

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Запорізький національний технічний університет**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до виконання лабораторних робіт з дисципліни**

**«Основи діагностики і ремонту автомобілів»**

**для студентів всіх форм навчання**

**спеціальності «Колісні та гусеничні транспортні засоби».**

**Напрямок підготовки - Машинобудування.**

**Частина I**

**2014**

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Основи діагностики і ремонту автомобілів» для студентів всіх форм навчання спеціальності «Колісні та гусеничні транспортні засоби». Напрямок підготовки - Машинобудування. Частина I. /Укладач: Щербина А.В. - Запоріжжя: ЗНТУ, 2014.-70 с.

Укладач: Щербина А.В., старший викл.

Рецензент: Слюсаров О.С., канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск: Щербина А.В., старший викл.

Затверджено  
на засіданні кафедри “Автомобілі”  
Протокол № 5 від 31.01.2014 р.

## ЗМІСТ

	Стор.
Техніка безпеки при проведенні лабораторних робіт.....	4
Порядок проведення лабораторних робіт.....	5
1 Лабораторна робота № 1. Вимірювання компресії бензинового двигуна.....	6
1.1 Мета роботи.....	6
1.2 Теоретичні відомості.....	6
1.3 Інструмент, прилади, обладнання.....	16
1.4 Порядок виконання роботи.....	17
2 Лабораторна робота № 2. Визначення ефективності роботи циліндрів за нерівномірністю обертання колінчастого валу ДВЗ.....	19
2.1 Мета роботи.....	19
2.2 Теоретичні відомості.....	19
2.3 Інструмент, прилади, обладнання.....	34
2.4 Порядок виконання роботи.....	34
3 Лабораторна робота № 3. Перевірка технічного стану циліндропоршневої групи бензинового двигуна за розрідженням у впускному колекторі.....	36
3.1 Мета роботи.....	36
3.2 Теоретичні відомості.....	37
3.3 Інструмент, прилади, обладнання.....	51
3.4 Порядок виконання роботи.....	51
4 Лабораторна робота № 4. Перевірка технічного стану циліндропоршневої групи двигуна за осцилограмою тиску в циліндрі.....	52
4.1 Мета роботи.....	52
4.2 Теоретичні відомості.....	52
4.3 Інструмент, прилади, обладнання.....	67
4.4 Порядок виконання роботи.....	67
Рекомендована література.....	70

## **ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**

На першому занятті студенти повинні ознайомитися з правилами техніки безпеки і суворо дотримуватися їх. Після інструктажу по техніці безпеки студент ставить свій підпис в журналі. Розпочинати виконання лабораторних робіт без інструктажу по техніці безпеки категорично забороняється.

Лабораторні роботи проводяться з використанням агрегатів та механізмів автомобіля, з застосуванням електричних приладів та апаратури.

Вимоги техніки безпеки полягають у наступному:

- безпечною вважається напруга у 36 В для сухих приміщень і 12 В для вологих приміщень в лабораторії на стендах з електроприводом. У вимірювальній апаратурі напруга складає 12-24 В і 220-380 В;

- при проходженні через тіло людини струму у 10 мА порушується керування м'язами, струм у 20 мА призводить до негайного паралічу рук та ускладнює дихання, струм у 50 мА призводить до негайного паралічу дихання та втрати свідомості, струм у 0,1 А є смертельним;

- приступаючи до виконання лабораторних робіт на електрифікованому обладнанні треба перевірити справність його ізоляції та надійність заземлення;

- доторкатися до оголених електричних дротів та незахищених частин електрообладнання забороняється;

- у випадку знаходження порушення ізоляції дротів, відкритих частин електрообладнання та порушення заземлення потрібно негайно повідомити викладача;

- проводити ремонт електрообладнання забороняється;

- вмикати апаратуру, стенди можна тільки після дозволу викладача;

- при порушенні подачі електроенергії необхідно вимкнути стенд, апаратуру;

- при наявності обертових частин стенда бути уважним і поводитися обережно;

- після закінчення досліду схема повинна бути знеструмлена;

- у випадку ураження електричним струмом потрібно негайно визволити потерпілого від лінії електричного струму шляхом вимкнення джерела живлення, надати йому першу медичну допомогу та викликати лікаря;

- в агрегатній лабораторії не можна знаходитися під вантажем, піднятим тельфером;

- перед проведенням досліджень переконайтесь у відсутності підтікання паливно-мастильних матеріалів, як на дослідному автомобілі, так і біля агрегатів стенду.

## **ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**

Студент при підготовці до виконання лабораторної роботи повинен самостійно опрацювати необхідний теоретичний матеріал і знати основні положення теорії, методику проведення роботи, а також записати необхідні відомості по роботі.

Після підготовки робочого місця проводиться виконання лабораторної роботи і обробка даних. У результаті студент повинен отримати практичні навички роботи з вимірювальною апаратурою, обладнанням, складанню програми і методики випробувань. Після виконання роботи потрібно оформити протокол, провести аналіз і зробити висновки.

# 1 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

## ВИМІРЮВАННЯ КОМПРЕСІЇ БЕНЗИНОВОГО ДВИГУНА

### 1.1 Мета роботи:

- вивчити що таке компресія;
- вивчити фактори, що впливають на компресію;
- вивчити методи та способи вимірювання компресії;
- засвоїти практичні прийоми вимірювання компресії.

### 1.2 Теоретичні відомості

Компресією називають величину максимального тиску в циліндрі, яка виникає при холостому прокручуванні двигуна стартером.

Не слід плутати поняття компресія та ступінь стиснення.

**Ступінь стиснення** – геометрична *безрозмірна величина*, обчислюється як відношення повного об'єму циліндра до об'єму камери згорання.

*Об'єм камери згорання*  $V_3$  – об'єм простору над поршнем при його положенні у ВМТ.

*Робочий об'єм циліндра*  $V_{pc}$  – об'єм простору, що звільняється поршнем при переміщенні його від ВМТ до НМТ

$$V_{об} = \frac{p \cdot D^2 \cdot S}{4}.$$

*Повний об'єм циліндра*  $V_{nc}$  – об'єм простору над поршнем при знаходженні його в НМТ. Очевидно що

$$V_{nc} = V_{pc} + V_3.$$

*Літраж двигуна для багатоциліндрових двигунів* – це добуток робочого об'єму циліндра  $V_{pc}$  на число циліндрів  $i$

$$V_l = V_{pc} \cdot i.$$

Тобто *ступінь стиснення*  $\varepsilon$  – відношення повного об'єму циліндра  $V_{nc}$  до об'єму камери згорання  $V_3$

$$e = \frac{V_{i0}}{V_{\zeta}} = \frac{V_{i0} + V_{\zeta}}{V_{\zeta}}.$$

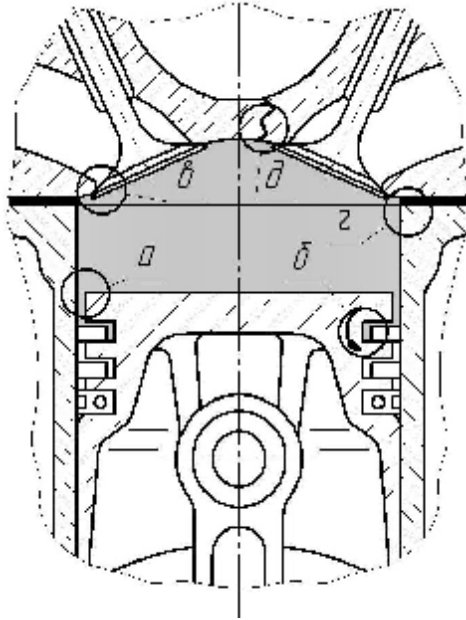
Ступінь стиснення безрозмірна величина і вона майже не змінюється при роботі двигуна. У бензинових двигунів ступінь стиснення лежить у діапазоні від 7 до 12, а в дизельних від 15 до 23. Чим більше ступінь стиснення, тим більшу потужність розвиває двигун.

**Компресія** - фізична величина, яка визначає тиск у циліндрі двигуна наприкінці такту стиснення. Компресія вимірюється в атм., кг/см<sup>2</sup>, бар, кПа або в інших одиницях виміру. Компресія може сильно змінюватися в процесі роботи двигуна по мірі його зношування.

Значення компресії як параметра, що визначає технічний стан двигуна можна звести до наступного. Чим вона вище, тим менше газів проривається в картер двигуна і відповідно тим більше газів здійснюють корисну роботу, завдяки чому у двигуна високий ККД та потужність при низькій витраті палива. Від компресії залежить витрата мастила, стабільність роботи двигуна, витрата палива, швидкість запуску двигуна. Крім двигуна на величину компресії може вплинути стан електроустаткування (стартера, акумуляторної батареї, дротів, що з'єднують їх), але тільки при вимірюванні компресії.

На компресію впливає багато різних факторів, основні із цих факторів приведемо в якості прикладу нижче. Так максимальний тиск у циліндрі теоретично досягається наприкінці такту стиснення, коли поршень перебуває у верхній мертвій точці (ВМТ), і залежить цей максимальний тиск від цілого ряду факторів. Усі ці фактори, в кінцевому підсумку, впливають на кількість повітря, що надходить в циліндр - чим його більше, тим вище компресія.

У першу чергу слід відзначати, що положення дросельної заслонки сильно впливає на значення компресії, її прикриття або закриття, сильно зменшить тиск у циліндрі. Очевидно, що на кількість повітря буде впливати і ступінь забруднення повітряного фільтра.



а - у зазорі між кільцями та поверхнею циліндра або у зазорі у замку кільць,  
 б - у зазорі по торцевих поверхнях кільць і канавок поршнів, в - у зазорі між  
 сідлом і клапаном, г - у зазорі між uszkodженою прокладкою і площиною головки  
 циліндрів або блоку, д - у тріщині в стінці камери згорання

Рисунок 1.1 - Основні місця втрати повітря з камери згорання

На компресію впливає також встановлення фаз газорозподілу. Так при монтажі ременя або ланцюга приводу розподільного вала іноді допускають помилки що у свою чергу призводить до зміни моменту закриття впускного клапана, тим самим порушуючи початок стиснення робочої суміші в циліндрі в один чи інший бік, тому і значення компресії будуть відрізнятися.

Досить сильно на компресію впливають зазори в приводі клапанів. Так, малий зазор у приводі впускних клапанів призведе до більш пізнього їхнього закриття і, відповідно, до зменшення компресії. Одночасно малі зазори у випускних клапанах збільшать, так зване, перекриття клапанів, величину кута повороту колінчастого вала, протягом якого відкриті одночасно обидва клапани в циліндрі. Результатом цього буде також зменшення компресії.



На компресію вплине і температура двигуна - чим вона менше, тим сильніше буде охолоджуватися повітря, яке стискається у циліндрі, і тим менше буде його тиск. Слід відзначити, що зазори в приводі клапанів так само будуть реагувати на температуру - чим вона нижче, тим менші зазори та компресія.

Як тільки повітря в циліндрі виявиться досить стиснутим, стануть проявлятися різного роду його втрати через зазори між зношеними або ушкодженими деталями, що ущільнюють об'єм камери згорання.

Перерахуємо фактори, що тією чи іншою мірою впливають на інтенсивність втрати повітря в циліндрах двигуна автомобіля.

1. Температура двигуна, підвищуючись збільшує компресію, тому що деталі краще прилягають один до одного, приймаючи розміри і взаємне положення, більш відповідним до працюючого двигуна.

2. Масло, що надійшло в камеру згорання через направляючі втулки клапанів, поршневі кільця, систему вентиляції картера та ущільнення турбокомпресора, суттєво підвищує компресію, так як надає ущільнюючу дію.

3. Паливо, що надійшло в циліндр у вигляді крапель, знижує компресію, тому що розріджує та змиває мастило з деталей яке не надає ущільнюючої дії через малу в'язкість.

4. Компресія знижується через негерметичність зворотного клапана або шланга компресометра, а також великого зусилля пружини зворотного клапана.

5. Чим більше оберти колінчастого валу, тим менші втрати повітря через нещільності і тим вище компресія.

При вимірюваннях компресії треба дотримуватися наступних правил.

1. Двигун повинен бути прогрітим.

2. Подача палива повинна бути вимкнена. Можна, наприклад, вимкнути бензонасос, форсунки або використовувати інші способи, що перешкоджають потраплянню великої кількості палива в циліндри.

3. Необхідно викрутити всі свічі. Недопущений вибірковий демонтаж свіч, тому що збільшує опір обертанню колінчастого валу і довільно знижує оберти при провертанні двигуна стартером.

4. Акумуляторна батарея повинна бути повністю заряджена, а стартер справний.

Можна виділити три основні способи вимірювання компресії.

1. Вимір компресії із відкритою дросельною заслонкою.
2. Вимір компресії із закритою дросельною заслонкою.
3. Вимір відносної компресії по падінню напруги на акумуляторній батареї або по падінню струму стартера.

При цьому кожний із зазначених способів дає свої результати і дозволяє більш точно визначати свої характерні дефекти.

Так, коли дросельна заслонка закрита, у циліндри надійде мало повітря, і тому компресія буде низькою і складе близько 0,6-0,8 МПа для справного двигуна. Втрати повітря в цьому випадку співмірні із його надходженням в циліндр. Внаслідок цього компресія стає особливо чутливою до втрат повітря, навіть при малих нещільностях її значення зменшується в кілька разів. Це дозволяє зробити висновки або припущення про наступні дефекти двигуна:

- не задовільне прилягання клапана до сідла;
- зависання клапана, наприклад, через неправильне збирання механізму з гідроштовхачами;
- дефект профілю кулачка розподільного вала в конструкціях з гідроштовхачами, у тому числі нерівномірне зношування або биття тильного боку кулачка;
- не герметичність яка викликана прогаром прокладки голівки блоку циліндрів або тріщиною в стінці камери згорання.

При вимірюванні компресії із відкритою дросельною заслонкою велика кількість повітря, що надійшла, та збільшення тиску в циліндрі, сприяють збільшенню втрат повітря. Однак ці втрати завідомо менші подачі повітря. Внаслідок цього при наявності незначних втрат повітря в циліндрі, компресія буде зменшуватися не сильно. Тому спосіб вимірювання компресії із відкритою дросельною заслонкою краще підходить для визначення більш «грубих» дефектів двигуна, таких, як:

- несправності та прогари поршнів;
- несправності або зависання (закоксовування) кілець у канавках поршня;
- деформації або прогари клапанів;
- серйозні пошкодження поверхні циліндрів.

Таблиця 1.1 - Деякі дефекти та несправності бензинових двигунів, що виявляються вимірюванням компресії

Несправність	Ознаки несправності	Компресії, МПа	
		повністю відкрита заслонка	закрита заслонка
Повністю справний двигун	Відсутні	0,9-1,2	0,6-0,8
Тріщина в перемичці поршня	Синій дим вихлопу, великий тиск у картері	0,6-0,8	0,3-0,4
Прогар поршня	Синій дим вихлопу, великий тиск у картері, циліндр не працює на малих обертах колін. вала	0,3-0,5	0-0,1
Залягання кілець у канавках поршня	Те ж саме	0,2-0,4	0-0,2
Задер поршня та циліндра	Те ж саме, та можлива нестійка робота циліндра на холостому ходу	0,2-0,8	0,1-0,5
Деформація клапана	Циліндр не працює на малих обертах колін. валу	0,3-0,7	0-0,2
Прогар клапана	Те ж саме	0,1-0,4	0
Зависання клапана	Те ж саме	0,4-0,8	0,2-0,4
Дефект профілю кулачка розподільного вала (для конструкцій з гідроштовхачами)	Те ж саме	0,7-0,8	0,1-0,3
Підвищена кількість нагару в камері згорання в комбінації зі зношеними маслосъємними ковпачками та кільцями	Підвищена витрата мастила із синім димом вихлопу	1,2-1,5	0,9-1,2
Природне зношення деталей поршневої групи	Те ж саме	0,6-0,9	0,4-0,6

При обох способах виміру компресії, як з відкритою так і з закритою дросельною заслонкою, бажано враховувати динаміку наростання тиску. Це допоможе встановити дійсний характер несправності із більшою точністю.

Так, якщо на першому такті величина тиску, виміряна компресометром, низька (0,3-0,4 МПа), а при наступних тактах різко зростає. Це свідчить про спрацювання поршневих кілець. У такому випадку заливтя в циліндр невеликої кількості мастила (3-5 см<sup>3</sup>) відразу підвищить не тільки тиск на першому такті, але і компресію. З іншого боку, коли на першому такті тиск досягає 0,7-0,9 МПа, а на наступних тактах майже не зростає, найімовірніше маємо не герметичність клапана або прокладки голівки.

Основне правило, яке слід пам'ятати: у більшості випадків результати вимірів компресії є відносними. Це значить, що в першу чергу необхідно звертати увагу на різницю в значеннях компресії в різних циліндрах, а не на саму її абсолютну величину. Такий підхід дозволяє, з одного боку, швидко локалізувати несправність у конкретному циліндрі. З іншого боку, вилучаються помилки, що часто зустрічаються в ремонтній практиці при спробі оцінити технічний стан двигуна в цілому. Занадто багато факторів впливає на компресію, щоб урахувати їхній вплив на результати вимірів.

На абсолютну величину компресії також можна покластися, але для цього необхідно:

- знати дані про величину компресії цього двигуна, отримані на більш ранніх періодах його експлуатації;
- необхідно мати велику базу статистичних даних по компресії цієї моделі двигуна на різних етапах його експлуатації. Ці дані обов'язково повинні вміщувати в собі такі умови проведення вимірів, як температура мастила, частота обертання, температура повітря, стан систем автомобіля та ін.

Тільки за таких умов можна використовувати вимірну величину компресії для того, щоб робити висновки про зношування деталей поршневої групи.

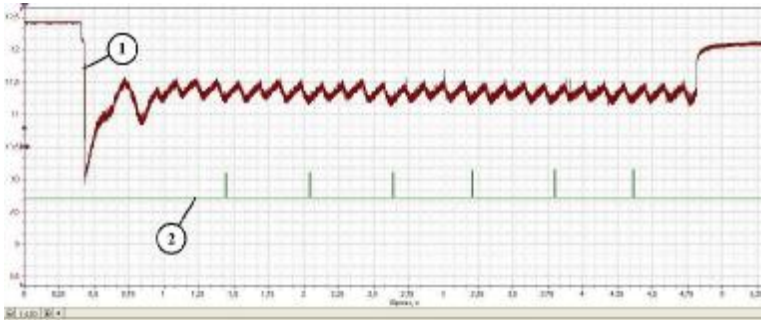
Крім компресометрів для вимірювання компресії використовують також компресографи, мотортестери або осцилографи.

