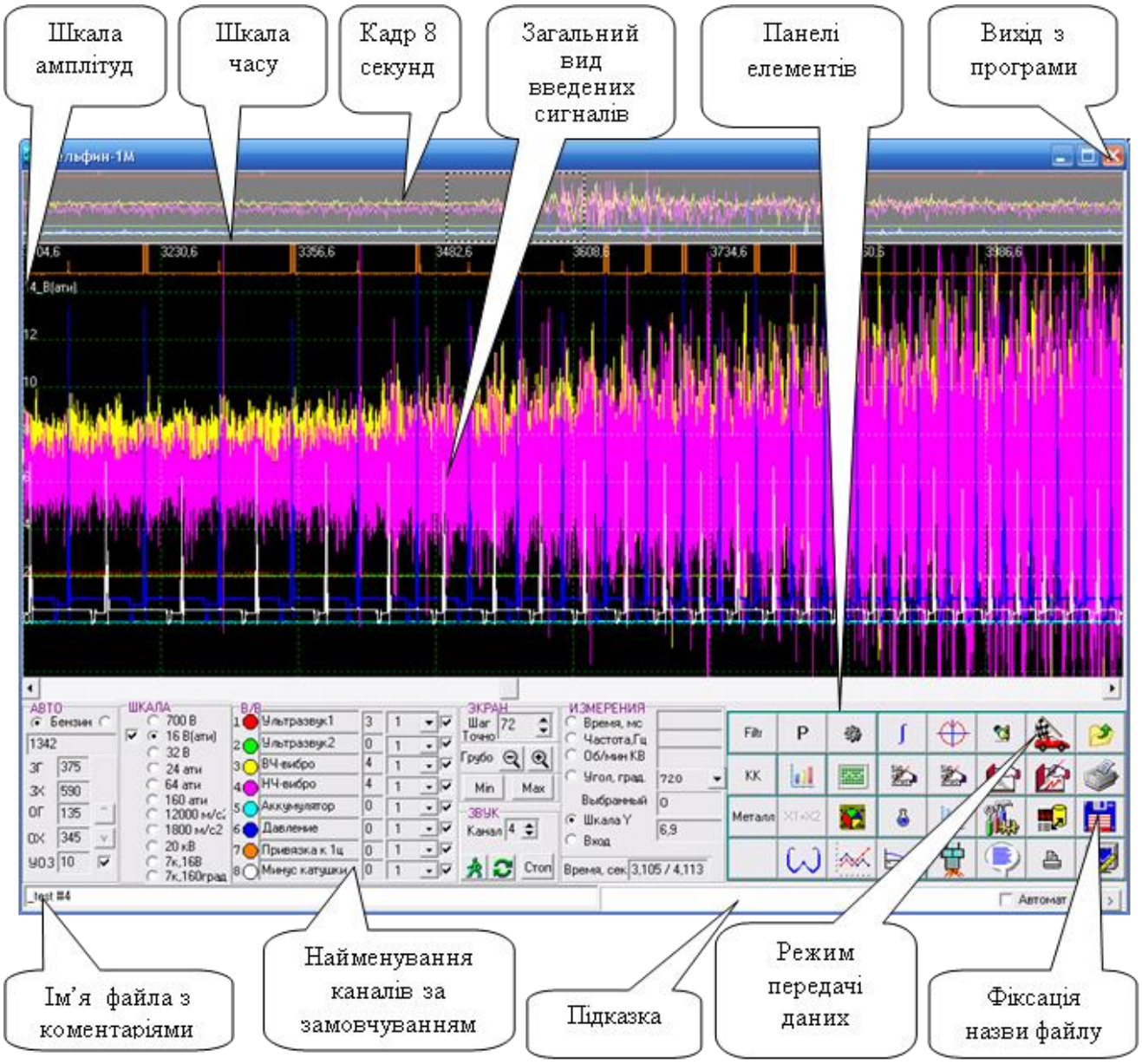


Рисунок 1.2 – Головна панель програми стенда «Дельфін 1М»

Стенд має 8 вимірювальних каналів. Рекомендується використовувати їх наступним чином:

- конструкційна акустика (смуга частот 25 – 40 кГц), канали 1 и 2
- вібрації (смуга частот 5 – 10000 Гц), канал 3
- вібрації (смуга частот 5 – 180 Гц), канал 4

- електрична напруга (0 – 32 В), канал 5
- тиск (0 – 250 атн), канал 6
- сигнал початку відліку, канал 7
- електрична напруга (0 – 30000 В), канал 8

Сигнали з 8 датчиків вводяться в блок електроніки, що забезпечує комутацію, узгодження, попередню фільтрацію і введення вимірювальних даних в комп'ютер за допомогою АЦП (вхідна напруга ± 10 вольт). Частота опитування кожного каналу - 70000 раз в секунду.

Регулювання посилення вхідного сигналу в блоці електроніки здійснюється за допомогою зміни коефіцієнтів посилення в режимі налаштувань панелі програмного забезпечення. Фактичне посилення сигналу в залежності від обраного коефіцієнта посилення наводиться в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Значення коефіцієнтів посилення по каналам 1-8

Ступень посилення	0	1	2	3	4	5	6	7
Значення К*у*	1	3	10	30	100	300	1000	3000

Фіксування контрольованих параметрів при діагностуванні проводиться приладом в режимі передачі даних (безперервного запису) протягом 8-ми секунд з занесенням їх в папку (файл) жорсткого диска РС.

Діагностичні ознаки виявляються шляхом встановлення однозначної відповідності між певними структурами вимірювальних даних і виявленими дефектами при обстеженнях.

Результати комп'ютерної ідентифікації дефектів висвічуються на екрані у вигляді координатних, тимчасових, фазо-циклових і спектральних алгоритмів обробки сигналів.

У випадках, якщо в програмі розпізнавання не міститься необхідних відомостей, рішення приймається оператором самостійно, виходячи з логічних міркувань, за сукупністю результатів усіх вимірювань з урахуванням візуального порівняння отриманих сигналів з вмістом архіву нормативних даних і графічних ознак. Деякі з них в якості прикладу наведені в таблиці 1.2.

Переваги стенду

1. Універсальність.

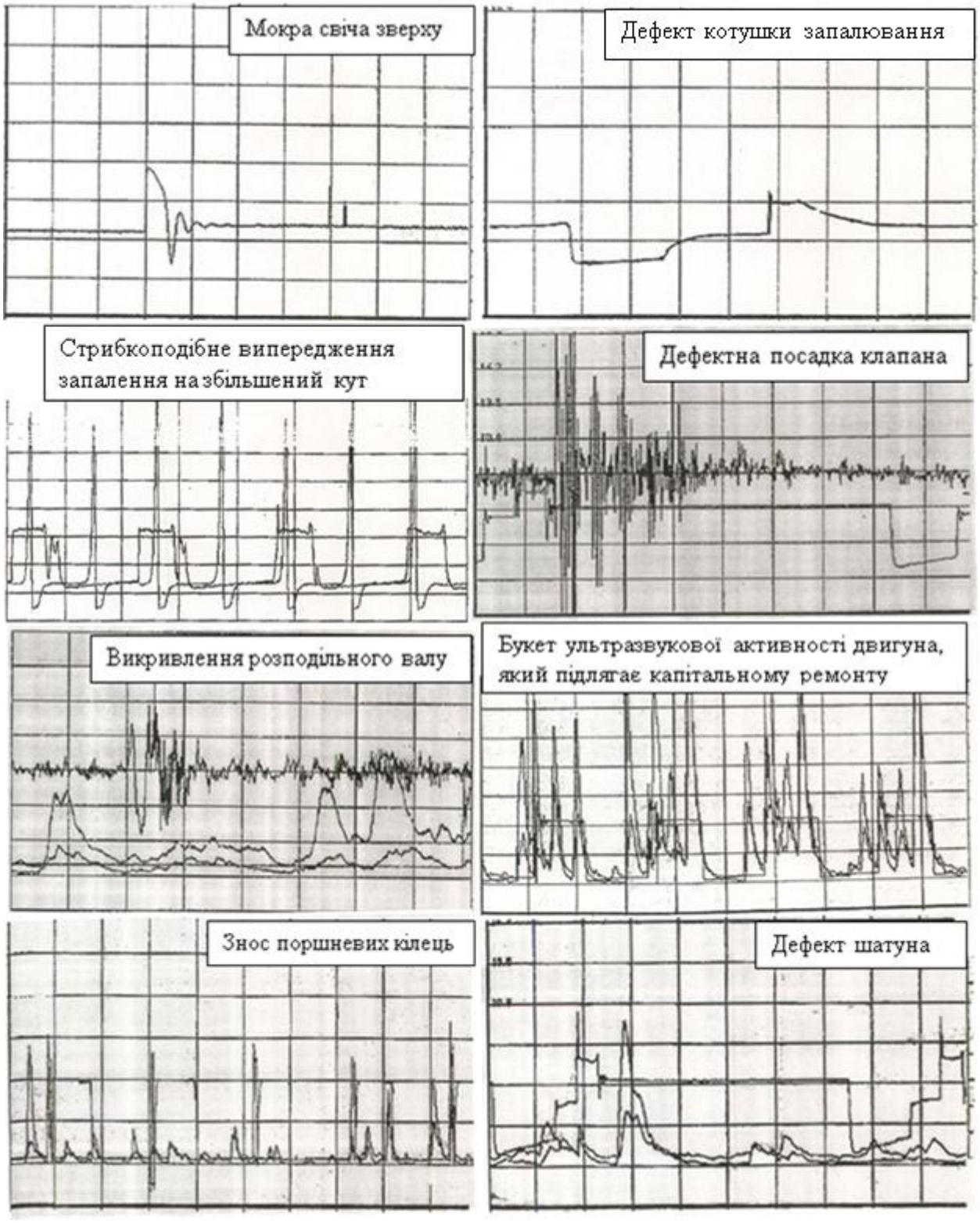
1.1. Можливість проведення діагностики практично всіх систем автомобіля за рахунок широкої номенклатури обладнання стенду.

1.2. Можливість діагностування будь-якого виду автотранспорту незалежно від марки автомобіля за рахунок принципів і методів діагностування.

2. Високий відсоток достовірності отриманих результатів діагностування та відповідність діагнозу реальному стану досліджуваної системи за рахунок широкої номенклатури обладнання стенду та різних методів діагностування.

3. Можливість проведення діагностування не вдаючись до розбирання досліджуваної системи.

Таблиця 1.2 – Графічні (спектральні) відображення деяких неполадок



Недоліки стенду

1. Неможливість проведення діагностики при русі автомобіля.
2. Неможливість експлуатації без використання персонального комп'ютера.
3. Для повноцінної експлуатації вимагає від оператора наявність високої кваліфікації: знань і досвіду в області віброакустичної і практичної діагностики автомобілів.

Приклад

Симптоми технічного стану проблематичного автомобіля наступні: потужність двигуна зменшена, на холостих обертах працює нестійко, чути періодичний шум. При перевірці штатним діагностичним обладнанням з підключенням до комп'ютера автомобіля зауважень не виявлено. В результаті перевірки компресії всіх циліндрів, прилад показав норму.

Після використання стенду «Дельфін-1М» виявлено: хронологічна пріоритетність та інтенсивність ультра звуків (рисунок 1.3), а також спектр вібрацій (рисунок 1.4) вказували на підвищення акустичних шумів і вібраційної активності головки двигуна; цикло-фазовий аналіз вказував на перекладку гарячого клапана 4 циліндра; плазмовий шнур під час горіння іскри в 4 циліндрі рваний (рисунок 1.5) і не відповідає нормативній роботі "здорової" свічки, а також тривалість його менше, ніж в інших циліндрах; тиск в 4 циліндрі на такті випуску дещо зростає (рисунок 1.6).

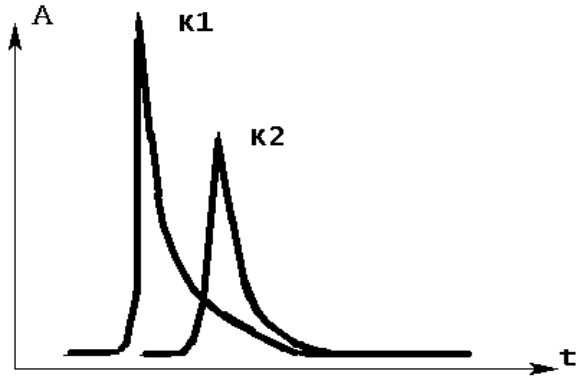


Рисунок 1.3 - Ультразвукова активність

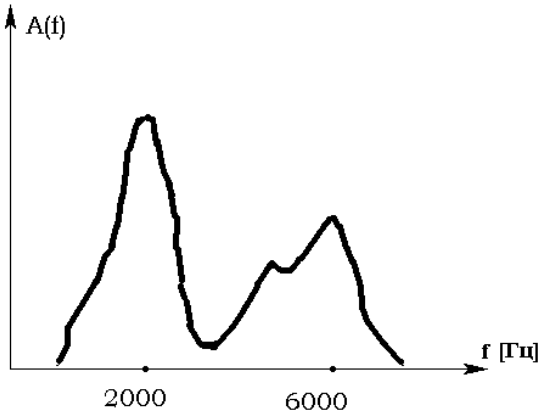


Рисунок 1.4 - Спектр вібрацій

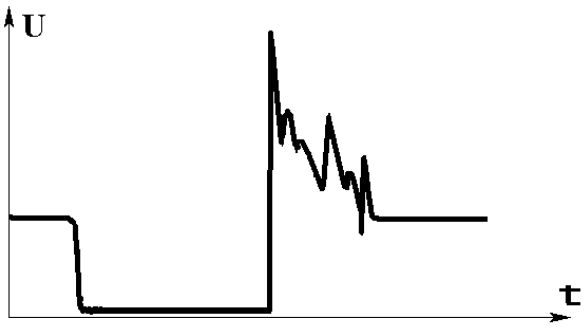


Рисунок 1.5 - Робота свічки

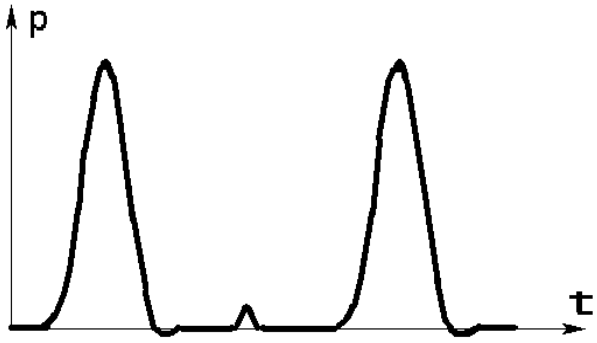


Рисунок 1.6 – Тиск в циліндрі

За сукупністю виявлених фактів було припущено – некоректна робота випускного клапана. На підставі логічних міркувань пов'язуються між собою інші особливості.

Зауваження щодо іскри могло бути обумовлено поганим горінням робочої суміші внаслідок недостатньої продувки циліндра. Підвищення тиску в циліндрі викликано зменшенням прохідного перетину тракту випуску відпрацьованих газів. Таким чином, всі виявлені факти і особливості ідеально вписуються в поставлений попередньо діагноз - неповне відкриття випускного

клапана. Розтин приводу ГРМ показав, що кулачок розподільного валу випускного клапана 4-го циліндра має знос, який перевищує граничний, а отвір напрямної втулки закоксовано.

Контрольні питання

1. Як класифікується діагностичне обладнання в залежності від характеру виконання?
2. У чому полягають основні недоліки сучасного штатного і вбудованого контрольно-діагностичного устаткування, яке застосовується в системі технічного обслуговування автомобілів?
3. Назвіть види діагностування, в основу роботи яких покладено фізичні явища.
4. Які основні переваги віброакустичної діагностики в порівнянні з традиційними?
5. В чому полягає суть віброакустичної діагностики?
6. Дайте визначення основним термінам, які використовуються у діагностиці.
7. Принцип роботи стенду віброакустичної діагностики "Дельфін 1М" (привести блок-схему пристрою).
8. У якому вигляді подаються результати обробки діагностичних параметрів стенду?
9. Яку додаткову інформацію необхідно мати для повноцінної експлуатації стенду?
10. Основні переваги і недоліки стенду "Дельфін 1М".

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2
ОЦІНКА ВІБРОАКТИВНОСТІ МЕХАНІЗМІВ

Мета роботи

Придбання теоретичних відомостей про фізику процесу вібраційних явищ найпростіших вузлів в результаті їх роботи і неполадок. Вивчення методів аналізу і способів визначення віброактивності механізмів за допомогою практичних досліджень на віброакустичному стенді діагностики «Дельфін 1М».

Короткі теоретичні відомості

Фізичне явище вібрацій в механіці

Діагностичні властивості вібрацій були помічені давно. Стан механізму визначали «на слух». Вимірювальним пристроєм служила палиця (стетоскоп, фонендоскоп), яка одним кінцем впирається в механізм, а іншим кінцем прикладається до вуха. Аналізуючими пристроями були вухо і мозок людини.

Як відомо з теорії руйнувань, ранні стадії розвитку дефектів конструкції виявляються спочатку в недоступній для сприйняття ультразвукової області віброакустичних коливань. І тільки при розвитку дефекту до макроскопічних розмірів, частоти коливань знижуються до значень, що сприймаються людським вухом.

З механіки руйнувань відомо, що пошкодження будь-якої матеріальної конструкції починається на кристалічному і молекулярному рівнях, і розвивається за «принципом доміно» у вигляді розгалужуваних ланцюжків послідовних пошкоджень елементів конструкції і функціональних систем. У зоні ураження на поверхні або всередині матеріалу змінюється щільність, магнітні, оптичні, електричні властивості і т. д.

Мікроскопічна поверхневе або об'ємне пошкодження механічно напруженої конструкції проявляється, зокрема, у вигляді генерації ультразвукових деформаційних хвиль - акустичної емісії. Детектована частина ультразвукової хвильової енергії мізерно мала в порівнянні з енергією шуму працюючого механізму і обмеженість органолептичної діагностики за допомогою вуха і мозку очевидна. Однак надіслані дефектом сигнали, проте, можуть бути зареєстрованими спеціальною апаратурою, оскільки звичайні технологічні шуми концентруються далеко в відносно низькочастотній області енергетичного спектра.

Схожа з фізичної точки зору спектральна картина спостерігається при короткочасних ударних впливах. Такі ситуації в механічних конструкціях виникають при збільшенні зазорів або при недостатньому змащуванні деталей взаємодіючих кінематичних пар, наприклад, внаслідок зношування підшипників кривошипно-шатунного механізму.

На сьогоднішній день існують два підходи до проблеми вібрацій. З одного боку - це неминуче побічне явище нормально функціонуючого механізму. На збудження вібрацій витрачається частина корисної енергії, яка ненавмисно

виявляється, як джерело додаткових динамічних навантажень на конструкцію, що являє собою дестабілізуючий і провокуючий фактор. Перевищення нормативних допусків *вібраційна відмова* - це ще не функціональною відмовою об’єкта, але насторожуючим фактором.

Дані по віброактивності широко використовується для віброзахисту або прийняття інших заходів щодо попередження функціональних відмов. Боротьба з вібраціями – важливий напрямок підвищення якості багатьох видів продукції. Після усунення дефекту вібрації зазвичай істотно слабнуть. Це вказує, як на коректність діагнозу, так і на достатню якість виконаних робіт. З іншого боку, вібрації - носії унікальної інформації. Для фахівця вібрації - такий же безперечний і об'єктивний показник, як для лікаря биття серця пацієнта. З ними пов'язують технічний стан механізмів. Структури вібрацій вказують на своє походження і тим самим демаскують дефект.

По швидкості реакції на будь-які змінення стану вібраціям немає рівних серед інших супроводжуючих фізичних явищ. Відомості про параметри віброактивності успішно використовуються в багатьох галузях техніки для діагностики простих і складних механізмів і машин (підшипники, шестерні, редуктори, двигуни і т. д.).

Приклад

Одна з відомих американських компаній, що спеціалізується в області діагностики механізмів авіа і суднобудування, отримала замовлення на дослідження технічного стану дизельного двигуна V-12 океанського лайнера, робота якого супроводжувалася вібраціями, що передавалися по всьому корпусу корабля. Метод виявлення джерела вібрацій шляхом розбирання багатотонного з габаритними розмірами в декілька метрів дизельного агрегату свідомо вказував на малу ймовірність успіху в локалізації дефекту і з точки зору витрат часу і коштів, представлявся дуже трудомістким і малоефективним.

В результаті діагностичних досліджень фахівцями в області віброакустичної діагностики було виявлено, що робота даного двигуна на холостих обертах супроводжується рівнем вібрацій, які відповідають нормативам німецького стандарту VDI - 2056 (стандарти і нормативи рівня вібрації механізмів) і явища вібрації практично немає. Але в момент підвищення обертів двигун починав набувати страшні вібрації, що супроводжувалися протифазними коливаннями і крутильними софазними коливаннями (рисунки 2.1 і 2.2).

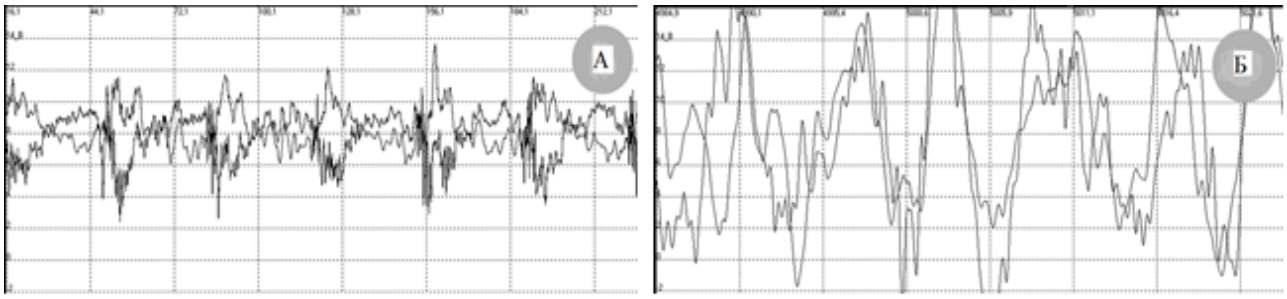
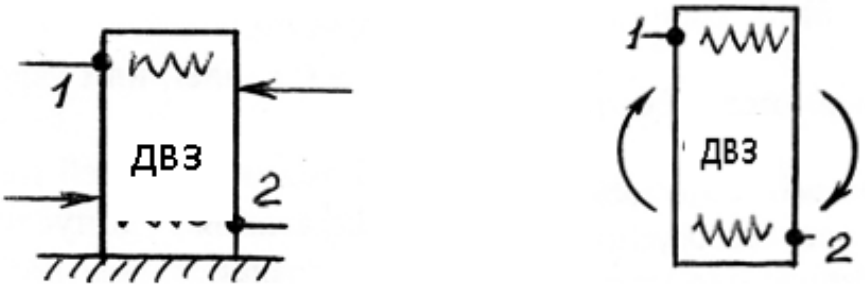


Рисунок 2.1 – Фази коливань двигуна на холостих (А) і підвищених (Б) обертах



(а) *(б)*

а - протифазність розповсюдження хвиль (вид в профіль), б – софазність розповсюдження хвиль (вид зверху), 1 і 2 - точки контакту вібродатчиків

Рисунок 2.2 - Вібраційні коливання двигуна

На підставі отриманих даних було зроблено припущення про відмову роботи електронного блоку управління (Controller). Додаткове діагностування системи розподілу і уприскування палива на різних режимах підтвердили достовірність зробленого прогнозу. Двигун працював нормально в режимі холостого ходу, а на підвищених обертах кілька циліндрів недоотримували паливо через збої у функціонуванні блоку управління. Таким чином, в результаті незбалансованого силового замикання системи, в двигуні виникали моменти сил, які намагалися його розвернути в двох площинах, що і призводило до виникнення вібрацій. Остаточний висновок про правильність поставленого діагнозу був підтверджений за рахунок проведеної діагностики, яка вказала на зниження потужності двигуна.

У технічній експлуатації автомобілів явище вібрацій супроводжує роботу: зубчастих передач, що обертаються деталей, поршневих механізмів, підшипників ковзання і кочення, тощо.

Зубчасті передачі

Зубчасті механізми застосовуються для зміни швидкостей і напрямків обертального руху (коробки передач, редуктори, мультиплікатори).

У разі відсутності нормативів з допустимої віброактивності конкретних зубчастих механізмів рекомендується користуватися наступними критеріями:

- для смуги частот 60-600 Гц за формулою

$$U = 25\sqrt{\frac{600}{частота \quad обертів \quad (об/сек)}}, \; дюйм/сек \qquad (2.1)$$

- для коробок швидкостей гранична допустима вібрація - 7,5 мм/сек.

Діагностика шестерних і рейкових механізмів незалежно від габаритів і місця установки має багато спільного. Там завжди виявляються оборотні частоти валів, частоти спряження зубів та їх комбінації (таблиця 2.1).

Деталі оберту

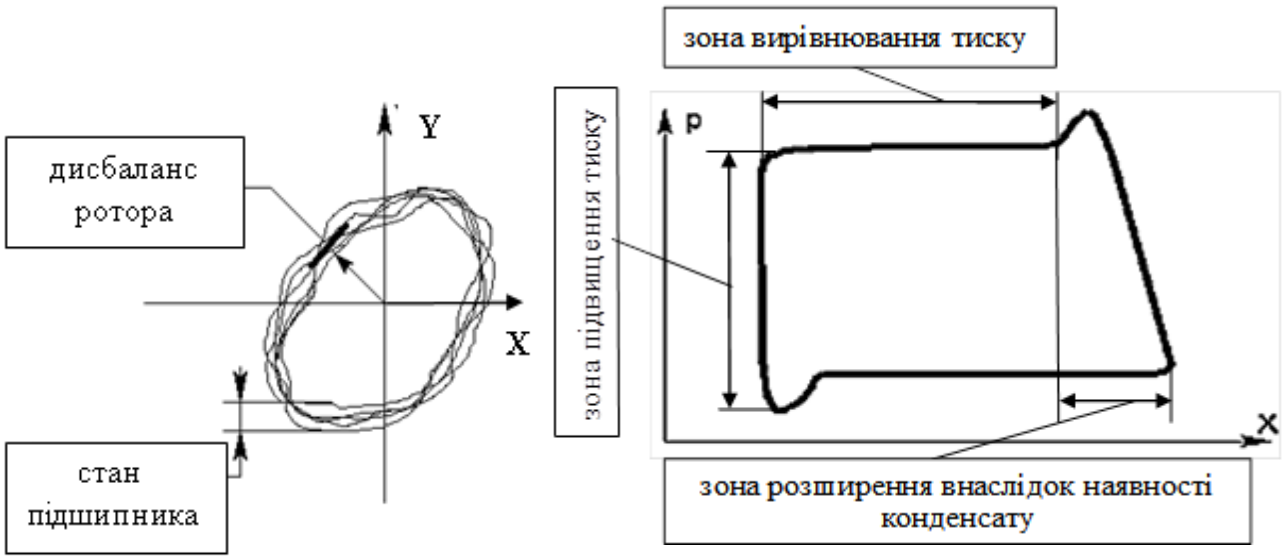
До них відноситься значний клас пристроїв, в корпусах яких (статор) на підшипниках закріплений вузол (ротор), який обертається У робочому просторі між ними відбувається перетворення одного виду енергії в інший.

Таблиця 2.1 - Ознаки ушкоджень зубчастих зчеплень

Дефект	Демаскуюча ознака
1. Великий бічний зазор у зчепленні	Велика дисперсія на зворотній і подвоєній зворотній частотах. Ударне входження зубів у зчеплення на частоті, що дорівнює добутку зворотної частоти на кількість зубів
2. Перекіс осей	Гармоніки зворотної частоти до 10 включно
3. Осьове зміщення	Гармоніки зворотної частоти більше 10
4. Недостатнє мащення у зчепленні	Збільшення амплітуди на субгармоніках половини зворотної частоти
5. Загальний абразивний знос	Кратні частоти зубчастого зчеплення
6. Тріщини в коренях зубців	Періодичні удари при входженні ушкодженого зуба у зчеплення; їх кількість на 1 оберт дорівнює кількості ушкоджених зубців
7. Заїдання робочих поверхонь	Нерегулярні викиди амплітуд

Наприклад, енергія, яка підводиться ззовні потоком газу обертає ротор турбіни або, навпаки, ротор, який обертається повідомляє кінетичну енергію робочому тілу (насоси, компресори). В автомобільних двигунах типовими представниками роторних механізмів є турбокомпресори, що підвищують тиск наддуву, відцентрові повітряні фільтри і оливоочисники, гідропідсилювачі керма, колінвал з маховиком, розподільний вал, генератор електричного струму, насоси, стартер і т. д.

При діагностуванні роторних механізмів об'єктами уваги є осьове центрування і балансування валів, ступінь радіальної симетрії сил газодинамічного, гідродинамічного, електромагнітного походження і т. д.



(а) *(б)*

Рисунок 2.3 – Траєкторія опори підшипника (а) і діаграма «тиск-хід поршня» при «загазованості» рідини або палива (б)

Висновок приймається шляхом порівняння траєкторій між собою з урахуванням кутового положення «б'ючих точок». Площина всередині траєкторії за один оборот ротора характеризує дисбаланс, а похибка форми -

стан цапф і підшипників (рисунок 2.3, а). Ефективні діагностичні ознаки можна отримати шляхом аналізу форм різних діаграм, побудованих на базі вимірювальних даних (наприклад, тиску *p* і ходу поршня *x*, (рисунок 2.3, б).

Поршневі механізми

Для поршневих механізмів зі швидкістю обертання до 7 об/сек нормують віброперемещення корпусу, які визначають за формулою:

$$A = 0{,}125 \cdot D + 0{,}089, \qquad (2.2)$$

де D - відстань від точки виміру до лінії осі кривошипа (мм). Цією формулою користуються для оцінки допустимості віброперемещень двигуна в цілому відносно моторного відсіку.

При виконанні технологічних операцій з діагностування виявляють на віброактивність стан поршневих насосів і компресорів (рисунок 2.4). Тут основні віброімпульсні обурення виникають на перехідних режимах (відкриття і закриття клапанів, вирівнювання тисків, потрапляння газів в рідку середу, наприклад, внаслідок нещільності або кавітації і т. д.). Відносно повільне наростання тиску при перекачуванні газів може викликати нестабільність розрахункових часів спрацьовування клапанів.

Рисунок 2.4 - Залежність спектру частот вібрацій від: (а) - явища наклепу на кільцях поршня; (б) - незадовільного стану першого поршневого кільця

Як зазначалося вище, завдання діагностики полягає у визначенні дефектів безрозбірним методом без втручання у справні вузли. Для оцінки стану кожної групи механізмів складені відповідні допускові нормативи, як правило, на основі спектрального аналізу вібрацій в певних точках конструкції і певних режимах експлуатації. Нормування проводиться в частотних діапазонах у вигляді середньоквадратичних і пікових значень віброприскорень (м/с^2),

віброшвидкості (мм/с) або віброперемiщень (мм). Зазвичай нормують швидкість при вібраційному русі або прискорення. Швидкість є стійким параметром. При незмінній енергії коливань вона не залежить від частоти обертання або амплітуди коливань окремо - тільки від їх добутку. Якщо нормування провести по прискоренню або по переміщенню, то, перш ніж робити які-небудь висновки, треба знати частоту.

Оснащення лабораторної роботи

Стенд віброакустичної діагностики «Дельфін 1М», сумісний персональний комп'ютер, принтер, автомобіль.

Хід виконання роботи

1. Розташувати низькочастотні датчики (канал 3.4) по нормалі до голівки блоку двигуна.
2. Записати показання. Викликати програму «Спектр». Вибрати режим «Спектр швидкостей» або "Спектр прискорень".
3. Включити режим аналізу "VDI2056".
4. Вибрати коефіцієнт, що відповідає класу обладнання.
5. Відключити відображення всіх каналів, окрім 3 і 4-го.
6. Для зручності знімання вимірювальних даних встановити необхідний коефіцієнт масштабування.

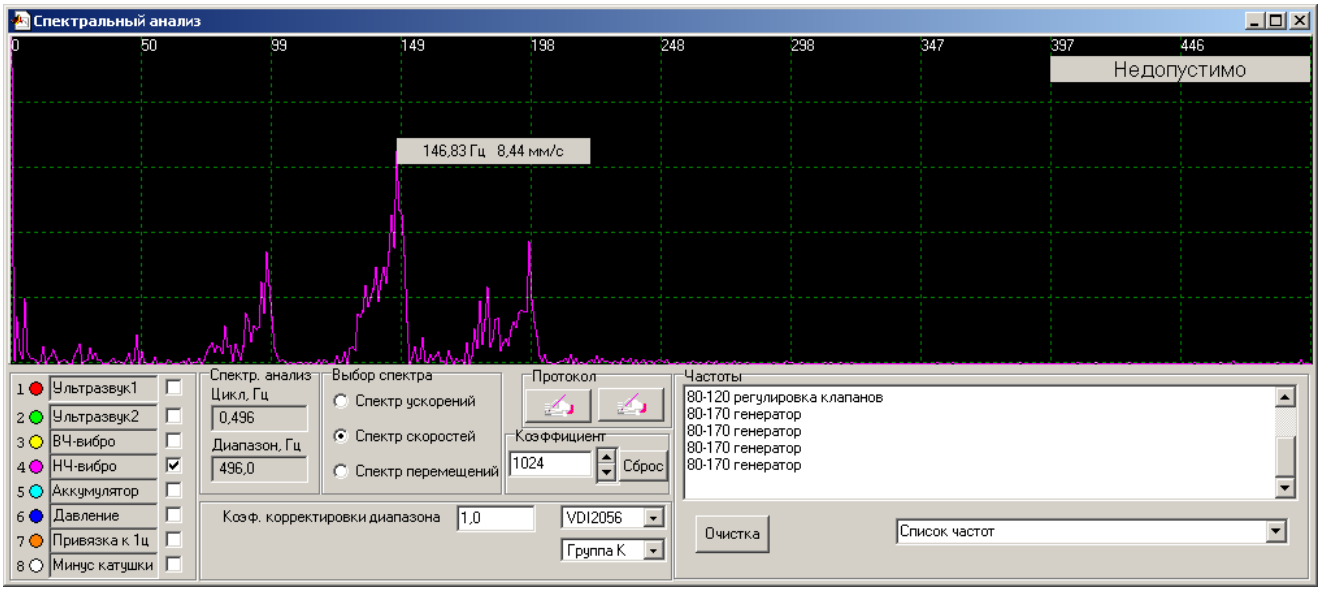


Рисунок 2.8 - Оцінка допустимості за стандартом VDI-2056

7. Зробивши «клік» лівою кнопкою миші по найбільшій ординаті графіка, поруч з нею виявиться пара чисел, з яких перше число - частота (Гц), а друге - амплітуда (мм/с). У правому верхньому куті представлена оцінка допустимості віброактивності за нормативами VDI-2056 (рисунок 2.5).