Компресографи у відмінності від звичайних компресометрів дозволяють записувати результати вимірів (на електронні носії або на папері), що дає можливість зберігати отримані дані для послідууючого порівняння у різні періоди експлуатації автомобіля. Недоліком компресографа є труднощі оцінки динаміки наростання тиску при повертанні колінчастого вала.

Швидко та ефективно вимірюють компресію сучасні мотортестери та осцилографи. Ці прилади фіксують фактично не тиск, а амплітуду пульсації електричного струму, використаного стартером під час прокручування. Чим вище тиск у циліндрі, тим більші витрати потужності стартера, а отже і напруги акумуляторної батареї на повертанні колінчастого валу. Таким чином вдається одночасно виміряти компресію у всіх циліндрах всього за кілька обертів колінчастого вала, не прибігаючи до викручування свіч запалювання, що особливо важливо для багатоциліндрових двигунів.

Як відомо, практично всі процеси у ДВЗ періодичні, тобто повторюються через кожний робочий цикл, і в кращому випадку для кожного циліндра. Із чого випливає що при простому візуальному порівнянні сигналів відповідних до роботи кожного циліндра, можливо визначити “несправний” циліндр, на підставі візуальної відмінності його сигналу від сигналів інших циліндрів. Іншими словами якщо сигнали всіх циліндрів візуально однакові, то з великою часткою ймовірності можливо припустити, що всі циліндри працюють добре (з набагато меншою ймовірністю, що всі циліндри працюють погано). У той же час якщо сигнал одного із циліндрів значно візуально відрізняється від сигналів інших циліндрів, то з великою часткою ймовірності можливо припустити, що саме цей циліндр працює погано.

Візуальне порівняння сигналу забезпечує деяку універсальність цьому методу, тому що він не прив'язаний до конкретного сигналу циліндру, а заснований тільки на пошуку відмінностей у сигналах циліндрів. Крім того, якщо тип аналізованого сигналу відомий, то крім візуального аналізу можливо розрахувати ще і додаткову статистику. Наприклад, для сигналу з АКБ при повертанні стартером можливо розрахувати відносну компресію циліндрів. В комбінації із простим візуальним порівнянням дасть нам більше уявлення про різницю технічного стану циліндрів у цілому.



1 - величина напруги вимірювана на акумуляторній батареї,

2 - синхронізуючий сигнал, взятий з одного із високовольтних дровів системи запалювання.

Рисунок 1.2 - Приклад осцилограм при визначенні відносної компресії по падінню напруги на акумуляторній батареї

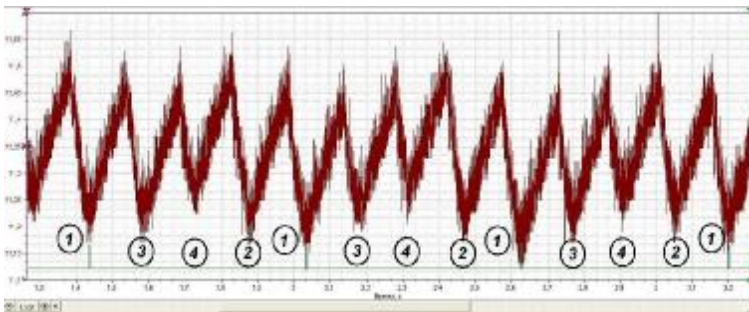


Рисунок 1.3 - Збільшений сигнал при визначенні відносної компресії по падінню напруги на акумуляторній батареї. Знижена компресія в 3 і 4 циліндри

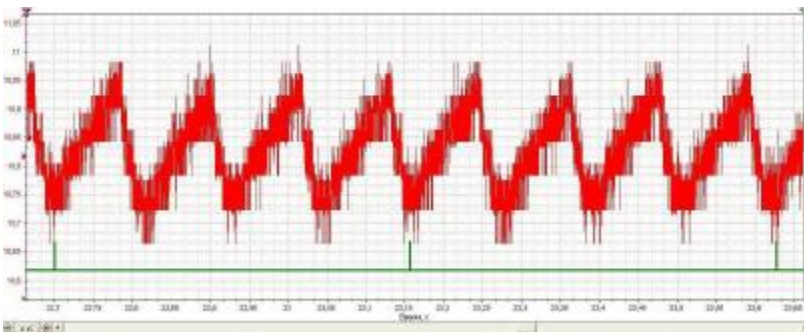


Рисунок 1.4 - Збільшений сигнал при визначенні відносної компресії по падінню напруги на акумуляторній батареї. Компресія в нормі

Наведені осцилограми (рис. 1.2-1.4) дозволяють судити про відносну компресію в циліндрах. Для чого один канал осцилографа або мотортестера приєднується до клем акумуляторної батареї, а другий канал приєднується до якого не будь синхронізуючого сигналу (наприклад дріт, що йде до однієї зі свіч запалювання, або сигнал з однієї із форсунок), що б можна було ідентифікувати кожний циліндр.

На наведених рисунках синхронізуючий сигнал взятий з високовольтного дроту, що йде до свічі запалювання першого циліндра. У такий спосіб, знаючи послідовність роботи двигуна в даному випадку 1-3-4-2, ми можемо визначити де який циліндр і при необхідності проводити подальші роботи із несправним циліндром.

Для двигуна з однаковою компресією в циліндрах буде характерна осцилограма (рис. 1.4) з однаковими по висоті піками та впадинами, тобто всі циліндри в гарному стані без втрат повітря в ЦПГ.

При виникненні втрат повітря в циліндрі на осцилограмі впадини будуть зміщені по вертикалі вгору (рис. 1.2, 1.3), що свідчить про недостатню компресію в циліндрі. Так на рис. 1.2 і 1.3 бачимо, що в 3-му і 4-му циліндрі двигуна компресія відрізняється від інших циліндрів, тобто в них є не герметичність (втрати повітря). При цьому недостатня компресія у двох суміжних циліндрах, що може свідчити про порушення герметичності між циліндрами наприклад в наслідок руйнування прокладки голівки блоку циліндрів. Для уточнення можливих причин не герметичності камери згорання потрібно провести додатковий тест для визначення втрат повітря із циліндра при подачі в нього стисненого повітря за допомогою компресора та пневмотестера.

Даний спосіб виміру компресії має недолік пов'язаний з тим, що отримані результати виражаються у відносних одиницях, а саме у відсотках до циліндра, що працює найкраще.

Лише найдорожчі мотортестери здатні вимірювати абсолютну величину компресії в кожному циліндрі, але це можливо тільки на основі великої кількості статистичних даних по конкретній моделі двигуна і їх співставлення з дійсним тиском у циліндрі, який має найбільшу компресію. Тобто вона береться за 100 % і відносно неї обчислюється компресія інших циліндрів.

### Контрольні запитання для самоперевірки

1. Що таке компресія?
2. Чим відрізняється ступінь стиснення та компресія?
3. Що впливає на компресію?
4. Які фактори впливають на інтенсивність втрати повітря в циліндрі?
5. Основні правила вимірювання компресії.
6. Які існують способи вимірювання компресії?
7. У чому сутність виміру компресії із повністю відкритою дросельною заслонкою?
8. У чому сутність виміру компресії із закритою дросельною заслонкою?
9. У чому сутність виміру відносної компресії за допомогою мотортестера або осцилографа?
10. За допомогою яких приладів вимірюють компресію?
11. Чому при вимірі компресії різним методом результати її вимірів можна вважати відносними?
12. Що необхідно для того, щоб можна було покластися на абсолютну величину виміряної компресії?
13. За допомогою яких приладів вимірюють компресію?
14. Що і яким чином можна визначити при простому візуальному порівнянні осцилограми сигналів, отриманих за допомогою мотортестера чи осцилографа?
15. Для чого потрібен сигнал синхронізації і як ним користуватися?

#### 1.3 Інструмент, прилади, обладнання:

- бензиновий автомобільний двигун;
- ключ для свічок запалювання;
- компресометр;
- ноутбук;
- осцилограф або мотортестер;
- набір вимірювальних щупів;
- дріт для заземлення.



## **1.4 Порядок виконання роботи**

1.4.1 Прогріти двигун до робочої температури.

1.4.2 Від'єднати подачу палива в циліндри.

1.4.3 Викрутити всі свічі запалювання.

1.4.4 Провертаючи колінчастий вал стартером 10-12 обертів перевірити компресію в кожному циліндрі двигуна при відкритій дросельній заслонці. Результати вимірів занести в таблицю 1.2.

1.4.5 Провертаючи колінчастий вал стартером 10-12 обертів перевірити компресію в кожному циліндрі двигуна при закритій дросельній заслонці. Результати вимірів занести в таблицю 1.2.

1.4.6 Вкрутити свічі запалювання у головки циліндрів.

1.4.7 Перевірити відносну компресію двигуна за допомогою мотортестера.

1.4.7.1 Ввімкнути ноутбук і приєднати до нього мотортестер. До аналогового каналу мотортестеру приєднати вимірювальний щуп, до логічного каналу приєднати щуп для синхронізуючого сигналу так звана мітка першого циліндра.

1.4.7.2 Другий кінець вимірювального щупа приєднати до АКБ (сигнальний дріт на "+", заземлення на "-"), другий кінець синхронізуючого щупа приєднати зовні високовольтного дроту свічі запалювання першого циліндра.

1.4.7.3 Заземлити мотортестер. Для чого його вивід "земля" за допомогою дроту з'єднати із "землею" двигуна, що перевіряється.

1.4.7.4 Запустити програму осцилографа та налаштувати його параметри:

- вхідний діапазон +15 В;
- частота дискретизації 5...10 кГц;
- режим запису – самозаписувач.

1.4.7.5 Натиснути кнопку «Запис» (Пуск) на мотортестері.

1.4.7.6 Запустити двигун стартером. Двигун повинен працювати в режимі:

- прокручування стартером;  
- в двигуні не повинно відбутися займання паливно-повітряної суміші;

- напруга акумулятора повинна бути не менш 10 В;  
- частота провертання колінчастого валу двигуна стартером повинна бути в межах 200-370 об/хв.;

- час роботи двигуна 5-10 с.

**Застереження!** Двигун не повинен завестися. Вимірювання на інжекторному двигуні необхідно проводити тільки при повністю натиснутій педалі дроселя, при цьому на деяких двигунах вмикається режим продувки і двигун не заводиться. Або вимкнути форсунки чи ДПКВ для запобігання вприскування палива, яке може привести до виходу з ладу каталізатора.

1.4.7.7 Вимкнути двигун.

1.4.7.8 Зупинити запис на мотортестері.

1.4.8 Провести аналіз сигналу. Співставити результати із раніше отриманими результатами вимірювання компресії. Висновки занести у звіт по лабораторній роботі.

1.4.9 Від'єднати щупи та дроти мотортестера від АКБ і двигуна. Відновити подачу палива в циліндри двигуна.

1.4.10 Зробити скріншоти отриманого сигналу відносної компресії двигуна. Роздрукувати їх і вклеїти у звіт.

Оформлення звіту до лабораторної роботи № 1  
«Вимірювання компресії бензинового двигуна»

Мета роботи: \_\_\_\_\_

Теоретичні відомості: \_\_\_\_\_

Інструмент, прилади, обладнання: \_\_\_\_\_

Модель двигуна або автомобіля: \_\_\_\_\_

Таблиця 1.2 - Результати вимірювання компресії в циліндрах двигуна

Номер циліндра	Значення компресії із відкритою дросельною заслонкою	Значення компресії із закритою дросельною заслонкою	Значення відносної компресії
1			
2			
3			
4			

Скріншоти отриманої осцилограми сигналу відносної компресії циліндрів: \_\_\_\_\_

Висновки. \_\_\_\_\_

## **2 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2**

### **ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЦИЛІНДРІВ ЗА НЕРІВНОМІРНІСТЮ ОБЕРТАННЯ КОЛІНЧАСТОГО ВАЛУ ДВЗ**

#### **2.1 Мета роботи:**

- вивчити які параметри технічного стану ДВЗ відображаються на осцилограмі ефективності роботи циліндрів;
- вивчити методику правильного виміру осцилограми ефективності роботи циліндрів;
- вивчити характерні ділянки осцилограми ефективності роботи циліндрів;
- засвоїти практичні прийоми аналізу осцилограм ефективності роботи циліндрів.

#### **2.2 Теоретичні відомості**

Відомо, що рівномірність роботи багатоциліндрового двигуна забезпечується в тому випадку, якщо чергування робочих ходів в його циліндрах відбувається через рівні кути повороту колінчастого валу (КВ). Робочий цикл в чотиритактному двигуні здійснюється за два оберти колінчастого вала, тобто за поворот валу на  $720^\circ$ . Розглянемо роботу чотирьохциліндрового двигуна так як він найбільш часто застосовується на автомобілях масового виробництва. У чотирьохциліндрових двигунах кожен такт здійснюється через  $720^\circ / 4 = 180^\circ$  повороту КВ. Оскільки чергування однойменних тактів відбувається через  $180^\circ$  повороту КВ, то і шатунні шийки КВ повинні бути розташовані під кутом  $180^\circ$  одна до іншої, тобто лежати в одній площині. Шатунні шийки 1-го і 4-го циліндрів спрямовані в один бік відносно осі КВ, а шатунні шийки 2-го і 3-го циліндрів в протилежні від них (рис. 2.1).

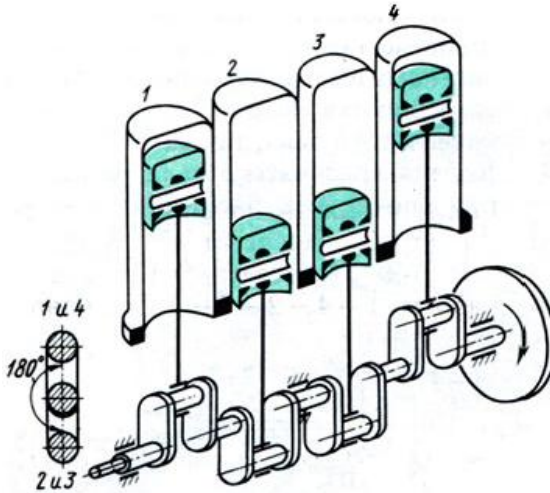


Рисунок 2.1 - Схема КШМ чотиритактного двигуна

Така форма колінчастого валу забезпечує рівномірне чергування робочих ходів в циліндрах і задовільну врівноваженість двигуна, так як всі поршні одночасно приходять в крайні положення (два поршня вгору і два вниз).

Порядок роботи чотирьох-циліндрового двигуна найчастіше може бути 1-3-4-2 (іноді 1-2-4-3) табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Чергування тактів в чотиритактному однорядному чотирьохциліндровому двигуні з порядком роботи 1-3-4-2

Оберти колінчастого валу	Кут повороту колінчастого валу, °	Циліндри			
		1	2	3	4
Перший	0 - 180	Робочий хід	Випуск	Стиснення	Впуск
	180 - 360	Випуск	Впуск	Робочий хід	Стиснення
Другий	360 - 540	Впуск	Стиснення	Випуск	Робочий хід
	540 - 720	Стиснення	Робочий хід	Впуск	Випуск

При виборі порядку роботи двигуна конструктори прагнуть більш рівномірно розподілити навантаження на шатунні і корінні шийки КВ. Максимальні навантаження на шийки КВ виникають в ті моменти, коли в циліндрах здійснюються такти розширення (робочі ходи).

У такті розширення при згоранні суміші в циліндрі різко збільшується тиск, під дією якого поршень переміщується від ВМТ до НМТ. На початку розширення, тиск становить 3-4 МПа, а при підході поршня до НМТ, внаслідок збільшення об'єму, тиск знижується до 0,3-0,5 МПа. Якщо циліндр працює ефективно, то в своєму робочому такті він збільшує швидкість обертання КВ (надає додаткове прискорення), а якщо не ефективно, то не збільшує швидкість обертання КВ, а значить через механічне навантаження КВ буде сповільнюватись.

Так наприклад (табл. 2.1), поршень циліндра 1 по інерції, створеної в процесі роботи попередніх циліндрів, рухається від НМТ до ВМТ (такт стиснення), тобто відбирає енергію обертання у КВ. Після займання суміші, через різко збільшений тиск поршень циліндра 1 рухається від ВМТ до НМТ (робочий такт) збільшуючи швидкість обертання КВ, тобто віддає енергію, в той же час поршень наступного циліндра 3 за інерцією рухається від НМТ до ВМТ (такт стиснення). Якщо з яких набудь причин займання суміші в циліндрі 3 не відбулось, то поршень і при русі від ВМТ до НМТ буде відбирати енергію обертання у КВ, тобто миттєва швидкість обертання КВ в робочому такті циліндра 3 буде зменшуватися на відміну від решти циліндрів (рис. 2.2). Таким чином порівнявши зміни миттєвих швидкостей обертання КВ в робочих тактах всіх циліндрів, можливо виявити непрацюючий циліндр, на підставі зменшення швидкості обертання КВ.

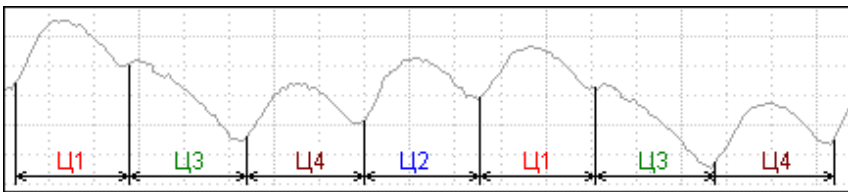


Рисунок 2.2 - Графік миттєвої швидкості обертання КВ, вимкнена форсунка 3-го циліндра (порядок роботи циліндрів 1-3-4-2)

Як видно з графіка рис. 2.2, в кожному робочому такті циліндрів 1, 2 і 4 миттєва швидкість обертання КВ збільшується, тобто циліндри працюють ефективно, а в кожному робочому такті 3-го циліндра миттєва швидкість обертання КВ зменшується, тобто циліндр не працює.

Таким чином, для 4-х циліндрового двигуна через кожні 180 градусів КВ буде або прискорюватися або сповільнюватися. Величина, що визначає зміну швидкості за одиницю часу називається прискоренням. Якщо прискорення додатні - циліндр працює ефективно, якщо прискорення від'ємне - циліндр працює не ефективно.

При вимкненні системи запалювання, КВ ще деякий час обертається по інерції, при цьому повітря, що знаходиться в циліндрах, періодично стискається то розтискається. При стисненні повітря відбувається відбір енергії обертання у КВ, а при розтисненні повітря - повернення енергії обертання КВ. Причому чим краще компресія (герметичність) циліндра тим більша частина отриманої енергії буде повернута КВ при розтисненні повітря. Тобто якщо у циліндра 1 краща компресія ніж у циліндра 2, то в робочому такті 1-го циліндра КВ буде менше сповільнюватись ніж в робочому такті 2-го циліндра. Таким чином, порівнюючи значення прискорень при вимкненій системі запалювання, можливо оцінити відносну динамічну компресію циліндрів.

На прискорення колінчастого валу впливають наступні параметри:

- компресія;
- високовольтна система;
- паливна система.

Тобто на підставі тільки одного графіка прискорення КВ можливо судити про стан відразу декількох систем. Причому несправність однієї системи практично однозначно впливає на ту чи іншу ділянку графіка прискорення КВ.

Побачити прискорення або сповільнення КВ по циліндрах можна за допомогою сигналу датчика положення колінчастого валу (ДПКВ) і мітки першого циліндра (МПЦ), приклад яких наведено на рис. 2.3. Ці обидва сигнали дозволяють розрахувати ефективність роботи циліндрів (ЕРЦ) на різних режимах роботи двигуна, виявити

пропуски займання та їх причину, а також оцінити динамічну компресію циліндрів.

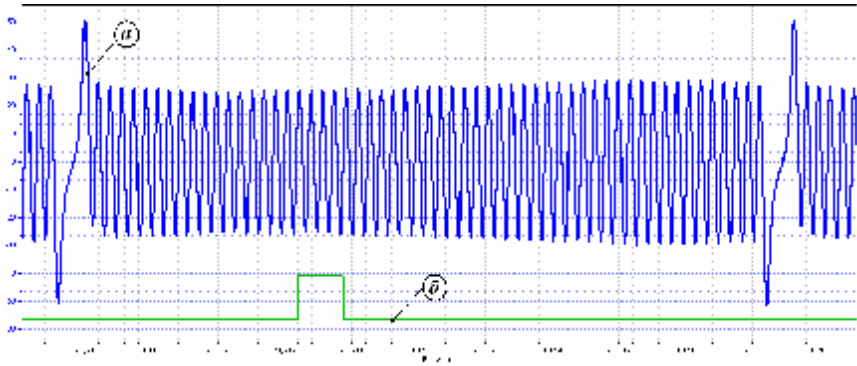


Рисунок 2.3 - Осцилограма сигналу ДПКВ (а) і мітка першого циліндра (б)

При цьому слід пам'ятати, що для оцінки ЕРЦ сигнал ДПКВ повинен бути отриманий при послідовній роботі двигуна на наступних режимах.

1. Режим холостого ходу, тривалість роботи 5-7 секунд.
2. Плавно збільшити оберти до 3000 об/хв., і потім повністю відпустити педаль газу, щоб оберти зменшились до холостих.
3. Режим холостого ходу, тривалість роботи 5-7 секунд.
4. Різко збільшити оберти вище 3000 об/хв., потім вимкнути запалювання, не відпускаючи педаль газу.

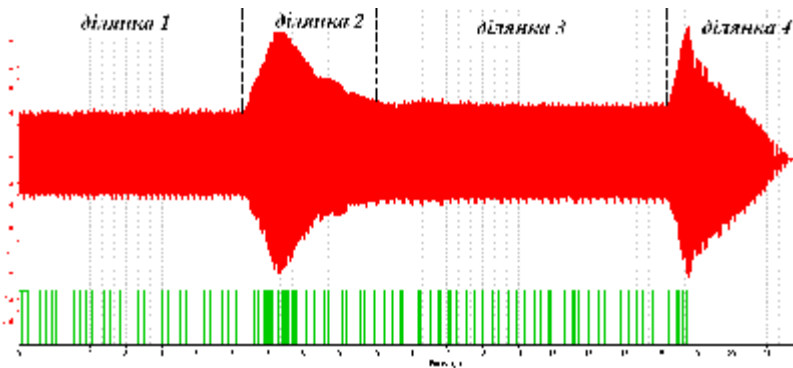
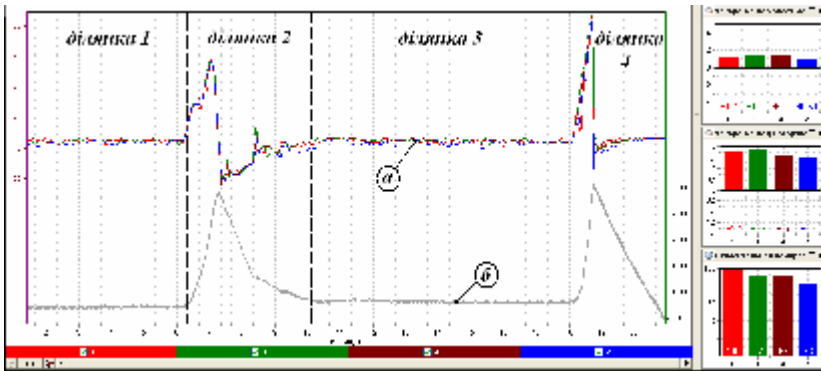


Рисунок 2.4 - Осцилограма сигналу ДПКВ з характерними ділянками режимів роботи двигуна (сигнал стиснутий по горизонталі в 2000 разів)

Знята таким чином осцилограма сигналу ДПКВ буде мати чотири характерні ділянки (рис. 2.4). Сигнал ДПКВ і мітки першого циліндра дозволяють програмному забезпеченню мотортестера провести розрахунок ЕРЦ двигуна. Програмне забезпечення мотортестерів від різних виробників мають відмінні інтерфейси і можуть по-різному відображати отримані результати аналізу, але сам алгоритм аналізу у всіх мотортестерах приблизно однаковий.

Більшість сучасних мотортестерів завдяки їх програмному забезпеченню дозволяють на ділянках 1, 2 і 3 візуально оцінити роботу системи запалювання, ГРМ та паливної системи без навантаження і під час навантаження, а на при кінці ділянки 4 (після вимкнення системи запалювання) оцінити герметичність циліндрів, тобто визначити в них відносну динамічну компресію.

Для цього програма мотортестера накладає один на одного два графіка, побудованих на підставі сигналу ДПКВ і МПЦ (рис. 2.5).



а - криві зміни ефективності роботи усіх циліндрів в залежності від режимів роботи двигуна, б- крива обертів двигуна на різних режимах його роботи

Рисунок 2.5 - Графік ЕРЦ на різних режимах роботи двигуна, побудований на основі сигналу ДПКВ

При поєднанні цих двох графіків можна легко і швидко судити про ефективність роботи циліндрів на різних режимах роботи двигуна.

Більшість програм сучасних мотортестерів мають панель статистики ЕРЦ (рис. 2.5). Найчастіше на такій панелі статистики у вигляді бар-графіків для кожного циліндра відображаються середні значення наступних розрахованих параметрів.



1. Прискорення на холостих обертах, а точніше середнє значення відносного прискорення КВ розраховане в діапазоні 600...1200 об/хв. Тобто це величина у відсотках, відповідна зміні швидкості обертання КВ в робочому такті відповідного циліндра до середньої швидкості обертання КВ. Наприклад, якщо середня швидкість обертання КВ 800 об/хв., а в робочому такті відповідного циліндра вона зростає з 792 до 808 об/хв. (на 16 об/хв.), тобто на  $(16/800) \times 100\% = +2\%$ .

2. Прискорення під час навантаження, а точніше середнє значення відносного додатного позитивного прискорення КВ розраховане після 1500 об/хв. Тобто прискорення розраховується тільки після 1500 об/хв. і тільки в тому випадку, якщо КВ набирає обертів (під час навантаження).

3. Відносна компресія, тобто середнє значення відносного прискорення КВ, розраховане при вимкненому запалюванні двигуна під час рівношвидкованого обертання КВ по інерції в діапазоні 600...1200 об/хв. Величина відносної динамічної компресії розраховується на підставі того що прискорення пропорційно тиску в циліндрі і приводиться до візуально зручного діапазону 0...100 %. Тобто завжди один з циліндрів буде мати відносну компресію 100 % відносно інших циліндрів.

Необхідно відмітити, що на бар-графіках відображаються усереднені значення за кілька десятків, а то і сотень циклів, з чого випливає, що на бар-графіках несправності, що рідко проявляються, будуть важко помітні. Тобто в будь-якому випадку слід звертати увагу безпосередньо на графіки прискорення, так як бар-графіки дозволяють оцінити стан тільки постійно неефективно працюючого циліндра на холостих або підвищених обертах.

Також слід пам'ятати, що при аналізі відносної динамічної компресії її значення обчислюється не прямо, а на підставі прискорення, також слід враховувати, що при вимкненому запалюванні двигуна під час рівношвидкованого обертання КВ, крім герметичності циліндрів, на обертання КВ так само впливає ще ряд інших факторів. Тобто розраховані значення відносної динамічної компресії можуть дещо відрізнятись від відповідних значень компресії виміряних компресометром при прокручуванні двигуна стартером.

Розглянемо характерні зміни графіків ефективності роботи циліндрів при різних несправностях.

Несправні форсунки впорскування палива будуть відобразитися на графіку ефективності роботи циліндрів, як показано на рис. 2.6 і 2.7.

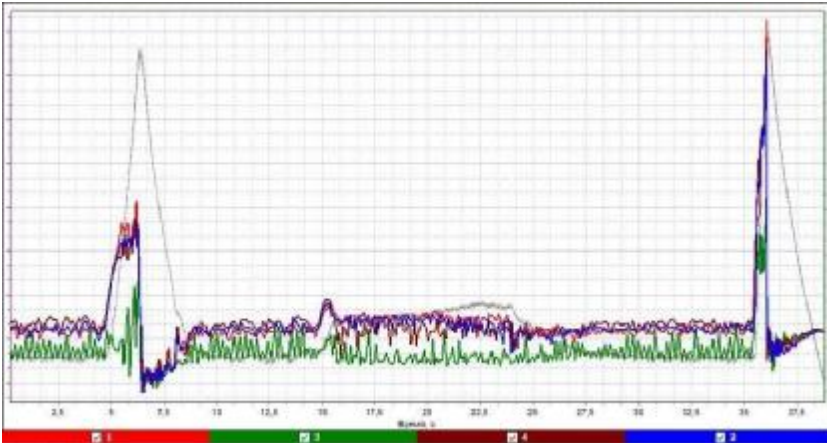


Рисунок 2.6 - Графік ефективності роботи циліндрів при несправній форсунці третього циліндра

Для графіка ЕРЦ при несправній форсунці характерно те, що ефективність роботи циліндра з такою форсункою буде менша в порівнянні з іншими циліндрами на ділянці холостого ходу (ділянка 1 і 3) і на ділянці під час навантаження (ділянка 2 і початок ділянки 4 до вимкнення системи запалювання). Але в кінці ділянки 4, після вимкнення системи запалювання, ефективність такого циліндра (динамічна компресія) буде співставна з іншими циліндрами, за умови що герметичність цього циліндра також в нормі. Тобто, у разі якщо форсунка мало впорскує, тоді її циліндр відстає по ефективності роботи як на холостих обертах, так і під час навантаження. Тобто, якщо форсунка мало впорскує, то мало впорскує завжди.

При забитій форсунці на графіку ЕРЦ видно як вона на підвищених обертах намагається внести свій внесок в ефективність роботи, але необхідної кількості палива не вистачає, робоча суміш збіднюється і на графіку ефективності виникають провали в роботі циліндра при високих оборотах під навантаженням.

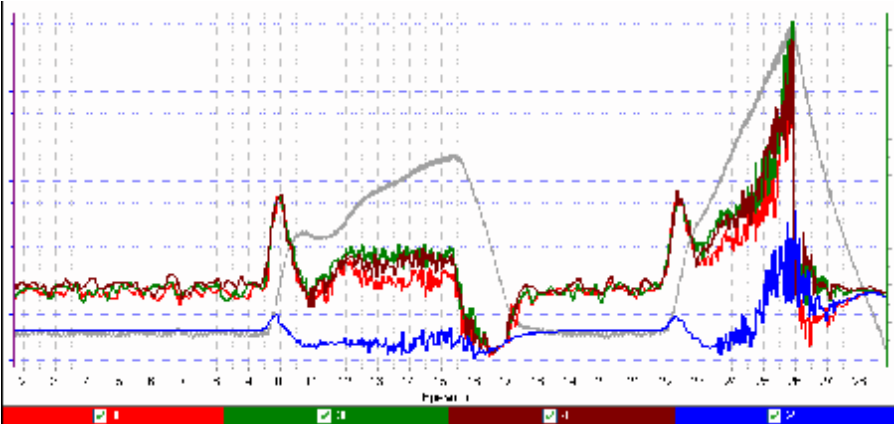


Рисунок 2.7 - Замикання дроту управління форсунки другого циліндра на «масу» внаслідок його пошкодження

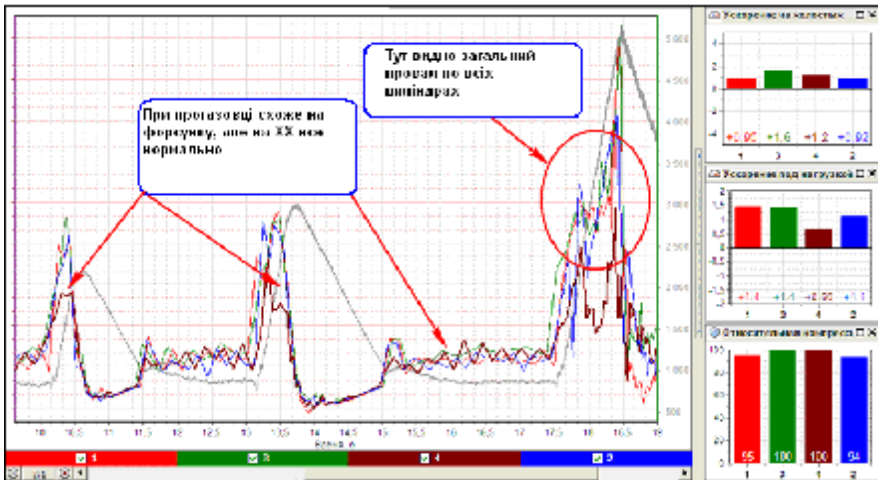


Рисунок 2.8 - Недостатня продуктивність бензонасоса

На рис. 2.8 представлений графік ефективності роботи циліндрів при малій продуктивності бензонасоса через дуже сильне забруднення сітки фільтра насоса, який замість необхідних 3,8 бар видавав тиск в систему близько 2 бар навіть на холостому ходу.

При даній несправності діагностичний сканер фіксував помилку за пропусками займання в 4-му циліндрі. При тесті на ЕРЦ при підвищених обертах проявляється несправність характерна для форсунки, також видно загальний провал по всіх циліндрах при різкому збільшенні обертів.

Більш ретельний аналіз роботи двигуна, при знятті форсунок і бензонасоса показав, що форсунка 4-го циліндра мала меншу продуктивність чим форсунки інших циліндрів. Таким чином на холостих обертах, коли бензонасос ще забезпечував допустимий тиск палива в системі, цього палива вистачало для нормальної роботи 4-го циліндра. При цьому вже при малому збільшенні обертів тиск в системі (паливній рампі) трохи знижується, внаслідок чого палива для форсунки 4-го циліндра вже не вистачає, в той час як для інших справних форсунок цього тиску ще достатньо. Але при сильному збільшенні обертів падіння тиску в паливній рампі значне і вже для всіх циліндрів не вистачає палива, що видно по провалу на ділянці 4 графіка ефективності роботи циліндрів рис. 2.8.

Характерною відмітною рисою несправності системи запалювання на графіку ефективності роботи циліндрів є значне різке та періодичне зниження то підвищення ефективності роботи циліндра рис. 2.9-2.11.

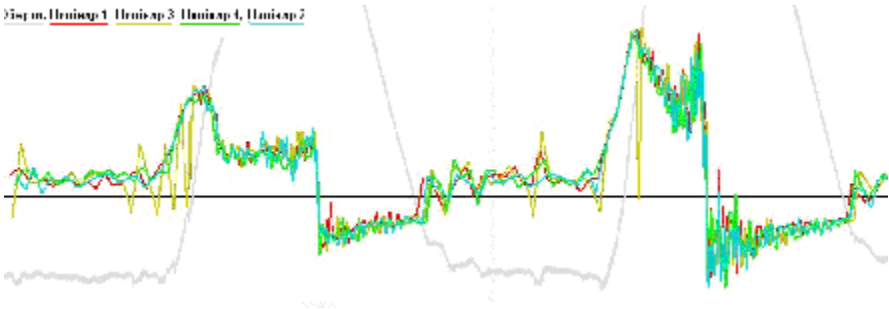


Рисунок 2.9 - Графік ЕРЦ з проблемою іскроутворення в 3-му циліндрі двигуна

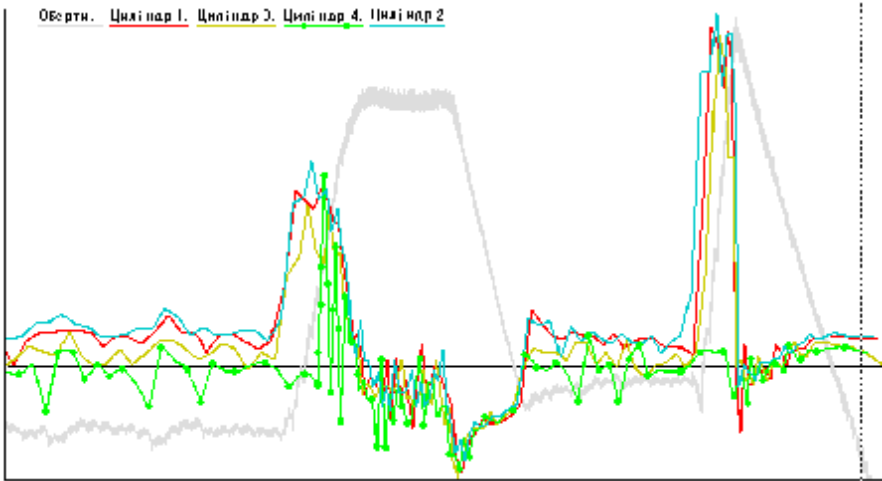


Рисунок 2.10 - Графік ефективності роботи циліндрів при збільшеному зазорі в свічі запалювання 4-го циліндра двигуна (1,4 мм - в 4-му циліндрі, 0,9 мм - у решті циліндрів)