8. Для визначення виду можливих присутніх дефектів скористатися нормативами таблиці 2.2.

9. З метою підтвердження прогнозу про можливі дефекти провести досвід повторно маючи датчики тангенциально.

10. Для виведення на друк результатів спектрального аналізу з чисельним вказівкою частот необхідно натиснути Alt + PrintScrn і запустивши стандартну програму WordPad натиснути Ctrl + V для вставки зображення результатів.

Роздрукувати засобами WordPad (Файл-> Друк).

Таблиця 2.2 - Спектральні області прояви дефектів

Частота, Гц	Джерело коливань	Частота, Гц	Джерело коливань
3-7	Кріплення двигуна	1500-1700	Рокер зношений
6-9	Розподільний вал-мех. бензонасос	1500-2000	Розподільний вал
14-17	Колінвал, вижимний підшипник	1600-2500	Робота інжектора (моно)
27-35	Поштовхи робочих ходів	1600-3000	Колінвал (власні коливання)
45-75	Насос мащення	2000-4000	Масляне голодування валів
70-120	Регулювання клапанів	2500-4000	Поршень (у середині)
30-200	Генератор	2500-4500	Форсунка дизеля
250-300	Ланцюг, пристрій натяжіння	2600-4700	ПНВТ
500-1000	Корінні підшипники	3000-5000	Форсунка бензинова
1000-2000	Колінвал (зазори)	3500-5000	Шум помпи, пристрій натяжіння
1150-1250	Кріплення стартера	4000-5000	Гільза
1200-1400	Вихлопний колектор	4000-7000	Компенсатор, клапан
1200-3000	Поршень (верхня перекладка)	7000-8000	Детонація
1200-3500	Шатун (верх)	6000-12000	Поршневий палець, кільця
1400-2000	Зазор шатуна (знизу)		

Контрольні питання

1. Викласти мету роботи, оснащення і коротко хід виконання роботи.

2. Чому хвильова енергія дефекту, який зародився на ранніх стадіях, не може бути зафіксована органолептичними методами і вимагає застосування належного діагностичного обладнання?

3. Які вузли і механізми автомобіля можуть проявляти віброактивність?

4. Які основні причини виникнення вібраційних хвиль в працюючий механізм?

5. Що розуміють під терміном акустична емісія і вібраційна відмова?

6. Які існують основні методи визначення допустимості вібрацій механізму?

7. Чи вважається фізичне явище вібрації негативним або позитивним?

8. Зробіть у висновку лабораторної роботи діагностичний прогноз про можливий технічний стан двигуна автомобіля, що діагностується.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3
ІДЕНТИФІКАЦІЯ ДЕФЕКТІВ ПІДШИПНИКІВ

Мета роботи

Придбання теоретичних відомостей про фізику процесу вібраційних відображень в результаті зносу і дефектів підшипників у вузлах і агрегатах автомобіля. Вивчення методів аналізу і способів визначення віброактивності механізмів за допомогою практичних досліджень на віброакустичному стенді діагностики «Дельфін 1М».

Короткі теоретичні відомості

Сучасний автомобіль за своєю технічною складністю не поступається невеликому літаку. І забезпечення його належного технічного стану на дилетантському рівні, однозначно, неможливо. Успішне вирішення проблем з виявленням і усуненням неполадок можливо тільки в колективах, що складаються з кваліфікованих і досвідчених фахівців різного профілю. При цьому вся справа залежить не тільки від можливостей використовуваного інструментального та методичного забезпечення, а також від можливості проведення глибокого діагностування в початковій стадії робіт.

Так, наприклад, для ДВЗ цілком достатньо відповісти на принципове питання про знаходження дефекту: в голівці, всередині або ззовні блоку циліндрів, тобто - оцінити серйозність ситуації. Якщо встановили місце знаходження джерела сторонніх звуків (наприклад, стукає випускний клапан або зношений корінний підшипник), то на цьому етапі більш точна конкретизація пошкоджених деталей не обов’язкова. Ясно, що демонтажу двигуна не буде потрібно і ємність наступних трудовитрат буде скорочена.

У найпростіших механізмів, як правило, спостерігається експоненціальна залежність між віброактивністю і технічним станом. Однак на практиці така залежність спостерігається не завжди. Відомі випадки, коли неперервно лінійно зростаюча до того віброактивність переходила в експонентну, але перед відмовою не тільки не зростала, але навіть зменшувалася. Це вказує на труднощі постановки об'єктивних діагнозів складних машин тільки по вібраціям, без урахування інших факторів. Прогнозування технічного стану складних технічних пристроїв з безліччю внутрішніх зворотних зв'язків і реально не повністю зумовленими зовнішніми впливами надзвичайно важка і поки не вирішена науково-технічна задача. Проте, завдяки простоті реалізації, аналіз вібраційних та інших параметричних факторів широко застосовується для прогнозування.

Як показує практика, для складних технічних пристроїв таких, як двигуни внутрішнього згоряння, самостійне застосування віброакустичного методу діагностування має свою обмеженість. Рідко вдається знайти один вичерпну віброакустичну ознаку стану. На перший погляд може здатися, що вихід зі скрути лежить на шляху збільшення кількості однойменних датчиків. Але

сформовані таким чином ознаки будуть випливаючими одна з іншої, що не привносить нової інформації.

При діагностуванні таких складних систем, як ДВЗ, надійні ознаки стану складних машин з безліччю фізично різних і лише відносно самостійних агрегатів і систем, охоплених зворотними зв'язками, можна сформувати тільки при наявності різнобічної інформації, отриманої за допомогою датчиків різних фізичних величин. Необхідно додатково залучати синхронну інформацію про параметри робочих процесів, враховувати принцип дії і супутні обставини, а також виробити чітку логічно сформовану послідовність дій на об'єкт діагностування. При цьому вібрації можна розглядати тільки як важливу складову частину необхідної інформації, але не остаточно об'єктивну. Навіть просте порівняння вібраційних параметрів синхронно з циклограмою роботи технічного пристрою дозволяє простежити взаємозв’язки різних факторів. Виходячи з фізичних міркувань, можна синтезувати деяку ситуаційну модель, яка б пов'язала в єдиний ланцюг зовні розрізнені просторово-часові факти і отримати осмислені результати.

Питанням комплексного використання апріорної і вимірювальної інформації для формування діагностичних ознак по сукупності різнобічних фізичних даних про робочі процеси і процеси дефектоутворення належної уваги в технічному сервісі автомобілів поки не приділяється. Причини цього криються в підвищених вимогах до кваліфікації оперативного персоналу і у відносній складності апаратурної реалізації такого напряму діагностики.

Підшипники кочення

Яких-небудь надійних невібраціоних методів діагностики підшипників на сьогоднішній день поки що не існує.

У підшипниках кочення розрізняють дефекти складально-монтажного та експлуатаційного походження при неякісної збірці, а також явище природного зносу і недостатнього мастила.

До основних складально-монтажних дефектів відносять:

- перекіс внутрішнього і зовнішнього кілець;
- радіальний натяг або невірна посадка;
- примусове центрування стикованих валів;
- перекіс з'єднувальних муфт;
- явища помпажа і кавітації.

Основний метод виявлення дефектів - за спектрами вібрацій в точках, максимально близьких до підшипників, за винятком кришок.

Перекіс зовнішнього кільця проявляється на частотах, кратних добутку частоти обертання сепаратора на число тіл обертання.

Перекіс внутрішнього кільця проявляється на частотах, кратних добутку різниці частот ротора і сепаратора на число кульок.

Підкреслюються вібрації на парних гармоніках (переважно на другій). Зосереджені дефекти дають широкосмуговий спектр, розподілені - на 3-4 гармоніках обертальної частоти.

Ослаблення посадки підшипників в корпусі викликає появу в спектрі вібрацій поперечних складових на половинній і одній третій частоти обертання валу (типова ознака нелінійності пружної характеристики кріплення). При великому зазорі виникає «плавання» ротора на цих частотах. Зростає інтенсивність на вищих гармоніках.

Сильні пошкодження або порушення мащення викликають широкосмугові високочастотні вібрації. Властивість високочастотних вібрацій - сильно загасати при поширенні використовується для поділу сигналів багато підшипникових вузлів.

У електричних генераторів автомобілів знос підшипників і дефекти реле-регулятора напруги чітко виявляються також побічно за характерними спотвореннями форми виробляємого ними струму.

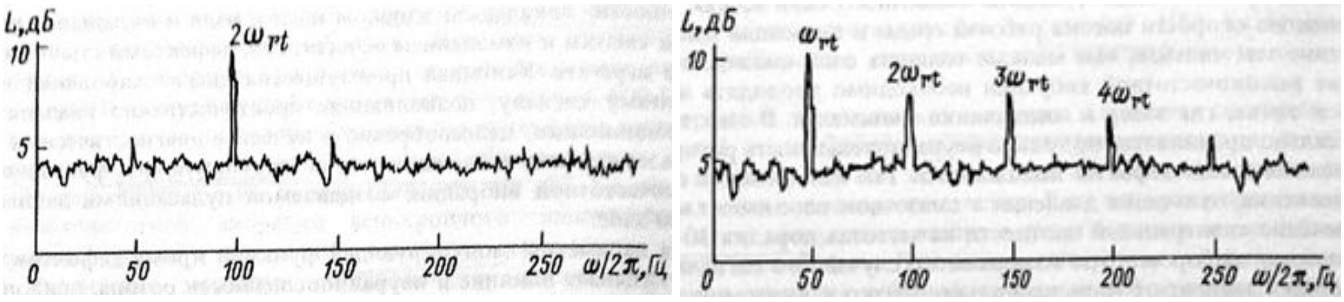
Підшипники ковзання

Дані за ознаками дефектів підшипників ковзання наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Спектральні ознаки ушкоджень підшипників ковзання

Дефект	Демаскуюча ознака
Підвищений зазор	Поздовжні автоколивання ротора на частоті 42 – 48% від обертової частоти
Заїдання	Нерегулярні викиди у високочастотній області спектра
Огранка цапф	Висока концентрація спектра на частоті, яка дорівнює добутку обертальної частоти на кількість граней. Зростання активності на високих частотах

Надійна ідентифікація дефектів підшипників спектральними методами утруднена і тому вимагає обліку статистичних даних і необхідності перевірки механізму на віброактивність. Шляхом випробувань в практичній діагностиці автомобілів досліджені залежності величини *віброприскорень* (діагностичний параметр при визначенні віброактивності на стенді "Дельфін 1М") від величини зазору в з'єднанні "колінчастий вал-підшипник" при різній частоті обертання двигуна (рисунок 3.1).



(а) *(б)*

Рисунок 3.1 - Спектри прояви високочастотної вібрації підшипників ковзання при овальності шийки вала (а) і зламі осей валів (б) в з'єднанні "колінвал-підшипник"

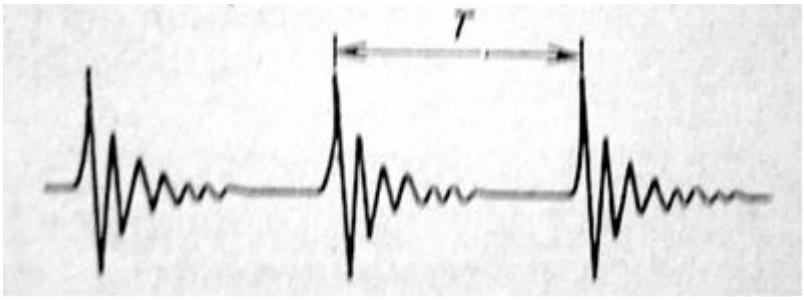


Рисунок 3.2 - Послідовність імпульсів, збуджуваних локальними дефектами підшипників

У характерній кардіограмі (рисунок 3.2) міститься інформація про нюанси поведінки конструкції і діючих в ній робочих процесів.

Процес діагностування технічного стану підшипників має свої особливості. Технічний стан механічної конструкції і вбудованих в неї деталей потрібно відрізняти від всякого роду технологічних «шумів», що утворюються при перебігу рідин і газів. Наприклад, при напівсухому терті в передньому підшипнику розподільного валу в спектрі вібрацій зазвичай домінують високочастотні релаксаційні складові, які залежать від натягу ременя, стану мастила і швидкості обертання розподільного валу. Високочастотна спектральна складова енергії удару породжує деформаційну хвилю, а низькочастотна - призводить до резонансного збудження прилеглих елементів конструкції.

Таким чином, існують два незалежних канали інформації - високочастотний (ультразвуковий) хвильовий і низько-частотний (вібраційний) динамічний. Відповідно до законів механіки хвильову компоненту можна використовувати для визначення геометричних координат випромінювача - дефекту. Вібрації виступають тут модулюючею функцією для деформаційних хвиль. Частота модуляції хвильової компоненти пов'язана з видом дефекту, а глибина - зі ступенем його розвитку.

Слід враховувати деякі особливості протікання коливальних і хвильових процесів в механічних конструкціях.

1. Будь-яка конструкція має фільтруючу властивість: чим далі від джерела механічних збурень - дефекту - тим сильніше послаблюються високочастотні складові спектра віброакустичних випромінювань.

2. У поперечних хвиль через відмінності швидкостей поширення спектральних компонент і переважного ослаблення високочастотних складових, через розкладання, відображення і інших фізичних явищ, вихідна форма деформаційних хвиль змінюється. Хвильовий пакет як би подовжується, згладжується, а частота найбільш високочастотних компонент, у міру їх видалення від місця генерації, знижується.

Збільшення геометричних розмірів ураженої області, призводить до того, що первинні акустичні випромінювання часто виявляються навіть звичайними високочастотними вібродатчиками. Але такі сигнали відображають вже не тільки коливання конструктивних елементів, а й спотворену деформаційну хвилю, тобто перешкоду, що утрудняє об'єктивний аналіз даних. Математично ці спотворення описуються функцією передачі ділянки конструкції між місцями

збудження і реєстрації. З метою мінімізації спотворень точки кореспондування слід вибирати якомога ближче до зон дефектоутворення або на головних шляхах розповсюдження збурень.

У цих місцях на одиницю об'єму або площі матеріалу діють максимальні механічні напруги (зони контактів, місця деформації та ін.). Виходячи з таких міркувань, будь-які механічні конструкції можна розглядати як набір деталей - осциляторів, поміщених в один корпус - хвилевід і застосовувати до них єдині методи аналізу.

Оснащення лабораторної роботи

Стенд віброакустичної діагностики «Дельфін 1М», сумісний персональний комп'ютер, принтер, автомобіль.

Хід виконання роботи

Діагностування технічного стану підшипників ковзання механізму ГРМ головки двигуна

Для ідентифікації дефектів підшипника необхідно:

1. Виконати вимірювання за допомогою каналів 3 і 4 (або інший канал).
2. Провести спектральний аналіз сигналів каналу 4 (або іншого каналу).
3. Визначити і запам'ятати чисельне значення самої інтенсивної низькочастотної ординати (Гц) в режимі віброприскорень.
4. На головній формі задіяти програму обробки "Підшипник".
5. У відповідні віконця на головній формі ввести дані по частоті (оборотам, взяти з п. 3) і кількісті тіл обертання (кульок, роликів; береться з документації).
6. У разі вибору не 4-го каналу, в випадаючому списку вибрати використовуваний канал.
7. Натиснути кнопку «Аналіз» (конкретні результати аналізу представлені на рисунку 3.3).