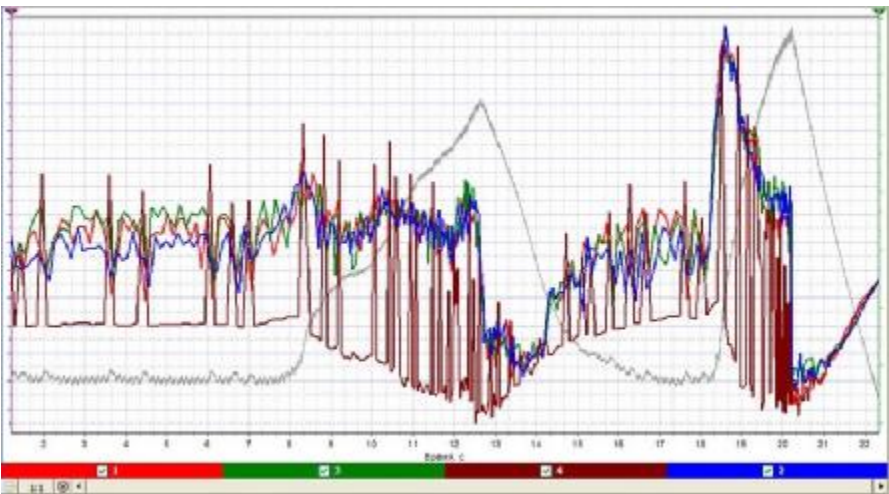


Рисунок 2.11 - Графік ЕРЦ при маленькому зазорі у свічі 4-го циліндра двигуна

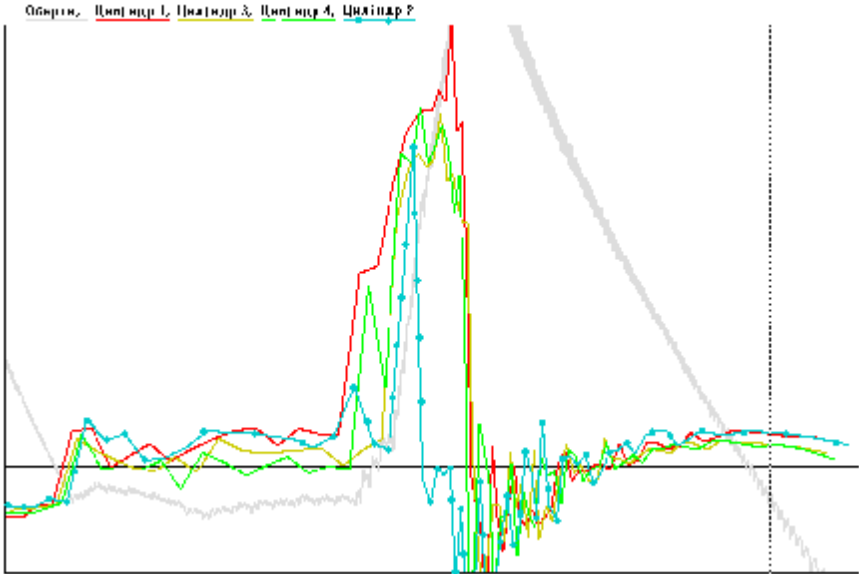


Рисунок 2.12 - Графік ЕРЦ при відмові свічі запалювання 2-го циліндра двигуна

При аналізі графіків ефективності роботи циліндрів необхідно пам'ятати що деякі несправності системи запалювання проявляються тільки на режимах підвищеного навантаження, як наприклад на рис. 2.12. З графіка рис. 2.12 видно, що хоч циліндр 2 має найкращі показники ефективності роботи на холостому ході і кращу динамічну компресію, але при підвищених обертах відбувається відключення циліндра через відмову свічі.

На порушення герметичності циліндрів, а значить і на зниження компресії, однозначно вказує падіння ефективності роботи циліндрів на при кінці ділянки 4 після вимкнення системи запалювання, (так звана ділянка вибігу колінчастого валу) з відповідним зниженням ЕРЦ на ділянках 1, 2, 3 та 4, а інколи лише на ділянках 1 та 3.

При цьому слід звернути увагу, що якщо значення ЕРЦ невелике на всіх режимах роботи двигуна (ділянки 1, 2, 3 та 4), то негерметичність та витік слід шукати в ГРМ (рис. 2.13, 2.14), але якщо ж при збільшенні обертів двигуна, ЕРЦ зростає на ділянці 2 і початку ділянки 4 і при цьому приймає значення як і у справних циліндрів, то це вказує на негерметичність та витік в ЦПГ (рис. 2.15, 2.16).

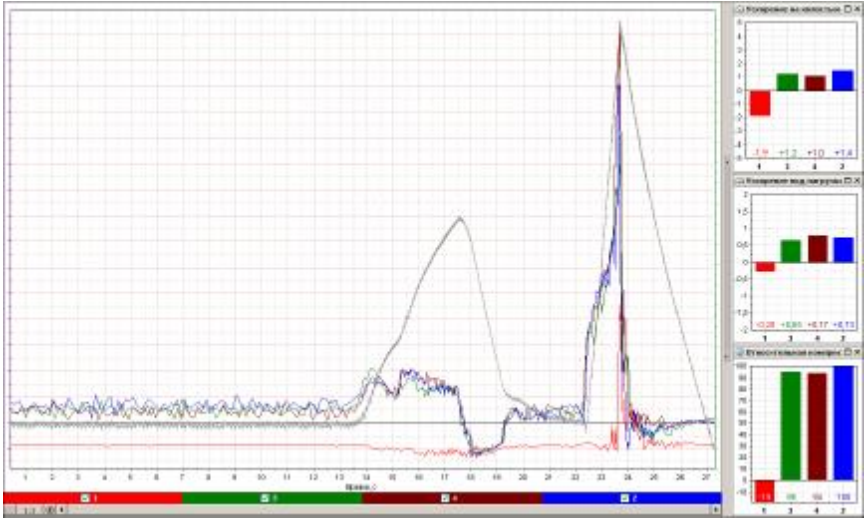


Рисунок 2.13 - Графік ЕРЦ при прогарі клапана 1-го циліндра двигуна

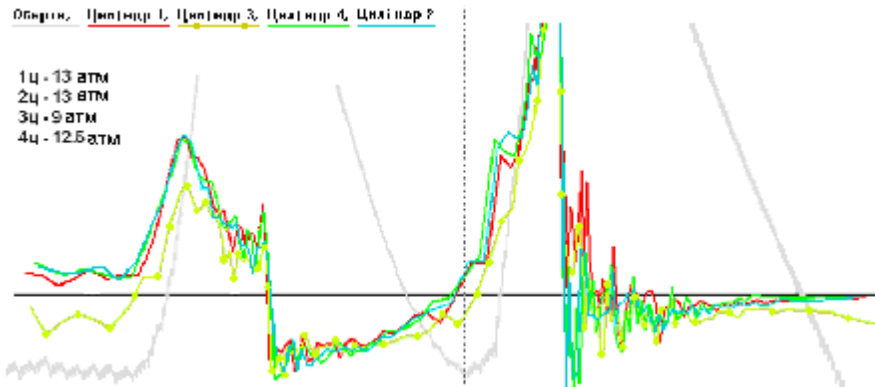


Рисунок 2.14 - Графік ЕРЦ при нещільному приляганні клапана 3-го циліндра двигуна

Аналізуючи рис. 2.14 на перший погляд можна зробити висновок, що зниження ефективності роботи 3-го циліндра пов'язано з втратами робочої суміші в ЦПГ. При більш детальному аналізі можна побачити, що ЕР третього циліндра хоч і підвищується зі збільшенням обертів (ділянка 2), але не досягає рівня справних циліндрів, і лише на найбільших обертах (понад 3000 об/хв.) його ЕРЦ піднімається до рівня справних циліндрів (ділянка 4) і то з деяким запізненням. Це пов'язано з тим, що за менший проміжок часу менше знижується тиск через нещільно прилягаючий клапан.

Аналізуючи графіки ЕРЦ рис. 2.15 бачимо, що наприкінці ділянки 4 найгіршу динамічну компресію має третій циліндр. Також у нього гірші показники ЕРЦ на холостому ході (ділянка 1 і 3), але разом з тим зі збільшенням обертів і при підвищенні навантаження ЕРЦ підвищується і стає на рівні з справними циліндрами. Таким чином можемо зробити висновок, що під дією великого тиску внаслідок згорання робочої суміші поршневі кільця ущільнюються в своїх канавках, тобто відбувається динамічне ущільнення сполучення циліндр-поршень.

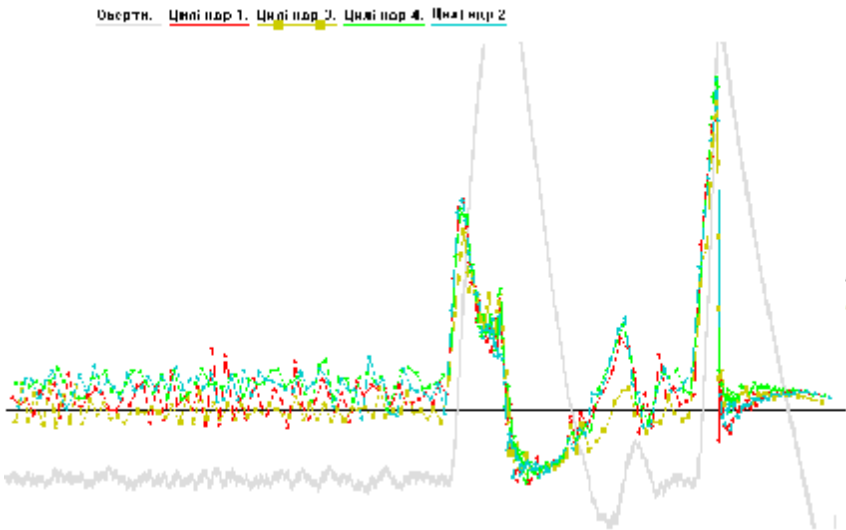


Рисунок 2.15 - Графік ЕРЦ при нещільності ЦПГ в 3-му циліндрі двигуна



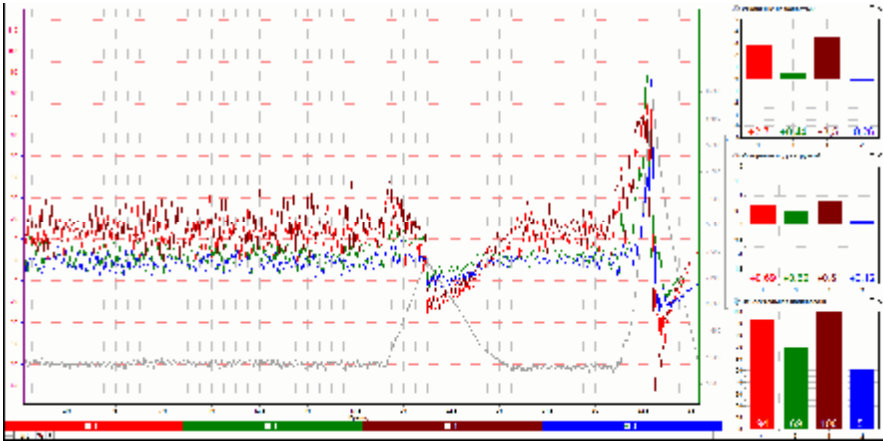


Рисунок 2.16 - Графік ЕРЦ при прогарі перемички прокладки, головки блоку циліндрів, між 2-им і 3-ім циліндром

### Контрольні запитання для самоперевірки

1. Як і за рахунок чого забезпечується рівномірність роботи в багатоциліндрових двигунах?
2. Від чого залежить вибір порядку роботи двигуна?
3. Якими фізичними параметрами оцінюється ефективність роботи циліндрів?
4. Що буде впливати на рівномірність обертання колінчастого валу при вимиканні системи запалювання двигуна?
5. Які параметри впливають на прискорення колінчастого валу?
6. Які сигнали датчиків дозволяють оцінити нерівномірність обертання колінчастого валу?
7. Як правильно отримати сигнал ДПКВ для аналізу ЕРЦ?
8. Які параметри і на яких ділянках можна оцінити з графіка ЕРЦ?
9. Які параметри зазвичай вказують на панелі статистики програми мотортестера для аналізу ЕРЦ?
10. Чому дані з панелі статистики не завжди можуть бути досить точними?

11. Чи збігаються значення розрахованої динамічної компресії із значеннями компресії вимірюваних компресометром при прокрутці і чому?

12. Яке характерне відображення ЕРЦ при несправній паливній форсунці?

13. Яке характерне відображення графіка ЕРЦ при несправній системі запалювання?

14. Яке характерне відображення графіка ЕРЦ при вибоках в ГРМ?

15. Яке характерне відображення графіка ЕРЦ при вибоках в ЦПГ?

### **2.3 Інструмент, прилади, обладнання:**

- бензиновий автомобільний двигун з ДПКВ;
- ноутбук;
- мотортестер;
- набір вимірювальних шупів;
- дріт для заземлення.

### **2.4 Порядок виконання роботи**

2.4.1 Прогріти двигун до робочої температури.

2.4.2 Включити ноутбук і під'єднати до нього мотортестер.

2.4.3 До аналогового каналу мотортестера приєднати вимірювальний шуп.

2.4.4 До логічного каналу мотортестера приєднати шуп для синхронізуючого сигналу так звана мітка першого циліндра.

2.4.5 Другий кінець вимірювального щупа приєднати до ДПКВ.

2.4.6 Другий кінець синхронізуючого щупа приєднати до високовольтного дроту свічі запалювання першого циліндра.

2.4.7 Заземлити мотортестер. Для чого його вивід "земля" за допомогою дроту з'єднати з "землею" двигуна що перевіряється.

2.4.8 Включити програму мотортестера і налаштувати його параметри.

2.4.8.1 Вхідний діапазон +/- 50 В (амплітуда різних ДПКВ може змінюватись від одиниць до сотень Вольт, тому вхідний діапазон необхідно вибрати залежно від типу ДПКВ).

2.4.8.2 Частота дискретизації: 200 кГц (мінімальну частоту дискретизації необхідно вибрати з наступного співвідношення: кількість зубів ДПКВ  $\times$  2 кГц, наприклад для ДПКВ 60-2,  $60 \times 2$  кГц = 120 кГц. Чим більше частота дискретизації, тим точніше розрахунки).

2.4.8.3 Режим запису: самозаписувач.

2.4.9 Налаштувати логічний канал для отримання стабільного сигналу мітки першого циліндра.

2.4.10 Запустити двигун. Натиснути кнопку «Запис» (Пуск) на мотортестері.

2.4.10.1 Дати двигуну попрацювати 3-5 секунд на холостому ході.

2.4.10.2 Плавно збільшити обертів до 3000 об/хв.

2.4.10.3 Повністю відпустити педаль газу, щоб оберти знизилися до холостих.

2.4.10.4 Натиснути педаль газу до упору.

2.4.10.5 Як тільки оберти піднімуться вище 3000 об/хв. вимкнути запалювання двигуна, але не відпускати педаль газу (дросельна заслонка повинна бути відкрита).

2.4.11 Зупинити запис мотортестера, після зупинки двигуна.

2.4.12 Провести аналіз отриманої осцилограми сигналу ДПКВ.  
Для цього:

2.4.12.1 В інтерфейсі програми мотортестера перейти на закладку «Ефективність роботи циліндрів».

2.4.12.2 Задати порядок роботи циліндрів двигуна.

2.4.12.3 Задати кут випередження запалювання. Значення кута випередження запалювання необхідно задати як змога точніше для холостих обертів (паспортні дані на ДВС), так як на підставі заданого значення розраховується позиція ВМТ.

2.4.12.4 Вказати канали на які подано сигнали з ДПКВ і датчика першого циліндра.

2.4.12.5 Вказати номер циліндра синхронізації (синхронізуватися можна з будь-якого циліндру). В якості сигналу синхронізації може використовуватися будь-який сигнал на підставі якого можливо однозначно ідентифікувати циліндр синхронізації протягом робочого циклу.

В якості циліндра синхронізації також може виступати будь-який циліндр (не обов'язково перший) номер якого присутній в заданому порядку роботи циліндрів. При використанні в якості сигналу синхронізації сигналів не з ВВ дроселів, необхідно відповідним чином скорегувати значення КВЗ, тобто задати інтервал в градусах від сигналу синхронізації до ВМТ циліндра по роботі якого виконується синхронізація.

2.4.12.6 Запустити аналіз ефективності роботи циліндрів, для чого необхідно натиснути на кнопку "Аналіз".

2.4.12.7 Висновки занести в звіт по лабораторній роботі.

2.4.13 Від'єднати щупи датчиків і дроти від двигуна і мотортестера.

2.4.14 Зробити скріншоти отриманої осцилограми ДПКВ і ефективності роботи циліндрів. Роздрукувати їх і вклеїти у звіт.

Оформлення звіту до лабораторної роботи № 2  
«Визначення ефективності роботи циліндрів за нерівномірністю обертання колінчастого валу ДВЗ»

Мета роботи: \_\_\_\_\_

Теоретичні відомості: \_\_\_\_\_

Інструмент, прилади, обладнання: \_\_\_\_\_

Модель двигуна або автомобіля: \_\_\_\_\_

Скріншоти отриманої осцилограми ДПКВ і МПЦ, а також ЕРЦ:  
\_\_\_\_\_

Висновки. \_\_\_\_\_

### **3 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3 ПЕРЕВІРКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЦИЛІНДРОПОРШНЕВОЇ ГРУПИ БЕНЗИНОВОГО ДВИГУНА ЗА РОЗРІДЖЕННЯМ У ВПУСКНОМУ КОЛЕКТОРІ**

#### **3.1 Мета роботи:**

- вивчити які параметри технічного стану ДВЗ відображаються на осцилограмі розрідження ДВЗ;
- вивчити методику правильного виміру осцилограми розрідження ДВЗ;
- вивчити характерні точки і ділянки осцилограми розрідження ДВЗ;
- засвоїти практичні прийоми аналізу осцилограм тиску розрідження ДВЗ.

### 3.2 Теоретичні відомості

Терміни «абсолютний тиск» і «розрідження» часто викликають плутанину, також досить часто доводиться чути фразу «від'ємний тиск». Це неправильно - тиск або є, або його немає (абсолютний вакуум). *Тиск від'ємним бути не може!* Абсолютний тиск у вакуумі дорівнює нулю, а атмосферний тиск дорівнює 101 кПа (1 атмосфера). У впускному колекторі на холостому ходу (дросьельна заслонка закрыта) тиск нижче атмосферного (тобто нижче 101 кПа), але вище абсолютного вакууму (0 кПа).

Розрідженням називають різницю між атмосферним тиском і фактичним тиском у впускному колекторі.

Виробники автомобілів нормують абсолютний тиск у впускному колекторі на холостому ходу при справному двигуні на рівні 20 кПа (автомобілі типу ВАЗ - на рівні 40 кПа). Розрідження при цьому становить 81 кПа (101 кПа - 20 кПа = 81 кПа). Для ВАЗів відповідно 61 кПа (нажаль, технологія виготовлення не дозволила отримати розрідження, що відповідає рівню світових виробників). Абсолютний тиск у 20 кПа (розрідження 81 кПа) вважається нормою, але на практиці для відремонтованого двигуна можна вважати правильним абсолютний тиск 30 кПа (розрідження 71 кПа).

Вимір величини розрідження у впускному колекторі є одним із ефективних методів діагностики двигуна автомобіля. Розрідження в камері згорання і у впускному колекторі утворюється під час руху поршня вниз, у такті впуску, і загальна величина складається з послідовних (за порядком роботи циліндрів) пульсацій, створюваних кожним циліндром по черзі. Фази газорозподілу двигуна підібрані таким чином, що окремі пульсації кожного циліндра створюють у впускному колекторі сили, що змішують повітря та паливо і які засмоктують робочу суміш у камеру згорання кожного циліндра. Крім цього, сила вакууму використовується для приведення в дію різних додаткових механізмів, які розташовані в моторному відсіку або в салоні автомобіля.

Будь-яка несправність, що впливає на величину розрідження, створюваного двигуном, також вплине на загальну кількість повітря, що надходить у кожен циліндр. А це, у свою чергу, вплине на потужність і економічність двигуна, а також при цьому порушується робота додаткових вакуумних механізмів.

Розрідження у впускному колекторі можна виміряти двома способами:

- механічним способом тобто за допомогою вакуумметра що приєднується до магістралей впускного колектора або безпосередньо до нього;
- електричним способом, коли виміри проводяться за допомогою датчика розрідження на основі п'єзоелемента, при цьому сигнал з такого датчика записується мотортестером або осцилографом.

У даній лабораторній роботі вимірювання будуть проводитися за допомогою датчика розрідження (ДР) і мотор тестера або осцилографа.

Відомо, що практично всі процеси в ДВЗ періодичні, тобто повторюються через кожен робочий цикл, і в кожному циліндрі. З чого випливає, що при простому візуальному порівнянні сигналів, відповідних роботі кожного із циліндрів, можливо визначити “неробочий” циліндр, на підставі візуальної відмінності його сигналу від сигналів інших циліндрів. Іншими словами, якщо сигнали всіх циліндрів візуально однакові, то з великою часткою ймовірності можна припустити, що всі циліндри працюють добре (з набагато меншою ймовірністю, що всі циліндри працюють погано). У той же час якщо сигнал одного з циліндрів значно візуально відрізняється від інших сигналів циліндрів, то з великою часткою ймовірності можна припустити, що саме цей циліндр працює погано.

Візуальне порівняння забезпечує деяку універсальність, так як не прив'язано до конкретного сигналу, а засновано тільки на пошуку відмінностей в сигналах циліндрів.

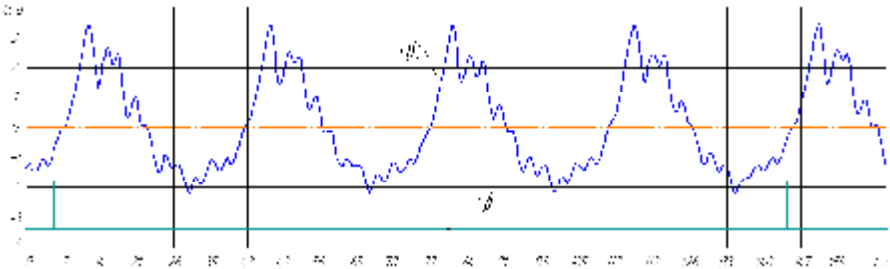
***При використанні датчика розрідження слід пам'ятати, що методика оцінки стану ЦПГ за пульсаціями розрідження у впускному колекторі працюючого двигуна припускає, що впускний клапан циліндра двигуна відкривається раніше, ніж закривається випускний клапан. Так само передбачається, що двигун не оснащений турбонаддувом або компресором.***

Як вже зрозуміло датчик розрідження призначений для отримання осцилограми, що відображає зміну розрідження у впускному колекторі бензинового двигуна по характерним точкам і ділянкам. Така осцилограма розрідження дозволяє визначити наступні параметри:

- взаємне положення колінчастого і розподільних валів;
- стан ущільнень циліндропоршневої групи;
- за градусною шкалою визначити деякі фази роботи ГРМ;
- відповідність взаємного положення задаючого зубчастого диска і датчика положення колінчастого вала;
- вимірювати і порівнювати моменти початку відкриття впускних клапанів кожного циліндра двигуна;
- вимірювати і порівнювати моменти кінця закриття впускних клапанів кожного циліндра двигуна;
- визначати тривалість фази перекриття клапанів для кожного циліндра двигуна.

Характерна осцилограма розрідження у впускному колекторі виглядає як на рис. 3.1.

В якості синхронізуючого сигналу, що дозволяє ідентифікувати циліндри двигуна у відповідності з порядком їх роботи, найчастіше застосовують сигнал з високовольтних дротів свічок системи запалювання двигуна. Порядком роботи циліндрів двигуна називають послідовність чергування тактів розширення в циліндрах.



а - сигнал з датчика розрідження, б - синхронізуючий сигнал (з високовольтного дроту свічки системи запалювання 1-го циліндра)

Рисунок 3.1 - Осцилограма розрідження у впускному колекторі (порядок роботи циліндрів двигуна 1-3-4-2)

Слід пам'ятати, що синхронізуючий сигнал з високовольтного дроту свічки системи запалювання відображає свій сигнал під час такту розширення в той час як ДР відображає свій сигнал під час впуску. Таким чином синхронізуючий сигнал буде вказувати на циліндр під час такту впуску, який знаходиться в так званій протифазі до такту розширення даного циліндру (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 - Порядок роботи циліндрів двигуна

Порядок роботи циліндрів двигуна	
по такту розширення	по такту впуску
1-3-4-2	4-2-1-3
1-2-4-3	4-3-1-2
1-2-5-3-4	5-3-4-1-2
1-5-3-6-2-4	6-2-4-1-5-3
1-5-4-2-6-3-7-8	6-3-7-8-1-5-4-2

Таким чином якщо синхронізуючий сигнал взятий із високовольтного дроту 2-го циліндру (порядок роботи циліндрів двигуна 1-3-4-2), то на осцилограмі розрідження (ОР) він буде вказувати на 3 циліндр, а не на другий циліндр табл. 3.1, відповідно якщо синхронізуючий сигнал взятий із високовольтного дроту 1-го циліндру то на осцилограмі розрідження він буде вказувати на 4 циліндр, а не на перший циліндр рис. 3.2 та табл. 3.1.

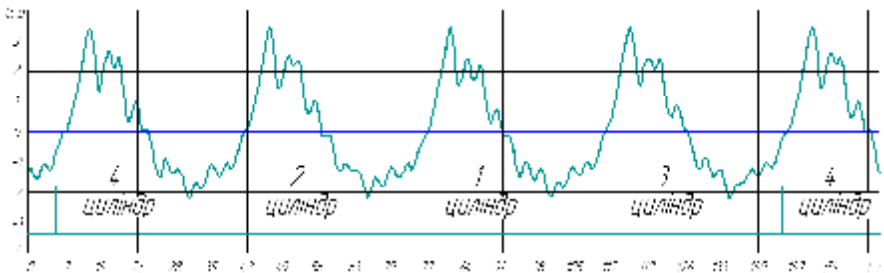
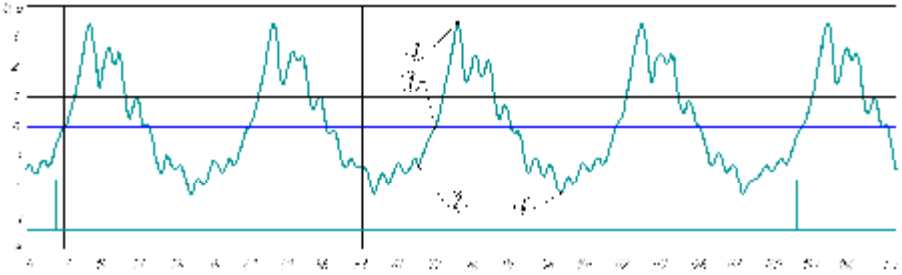


Рисунок 3.2 – Поділ осцилограми розрідження із впускного колектора у відповідності із циліндрами (порядок роботи циліндрів двигуна 1-3-4-2, синхронізуючий сигнал з високовольтного дроту свічі запалювання 1-го циліндру)

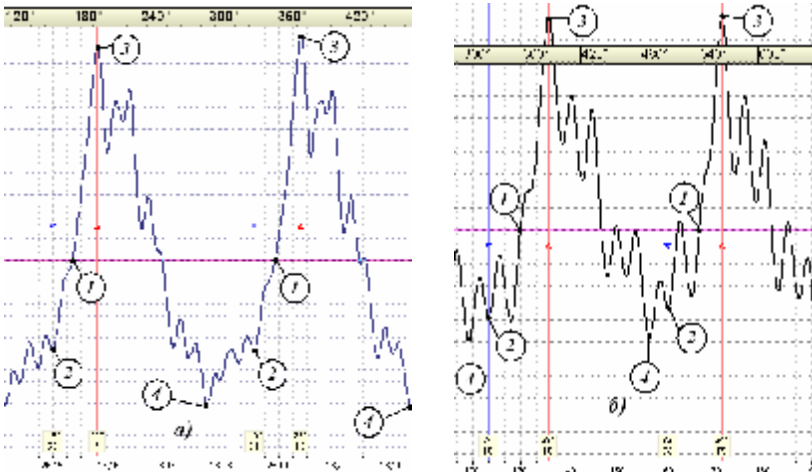
На осцилограмі розрідження (рис. 3.3) можна виділити наступні характерні точки.





точка 1 - ВМТ, відповідає переходу максимального наростаючого фронту сигналу (тиску у впускному колекторі) через рівень 0 В,  
 точка 2 - відкриття впускного клапана, відповідає першому локальному мінімуму (першій впадині) до ВМТ (у 16-ти клапанного двигуна - другому локальному мінімуму (другій впадині) до ВМТ),  
 точка 3 - закриття випускного клапана, відповідає першому локальному максимуму (першому піку) після ВМТ,  
 точка 4 - найнижча точка осцилограми, що відповідає створюваному розрідженню в циліндрі.

Рисунок 3.3 - Осцилограма розрідження у впускному колекторі із характерними точками



а - 8-ми клапанного ГРМ (один розподільний вал),  
 б - 16-ти клапанного ГРМ (два розподільних вала)

Рисунок 3.4 - Осцилограма розрідження

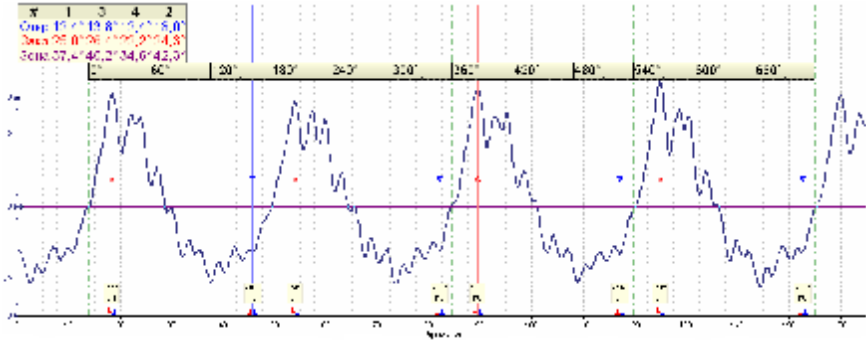


Рисунок 3.5 - Приклад аналізу осцилограми розрідження із проградуйованою лінійкою за допомогою програми мотортестера

Всі сучасні мотортестери і автомобільні осцилографи мають програмне забезпечення (рис. 3.5), яке дозволяє полегшити аналіз осцилограм розрідження в впускному колекторі. Такі програми зазвичай мають проградуйовані лінійки та рамки для встановлення цих лінійок за ВМТ, а також ці рамки і таблиці мають можливість відображати кути відкриття та закриття клапанів механізму ГРМ.

Розглянемо більш ретельно процеси, що відображені на осцилограмі розрідження. Зважаючи на те, що датчик розрідження приєднується безпосередньо до впускного колектору двигуна, то очевидно, що на осцилограмі розрідження знайде своє відображення такт впуску, а також за рахунок фази перекриття клапанів відобразиться безпосередньо як сама фаза перекриття так і такт випуску.

Під час такту впуску поршень рухається у напрямку від ВМТ до НМТ і за рахунок того, що при цьому впускний клапан відкритий, відбувається надходження паливо-повітряної суміші з впускного колектора через відкритий впускний клапан в циліндр. Але при роботі двигуна на холостому ході, дросельна заслонка і клапан холостого ходу майже закриті і створюють значну перешкоду для надходження повітря від повітряного фільтра у впускний колектор. Тому гази у впускному колекторі і, відповідно в циліндрі, що сполучається з ним через відкритий впускний клапан, сильно розріджується тобто величина тиску всередині впускного колектора і усередині циліндра

виявляється значно меншою величини атмосферного тиску (тобто виникає розрідження).

Таким чином, під час такту впуску величина тиску усередині циліндра значно менше величини атмосферного тиску. В середині такту впуску розрідження у впускному колекторі зростає до максимуму (тиск падає до мінімуму).

Під час такту випуску поршень рухається від НМТ до ВМТ, але за рахунок того, що при цьому випускний клапан відкритий, відпрацьовані гази в циліндрі не зменшуються, а "видавлюються" з циліндра через відкритий випускний клапан в випускний колектор, далі в випускну систему і в атмосферу. Тому, під час такту випуску, величина тиску усередині циліндра близька до величини атмосферного тиску і перевищує його на 0,1...0,3 бар при роботі двигуна на обертах холостого ходу без навантаження.

Як під час такту впуску, так і безпосередньо перед початком фази перекриття клапанів, тиск усередині циліндра близький до атмосферного тому, що сполучення між внутрішнім об'ємом циліндра і атмосферою все ще присутнє, через випускний клапан який ще не заклався, випускний колектор і випускну систему. На початку фази перекриття клапанів починає відкриватися випускний клапан, і за рахунок цього, виникає сполучення між внутрішнім об'ємом циліндра і внутрішнім об'ємом впускного колектора.

На початку фази перекриття клапанів (коли починає відкриватися випускний клапан, а випускний клапан все ще відкритий) тиск усередині циліндра близький до атмосферного, а тиск у впускному колекторі значно менше атмосферного тиску, тобто в цей час у впускному колекторі маємо розрідження. А так як при цьому випускний клапан відкриває канал, що створює сполучення між внутрішнім об'ємом циліндра і внутрішнім об'ємом впускного колектора, то гази з циліндра починають перетікати у впускний колектор.

За рахунок початку надходження газів з циліндра у впускний колектор, починаючи з моменту відкриття впускного клапана, розрідження всередині впускного колектора починає зменшуватися (тиск починає збільшуватися). Момент початку падіння розрідження у впускному колекторі відзначений на осцилограмі точкою 2 (рис. 3.3, 3.4).

Із-за постійного надходження газів з випускного колектора в циліндр, а звідти у впускний колектор, тиск усередині впускного

колектора продовжує підвищуватися (розрідження продовжує зменшуватися). Зменшення розрідження у впускному колекторі триває до моменту повного закриття впускного клапана точка 3.

Тільки починаючи з моменту закриття впускного клапана, процес "підсмоктування" газів у впускний колектор з впускного колектора через відкритий впускний клапан → внутрішній об'єм циліндра → відкритий впускний клапан припиняється.

Поршень при цьому продовжує рухатися за напрямом від ВМТ до НМТ, збільшуючи таким чином величину внутрішнього об'єму циліндра. Збільшення внутрішнього об'єму циліндра призводить до деякого падіння тиску усередині циліндра, що компенсується за рахунок "засмоктування" газів в циліндр з впускного колектора.

Таким чином, у момент закриття впускного клапана (наприкінці фази перекриття клапанів) надходження газів у впускний колектор з циліндра припиняється і починається відвід газів з впускного колектора в циліндр. За рахунок виникнення відводу газів з впускного колектора в циліндр, тиск усередині впускного колектора починає зменшуватися (розрідження всередині впускного колектора починає наростати). Момент початку збільшення розрідження у впускному колекторі відзначений на осцилограмі точкою 3 (рис. 3.3, 3.4).

Слід відзначити те, що висота підйому клапанів під час фази перекриття клапанів незначна - впускний клапан вже майже закритий, а впускний клапан тільки почав відкриватися. Відповідно, кількість газів, що надходять під час фази перекриття клапанів з впускного колектора у впускний колектор, незначна.

По зміщенню точок відкриття і закриття клапанів ми можемо судити про величину теплових зазорів, стан гідрокомпенсаторів і знос кулачків розподільного валу.

Якщо зазор впускного клапана збільшений - клапан буде закриватися раніше, ніж в інших циліндрах і вершина осцилограми точка 3 зміститься вліво відносно точки 1, при цьому буде нижчою, ніж інші, тому що втрата вакууму припиниться раніше (рис. 3.6).

Якщо у впускному клапані зазор буде збільшеним - клапан почне відкриватися пізніше і точка 2 зміститься вправо (рис. 3.6).