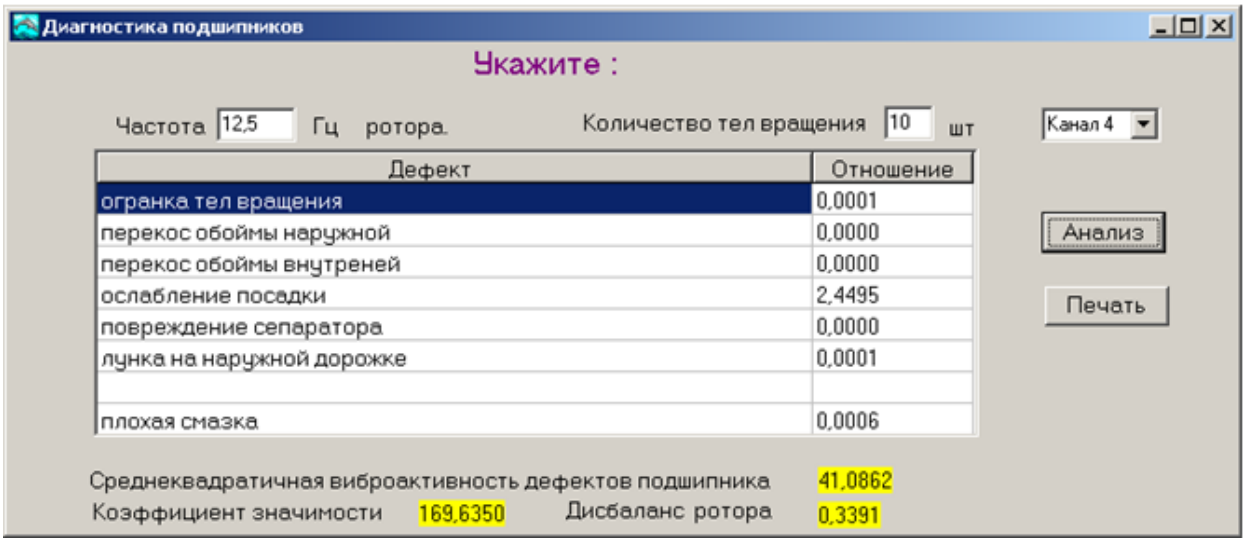


Рисунок 3.3 - Програмне забезпечення до аналізу стану підшипників механізму

Якщо кількість тіл обертання невідома, то у відповідній графі необхідно поставити 0 (нуль). Тоді в результатах аналізу будуть виведені тільки ті показники, які не залежать від даного параметра.

8. Для видачі звітних матеріалів натиснути кнопку «Друк».

В отриманих результатах «Середньоквадратичне значення віброактивності дефектів підшипника» обумовлено тільки складовими дефектів. Для оцінки допустимості вібрацій підшипників необхідно порівняти результати з нормативними допусками (рисунок 3.4).

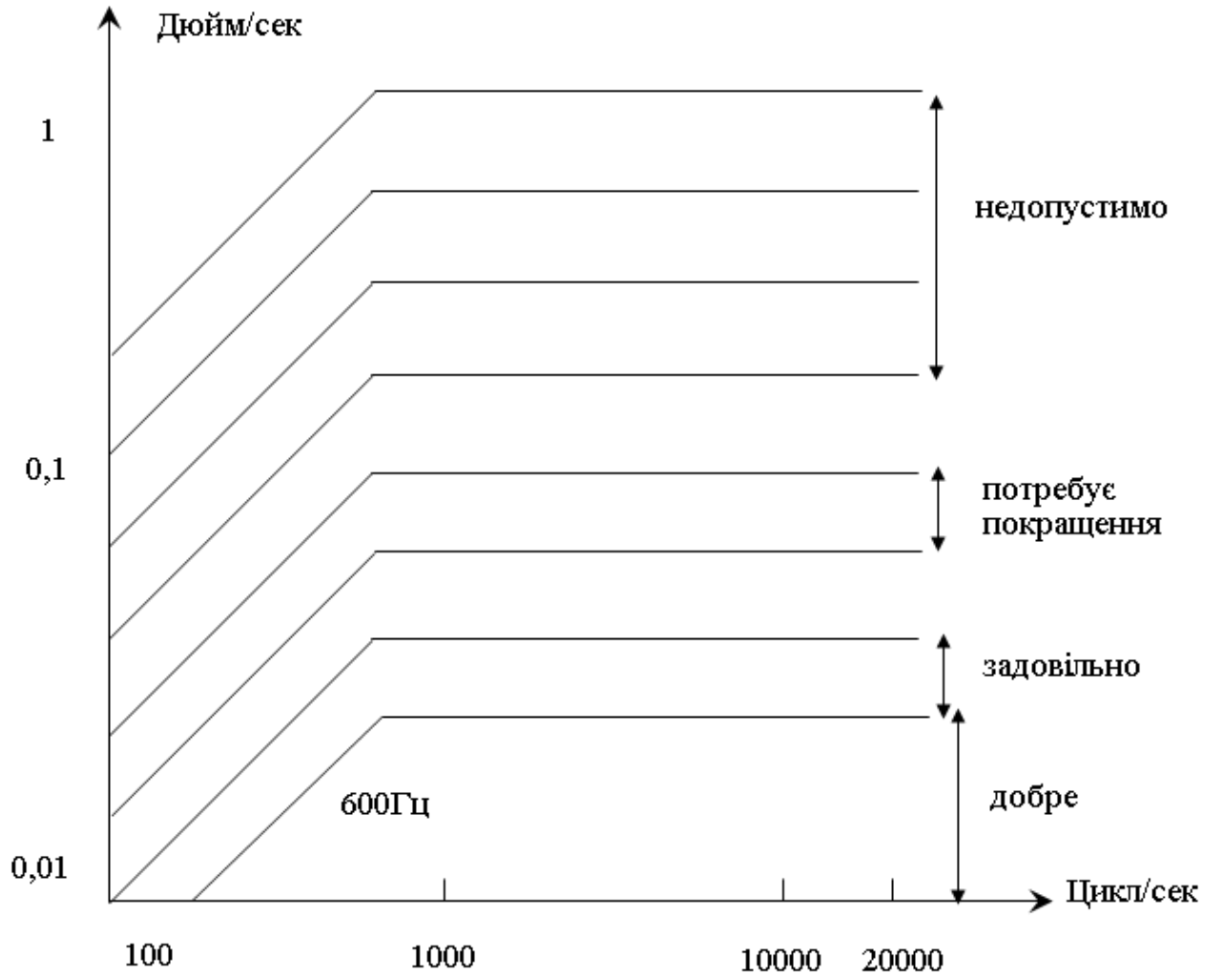


Рисунок 3.4 – Графік допустимості вібрацій підшипників

Діагностування тех. стану корінних підшипників колінвала блоку двигуна

Провести необхідні операції в послідовності аналогічної при діагностуванні головки двигуна з подальшим порівнянням результатів. У разі недоступності конструкції блоку двигуна для безпосереднього контакту вібраційних акселерометрів використовувати відповідні хвилеводи (див. комплектацію стенда).

Допустимість конкретної віброактивності підшипників різних роторів може бути оцінена за величиною віброшвидкості, отриманої методами спектрального аналізу.

Контрольні питання

1. Назвіть існуючі види дефектів підшипників ковзання і кочення.
2. Які види діагностування застосовуються для прогнозу технічного стану підшипників у вузлах автомобіля?
3. Оцінка і аналіз яких діагностичних параметрів проводиться при виявленні технічного стану підшипників?
4. Чому оцінка віброактивності того чи іншого складного агрегату при дефекті або зносі підшипників не може служити 100%-ою достовірною інформацією про технічний стан об'єкта діагностування?
5. Діагностування яких вузлів і деталей проводилося в лабораторній роботі?
6. За якими критеріями здійснювалася оцінка допустимості віброактивності діагностованих об'єктів?
7. Який попередній прогноз можна зробити про можливий технічний стан об'єктів діагностування?
8. Вкажіть у висновках можливі методи діагностування (діагностичні параметри, критерії оцінки) на стенді «Дельфін 1М», додаткове проведення яких може підтвердити поставлений діагноз.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4
ОЦІНКА СТАНУ ЦИЛІНДРО-ПОРШНЕВОЇ ГРУПИ

Мета роботи

Набуття практичних навичок при діагностуванні технічного стану деталей циліндро-поршневої групи двигуна внутрішнього згоряння на стенді віброакустичної діагностики "Дельфін 1М".

Короткі теоретичні відомості

Практична діагностика автомобілів показує, що на двигун доводиться значна частина із загального числа відмов автомобілів.

Фактори і взаємозв'язки робочих процесів і процесів дефектоутворення в двигунах внутрішнього згоряння мають місце в основних механізмах агрегату: циліндро-поршневої групи (ЦПГ), кривошипно-шатунного механізму (КШМ) і газо-розподільному механізмі (ГРМ).

Поршневі двигуни внутрішнього згоряння відносяться до найбільш важко діагностованих механізмів. Як об'єкт діагностики, двигун сучасного автомобіля являє собою складну, з безліччю відносно незв'язаних осциляторів, конструкцію, в якій відбувається швидке циклічне перетворення різних видів енергії і механічного руху. Хімічна енергія палива спочатку перетвориться в енергію стислих гарячих газів. Далі - в механічну енергію зворотно-поступального руху поршнів, потім в обертальний рух за допомогою кривошипно-шатунного механізму.

Явище природного зносу, вплив сил і температур різного характеру на деталі двигуна, а також присутні можливі експлуатаційні та виробничі дефекти можуть привести до наступних типових несправностей ЦПГ:

- знос, поломка, заклинювання і розбиття пазів поршневих мастилоз'ємних і компресійних кілець, тріщини в поршні, негерметичність у з’єднанні з гільзою або у різях свічкових отворів;
- забруднення або коксування кілець в пазах поршня, знос і деформація пари поршень-циліндр;
- тріщини в голівці або в прокладці;

Як правило, всі перераховані чинники призводять до погіршення герметичності камери згоряння, визивають зниження тиску і температури стиснення, несвоєчасного запалення палива і підвищення температури вихлопних газів, що прямим чином впливає на характеристики потужності двигуна. Зростання витоку продуктів згоряння через кільця призводить до руйнування масляної плівки і прогресуючого підвищення тертя кілець об стінки циліндра.

Знос (спрацьовування), дефекти поршневих кілець і циліндра можуть викликати ланцюг несправностей: від пошкодження гільзи до появи задирів на поршні. Яскравою демаскуючою ознакою такого процесу є зниження тиску в

камері згоряння в кінці такту стиснення робочого циклу ДВЗ, за величиною якого і інтенсивністю зміни судять про технічний стан деталей ЦПГ.

Технології діагностування ЦПГ дизельного і бензинового двигунів практично не відрізняються. В основі методу лежить факт: чим більше знос ЦПГ, тим менше компресія і вище температура вихлопних газів. Таким чином, технічний стан висловлюють одним числом – відношенням величини компресії до величини температури. Чим більше знос, тим це число менше. З досвіду отримано, що за час від початку експлуатації до капітального ремонту двигуна дане характерне число може знижуватися приблизно на 40% (рисунок 4.1). Цей метод вимагає надійних всережимних вимірювальних даних на протязі всього часу експлуатації об'єкта. Індивідуальність - недолік даного методу.

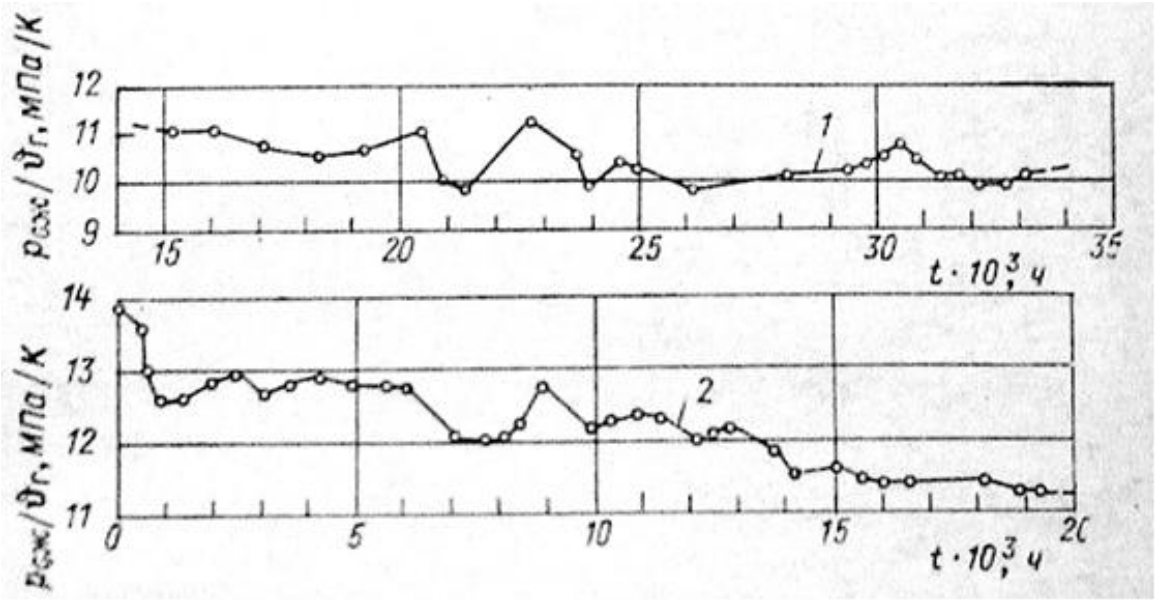


Рисунок 4.1 – Залежність відношення тиску до температури від часу експлуатації двох різних двигунів

В даній роботі використовується метод візуального і графічного порівняння виміряних значень тиску з дослідними даними.

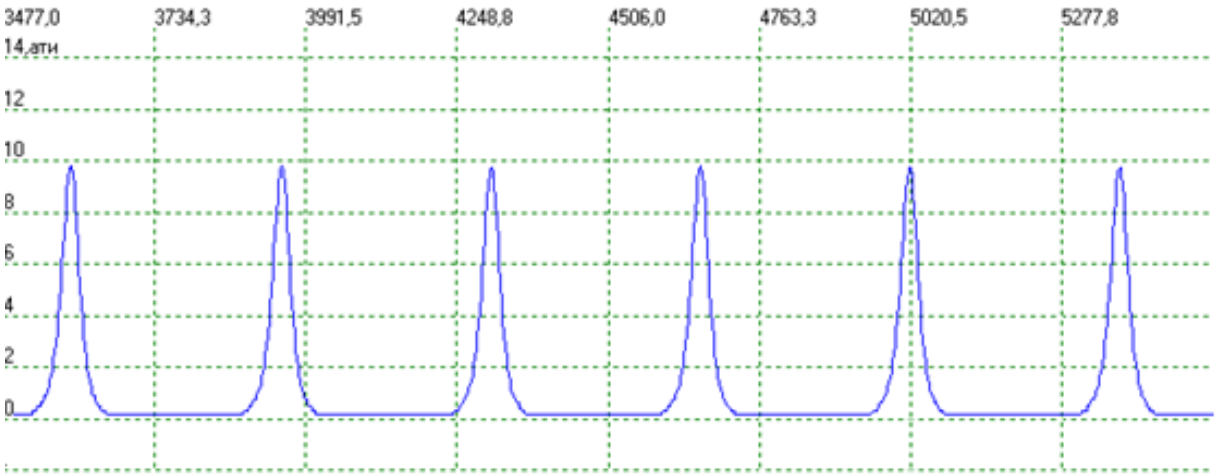


Рисунок 4.2 – Графік тиску в циліндрі при зміненні компресії

Фізичний і програмний аналіз відображень діагностичного параметра - компресії бензинового двигуна на стенді "Дельфін 1М" наведено на рис. 4.2.

У бензинових двигунів останніх розробок тиск стиснення може досягати 14,5 атз. У двигунів з турбонаддувом фіксуються величини приблизно на 20% нижче. У нормативній документації конкретних двигунів зазвичай вказуються робочі діапазони компресії: для бензинових нижньою межею «норми» вважають 10 атз при максимальному розкиді тиску 1 аз між циліндрами, а також 22 атз і 3 атз - для дизельних двигунів, відповідно.

Якщо компресія зростає повільно, то зношені поршневі кільця. Максимальне значення компресії досягається ще до приходу поршня в ВМТ, а її значення слід відраховувати по 5 - 6 робочому ходу. Факт встановлення підвищеного зносу кілець уточнюють вливанням в циліндр 5 - 10 $см^3$ бензину або моторного масла. Максимальний тиск стиснення визначається на прогрітому двигуні в стартерному режимі. Замість іскровий свічки (або свічки підігріву у дизеля) в циліндр вкручується датчик тиску МД і вживаються заходи щодо попередження попадання палива в циліндри (заведення двигуна). Педалі газу і зчеплення вижаті повністю.

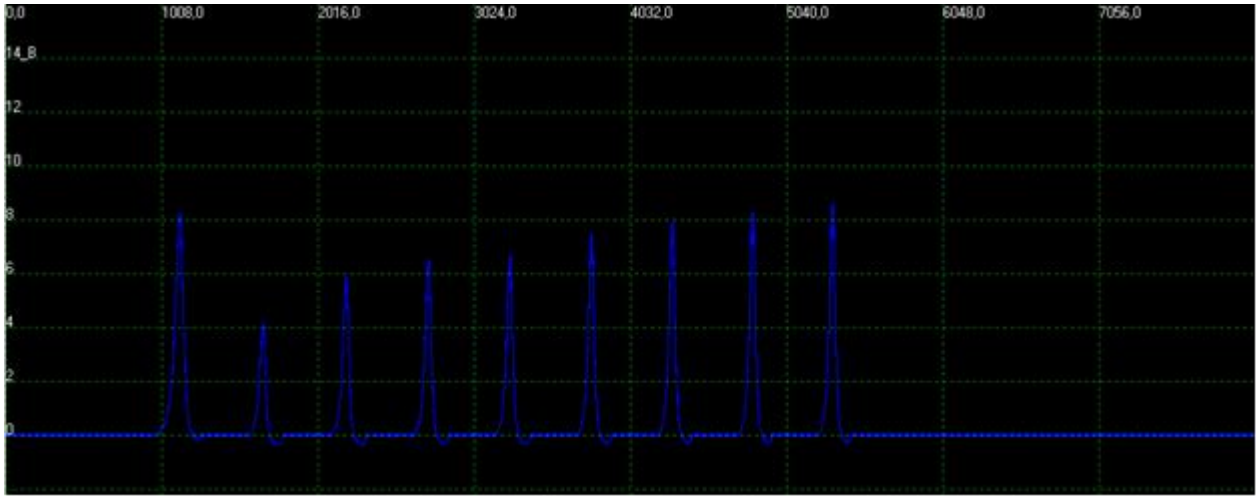


Рисунок 4.3 - Тенденція до підвищення тиску у ЦПГ (після вливання бензину в циліндр)

За результат беруться, як правило, показання датчика на 6 (шостому) такті стиснення. Відлік ведеться візуально за шкалою тиску 16 атз (бензиновий двигун) або 40 атз (дизельний двигун). В результаті отриманих додаткових досліджень при вливанні бензину і масла в циліндр можна судити про стан поршневих кілець і про зношеність маслоз'ємних кілець (рисунки 4.3 і 4.4), відповідно, при почергової добавці бензину і масла. Якщо при вливанні порції бензину компресія різко падає, це свідчить про зношеність компресійних кілець.

У процесі діагностування крім можливих дефектів може мати місце негерметичність з'єднань «діагностичне обладнання - двигун» і спрацьовування циліндра. Знос циліндрів відбувається переважно в найбільш теплонапруженій верхній частині. Це проявляється, зокрема, при вимірах компресії в вигляді «площинності» верхньої частини графіка і досягнення максимуму тиску дещо

раніше ВМТ (ділянка 1-2, рисунок 4.5, а), а також його асиметричністю в верхній частині до і після проходження поршнем ВМТ (ділянка 1-2, рисунок 4.5, в).

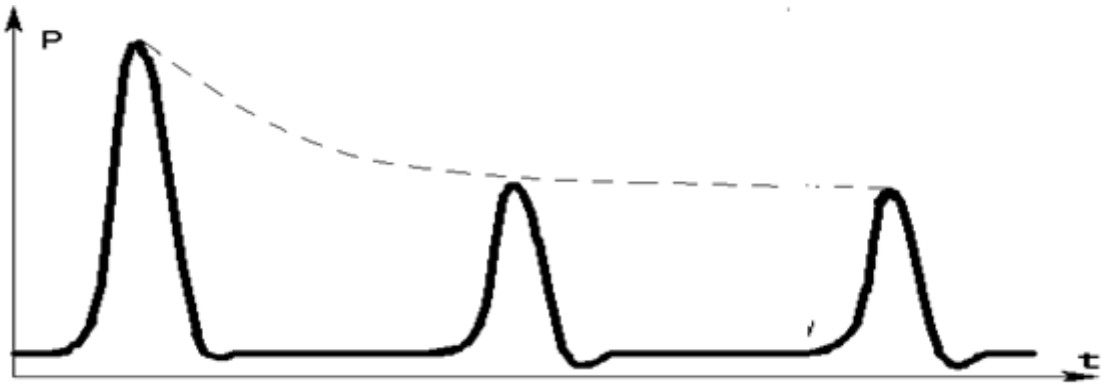


Рисунок 4.4 - Тенденція до зниження тиску у ЦПГ (після вливання масла в циліндр)

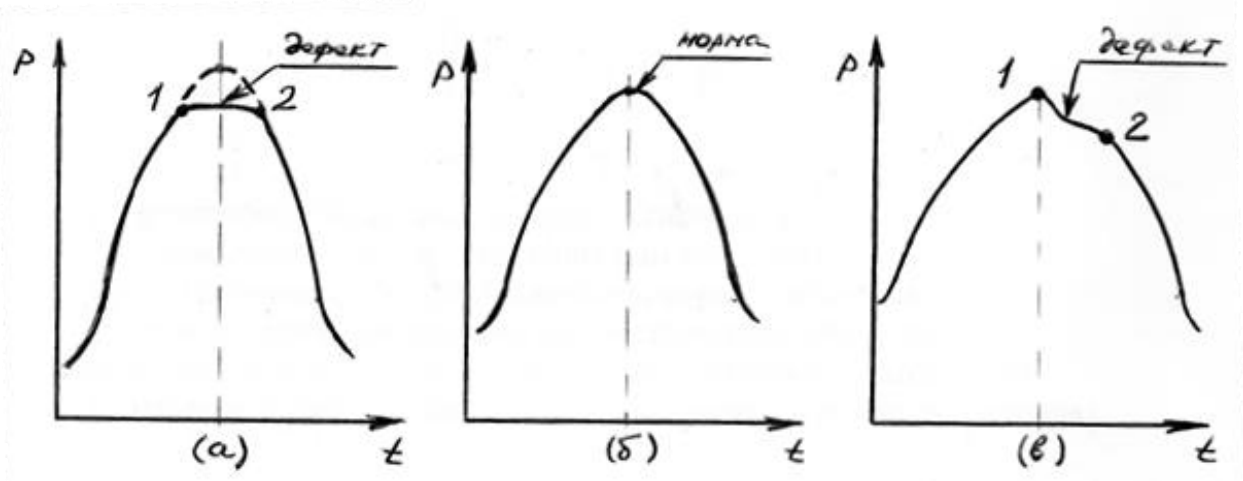


Рисунок 4.5 - Графічне відображення (норми - б и дефектів - а, в) стану ЦПГ

Оснащення лабораторної роботи

Стенд віброакустичної діагностики «Дельфін 1М», комплект датчиків тиску і пульсації тиску, сумісний персональний комп'ютер, принтер, автомобіль.

Використовувані в даній роботі датчики марки "МД-26ТС, МД-100ТС" мембранного типу працюють за принципом перетворення тиску в електричний сигнал. Для отримання достовірної інформації про поточні значення тиску, попередньо, слід з'ясувати амплітудно-частотні характеристики коливань в досліджуваних середовищах і вибрати датчик з відповідними АЧХ.

Ввернутий в отвір свічки бензинового двигуна датчик фіксує підвищений тиск на фазах стиснення і робочого ходу, тобто протягом приблизно 1/3 робочого циклу. Тиск стиснення в циліндрі (компресія) при 300 об/хв колінвалу – є імпульсним і періодичним, тривалістю приблизно 130 мілісекунд на періоді часу 400 мілісекунд. Максимум спектральної щільності такого сигналу доводиться на частоту приблизно 8 Гц. Отже, для достовірної передачі

амплітуди імпульсу необхідно, щоб власна частота датчика була в кілька разів більше 8 герц.

Розрахункове значення смуги пропускання АЧХ у перехідників, вкручених в свічкові різьбові отвори двигунів, простягається від нуля і приблизно до 250 Гц. Перехідники в комплекті стенда мають різі, аналогічні європейським і американським стандартам іскровим свічок (для бензинових двигунів), а також деяким типам свічок підігріву (для дизельних двигунів).

При вимірах компресії датчики видають занижені значення внаслідок збільшення обсягу камери згоряння на величину суми обсягів внутрішньої порожнини перехідника і датчика, а також власних динамічних властивостей датчика. Тому реальні значення компресії бензинових двигунів дорівнюють показаннями датчика плюс поправка, наведена в таблиці 4.1.

Для дизельних двигунів поправка постійна – 3 атз.

Таблиця 4.1 – Значення поправок на компресійні перехідники

Перехідник	Поправка [атн]
Малий	0,5
Середній	1,0
Великий	1,5

Хід виконання роботи

Отримання достовірних даних визначення стану ЦПГ двигуна обумовлено наступними умовами:

- двигун прогрітий до 85 градусів;
- всі свічки вивернуті;
- педалі газу і зчеплення вижаті повністю;
- на колінвалу 250 - 300 об/хв;
- подача палива у впускний колектор відсутня.

Оцінка стану ЦПГ проводиться на підставі практичних досліджень і аналізу 3-х графіків для кожного циліндра двигуна (звичайний режим, з вливанням бензину, з вливанням масла в циліндр): величини компресії, періодичності та форми кривих імпульсного тиску; порівняння результатів з нормативними даними (з урахуванням поправок таблиці 4.1).

У висновках лабораторної роботи робиться попередній прогноз про стан деталей ЦПГ. В якості підтвердження достовірності діагнозу можуть бути проведені додаткові досліди методами визначення динамічної компресії (за допомогою програми "Гістограма динамічної компресії) і оцінки ступеня зносу ЦПГ за допомогою діагностичного параметра.

Визначення динамічної компресії

Під динамічною компресією мають на увазі ступінь опору стартеру при стисненні повітря в циліндрах: циліндри з кращого компресією створюють більший опір.

Для цього необхідно:

• виключити можливість заведення двигуна при обертанні стартера (відключити паливоподачу, зняти свічкові наконечники і т. д.);

• підключити електричний адаптер 5 каналу на акумуляторну батарею;

• підключити адаптер прив'язки на свічковий провід 1 циліндра і на 7 канал схеми;

• вижати повністю педалі газу і зчеплення;

• записати свідчення під час роботи стартера (приблизно 5 сек);

• на екрані розташувати частину графіка з провалами напруги згідно кількості циліндрів;

• розташувати перший провал (перший циліндр) у лівого краю екрану так, щоб час до першого провалу було приблизно рівним половині часу між провалами (рисунок 4.6);

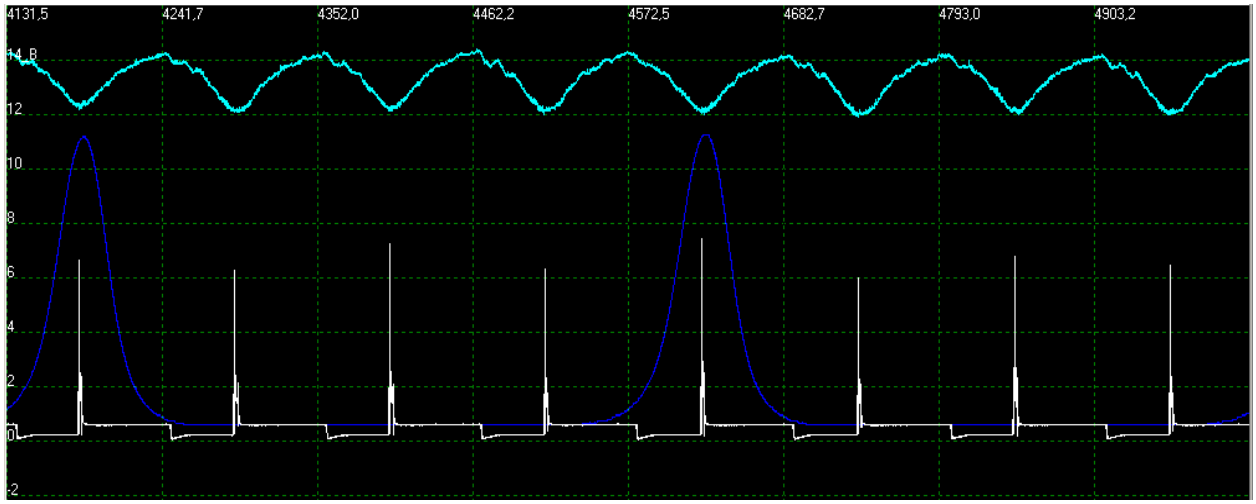


Рисунок 4.6 – Програмна підготовка до отримання гістограми динамічної компресії

• задіяти програму «Гістограма динамічної компресії»;

• заповнити віконця «Число циліндрів» і «Послідовність роботи циліндрів» (наприклад 1 3 4 2) через пробіл (рисунок 4.7);

• натиснути кнопку «Пуск».

Найбільший стовпець відповідає циліндру з кращею компресією. Відмінність висот менш ніж на 20% вважати мало істотним.

Оцінка ступеня зносу ЦПГ за допомогою діагностичного параметра

Цей відносно новий метод полягає у вимірюванні кутового положення колінвалу в момент перекладки поршня на початку робочого ходу.

Відповідь знаходять по заздалегідь виявленій статистичній залежності між виміряним кутом (до 20 градусів після ВМТ, рисунок 4.8) і величиною зазору

між поршнем і гільзою у конкретного двигуна. Місце генерації удару визначають *методом гіперболічної тріангуляції* ультразвукових хвиль (обчислення позиції місця пошуку шляхом вимірювання кутів між цим місцем

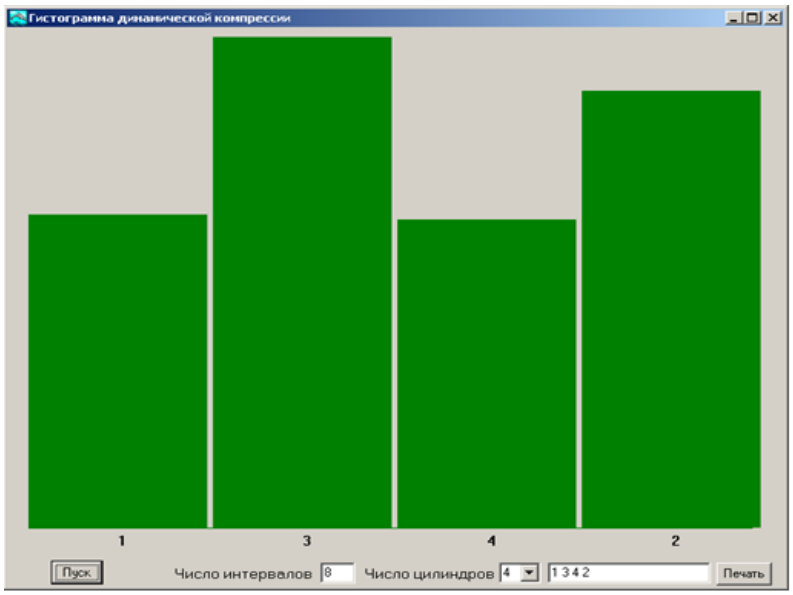


Рисунок 4.7 – Гістограма динамічної компресії

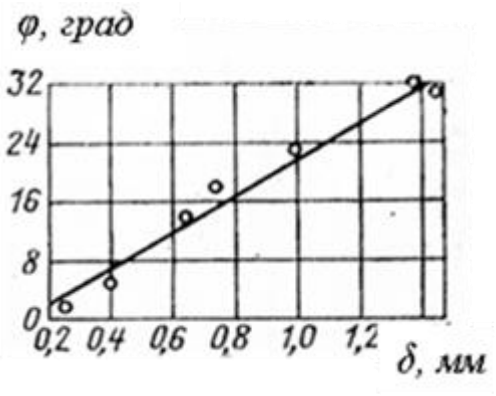


Рисунок 4.8 - Діагностична характеристика для оцінки величини зносу циліндра методом діагностичного параметра (φ – кут між ВМТ та ударним імпульсом, δ – зазор між поршнем і циліндром

і двома точками зв'язку з відомими координатами), а задіяні при цьому елементи конструкції - методом спектрального аналізу вібрацій по нормалі до верхньої частини блоку циліндрів. Випробування проводиться на віброактивність в високочастотної області, а вібродатчики розташовуються з боку перекладки поршня в блоці двигуна.

Контрольні питання

1. Мета проведення роботи.
2. Обладнання та оснащення.
3. Можливі типові несправності та дефекти ЦПГ.
4. Хід виконання роботи.
5. Технічні умови на проведення дослідів.
6. Мета проведення триразових випробувань.
7. Діагностичні параметри і методи оцінки стану ЦПГ.
8. Суть додаткових методів оцінки стану ЦПГ за допомогою діагностичного стенда "Дельфін 1М".
9. Висновки про технічний стан ЦПГ, яка діагностується.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5
ВИЗНАЧЕННЯ ФАЗ ГАЗОРОЗПОДІЛУ

Мета роботи

Придбання теоретичних відомостей і навичок в галузі практичної діагностики механізму газорозподілу двигуна автомобіля за допомогою віброакустичного стенду "Дельфін 1М".

Короткі теоретичні відомості

З досвіду відомо, що дефекти рухомих частин двигуна, зокрема газорозподільного механізму, проявляються при строго визначеному взаємному розташуванні деталей, тобто циклічно повторюються. Дана обставина використовуються для їх виявлення та ідентифікації шляхом прив'язки інформації до певної фази робочого циклу, наприклад, до ВМТ робочого ходу першого циліндра.