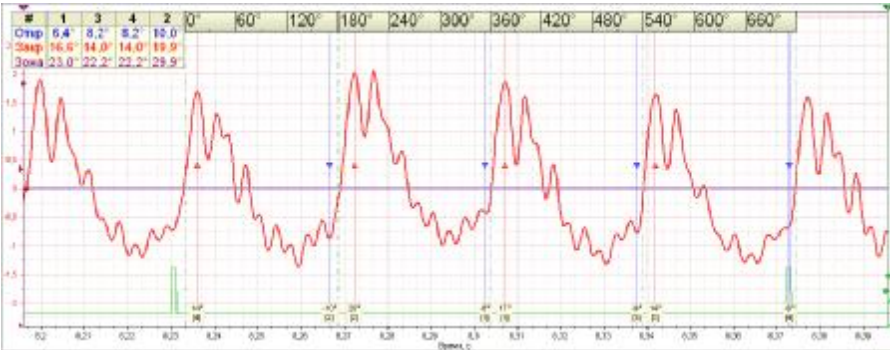


Рисунок 3.6 - Приклад осцилограми розрідження із порушенням регулювання клапанів в 2-му циліндрі

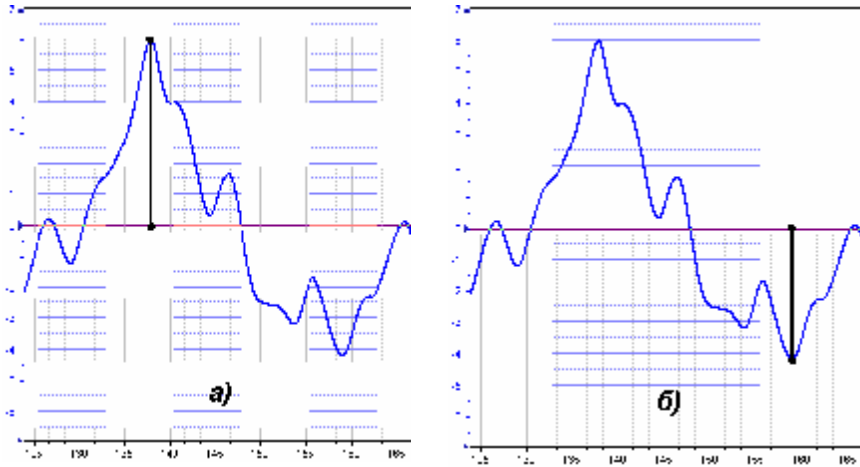
Осцилограма розрідження дозволяє побачити відносну компресію в кожному циліндрі двигуна. Даним способом ми отримуємо не числове значення компресії в циліндрах двигуна, а лише її відносну величину. Порівнюючи амплітуди сигналів осцилограми ми зможемо побачити де амплітуда більше або менше тобто в якому циліндрі більша або менша компресія.

При вимірюванні відносної компресії по осцилограмі розрідження можна побачити два типи компресії.

1. Компресія на перекритті - це величина яка зворотно пропорційна втратам на фазі перекриття клапанів (рис. 3.7 а). При фазі перекриття клапанів у впускний колектор надходять випускні гази через щойно почавши відкриватися впускний клапан із циліндра, що перебуває у такті випуску. Чим більше відпрацьованих газів потрапить у впускний колектор, тим більше буде амплітуда сигналу з ДР (верх осцилограм, тобто точка 3) - тим гірше компресія в циліндрі на перекритті. У більшості випадків цей параметр вказує на більш раннє відкриття впускного клапана або пізніше закриття випускного клапана системи ГРМ.

2. Компресія на впуску - це величина яка пропорційна розрідженню у такті впуску (рис. 3.7 б). При такті впуску поршень рухається вниз, втягуючи через відкритий впускний клапан суміш із впускного колектора, тим самим зменшуючи тиск у впускному колекторі. Чим більше розрідження поршень створить в циліндрі, тим більше буде амплітуда сигналу з ДР (низ осцилограм, тобто точка 4),

значить і тим краще буде компресія. Тобто чим краще стан циліндропоршневої групи, то тим більше розрідження буде в циліндрі двигуна. Даний параметр максимально близький до традиційного визначення компресії в циліндрах двигуна.



а- компресія на перекритті,  
б - компресія на впуску

Рисунок 3.7 - Вимірювання компресії по осцилограмі розрідження

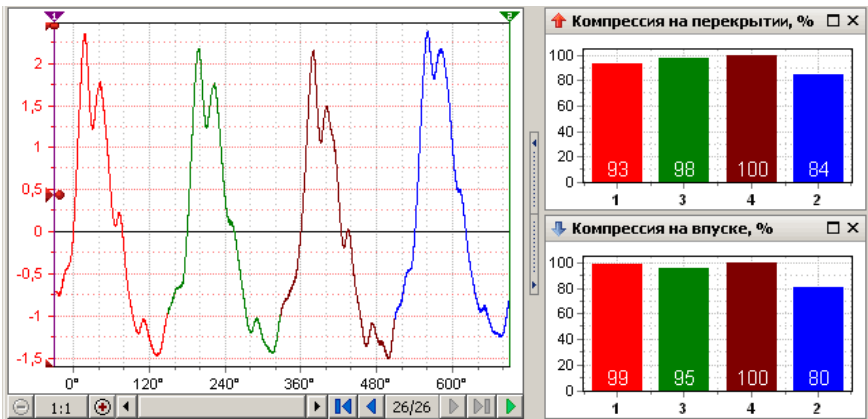
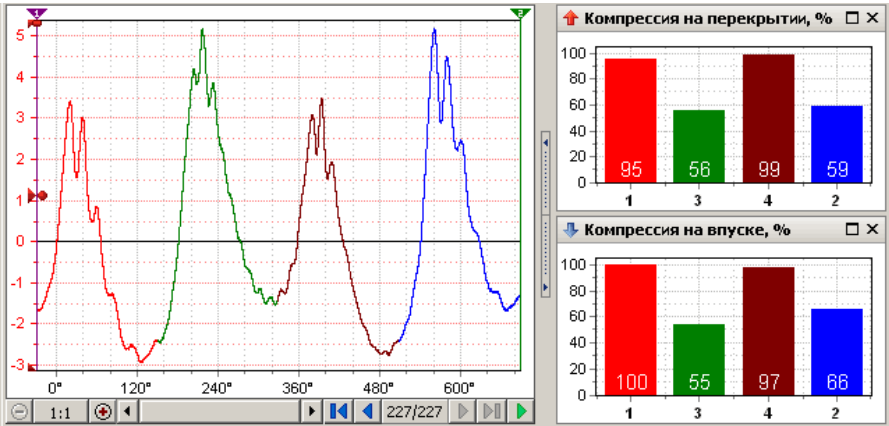


Рисунок 3.8 - Прогар клапана в 2-му циліндрі



1 циліндр -11 атм., 2 циліндр -6 атм., 3 циліндр - 5 атм., 4 циліндр – 11 атм.  
Рисунок 3.9 - Порушення компресії в циліндрах двигуна

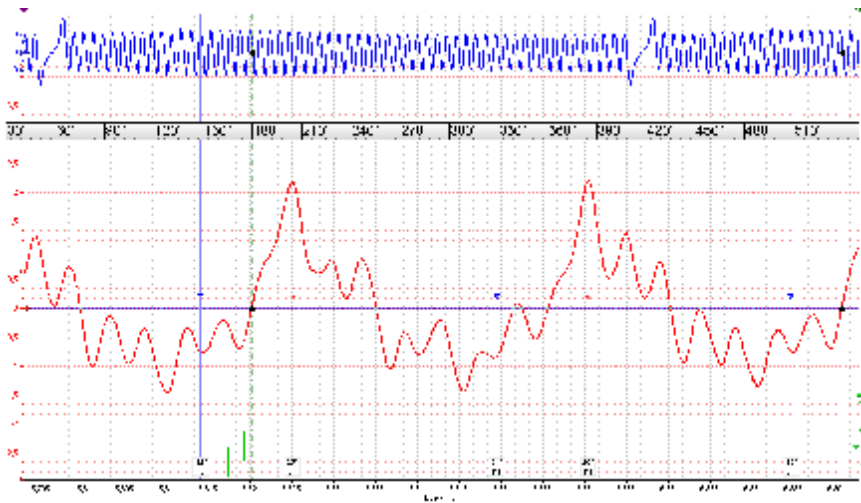


Рисунок 3.10 - Осцилограма розрідження спільно з сигналом ДІПКВ.  
Розподільний вал встановлено вірно

Осцилограма розрідження, яка отримана за допомогою ДР та знята спільно із сигналом датчика положення колінчастого вала (ДПКВ) дозволяє перевірити правильність синхронізації розподільного вала і колінчастого вала двигуна.

Дана методика заснована на співставленні ВМТ за ОР, та ВМТ за сигналом ДПКВ. У переважній більшості випадків для 4-х циліндрових двигунів за ДПКВ верхньою мертвою точкою є 20 зуб установочного диска, а відповідно і зубці (піки) осцилограми сигналу з ДПКВ. У деяких 4-х циліндрових двигунах це може бути 15-ий, а іноді і 10-ий зуб.

Якщо ВМТ за ДПКВ співпадає із ВМТ осцилограми розрідження (із т.1), то розподільний вал встановлено вірно відносно колінчастого вала (рис. 3.10).

При неправильному встановленні розподільного вала, ВМТ за датчиком розрідження (точка 1) зміщується щодо ВМТ за ДПКВ вперед або назад. За умови, що ДР відкалібрований механічним або програмним способом, на автомобілі із правильно встановленим розподільним валом.

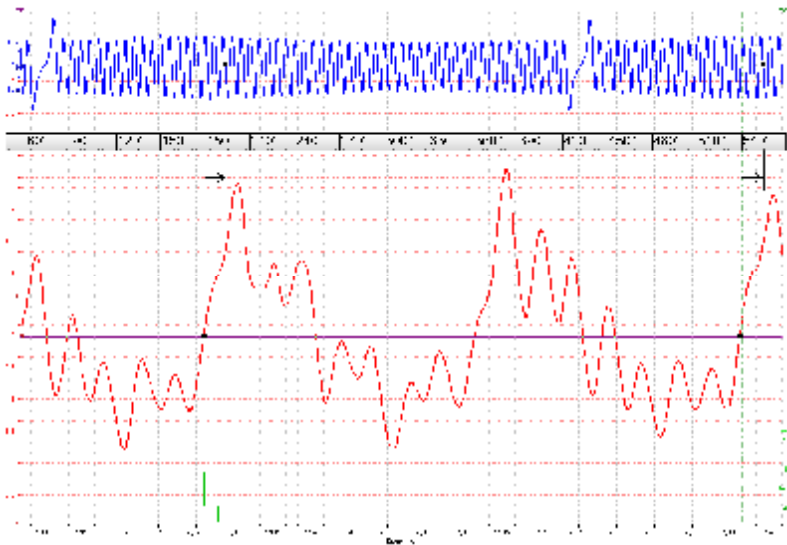


Рисунок 3.11 - Осцилограма розрідження спільно із сигналом ДПКВ.  
Розподільний вал встановлено на 1 зуб вперед



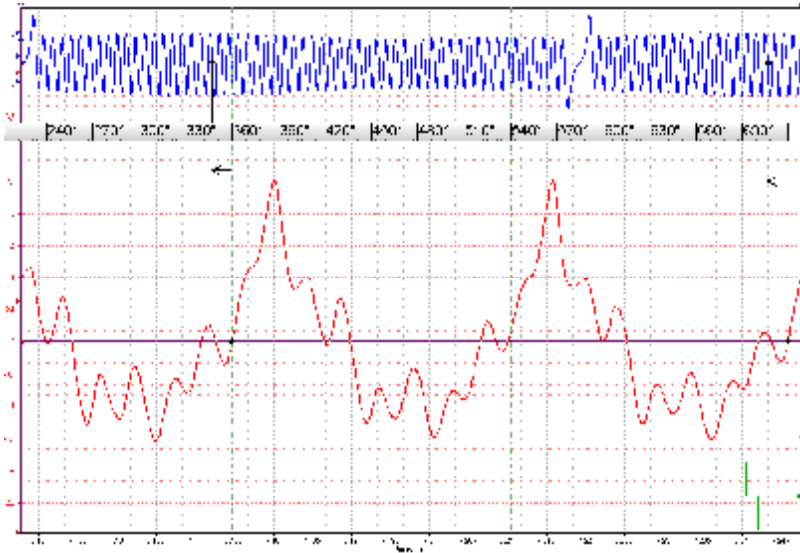
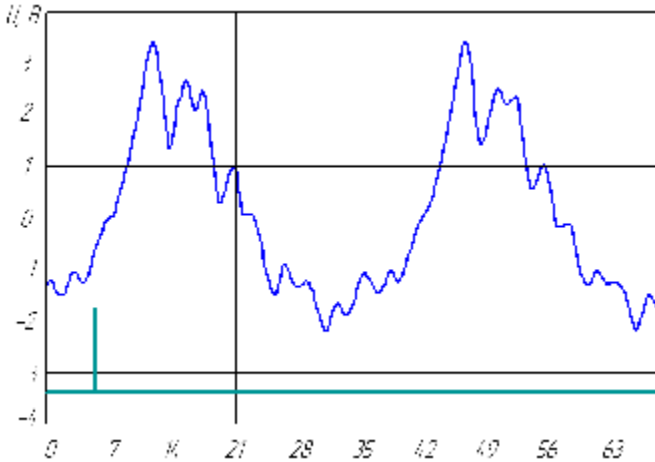


Рисунок 3.12 - Осцилограма розрідження спільно із сигналом ДПКВ.  
Розподільний вал встановлено на 1 зуб назад

### Контрольні запитання для самоперевірки

1. Що таке розрідження? Яке його середнє значення для впускного колектора двигуна на холостих обертах?
2. Який принцип покладено в візуальне порівняння сигналів по циліндрам?
3. Які параметри дозволяє визначити осцилограма розрідження (ОР)?
4. Як правильно інтерпретувати сигнал синхронізації на осцилограмі розрідження?
5. Покажіть на рисунку осцилограми розрідження характерні точки.



6. Чим відрізняється осцилограма розрідження 8-ми та 16-ти клапанного двигуна?

7. Яка величина тиску газів у впускному колекторі при такті впуску і чому вона така?

8. Яка величина тиску газів всередині циліндра двигуна при такті випуску і чому вона така?

9. Які процеси відбуваються всередині циліндра двигуна під час фази перекриття клапанів?

10. Де на ОР відображено момент початку падіння розрідження у впускному колекторі, чому і внаслідок чого виникає це падіння розрідження?

11. Де на ОР відображено момент початку росту розрідження у впускному колекторі, чому і внаслідок чого виникає це зростання розрідження?

12. Як величина теплових зазорів клапанів буде відображатися на ОР?

13. Як за допомогою ОР можна визначити відносну компресію в циліндрах двигуна?

14. Як за допомогою ОР перевірити правильність синхронізації розподільного валу і колінчастого валу двигуна?

### **3.3 Інструмент, прилади, обладнання:**

- бензиновий автомобільний двигун;
- датчик розрідження;
- ноутбук;
- осцилограф або мотортестер;
- набір вимірювальних шупів;
- дріт для заземлення.

### **3.4 Порядок виконання роботи**

3.4.1 Прогріти двигун до робочої температури.

3.4.2 Включити ноутбук і підключити до нього осцилограф.

3.4.3 До аналогових каналів осцилографа приєднати датчик розрідження і вимірювальний шуп (якщо двигун обладнаний ДПКВ),

3.4.4 До логічного каналу осцилографа приєднати шуп для синхронізуючого сигналу (мітка першого циліндра).

3.4.5 Датчик розрідження через короткий вакуумний патрубков приєднати до штуцера впускного колектора.

3.4.6 Другий кінець синхронізуючого шупа приєднати до високовольтного дроту свічі запалювання першого циліндра.

3.4.7 Якщо двигун обладнаний ДПКВ приєднати до нього вимірювальний шуп.

3.4.8 Заземлити осцилограф. Для цього його вивід "земля" за допомогою дроту з'єднати із "землею" двигуна, який перевіряється.

3.4.9 Включити програму осцилографа і налаштувати його параметри:

- вхідний діапазон + / - 5 В;
- частота дискретизації 5...10 КГц;
- режим запису - самозаписувач.

3.4.10 Налаштувати логічний канал для отримання стабільного сигналу мітки першого циліндра.

3.4.11 Натиснути кнопку «Запис» (Пуск) на осцилографі.

3.4.12 Запустити двигун. Двигун повинен працювати в режимі холостого ходу з обертами колінчастого вала 800-900 об/хв. Для аналізу осцилограми розрідження досить 30-60 секунд запису сигналу.

3.4.13 Вимкнути двигун.

3.4.14 Зупинити запис на осцилографі.

3.4.15 Провести аналіз отриманої осцилограми розрідження ДВЗ. Висновки занести до звіту по лабораторній роботі.

3.4.16 Від'єднати щупи і дроти від двигуна і осцилографа.

3.4.17 Від'єднати датчик розрідження від впускного колектора.

3.4.18 Зробити скріншоти отриманого сигналу з датчика розрідження та ДПКВ. Роздрукувати їх і вклеїти у звіт.

Оформлення звіту до лабораторної роботи № 3  
«Перевірка технічного стану циліндропоршневої групи  
бензинового двигуна за розрідженням у впускному колекторі»

Мета роботи: \_\_\_\_\_

Теоретичні відомості: \_\_\_\_\_

Інструмент, прилади, обладнання: \_\_\_\_\_

Модель двигуна або автомобіля: \_\_\_\_\_

Скріншоти отриманої осцилограми розрідження та сигналу  
ДПКВ в циліндрах: \_\_\_\_\_

Висновки: \_\_\_\_\_

## **4 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4 ПЕРЕВІРКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЦИЛІНДРОПОРШНЕВОЇ ГРУПИ ДВИГУНА ЗА ОСЦИЛОГРАМОЮ ТИСКУ В ЦИЛІНДРІ**

### **4.1 Мета роботи:**

- вивчити які параметри технічного стану ДВЗ відображаються на осцилограмі тиску в циліндрі;
- вивчити методику правильного виміру осцилограми тиску в циліндрі;
- вивчити характерні точки і ділянки осцилограми тиску в циліндрі;
- засвоїти практичні прийоми аналізу осцилограм тиску в циліндрі.

### **4.2 Теоретичні відомості**

Осцилограма тиску в циліндрі є одним із найбагатших джерел діагностичної інформації. Перш за все, слід зазначити, що ця осцилограма не відображає ті чи інші параметри механічної частини

двигуна безпосередньо. Вона відображає процес руху газів в циліндрі, по якому можна опосередковано судити про роботу механізму газорозподілу, стан циліндропоршневої групи, проходження випускного тракту. В подальшому наголос будемо робити на моменті відкриття, закриття або перекриття клапанів. При цьому потрібно розуміти, що це не є їх реальні геометричні кути, які обумовлені конструкцією розподільного валу. Це характерні точки газодинамічних процесів в циліндрі, що дають нам лише непряму інформацію. При цьому осцилограми тиску в циліндрі двигуна необхідно знімати на двигуні який працює на холостому ході при 800-900 обертах на хвилину.