Фази газорозподілу визначаються, в основному, формою розподільного валу і зазвичай наводяться в експлуатаційній або ремонтної документації автомобіля. З метою підвищення ефективності у деяких типів нових двигунів фази газорозподілу автоматично змінюються в залежності від робочих режимів. Правильна установка початкових фаз газорозподілу підтверджується одночасним виконанням так званих «першої» і «другої» відповідностей. «Перша» відповідність виражається в поєднанні міток на колінвалу і на корпусі двигуна при виставці поршня першого циліндра у ВМТ робочого ходу. «Друга» - в поєднанні міток на розподільному валу і на корпусі при знаходженні кулачків валу першого циліндра в симетрично неробочому положенні.

Знос кулачків розподільного вала, а також дефекти гідрокомпенсаторів і підвищені зазори в них призводять до запізненого відкриття і раннього закриття клапанів. Наслідок - погана продувка циліндрів і зниження потужності двигуна.

При зносі приводів впускних клапанів або великих відкладеннях нагару зовні впускних клапанів в циліндрі на такті впуску утворюється вакуум навіть при повністю відкритій дросельної заслінки. При аналогічних дефектах випускних клапанів на такті вихлопу короткочасно зростає тиск.

Погане продування циліндрів призводить також до поганого горіння робочої суміші. У бензинового двигуна це добре видно, зокрема, з характерної форми струмів в системі запалювання в момент іскрового розряду. Внаслідок зносу кулачків розподільного валу, розтягування або "проскоку" ослабленого зубчастого ременя на кілька зубів, ослаблення клапанних пружин, змінюється момент спрацювання елементів системи газорозподілу.

Так, при пошкодженні важеля (рокера) спрацювання впускного клапана буває неповним, в кілька етапів і з затримкою до 40 градусів. Крива тиску в циліндрі при цьому помітно змінює форму (посилюється вакуум, компресія зменшується). У разі сумніву відповідності даних підприємства-виробника реальним досліджуваним діагностичним параметрам фази газорозподілу

визначаються по комп'ютерній програмі «Фази» віброакустичного стенду "Дельфін 1М". Усереднені значення кутів повороту колінвалу, при яких спостерігаються природні збурення від одного працюючого циліндра за 1 цикл (720 градусів), як приклад, для двигунів виробництва ВАЗ наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5. 1 - Фази 4-тактного ДВЗ, при яких виявляються дефекти

Кут (град)	Джерело походження	
0	Верхня мертва точка (робоча)	(ВМТ1)
5	Перекладка поршня верхня	(П1)
20	Шатун під навантаженням	(Ш1)
55	Зсув в районі пальця на робочому ходу	(П1)
85	Зазор поміж поршнем и циліндром	(П1)
140	Відкриття випускного клапана	(ОГ1)
180	Нижня мертва точка, випуск	(НМТ1)
200	Перекладка поршня нижня, вибірка зазорів	(П1)
230	Шатун	(Ш1)
255	Перекладка гарячого (випускного) клапана	(ПГ1)
300	Шатун	(Ш1)
345	Відкриття холодного (впускного) клапана, початок продувки	(ОХ1)
360	ВМТ, продувка циліндра; подовження ланцюга «поршень – палець– шатун – колінвал»	(ВМТ1)
385	Закриття гарячого клапана, початок всмоктування	(ЗГ1)
465	Перекладка холодного клапана	(ПХ1)
490	Шатун	(Ш1)
540	Нижня мертва точка	(НМТ1)
580	Закриття холодного клапана. Початок стискання	(ЗХ1)
670	Зсув в районі пальця на такті стискання	(П1)
710	Іскра. Початок горіння суміші в 1 циліндрі	(І1)
720	ВМТ (робоча). Удар по кільцям и поршню	(ВМТ1)

Однойменні обурення від наступного працюючого циліндра проявляються в аналогічній послідовності, але із зсувом по фазі, кратним числу 720 поділеному на число циліндрів. Наприклад, для 4-циліндрового двигуна - 180 градусів, для 5 циліндрового - 144, для 8-циліндрового - 90 градусів і т. д. Як результат аналізу приймаються події, що відбуваються в діапазоні ± 10 градусів від місця установки курсору на екрані монітора.

Рисунок 5.1 дозволяє наочно уявити механізм функціонування 4-циліндрового двигуна ВАЗ. Порядкові номера (1, 2, 3, 4) циліндрів і послідовність їх роботи (1, 3, 4, 2) представлені схематично. Впускні («холодні») і випускні «гарячі» клапани позначені (2, 3, 6, 7 і 1, 4, 5, 8) відповідно.

Оснащення лабораторної роботи

Стенд віброакустичної діагностики «Дельфін 1М», комплект датчиків: тиску, контролю напруги на акумуляторній батареї, прив'язки до 1 циліндру, електричний, сумісний персональний комп'ютер, принтер, автомобіль.

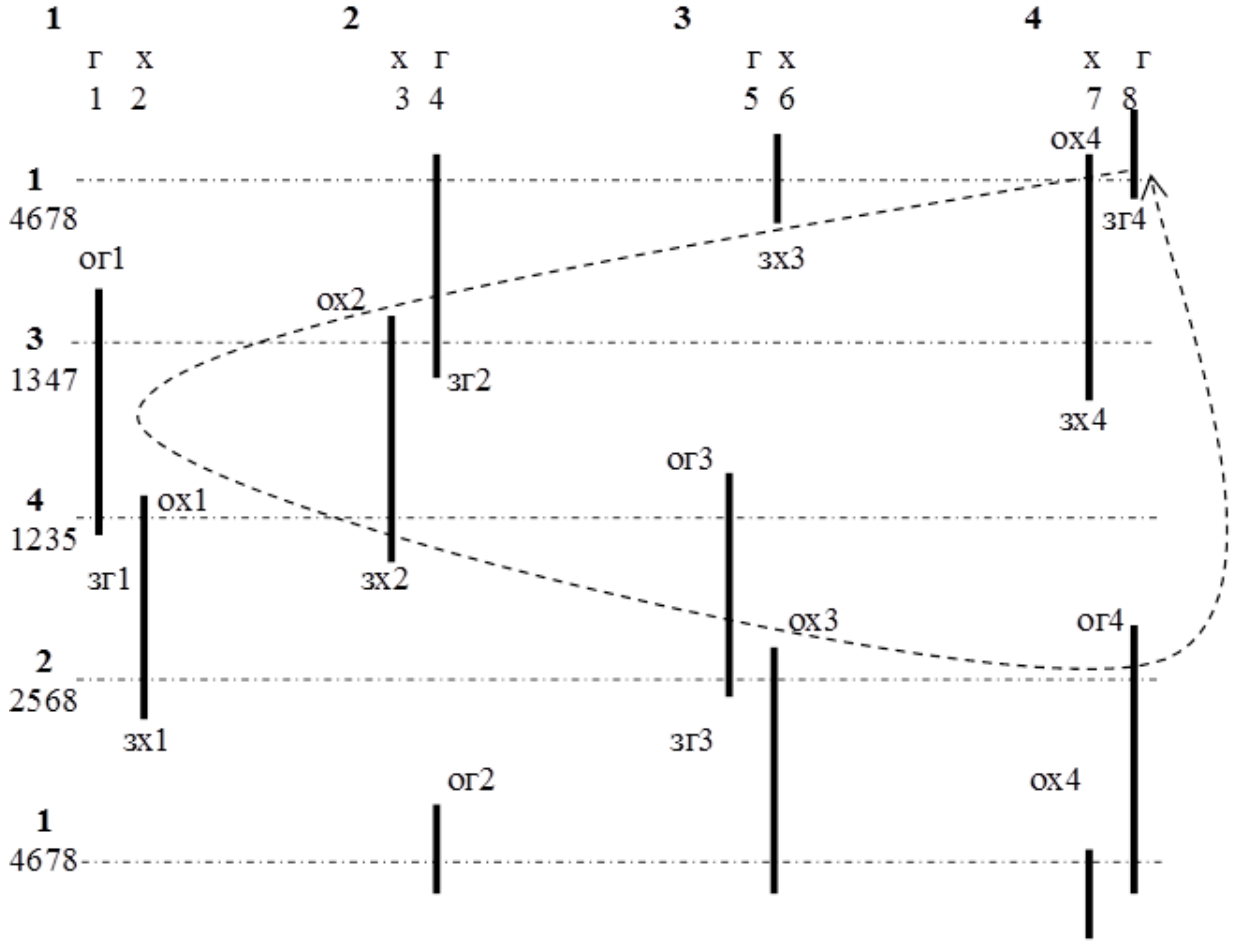


Рисунок 5.1 – Взаємодія розподільного валу з клапанами

Хід виконання роботи

1. Заземлити автомобіль і «Дельфін-1М» за допомогою штатних пристосувань, що входять в комплект стенда.
2. Прогріти стенд протягом 15-ти хвилин.
3. Прогріти двигун автомобіля до температури 85 градусів.
4. Підключити до блоку електроніки датчики:
- тиску в циліндрі (к6) (викрутити свічку 1-го циліндра);
- напруги на акумуляторній батареї (К5);
- прив'язки до 1 циліндру (К7);
- запалювання (К8);

Прив'язку по кутовому положенню колінвала здійснити шляхом охоплювання "крокодилом" каналу 7 свічкового дроту 1 циліндра. Датчик каналу 8 підключається до "мінуса" котушки запалювання (клема 1). Якщо виникають сумніви щодо правильності підключень, рекомендується спочатку задіяти режим «Осцилограф».

Завести і досягнути стійкої роботи двигуна на холостому ходу (не газувати!);

- записати свідчення зазначених датчиків;
- розмістити на екрані 2 імпульси тиску;
- задіяти програму «Фаза» (рисунок 5.2);
- встановити рівень дискримінації по каналу 6;
- порівняти отримані дані з нормативними для даного двигуна.

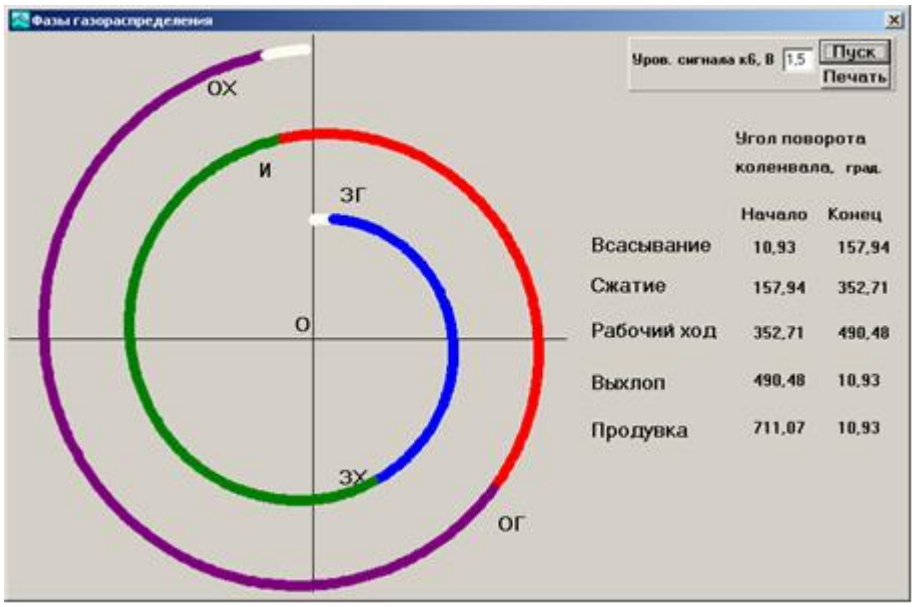


Рисунок 5.2 – Фази газорозподілу

У висновках з лабораторної роботи зробити прогноз про відповідність фаз газорозподілу даного автомобіля його нормативно-експлуатаційним даним.

Контрольні питання

1. Мета проведення роботи.
2. Обладнання та оснащення.
3. Можливі типові несправності та дефекти ГРМ.
4. Хід виконання роботи.
5. Вказати експлуатаційно-нормативні дані (для моделі автомобіля Volkswagen "Golf 3", бензин, повний інжектор, 1.8:

- кути повороту колінвала при всмоктуванні, стисканні, робочому ході, вихлопі, продуванні.

6. Висновки.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6
ВИПЕРЕДЖЕННЯ ЗАПАЛЕННЯ І ВПОРСКУВАННЯ ПАЛИВА

Мета роботи

Придбання практичних навичок при діагностуванні технічного стану системи запалювання автомобіля з використанням віброакустичного обладнання "Дельфін 1М".

Короткі теоретичні відомості

Дефекти в системах запалювання і вприскування призводять до зниження потужності, перевитрати палива, до нестійкої роботи аж до повної відмови двигуна.

Діагностування системи запалювання

Роботу системи запалювання ефективно оцінюють за формою електричної напруги в первинному ланцюзі на режимі різкого натискання на педаль газу. Оскільки котушка запалювання за суттю є що підвищуючим трансформатором, то будь-яке порушення пов'язаних з ним ланцюгах, в тому числі по лінії високої напруги, неминуче позначиться на параметрах напруги на контакті «мінус котушки».

У контактних системах запалювання зазвичай нормуються:

- кути замкнутого/розімкненого стану (приблизно 50/40 градусів повороту розподільного вала);
- падіння напруги на контактах переривника (не більше 0,2 вольта);
- тривалість часу горіння іскри (не менше 0,8 мілісекунди);
- кількість коливань за час горіння іскри - не менше 5.

Форма правильного сигналу при роботі свічки представлена на рисунку 6.1. Ділянка до точки 1 - звичайний режим, до точки 2 - режим накопичення енергії, 3 - точка максимального напруження, 4 - падіння напруги при розрядці, ділянка 4-5 - залишкове напруга. Будь-яка інша форма говорить про наявність дефектів в системі запалювання, приклад - рване полум'яне горіння (рисунок 6.2).

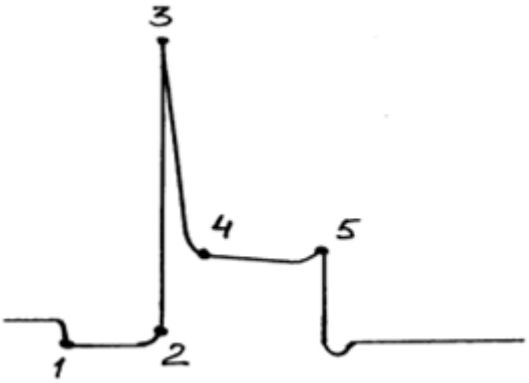


Рисунок 6.1 – Еталонне горіння свічі

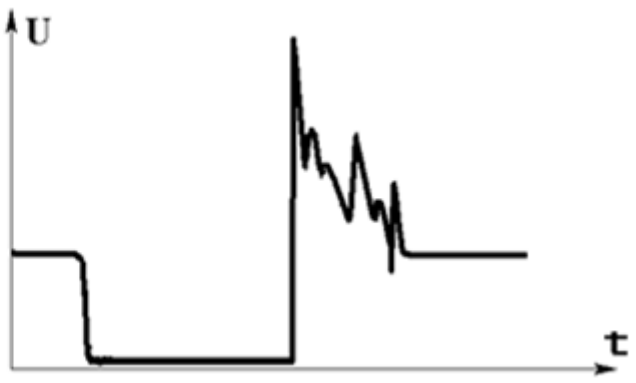


Рисунок 6.2 – Дефект в системі запалення

Саморозряд залишкової енергії в котушці повинен бути чітко спостерігаємим після закінчення горіння дуги. В безконтактних системах запалювання нормується, зокрема, час накопичення енергії - не менше 2.8 мілісекунди і тривалість іскрового розряду - не менше 1 мілісекунди. У котушок з замкнутими сердечниками час накопичення енергії кілька зменшено. У свічок з платиновими електродами час іскрового розряду кілька збільшено. У систем запалювання з індивідуальними котушками на циліндр тривалість іскрового розряду може досягати 3-4 мілісекунд.

Час горіння іскри на повітрі звичайно більше, ніж в замкнутому просторі з підвищеним тиском. Але при якісному горінні робочої суміші в циліндрі часи горіння вирівнюються.

Кут початкового випередження запалювання встановлюється з міркування завершення процесу горіння палива в районі знаходження поршня в ВМТ. Час горіння стехіометричної паливно-повітряної суміші (співвідношення бензин/ повітря дорівнює 1: 14,7) становить 1-2 мілісекунди. Бідні суміші горять ще довше. Тому випередження запалювання на холостому ходу приблизно 6-12 градусів.

У робочому режимі подача іскри проводиться, звичайно, раніше. Максимальне випередження запалювання в бензинових двигунах без цифрового управління залежить, головним чином, від оборотів колінвала (30 градусів). Приблизно на 15 градусів залежить від октанового числа бензину. Вплив положення дросельної заслінки - до 10 градусів. Випередження запалювання зазвичай визначається за допомогою стробоскопа по мітках на шківі колінвала і на корпусі.