Осцилограма тиску в циліндрі дозволяє визначити:

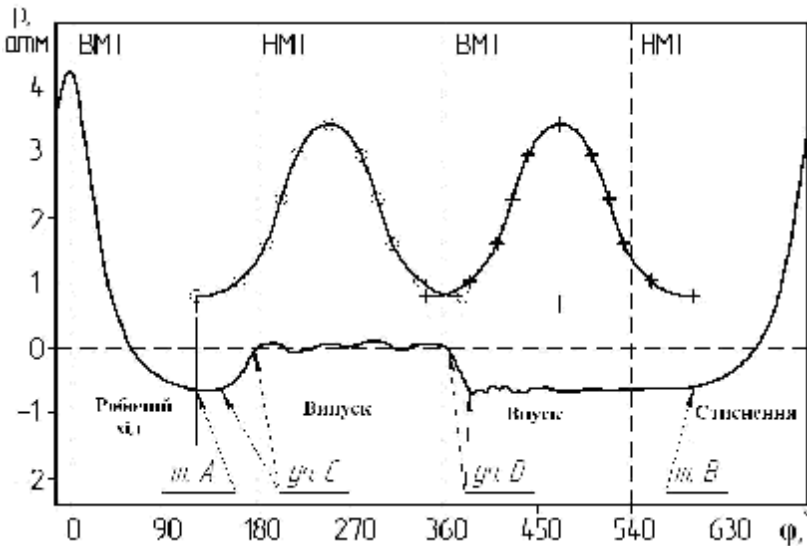
- реальний кут випередження запалювання по співвідношенню ВМТ і імпульсу високої напруги;
- стан механічної частини ЦПГ по різниці тисків до і після стиснення (приблизно);
- правильність встановлення випускного розподільного валу по куту відкриття випускного клапана;
- правильність встановлення впускного розподільного валу по положенню перекриття клапанів і моменту закриття впускного клапана;
- стан направляючої втулки випускного клапана за формою осцилограми;
- прохідність випускної системи за значенням тиску в момент випуску газів;
- наявність і значення вакууму у впускному колекторі;
- наявність ослаблення натягу ремня ГРМ із різниці кутів перекриття клапанів від кадру до кадру осцилограми, тобто від циклу до циклу в циліндрі двигуна.

Для отримання коректної осцилограми тиску в циліндрі необхідно прогріти двигун до робочої температури, встановити в досліджуваній циліндр датчик тиску замість вивернутої свічки запалювання, а високовольтний дріт цієї свічки встановити на розрядник. У випадку, коли двигун оснащений єдиним модулем запалювання на всі циліндри (деякі двигуни Opel, Peugeot, Renault), можна зняти модуль і встановити додаткові високовольтні дроти між його виводами та свічками запалювання, дотримуючись при цьому

запобіжних заходів. Якщо можливо, то потрібно від'єднати роз'єм від форсунки циліндра, що перевіряється, щоб перекрити подачу палива.

При аналізі осцилограм тиску в циліндрі в більшості випадків орієнтуються на дві характерні точки і дві характерні ділянки осцилограми рис. 4.1.

Розглянемо більш детально процеси, що відбуваються в циліндрі у відповідності з характерними точками і ділянками осцилограми тиску (рис. 4.1, 4.2).



т. А - момент початку відкриття випускного клапана, тобто це точка графіка тиску в циліндрі, починаючи з якої в циліндр починають надходити відпрацьовані гази з випускного колектора,

т. В - момент закінчення закриття випускного клапана,

ділянка С - ділянка графіка тиску в циліндрі, де відбувається надходження відпрацьованих газів з випускного колектора в циліндр,

ділянка D - ділянка графіка тиску в циліндрі, де відбувається надходження газів з циліндра у випускний колектор

Рисунок 4.1 - Осцилограма тиску в циліндрі (норма)

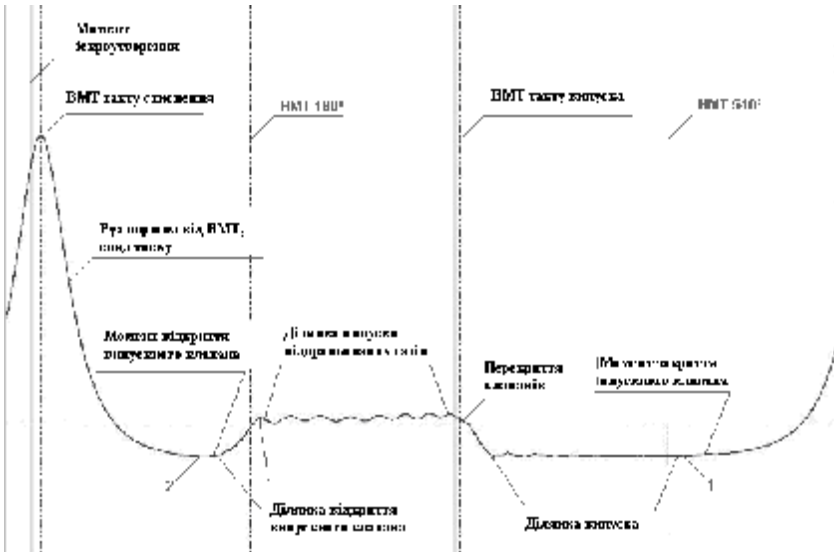
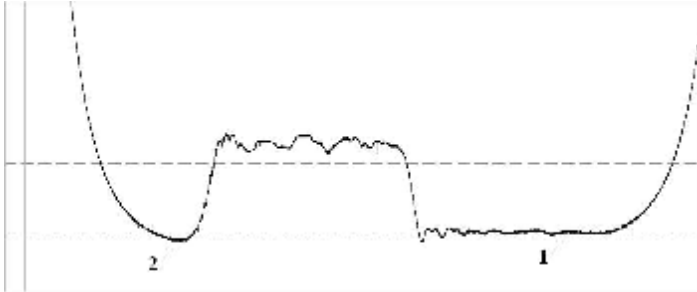


Рисунок 4.2 - Осцилограма тиску в циліндрі (норма)

Максимум тиску в циліндрі відповідає положенню поршня у верхній мертвій точці (ВМТ). ВМТ такту стиснення циліндра, що діагностується, приймаємо за нульову точку кута повороту колінчастого валу.

Перше, на що слід звернути увагу, це реальний кут випередження запалювання (КВЗ), який легко визначити, якщо в якості синхронізуючого сигналу використовувати сигнал (напругу) високовольтного дроту свічі запалювання досліджуваного циліндра. Ця наглядна «величина» співвідношення ВМТ і моменту іскроутворення незамінна при пошуку причин незапуску двигуна. Слід зауважити, що отриманий таким чином кут є реальним і може не збігатися із кутом, який відображається сканером. У разі великої розбіжності цих величин необхідно перевірити задаючий диск двигуна.

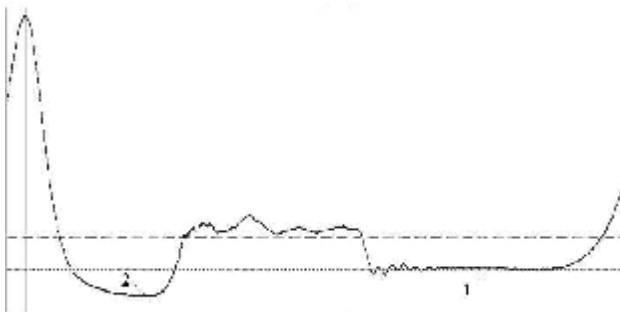
Друге, що потрібно зробити перед подальшим аналізом осцилограми тиску в циліндрі, це переконатися по ній у відсутності серйозних механічних проблем в циліндрі, що перевіряється (рис. 4.3, 4.4).



Тиск в циліндрі до стиснення (точка 1) перевищує тиск після стиснення (т. 2) це відбувається внаслідок наявності в досліджуваному циліндрі витіку через поршневі кільця, клапани або прогорілу прокладку головки блоку циліндрів.

Рисунок 4.3 - Осцилограма тиску в циліндрі

Зробити це можна шляхом порівняння тисків в точках 1 і 2. Зміст цієї методики полягає в наступному. При стисненні поршнем газів частина з них неминуче прорветься крізь ущільнення циліндра, внаслідок чого тиск в точці 2 щодо точки 1 впаде. У той же час, температура газів виросте унаслідок стиснення їх поршнем і контакту з гарячими стінками циліндра, що приводить до зростання тиску. Тому у справному двигуні тиск в точці 1 повинен приблизно дорівнювати тиску в точці 2. Якщо ж у циліндрі є серйозні механічні дефекти (прогар клапана, зламані кільця, несправність у механізмі газорозподілу), то тиск в точці 1 буде помітно вище тиску в точці 2 через значний витік стиснутих в циліндрі газів (рис. 4.3, 4.4).



Велика невідповідність тисків в точках 1 і 2.

В даному випадку виявилася зламана пружина клапана.

Рисунок 4.4 - Осцилограма тиску в циліндрі



Наведена вище методика є оціночною і серйозні висновки про стан ущільнень циліндра краще робити із використанням пневмотестера.

Якщо момент іскроутворення на місці і явних механічних дефектів не виявлено, то наступний крок це розгляд верхньої мертвої точки (ВМТ).

Значення тиску в ВМТ - параметр інтегральний, залежний від безлічі факторів. Це означає, що з нього неможливо зробити достовірний висновок про наявність або відсутність якого-небудь дефекту. Тому необхідно розуміти, від чого це значення залежить, і відповідним чином його інтерпретувати. Перерахуємо основні фактори, що впливають на значення тиску в ВМТ.

1. Ступінь стиснення двигуна. Чим вище ступінь стиснення, тим вище тиск. Різниця буде помітна не тільки на конструктивно різних двигунах, але і на двигунах однієї і тієї ж моделі. Це пов'язано зі зміною ступеня стиснення в процесі експлуатації, наприклад внаслідок обростання нагаром камери згорання і днища поршня.

2. Абсолютний тиск у впускному колекторі. Так як наповнення циліндра відбувається з впускного колектора через відкритий впускний клапан, то кількість газів що надійшли, а отже, і тиск в ВМТ безпосередньо залежить від значення абсолютного тиску. Підвищене значення останнього найчастіше буває наслідком підсмоктування повітря за дросельний простір. Підсмоктування повітря виявляється за наявністю двох ознак: високому тиску в ВМТ і низькому значенню вакууму у впускному колекторі.

3. Стан газорозподільного вала. Наприклад, знос впускного кулачка також призведе до поганого наповнення циліндра і, як наслідок, низького тиску в ВМТ.

4. Склад суміші. Оптимальним складом суміші, на якому найбільш ефективно працює двигун, є стехіометричний. Стехіометричним називають склад, в якому співвідношення мас повітря і палива складає 14,7:1. Відхилення від стехіометрії як у бік збагачення, так і у бік збіднення призводить до того, що двигун виходить з оптимального режиму роботи, в результаті чого знижуються оберти холостого ходу. Для їх підтримки на необхідному рівні електронний блок керування (ЕБК) привідкриває клапан регулятора холостого ходу (РХХ). При цьому тиск у впускному колекторі підвищується, і відповідно підвищується тиск в ВМТ.

5. Кут випередження запалювання (КВЗ). Вже згадувалося, що перед аналізом осцилограми необхідно переконатися в правильній установці КВЗ, щоб виключити вплив даного чинника на правильність висновків. Відхилення значення КВЗ від оптимального, як у бік більш пізнього, так і в бік занадто раннього запалювання, призведе до зниження значення обертів холостого ходу. Це викликає додаткове відкриття РХХ, зростання абсолютного тиску у впускному колекторі і, відповідно, збільшення тиску в ВМТ.

6. Стан циліндропоршневої групи і клапанів. Наявність значних надходжень газів з циліндра при незадовільному стані цих вузлів також призведе до зниження тиску в ВМТ. Але, як вже згадувалося раніше, зробити приблизну оцінку їх стану необхідно відразу після зняття осцилограми до її детального аналізу.

7. Кількість циліндрів двигуна. Ще один важливий фактор. Справа в тому, що при знятті осцилограми досліджуваний циліндр не вносить вклад в роботу двигуна. На трьохциліндровому двигуні це буде один з трьох, а на восьмициліндровому - один з восьми циліндрів. У першому випадку навантаження на решту циліндрів зросте значно більше, ніж у другому. Як наслідок, для підтримки обертів холостого ходу значно відкривається РХХ, що призводить до збільшення тиску в ВМТ. Тому, досліджуючи трьохциліндровий двигун (наприклад двигун Деу Матіз), не варто інтерпретувати високе значення цього тиску як несправність.

Значення тиску у верхній мертвій точці справного чотирьохциліндрового двигуна коливається від 4,5 до 6 бар. Менші значення говорять найчастіше про серйозні механічні дефекти досліджуваного циліндра, великі - привід пошукати підсмоктування повітря або причину підвищеного навантаження на двигун.

Падіння тиску після ВМТ відповідає руху поршня вниз. Випускний клапан починає відкриватися до того, як поршень досягне нижньої мертвої точки, якій відповідає кут повороту колінчастого валу на 180 градусів. Відбувається це тому, що при реальній роботі двигуна відпрацьовані гази знаходяться під великим тиском, і незважаючи на те, що об'єм циліндра збільшується, починається їх витікання через випускний клапан. У нашому випадку при вимірюванні тиску в циліндрі, так як займання не відбувається, тиск у циліндрі в момент відкриття випускного клапана нижче атмосферного і приблизно дорівнює розрідженню на впуску. Тому при відкритті

випускного клапана починається рух газів з випускного тракту в циліндр, і тиск в останньому починає рости.

Момент початку зростання тиску в циліндрі можна умовно прийняти за момент початку відкриття випускного клапана. Для більш точного вимірювання рекомендується значно розтягнути осцилограму по осі Y, вертикальній осі (рис. 4.5).

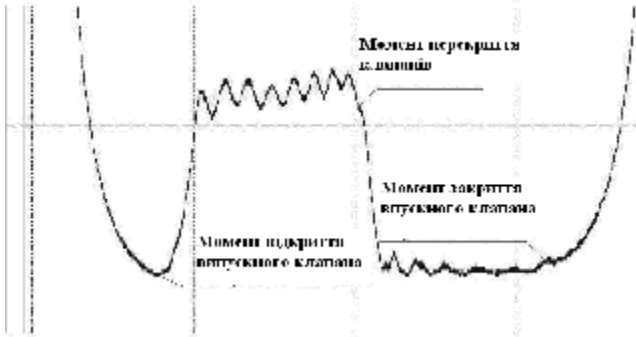


Рисунок 4.5 - Осцилограма тиску в циліндрі

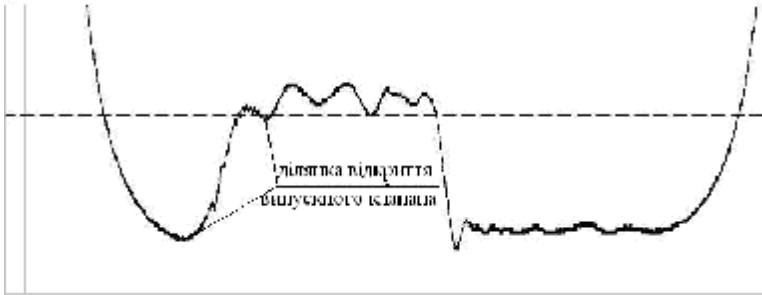
Потім за допомогою вимірювальних лінійок необхідно визначити кут від ВМТ до моменту відкриття випускного клапана. Це значення дозволяє зробити однозначний висновок про правильність встановлення випускного кулачкового вала на двохвальному двигуні або кулачкового вала на одновальному. На переважній більшості двигунів кут відкриття випускного клапана становить 140-145 градусів повороту колінчастого вала, лише на деяких двигунах, які мають «опелівське» коріння, цей кут складає 160 градусів. Якщо виміряний на осцилограмі кут знаходиться в заданому діапазоні, то вважається, що кулачковий вал встановлений вірно. Слід пам'ятати, що мова йде про віртуальний газодинамічний кут, реальні ж кути відкриття і закриття клапанів у різних двигунів можуть значно відрізнятися.

Якщо говорити про двигуни ВАЗ, то перестановка ремня ГРМ на один зуб дає зміщення фаз газорозподілу на 17 градусів у відповідну сторону. Реально ж на осцилограмі ми побачимо зсув при помилці на зуб приблизно на 12 градусів, на два зуба - 26 градусів, і

чим далі, тим більше буде спостерігатися розбіжність. Це відбувається знову-таки в силу газодинамічної природи розглянутої осцилограми.

Необхідно відзначити, що недосконалість технології виробництва на вітчизняних автомобілях (ЗАЗ, УАЗ) та автомобілях за межами кордону (ВАЗ, ГАЗ і т.д.) призводить до значних розбіжностей кута від одного екземпляра двигуна до іншого при абсолютно правильно встановленому ремені ГРМ.

На ділянці подальшого наростання тиску відбувається процес відкриття випускного клапана. Ця ділянка осцилограми повинна бути гладкою. Наявність нерівностей у вигляді сплесків або навіть «пилки» говорить про значний знос напрямної втулки випускного клапана. Вібрація останнього при відкритті і є причиною пульсацій тиску. Нижче наведено приклад осцилограми такого явища (рис. 4.6).



На ділянці відкриття випускного клапана спостерігаються характерні пульсації, що виникають в результаті коливання (биття) клапана в зношеній клапанній втулці

Рисунок 4.6 - Осцилограма тиску в циліндрі

При 180 градусах повороту колінчастого валу поршень потрапляє в нижню мертву точку. Ділянка осцилограми від цієї точки до точки 360 градусів відповідає руху поршня вгору, до ВМТ такту випуску, або ВМТ 360 градусів. Після вирівнювання тиску в циліндрі і у випускному тракті починається витіснення газів з циліндра. У цей момент випускний клапан відкритий, а поршень рухається вгору. Іншими словами, тиск в циліндрі фактично є не що інше, як тиск у випускному тракті. Це дозволяє нам зробити висновок про прохідності випускного тракту, встановивши відповідним чином вимірювальні лінійки і оцінивши отримане значення.

Цілком нормальним вважається тиск на цій ділянці в межах 0,1-0,15 бар. Якщо він значно вище (до 1-1,5 бар), це однозначно вказує на внутрішнє руйнування каталізатора або глушника. Незначні перевищення також найчастіше бувають пов'язані з тими чи іншими внутрішніми руйнуваннями, хоча також можливий знос кулачка випускного клапана. У сумнівних випадках є сенс роз'єднати сполучення випускного тракту і зробити повторне вимірювання. Ця ділянка осцилограми особливо інформативна, якщо підняти оберти холостого ходу, приблизно до 2000 об/хв. У разі внутрішнього руйнування випускного тракту тиск на ньому буде досить високим до 2-3 бар.

На ділянці осцилограми, відповідній випуску відпрацьованих газів, спостерігаються нерівності. Причина їх появи - хвильові і резонансні процеси у випускному тракті. Чим краще налаштований випускний тракт на конкретний двигун, тим рівніше буде ця ділянка осцилограми. Порівняння осцилограм двигунів вітчизняного та іноземного виробництва дозволяє зробити висновок про те, що до налаштування випуску закордонні автовиробники відносяться набагато серйозніше.

Розглянемо верхню мертву точку такту випуску, відповідну 360 градусам повороту колінчастого валу. Незадовго перед нею впускний клапан починає відкривати канал, через який внутрішній об'єм циліндра з'єднується з впускним колектором. Абсолютний тиск у впускному колекторі значно нижче тиску в циліндрі. Так як впускний клапан все ще відкритий, то тиск в циліндрі практично дорівнює тиску у впускному колекторі. З цієї причини виявити момент початку відкриття впускного клапана на осцилограмі тиску у циліндрі більшості двигунів неможливо.

Говорячи про ВМТ випуску, слід звернути увагу на характерну точку, відповідну перекриттю клапанів. Мова йде про газодинамічне перекриття, коли прохідні перетини каналу впуску та випуску зрівнюються. Так як діаметри тарілок впускного і випускного клапанів різні, перекриття настає в різних ділянках проходження клапанів (початку руху). На деяких двигунах геометричне перекриття клапанів може бути відсутнім взагалі. Але віртуальне газодинамічне перекриття присутнє завжди, незалежно від конструкції двигуна. На осцилограмі цей момент відповідає початку різкого зниження тиску в кінці такту випуску. Для оптимальної роботи двигуна момент

газодинамічного перекриття повинен збігатися з відміткою 360 градусів, що і спостерігається при дослідженні двигунів різних виробників.

Якщо при аналізі осцилограми тиску в циліндрі виявиться, що момент перекриття змінює своє положення від циклу до циклу (осцилограми до осцилограми), то це говорить про ослаблення натягу ременя ГРМ.

Коли поршень, досягнувши верхньої мертвої точки, змінить напрямок руху на протилежний, впускний клапан вже майже закритий. Внаслідок цього внутрішній об'єм циліндра роз'єднується із впускним колектором. Впускний клапан при цьому продовжує відкриватися, і тиск в циліндрі починає врівноважуватися з тиском у впускному колекторі. Так як значення тиску в циліндрі досить високе, гази з циліндра починають перетікати у впускний колектор, де тиск значно нижче атмосферного. Незабаром тиск в циліндрі і впускному колекторі практично вирівнюються. Поршень при цьому рухається вниз, впускний клапан відкритий, і значення тиску на ділянці впуску є не що інше, як розрідження у впускному колекторі. Його усереднене значення на справному двигуні становить 0,6-0,8 бар. Якщо значення вакууму нижче, це привід шукати причину дефекту. Нажаль, вакуум у впускному колекторі, як і розглянутий вище тиск у ВМТ стиснення, залежить від цілого ряду чинників. Невеликі затухаючі коливання на ділянці впуску виникають вірогідніше за все через резонансні процеси у впускному тракті.

Досягнувши нижньої мертвої точки 540 градусів, поршень знову починає рух до ВМТ. Але впускний клапан при цьому деякий час залишається все ще відкритим. Це пов'язано з тим, що процес руху газів з впускного колектора в циліндр має значну інерційність, і незважаючи на те, що поршень рухається до ВМТ і об'єм циліндра зменшується, через відкритий впускний клапан триває наповнення циліндра за рахунок інерції потоку. Запізнення закриття впускного клапана служить для поліпшення наповнюваності циліндра паливо-повітряною сумішшю. Даний ефект залежить від частоти обертання колінчастого вала і від ступеня відкриття дросельної заслонки. Момент закриття впускного клапана підбирається при проектуванні таким чином, щоб «дозаряд» циліндрів був максимальним при певному значенні обертів і повністю відкритому дроселі. Якщо ж двигун працює з низькою частотою обертання колінчастого вала,

ефект від пізнього закриття впускного клапана негативний: частина газів перетікає назад у впускний колектор.

Побачити момент закриття впускного клапана на осцилограмі можна лише приблизно.

1. На холостому ходу (800-900 об/хв.), коли в момент закриття клапана газу з циліндра надходять в колектор, це буде момент початку зростання тиску.

2. На підвищених обертах, коли в момент закриття клапана відбувається процес «дозаряда» циліндра, буде видно невеликий перелом графіка. Цей перелом виникає через те, що тиск до повного закриття клапана підвищувався внаслідок стиснення і «дозаряда», а після закриття - тільки за рахунок стиснення. В ідеальному випадку невеликого піку бути не повинно взагалі, але на реальних серійних двигунах домогтися цього неможливо.

Момент закриття впускного клапана на осцилограмі тиску повинен знаходитися приблизно на позначці 580 градусів. Правильність встановлення впускного газорозподільного вала на двохвальному двигуні можна перевірити по положенню перекриття клапанів і моменту закриття впускного клапана.

Після повного закриття впускного клапана поршень рухається до ВМТ такту стиснення, і цикл повторюється спочатку.

Підводячи підсумок узагальнимо інформацію про характерні точки і ділянки осцилограми тиску в циліндрі.

Т. А - по положенню точки А, можна судити про правильність встановлення випускного газорозподільного вала бензинового двигуна. Якщо точка А (початок відкриття випускного клапана) знаходиться в межах діапазону  $130^{\circ}\dots160^{\circ}$  після ВМТ  $0^{\circ}$  ( $50^{\circ}\dots20^{\circ}$  перед НМТ  $180^{\circ}$ ), то момент початку відкриття випускного клапана вважають встановленим правильно.

Т. В - по положенню точки В можна судити про правильність встановлення впускного газорозподільного вала бензинового двигуна. Якщо точка В (кінець закриття впускного клапана) знаходиться в межах  $560^{\circ}\dots600^{\circ}$  після ВМТ  $0^{\circ}$  ( $20^{\circ}\dots60^{\circ}$  після НМТ  $540^{\circ}$ ), то момент кінця закриття впускного клапана вважають встановленим правильно.

Ділянка С - за положенням центру ділянки С, можна судити про правильність встановлення випускного газорозподільного вала двигуна. Якщо центр ділянки С знаходиться в межах діапазону

170°...195° після ВМТ 0° (-10°...+15° від НМТ 180°), то момент відкриття впускного клапана вважають встановленим правильно.

Ділянка D - по положенню центру ділянки D можна судити про правильність встановлення впускного газорозподільного вала бензинового двигуна. Якщо центр ділянки D знаходиться в межах 370°...390° після ВМТ 0° ( $\pm 10^\circ$  від відмітки 380° після ВМТ 0°), то момент відкриття впускного клапана вважають встановленим правильно. Для двигунів оснащених системою зміни фаз газорозподілу (система VVT) центр ділянки D повинен знаходитися в межах 380°...400° після ВМТ 0° ( $\pm 10^\circ$  від позначки 390° після ВМТ 0°).

У двигунах, оснащених системою зміни фаз газорозподілу, момент закриття впускного клапана постійно регулюється на працюючому двигуні в залежності в основному від частоти обертання двигуна і навантаження на колінчастий вал двигуна. Завдяки наявності такої системи ефект надлишкового наповнення циліндра паливо-повітряною сумішшю за рахунок інерції потоку суміші в таких двигунах проявлявся в дуже широкому діапазоні частот обертання колінчастого валу і при різних кутах відкриття дросельної заслонки, за рахунок чого двигун розвиває більш високу потужність у значно ширшому діапазоні частот обертання. Крім того, в таких двигунах мінімальний ефект надходження в циліндр суміші назад у впускний колектор при низьких частотах обертання колінчастого валу, за рахунок чого досягається дуже стійка робота двигуна на холостому ході і високі їздові якості двигуна при низьких частотах обертання колінчастого валу.



## Приклади типових несправностей, що визначаються за осцилограмами тиску в циліндрі

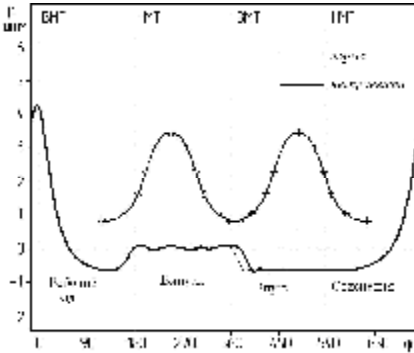


Рисунок 4.7 - Впускний розподільний вал встановлено на 1 зуб пізніше

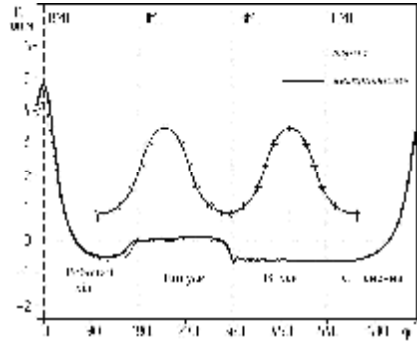


Рисунок 4.8 - Розподільний вал встановлено на 1 зуб раніше

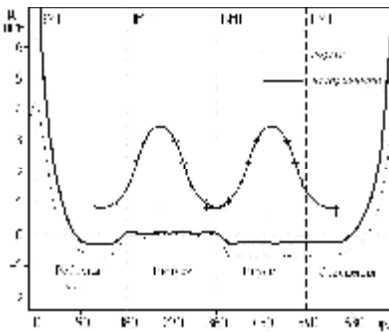


Рисунок 4.9 - Підсмоктування повітря у впускному колекторі

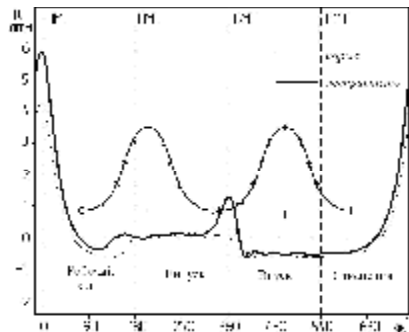


Рисунок 4.10 - Впускний розподільний вал встановлено на 2 зуба раніше

### Контрольні запитання для самоперевірки

1. Які параметри технічного стану двигуна дозволяє визначити осцилограма тиску в циліндрі?
2. Які необхідно виконувати умови для отримання коректної осцилограми тиску в циліндрі?

3. За якими параметрами найзручніше проводити аналіз осцилограм тиску в циліндрі і що вони характеризують?

4. Розповісти по рисунку осцилограми тиску (рис. 4.11) які процеси відбуваються в циліндрі.

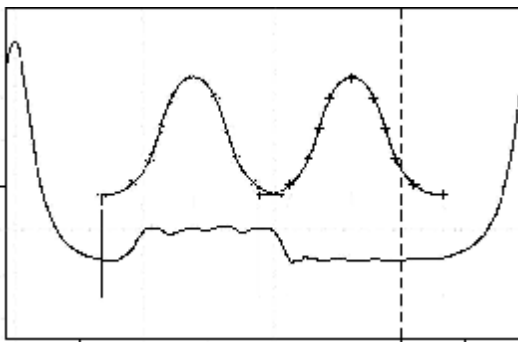


Рисунок 4.11 - Осцилограма тиску в циліндрі

5. Як визначити реальний кут випередження запалювання по осцилограмі?

6. Як по осцилограмі можна дізнатися про наявність чи відсутність серйозних механічних проблем в циліндрі що перевіряється?

7. Перерахуйте основні фактори, що впливають на значення тиску в ВМТ?

8. За якими ознаками можна визначити підсмоктування повітря в простір, що знаходиться за дросельною заслонкою?

9. Поясніть як пов'язані між собою КВЗ та тиск у ВМТ.

10. Поясніть чому по осцилограмі тиску при відкритті випускного клапана починає збільшуватись тиск в циліндрі.

11. Про що говорить наявність нерівностей у вигляді сплесків або навіть «пилки» на ділянці С осцилограми тиску?

12. Що дозволяє нам зробити висновок про прохідність випускного тракту двигуна?

13. Чому на ділянці осцилограми, відповідній випуску відпрацьованих газів, спостерігаються нерівності, і на що вони вказують?

14. Що таке перекриття клапанів і де воно знаходиться на осцилограмі тиску?

15. Що на осцилограмі тиску говорить про ослаблення натягу ременя ГРМ?

16. Де на осцилограмі тиску знаходиться момент закриття впускного клапана і як його можна краще розглянути?

#### **4.3 Інструмент, прилади, обладнання:**

- бензиновий автомобільний двигун;
- ключ свічковий;
- датчик тиску;
- ноутбук;
- осцилограф або мотортестер;
- набір вимірювальних щупів;
- дріт для заземлення.

#### **4.4 Порядок виконання роботи**

4.4.1 Прогріти двигун до робочої температури.

4.4.2 У разі якщо діагностується двигун оснащений системою розподіленого впорскування палива, наполегливо рекомендується від'єднати роз'єм від електромагнітної бензинової форсунки циліндра, що перевіряється і приєднати до від'єданного роз'єму резистор номіналом 100Ω (під'єднання резистора запобігатиме зберіганню помилки типу "обрив ланцюга управління форсункою № ..." в пам'яті несправностей блоку управління двигуном).

У разі виконання даної рекомендації, під час проведення перевірочних робіт паливо не буде надходити в циліндр, що перевіряється.

У разі ж, якщо дана рекомендація не виконана, під час проведення перевірочних робіт можливе виникнення розжарюваного запалювання паливо-повітряної суміші в циліндрі, що може стати причиною пошкодження датчика тиску в циліндрі. Крім того, незгоріле паливо з циліндра буде надходити в вихлопну систему, через що можливий перегрів і пошкодження каталітичного нейтралізатора автомобіля, що перевіряється.

4.4.3 Якщо запобігти подачі палива в циліндр, що перевіряється неможливо, то для зниження ймовірності виникнення розжарюваного запалювання паливо-повітряної суміші в циліндрі прогрітого до

робочої температури двигуна потрібно викрутити свічку запалювання з циліндра, що перевіряється і зачекати щонайменше 10 хвилин перш ніж встановлювати датчик тиску на місце свічки запалювання.

Щоб уникнути пошкодження каталітичного нейтралізатора, рекомендується скоротити до мінімуму тривалість проведення перевірки циліндра в даному режимі.

4.4.4 Вивернути свічу запалювання з циліндра, що перевіряється.

4.4.5 Вкрутити замість свічі запалювання датчик тиску.

4.4.6 Приєднати високовольтний дріт свічі запалювання циліндра, що перевіряється до розрядника з іскровим проміжком не більше 5 мм.

4.4.7 Включити ноутбук і підключити до нього осцилограф. До аналогового каналу осцилографа підключити датчик тиску, до логічного каналу підключити щуп для синхронізуючого сигналу так звана мітка першого циліндра.

4.4.8 Другий кінець вимірювального щупа підключити до датчика тиску, другий кінець синхронізуючого щупа приєднати до високовольтного дроту свічі запалювання циліндра, що перевіряється.

4.4.9 Заземлити осцилограф. Для чого його вивід "земля" за допомогою дроту з'єднати з "землею" двигуна, що перевіряється.

4.4.10 Приєднати до клеми "-" акумуляторної батареї чорний "крокодил" дротів живлення датчика тиску.

4.4.11 Приєднати червоний "крокодил" дротів живлення датчика тиску до клеми "+" акумуляторної батареї автомобіля.

4.4.12 Запустити програму осцилографа і налаштувати його параметри:

- частота дискретизації 5...10 КГц;

- режим запису - самозаписувач.

4.4.13 Натиснути кнопку «Запис» (Пуск) на осцилографі.

4.4.14 Запустити двигун. Двигун повинен працювати в режимі холостого ходу з обертами колінчастого валу 800-900 об/хв. Час роботи двигуна не більше 3-х хвилин.

4.4.15 Вимкнути двигун.

4.4.16 Зупинити запис на осцилографі.

4.4.17 Провести аналіз отриманої осцилограми тиску в циліндрі.

Висновки занести у звіт по лабораторній роботі.

4.4.18 Від'єднати щупи і дрони від двигуна і осцилографа. Відновити подачу палива в циліндр двигуна, якщо подача була припинена.

4.4.19 Викрутити датчик тиску з циліндра, що перевіряється.

4.4.20 Вкрутити назад свічу запалювання і приєднати високовольтний дріт.

4.4.21 Зробити скріншоти отриманого сигналу відносної компресії двигуна. Роздрукувати їх і вклеїти у звіт.

Оформлення звіту до лабораторної роботи № 4  
«Перевірка технічного стану циліндропоршневої групи  
двигуна за осцилограмою тиску в циліндрі»

Мета роботи: \_\_\_\_\_

Теоретичні відомості: \_\_\_\_\_

Інструмент, прилади, обладнання: \_\_\_\_\_

Модель двигуна або автомобіля: \_\_\_\_\_

Скріншоти отриманої осцилограми тиску в циліндрі: \_\_\_\_\_

Висновки: \_\_\_\_\_

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛИТЕРАТУРА

1. Яковлев В.Ф. Диагностика электронных систем автомобиля. Учебное пособие. - М.: СОЛОН-Пресс, 2003.-272 с.
2. Диагностика СУД. Учебный курс. - М.: ДИАМАКС, 2003.-175 с.
3. Тюнин А.А. Диагностика электронных систем управления двигателями легковых автомобилей. Практическое пособие. - М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2007.-352 с.
4. Козлов П.Л., Куликов А.В., Рекунов А.Е., Христов П.Н., Боюр В.С., Зимин В.А. ЭСУД автомобилей семейства LADA KALINA, LADA 110 и LADA NIVA с контроллером М7.9.7 ЕВРО-3. Устройство и диагностика. - Тольятти: 2006.-228 с.
5. Системы управления бензиновыми двигателями. Перевод с немецкого. Первое русское издание. - М.: ООО «Книжное издательство «За рулем», 2005.-432 с.
6. Бежанов. А. Диагностика форсунок инжекторных двигателей. - Автомастер, № 01 (92) 2007, с. 20-22.
7. Карагодин В.И. Ремонт автомобилей и двигателей: Учеб. для студ. сред. проф. учеб. заведений. - 2-е изд., стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2003.-496 с.
8. Хрулев А.З. Ремонт двигателей зарубежных автомобилей. Производственно-практ. Издание. - М.: Издательство "За рулем", 1998.-440 с.
9. Соснин Д.А., Яковлев В.Ф. Новейшие автомобильные электронные системы. Учеб. пособие. - М.: СОЛОН-Пресс, 2005. - 240 с.
10. Литвиненко В.В., Майструк А.П. Автомобильные датчики, реле и переключатели. Краткий справочник. - М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004.-176 с.
11. Трантер А. Руководство по электрическому оборудованию автомобилей. - Хельсинки: Алфамер, 2001.-284 с.
12. Хрулев А. Если измерить компрессию. // Автомобиль и Сервис, № 11 1998, с. 30-33.
13. Лещенко В. Сканер - обязательная принадлежность автосервиса. // Автомастер, № 6 (59) 2009, с. 19-24.
14. <http://www.chiptuner.ru/>
15. <http://www.autodiagnos.com.ua/>
16. <http://www.carhelp.info/>
17. <http://www.diagauto.ru/>