Діагностування систем впорскування бензинового і дизельного двигунів

При діагностуванні системи впорскування бензинового двигуна за допомогою стенду «Дельфін 1М» виводять на екран монітора легко доступні сигнали: електричний сигнал управління інжектором, його ультразвукову активність і виконавчі імпульси запалювання на різних обертах двигуна. По електричному сигналу можна судити про стан блоку управління і відсутності короткозамкнених витків в інжекторі, з ультразвукової активності - про засміченості робочого каналу інжектора, а за імпульсами запалювання - про бідну (багату) суміш. Це дозволяє зробити висновки про блок управління, інжектор і систему запалювання.

Шляхом нейтралізації лінії повернення палива в бак і уприскуванням додаткового палива зі шприца у впускний колектор можна виявити дефект - паливоподачу (рисунок 6.3). В даному випадку чітко видно затримка часу виконання.

У авто останніх випусків подача палива регулюється тривалістю і частотою імпульсно керованих інжекторів. Нормується форма електричного імпульсу (кути прямі, падіння напруги на блоці керування не більше 0,2 вольта, перерегулювання асимптотичне). Частота і моменти подачі електричних імпульсів уприскування зазвичай пов'язані з моментами подачі іскор.

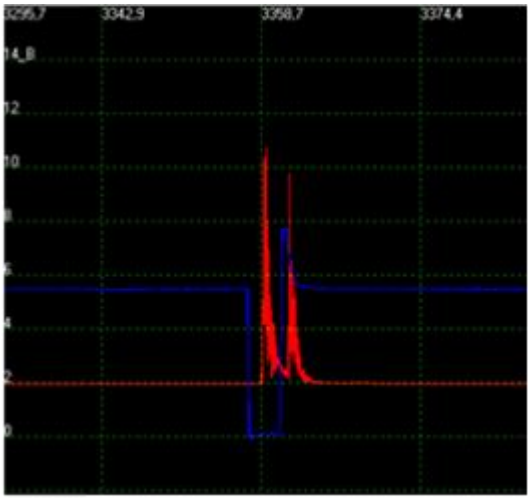


Рисунок 6.3 - Електричний імпульс управління і фактичне виконання команди інжектором

1 - зниження тиску при відкритті сопла, 2 - напрямна голки форсунки пошкоджена, 3 - нормальна робота сопла, 4 - підвищення тиску при відкритті сопла

Рисунок 6.4 - Залежність кута початку впорскування палива від різних несправностей

Для перевірки стану форсунок дизельного двигуна слід записати її акустичну активність і порівняти з характерною для різних станів. Вплив дефектів налаштування на роботу форсунки наведено на рисунку 6.4.

Ідентифікацію дефекту дозволяє прив'язка шуму по кутовому положенню колінвала і співвіднесення її з даними, наведеними в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Ідентифікація дефектів дизельної системи впорскування

Стан системи подачі палива	Початок шуму (град. до ВМТ)	Кінець шуму (град. після ВМТ)
Нормальна робота	12	3.5
Коксування сопла	17	6
Тиск відкриття сопла знизився	13	2.2
Хід впускного клапана збільшився	13	3.5

Вплив дефектів системи подачі палива на кут впорскування приведено в таблиці 6.2. Стан форсунок часто має визначальний вплив на шумові характеристики дизелів, особливо в початковий період запуску. Найбільша вібраційна активність зазвичай відповідає моменту посадки розпилювача форсунки на обмежувач - точка відліку (аналогічна іскрі у бензинових двигунів). Номінально цей момент відповідає робочій ВМТ. При нормальній роботі двигуна початок і кінець уприскування виражені чіткіше, ніж при дефектній. Визначити час початку та кінця впорскування можна по віброакустичній активності, викликаної ударами голки в клапані подачі пального.

Великий вплив на точність вимірювань надає часовий інтервал між зняттям голки форсунки з сідла клапана (фактичний початок впорскування) і ударом її об обмежувач (сигнал початку впорскування). За цей час колінвал може повернутися на кут 3 - 5 градусів. При частковому навантаженні системи

упорскування може трапитися так, що голка форсунки взагалі не вдарить об обмежувач. Тому тимчасові і силові характеристики спрацьовування форсунок і ПНВТ краще оцінювати за показниками практично безінерційних датчиків пульсацій тиску.

Таблиця 6.2 - Вплив дефектів на кут впорскування

Деталь	Несправність	Вплив	
		Початок	Кінець
Кулачок	Знос	Слабий	Слабий
	Установка з випередженням	Сильний	Відсутній
	Установка с запізненням	Слабий	Відсутній
Натискний клапан насоса	Нещільність сідла	Слабий	Слабий
Плунжер-вкладиш	Люфт, нещільність	Слабий	Слабий
Сідло голчатого клапана	Нещільність	Слабий	Слабий
Голчатий клапан	Постійно відкритий	Дуже сильний	Дуже сильний
Пружина клапана	Поломка	Дуже сильний	Дуже сильний
	Ослаблення	Сильний	Сильний
	Надмірне стискання	Слабий	Слабий
Порожнина під тиском	Негерметичність	Слабий	Слабий
Натискний трубопровід	Негерметичність	Слабий	Слабий

Оснащення лабораторної роботи

Стенд віброакустичної діагностики «Дельфін 1М», комплект датчиків: контролю напруги на акумуляторної батареї, прив'язки до 1 циліндру, електричний - адаптер «мінус котушки»; сумісний персональний комп'ютер, принтер, автомобіль.

Хід виконання роботи

Перевірка запалювання і електропостачання (варіант 1)

Для цього:

- адаптер 5 каналу підключити на акумуляторну батарею;
- датчик прив'язки підключити на канал 7 блоку електроніки і охопити «прищіпкою» свічковий провід 1 циліндра;
- адаптер «мінус котушки» підключити на канал 8 блоку електроніки і на контакт 1 котушки запалювання;

- включити електроспоживання 220 вольт стенду «Дельфін-1М»; перевірити зв'язок з комп'ютером;
- завести двигун; відрегулювати адаптер каналу 7 на стійку роботу;
- включити комп'ютер на запис;
- переконатися в «нормі» каналів 5, 7, 8; вимкнути двигун;
- включити комп'ютер на запис; запустити двигун і натиснути одноразово педаль газу;
- обробити дані 8 каналу за програмою «Миттєвості»;
- обробити дані 8 каналу за програмою «Запалювання», а 5 каналу - проаналізувати з фізичних міркувань;

Перевірка випередження запалювання (варіант 2 - через компресію)

Для цього слід:
- викрутити і заземлити свічки, підключити до них свічкові наконечники (система запалювання залишається в робочому стані і контролюється);
- відключити вакуумний регулятор випередження запалювання;
- датчик тиску через перехідник ввернути замість свічки в будь-який циліндр;
- включити «Дельфін-1М», переконатися в наявності зв'язку;
- контролювати тиск і запалювання;
- повністю вижати педалі «газу» і зчеплення;
- включити «Запис» на «Дельфіні-1М» і через 1 сек задіяти стартер авто приблизно на 5 сек; розташувати на екрані монітора 2 імпульсу тиску;
- вибрати режим вимірювання кутів на головній формі;
- максимумам імпульсів тиску присвоїти значення 0 і 720 градусів кута повороту колінвала;
- підвести курсор у найближчого імпульсу запалювання до першого імпульсу тиску, клацнути лівою кнопкою «мишки»; чисельне значення кута випередження запалювання буде видано в віконці «обраний».

Випередження запалювання автоматичне

Для відображення цієї форми необхідно:
- завантажити файл з даними по тиску (пульсаціям тиску) і імпульсами запалювання;
- визначити чисельне значення рівня дискримінації фронту іскри по 8-му каналу;
- визначити рівень дискримінації характерних максимумів по каналу тиску (пульсацій тиску);
- підібрати такий крок, щоб по каналу тиску (пульсацій тиску) відображалось не менше 3-х максимумів;
- натиснути кнопку програми «Запалення»

У формі, що з'явилася на випадаючому списку вказати канал, в якому знаходиться інформація про зміну тиску (пульсації тиску), виставити рівень

дискримінації за ним, встановити рівень дискримінації фронту іскри і натиснути кнопку «Пуск» (рисунок 6.5).

Рисунок 6.5 - Автоматичне відстеження за випередженням запалювання

Контрольні питання

1. Мета проведення роботи.
2. Обладнання та оснащення.
3. Можливі типові несправності та дефекти систем запалювання і вприскування палива бензинового і дизельного двигунів.
4. Хід виконання роботи.
5. Суть і результати проведеного експерименту.
6. Оцінити стан системи запалювання автомобіля, що діагностується по часових параметрів горіння іскри і формі отриманого сигналу (вибрати послідовно кілька фрагментів роботи іскри).
7. Зробити висновки про вугілля випередження запалювання, порівнявши результати з нормативними даними.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7
ПРАКТИЧНА ДІАГНОСТИКА ДВИГУНА

Мета роботи

Придбання практичних навичок при комплексному діагностуванні технічного стану бензинового двигуна автомобіля з використанням віброакустичного обладнання "Дельфін 1М".

Короткі теоретичні відомості

Практична діагностика двигуна за допомогою обладнання стенду «Дельфін 1М» включає:

1) локалізацію сторонніх звуків і прихованих дефектів;
2) оцінку обертів колінвала і нерівномірність його обертання;
3) оцінку потужних характеристик по динаміці розгону;
4) вимір температури охолоджуючої рідини

При залученні програмного забезпечення необхідні дані беруться з документації або визначаються експериментально (по мітках, по імпульсам кутового положення колінвала або ВМТ, за допомогою стробоскопа, через спільні вимірювання тиску і напруги на «мінусі» котушки запалювання в стартерному режимі і т. д.).

Акустичні вимірювання по каналах 3 і 4 стенду рекомендується проводити з урахуванням їхньої найбільшої інформативності згідно рисунка 7.1.

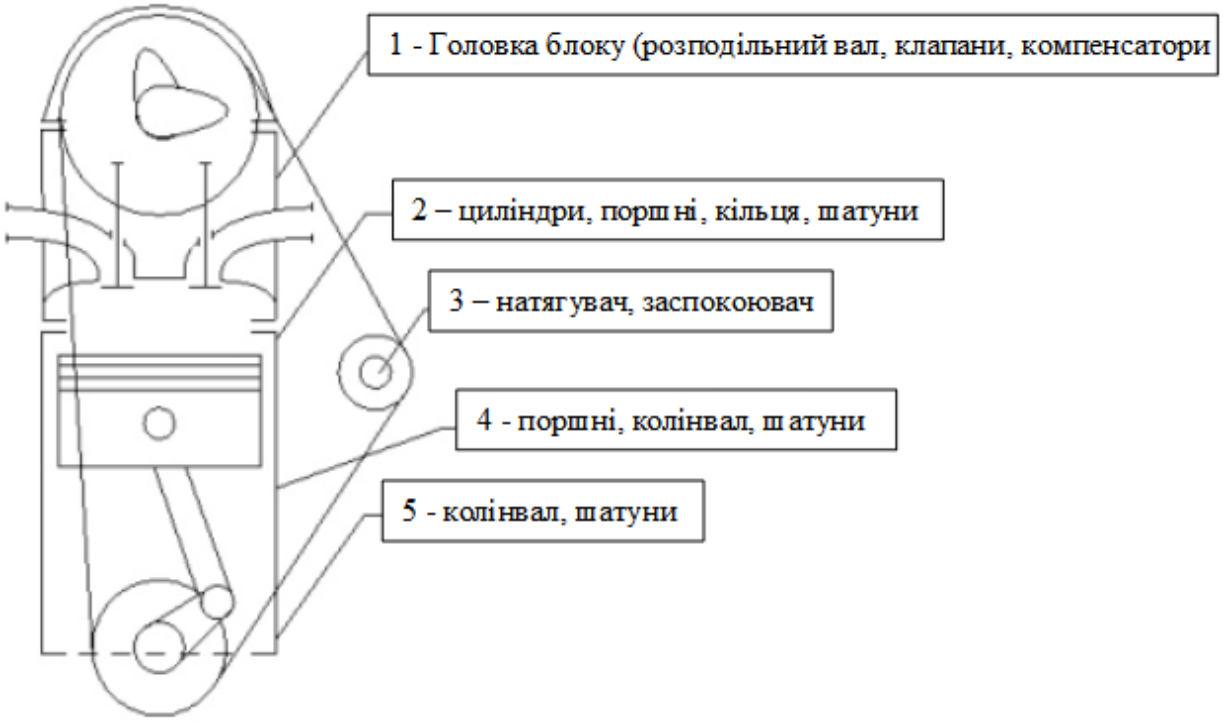


Рисунок 7.1 - Точки кореспондування на двигуні внутрішнього згоряння

Локалізація утворення тріщин

Мета - пошук тріщин і відносного зсуву ослаблених кріплень при навантаженні (пошкодження зварювання, ослаблення болтового з'єднання і т. д.).

Основа методу - реєстрація ультразвукових (акустично-емісійних) хвиль при деформації конструкції.

Локалізація дефектів проводиться автоматично шляхом виявлення джерел хвильових процесів за методом гіперболічної тріангуляції, що являє собою пасивну локацію випромінювача хвиль різностно-далекомірним способом (рисунок 7.2).

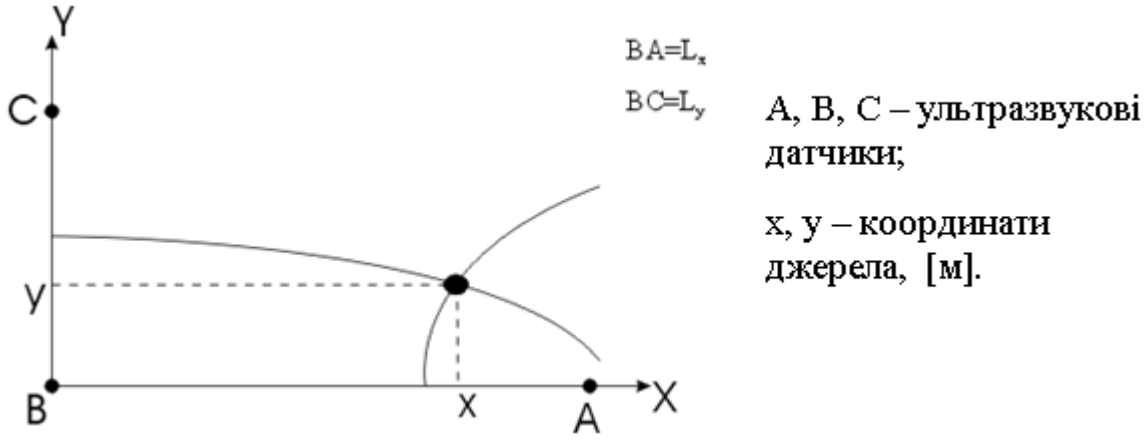


Рисунок 7.2 – Схема локалізації джерела збуджень методом гіперболічної триангуляції

Перш за все, необхідно правильно вибрати місця кореспондування. Вони повинні бути площинними в межах посадочної поверхні датчика і очищеним від бруду. У складних випадках бажано покрити місце контакту силіконовою змазкою. Зусилля притиску повинно забезпечувати постійний і безвідривно контакт датчика з об'єктом. У противних випадках вимірювальна інформація буде недостовірною.

Датчик каналу 3 розташовують на голівці, а каналу 4 - в нижній частині блоку циліндрів. При цьому датчики повинні знаходитися приблизно на одному перпендикулярі до стику головки з блоком циліндрів, але поза кронштейнами кріплення двигуна до рами автомобіля. Інакше може статися, що розташовані на блоці датчики виявляться ближче до джерела випромінювань, який має місце в голівці

Ультразвукові високочастотні датчики завжди притискаються чутливої віссю по нормалі до поверхні.

Відстані *Lx* і *Ly* від датчиків до початку координат *B* вимірюють безпосередньо на об'єкті.

Спочатку рекомендується експериментально уточнити швидкість розповсюдження реєстрованого виду деформаційних хвиль у конкретній конструкції (зазвичай кілька метрів в мілісекунду, але не більше швидкості

звуку). Для цього досить нанести серію ударів різної сили в поле огляду, виміряти часи приходу хвиль *tba* і *tbc* до датчиків *X* і *Y* і обчислити їх за:

$$Vba = Lx/tba \quad Vbc = Ly/tbc.$$

Надалі оператор використовує значення швидкості, що дорівнює

$$V = (Vba+Vbc)/2.$$

Основною умовою, що обмежує застосування цього методу на автомобілях, є необхідність видалення лакофарбового покриття для забезпечення надійного контакту датчиків з металом безпосередньо.

Оснащення лабораторної роботи

Стенд віброакустичної діагностики «Дельфін 1М», комплект датчиків: контролю напруги на акумуляторної батареї, прив'язки до 1 циліндру, електричний - адаптер «мінус котушки»; високочастотні ультразвукові акселерометри; датчик тиску; сумісний персональний комп'ютер, принтер, автомобіль.

Хід виконання роботи

Акустична діагностика

Заземлити автомобіль і «Дельфін-1М» за допомогою штатних "кліпсів". Підключити до блоку електроніки датчики конструкційної акустики (при щільній компоновці вузлів в моторному відсіку в датчики необхідно ввернути однаково - подовжуючі хвилеводи):

- на 3 канал - датчик, позначений червоною міткою;
- на 4 канал - датчик, позначений зеленою позначкою;
- на клему "+" акумулятора підключити "крокодил" 5 каналу;
- прив'язку до кутовому положенню колінвала здійснити шляхом охоплення "крокодилом" каналу 7 свічкового дроту 1 циліндра;
- підключити "крокодил" каналу 8 до "мінуса" котушки запалювання (клема 1). Якщо виникли сумніви щодо правильності підключень, рекомендується спочатку задіяти режим «Осцилограф».

Для наочності роботи системи запалювання, вивернути свічку одного з циліндрів і встановити датчик тиску по каналу 6. Встановити чутливості каналів 3, 4 в положення «4», а каналів 5, 6, 7, 8 в положення «0». Коефіцієнти виведення на екран - всюди в положення «1».

1. Включити стенд.
2. Викликати програму «Дельфін-1М».
3. Ввести в програму дані:

- бензин/дизель;
- послідовність спрацьовування циліндрів;
- запустити і прогріти двигун;
- перейти в режим запису;

На підставі отриманої головної форми провести візуальний і спектральний аналіз можливих прихованих дефектів.

Оцінка обертів і нерівномірності обертання колінвала

Програма «Оберти» дозволяє обчислювати швидкість обертання колінвала дизеля, а також бензинового двигуна з однією котушкою запалювання.

На головній формі записаних результатів задіяти програму «Оберти» .

Для відображення цієї форми по дизельному двигуну необхідно завантажити файл з імпульсами, знятими з напірної магістралі будь-якої форсунки. При цьому в віконці «Число циліндрів» повинна стояти цифра 1 (рисунок 7.3).

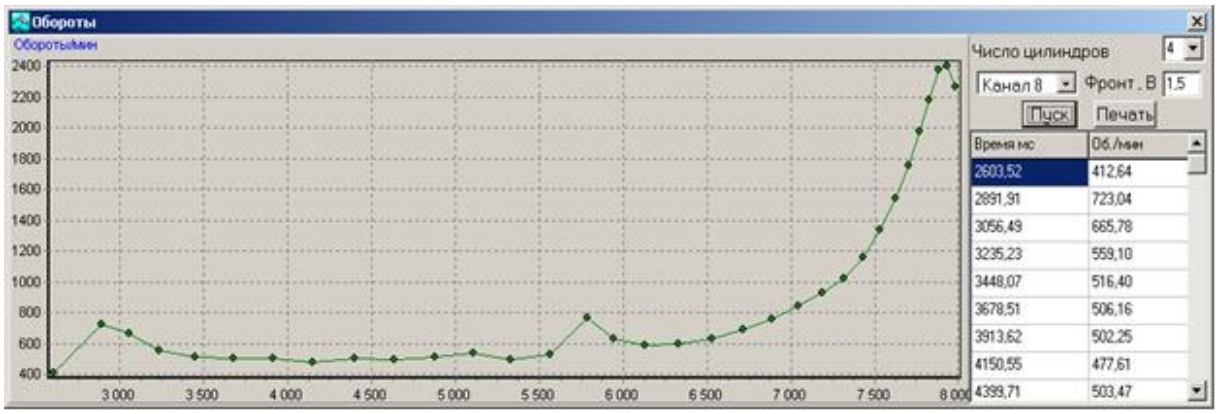


Рисунок 7.3 – Програма вимірювання обертів колінвала

У формі, що з'явилася, вказати рівень дискримінації за сигналом форсунки. Натиснути кнопку «Пуск».

По бензиновому двигуну необхідно завантажити файл з імпульсами запалювання по 8-му каналу і вказати кількість циліндрів. Якщо задіяні імпульси прив'язки по 7-му каналу, то у вікні «Число циліндрів» повинна стояти цифра 1.

Оцінка нерівномірності обертання

Дана програма обчислює часи між іскрами: кращі циліндри швидше обертають колінвал, а час до наступної іскри скорочується.

Для роботи з програмою потрібно:

- завантажити вихідні дані, що містять інформацію по 8-му каналу (запалювання). Переконатися в тому, що дані відображені на екрані (стоить помітка навпроти 8-го каналу і на екрані присутній крива білого кольору);

- вибрати крок так, щоб між фронтами іскор було не менше 30 мм. Натиснути кнопку програми «Миттєвості». Під фронтами іскор з'являться значення в мілісекундах між суміжними іскрами (у першій іскри відлік від лівого краю екрана, рисунок 7.4).

Гістограма уявлення нерівномірності обертання

Дана програма виділяє циліндри, в роботі яких порушується усталений ритм іскроутворення. Для цього треба:

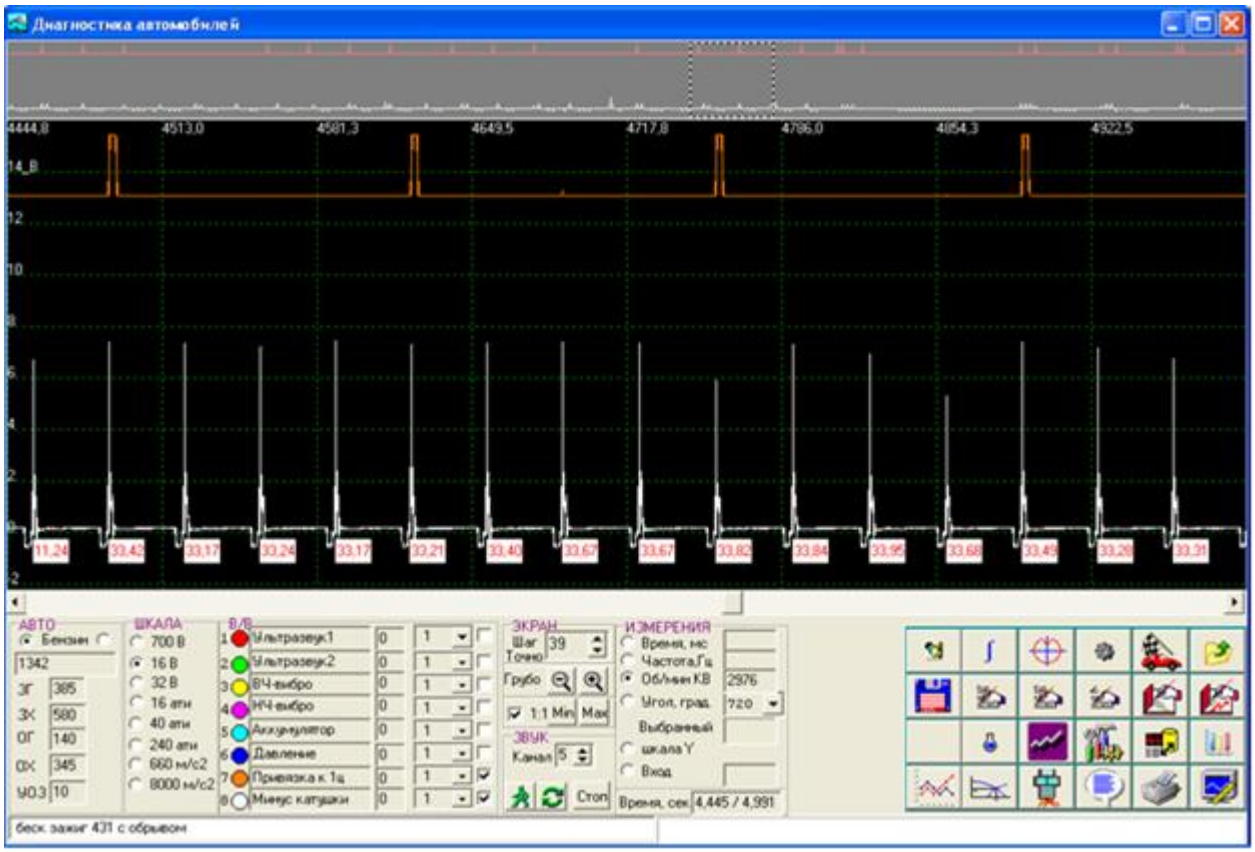


Рисунок 7.4 – Проміжки часу між іскрами

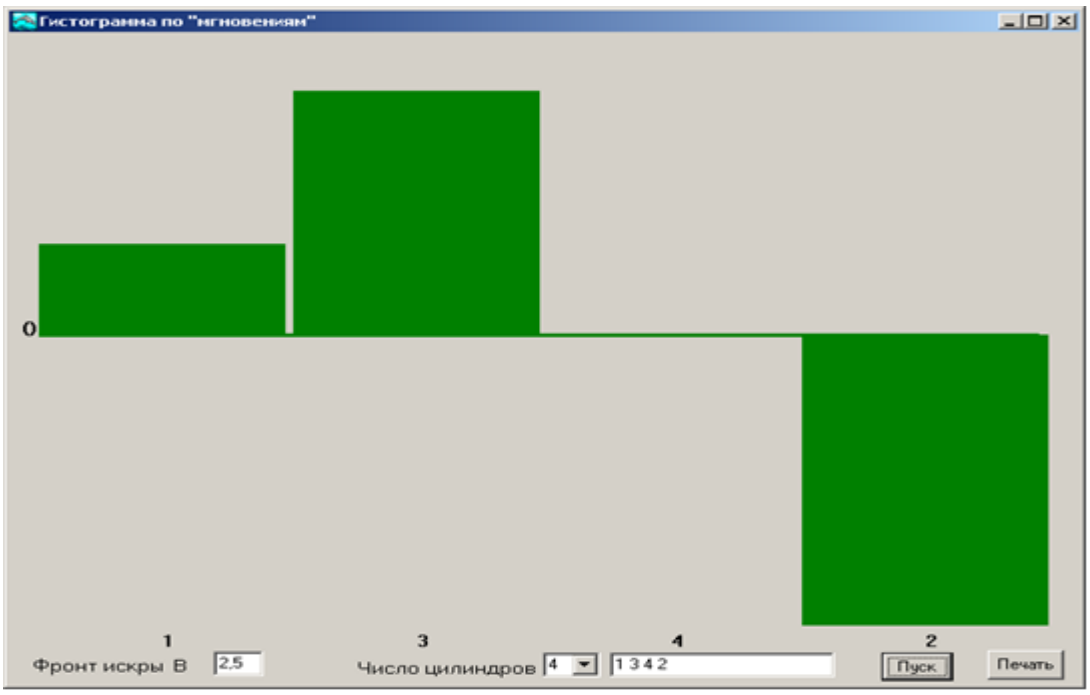


Рисунок. 7.5 – Гістограма нерівномірності обертів

- забезпечити роботу в стартерному режимі без заведення двигуна;

- записати імпульси прив'язки до 1 циліндру і запалювання по 8-му каналу при роботі стартера; поєднати імпульс, що передує імпульсу першого циліндра з лівим краєм екрану так, щоб час по ньому індицирувався;

- змінюючи крок, розташувати на екрані кількість імпульсів не менше кількості циліндрів плюс 2.

Натиснути кнопку (рисунок 7.5). У формі, що з'явилася задати рівень дискримінації імпульсів запалювання, число і послідовність спрацьовування циліндрів. Найбільший стовпець гістограми вище нульової лінії відповідає циліндру з кращою компресією, а нижче нульової лінії - з гіршою.

Оцінка потужності двигуна

Для відображення цієї форми необхідно завантажити файл з даними кутового положення колінвала.

Вибрати ділянку розгону і задіяти програму «Миттєва потужність»

На формі, що з'явилася (рисунок 7.6) вказати:

- відповідний канал;

- ввести величину зсуву (напруга сигналу при заглушеному двигуні); коефіцієнти для кутової швидкості, кутового прискорення і потужності К1, К2 і К3 відповідно (визначається експериментально);

- задати кількість оброблюваних точок;

- задати кількість точок усереднення (поле "*n*")

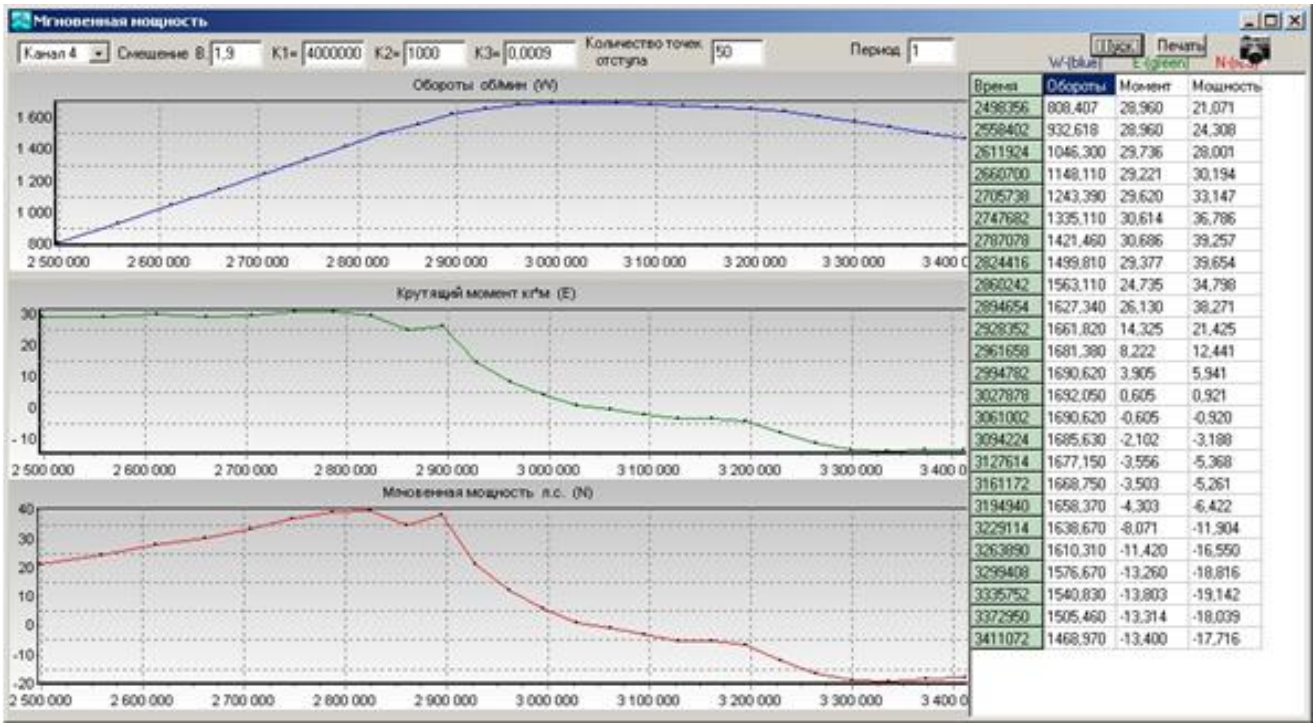


Рисунок 7.6 – Оцінка потужності двигуна по динаміці розгону

Вимірювання температури охолоджуючої рідини

Провести вимірювання за допомогою датчика температури. Отримані результати на головній формі програми проаналізувати.

Контрольні питання

1. Мета проведення роботи.
2. Обладнання та оснащення.
3. Що включає в себе комплексне діагностування двигуна?
4. Проаналізувати стан елементів конструкції двигуна на наявність сторонніх шумів і його вузлів на ультразвукову активність.
5. Оцінити нерівномірність обертання колінвала по гістограмі.
6. Зробити комплексний висновок про загальний технічний стан продіагностованого двигуна після закінчення циклу проведених лабораторних робіт.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Основи технічної діагностики автомобілів. Ч. 2. Конспект лекцій для студентів напряму підготовки 6.070106 – «Автомобільний транспорт» спеціальності ««Автомобілі та автомобільне господарство» / Укл.: Веремей Г. О. – Чернігів: ЧНТУ, 2016. – 24 с.

2. Основи технічної діагностики автомобілів. Ч. 2. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів напряму підготовки 6.070106 – «Автомобільний транспорт», спеціальності ««Автомобілі та автомобільне господарство» / Укл.: Веремей Г. О. – Чернігів: ЧНТУ, 2016. – 50 с.

3. Основи технічної діагностики автомобілів. Ч. 2. Конспект лекцій для студентів напряму підготовки 6.070106 – «Автомобільний транспорт», спеціальності 7.07010601- «Транспорт і транспортна інфраструктура» / Укл.: Коробкін В.Ф. – Макіївка: ДонНАБА, 2014. – 36 с.

4. Практичні основи віброакустичної діагностики машинного обладнання: Учб. посібник. Під редакцією В. Н. Костюкова. Омськ: Вид-во ОмДТУ, 2012. – 108 с.

5. Віброакустична діагностика машин і механізмів. М.: Машинобудування, 1987. – 288 с.

6. Vehicle maintenance and garage practice. Tutorial for Automobile Engineering/ Jigar A. Doshi, Dhruv U. Panchal/ Indus University, Ahmedabad, 2014. – 328 p.