

НУБІП України

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

01.11 - МР.1944 "С" 2022.12.30. 032 ПЗ

ЛІНЧЕВСЬКИЙ ВАЛЕРІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ

2023 р.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко – технологічний факультет

УДК 629.083:62-53

ПОГОДЖЕНО

Декан механіко – технологічного факультету

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

технічного сервісу та інженерного
(назва кафедри)
менеджменту ім. М.П.Мисотенка

Вячеслав БРАТШКО

(підпис)

(ПІБ)

Іван РОГОВСЬКИЙ

(підпис)

(ПІБ)

«___» _____ 2023 р.

«___» _____ 2023р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему Удосконалення тест-діагностування датчика масової витрати повітря
автомобілів категорії М1

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»

(код і назва)

Освітня програма «Автомобільний транспорт»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

доктор технічних наук, професор
(науковий ступінь та вчене звання)

Войтюк Валерій Дмитрович

(підпис)

(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

к.т.н., проф.

(науковий ступінь та вчене звання)

Михайлович Ярослав Миколайович

(підпис)

(ПІБ)

Виконав

Личавський Валерій Володимирович

(підпис)

(ПІБ)

КИЇВ – 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко – технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту ім. М.П.Момотенка

д.т.н., проф. Іван РОГОВСЬКИЙ
(науковий ступінь, висте звання) (підпис) (ПІБ)

2023 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Лінчевському Валерію Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»

(код і назва)

Освітня програма «Автомобільний транспорт»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи Удосконалення тест-діагностування датчика масової витрати повітря автомобілів категорії М1

затверджена наказом ректора НУБіП України від «30» грудня 2022 р. № 1944 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи Науково – технічна література; результати науково-дослідних робіт по літературних джерелах по вивченню питання діагностування датчиків масової витрати повітря в автомобілях

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Аналіз статистики відмов ДМВП
2. Теоретичне дослідження процесу подачі повітря ДВС на колостому ходу
3. Методика досліджень
4. Результати проведених експериментів та аналіз отриманих даних

Перелік графічного матеріалу Електронна презентація на 20 слайдах

Дата видачі завдання «11» листопада 2022 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

(підпис)

Михайлович Я.М.

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Лінчевський В.В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

НУБІП України

Пояснювальна записка до магістерської кваліфікаційної роботи: 83 с., 23 рис., 10 табл., 50 джерел.

У даній магістерській кваліфікаційній роботі магістра розглядається метод та засоби діагностування датчика масової витрати повітря (ДМВП).

НУБІП України

Досліджено статистику відмов елементів МСУД. Розглянуто приладові засоби, що використовуються для дослідження.

Розроблено методику проведення експерименту. Проведено експеримент.

НУБІП України

За отриманими в ході експерименту даними побудовано графіки залежностей навантаження циліндрів від положення дросельної заслінки, масової витрати повітря, витрати палива, показань мультиметра. Здійснено аналіз графіків, побудованих за результатами, отриманими під час дослідження.

НУБІП України

Розроблена методика стресових тестових впливів дозволяє виключити високі навантажувальні стенди. Економічний ефект при діагностуванні на один автомобіль на рік становив 3879,2 грн.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

	ЗМІСТ	
РЕФЕРАТ		3
ЗМІСТ		4
ВСТУП		5
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СТАТИСТИКИ ВІДМОВ ДМВП		7
1.1. Аналіз статистики відмов ДМВП.....		7
1.1.1. Вплив технічного стану ДМВП на показники роботи двигуна та його надійність.....		7
1.2. Аналіз приладових методів діагностування.....		8
1.2.1. Сканери для діагностування автомобілів категорії М1.....		8
1.2.2. Діагностичний сканер BOSCH KTS 570.....		10
1.2.3. Мотор-тестери для діагностування автомобілів категорії М1.....		11
1.2.4. Мотор-тестер МТ10КМ.....		13
1.3. Стенд для перевірки ДМВП.....		15
1.4. Прилад - вимикач електромагнітних форсунок.....		16
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОДАЧ ПОВІТРЯ ДВЗ НА ХОЛОСТОМУ ХОДУ		17
2.1. Аналіз конструкцій різних датчиків ДМВП.....		17
2.2. Аналіз досліджень.....		21
2.3. Теоретична модель процесу подачі повітря на ділянки повітряний фільтр - впускний колектор ДВЗ.....		22
РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ		29
3.1. Метод контролю.....		29
3.1.1. Приладові засоби.....		29
3.1.2. Об'єкт дослідження.....		42
3.2. Методика проведення експерименту.....		45
РОЗДІЛ 4 РЕЗУЛЬТАТИ ПРОВЕДЕНИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ ТА АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ ДАНИХ		51
ВИСНОВКИ		77
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ		78

ВСТУП

Актуальність теми. Пріоритетне значення в даний час набуває діагностування тих систем і механізмів машин, які дають найбільшу кількість відмов, що вимагають значних витрат на усунення наслідків і знижують коефіцієнт технічної готовності. Одним з основних механізмів автомобілів, що дають 14,2% відмов двигуна, є датчик масової витрати повітря (ДМВП). Тим часом процес діагностування датчика масової витрати повітря в умовах експлуатації має низьку достовірність, а інформація, що отримується при цьому, не дозволяє визначати необхідні технологічні впливи щодо підтримки його працездатного стану і, отже, керувати його станом. Ця обставина пояснюється недосконалістю методів та засобів діагностування.

Проте контроль технічного стану систем ДВЗ переважно зводиться до наявності несправності чи відмови, що у результаті закінчується корекцією параметрів роботи ДВЗ. Справді визначення епіцентру несправності часто утруднено. Тому в даний час, незважаючи на наявність бортових систем самодіагностики та великої різноманітності діагностичного обладнання, постає гостра проблема розробки ефективних засобів та методів діагностування ДВЗ.

Відсутність ефективних засобів та методів діагностування позначається помилками оцінки технічного стану мобільних машин. Це є суттєвою проблемою, що призводить до зниження продуктивності праці, зростання забруднення навколишнього середовища та витрати експлуатаційних матеріалів.

При цьому всю відсутню інформацію про технічний стан систем ДВЗ можна отримати в результаті технічної діагностики. Діагностика відіграє істотну роль у вдосконаленні управління технічним станом систем ДВЗ та технологічними процесами технічного обслуговування та ремонту, знижуючи витрати на їх проведення та підвищуючи експлуатаційну надійність автомобілів.

Гіпотеза полягає в однозначній достовірній оцінці технічного стану датчика масової витрати повітря шляхом формування стресових тестових

взаємодій, що перебувають у відключенні трьох циліндрів і навантаженні одного циліндра, що залишився в роботі, потужністю механічних втрат відключення циліндрів і плавному ступінчастому формуванні навантаження на залишилися в роботі циліндрів. шляхом контролю параметрів: положення дросельної заслінки, частота обертання колінчастого валу ДВЗ, масової витрати повітря, витрати палива, показання мультиметра.

Викладене зумовило мету дослідження нашої роботи.

Мета роботи. Підвищення ефективності діагностування

газорозподільного механізму та датчиків масової витрати повітря автомобілів категорії М1.

Завдання дослідження.

1. Провести аналіз відмов елементів системи впуску, аналіз існуючих методів та засобів діагностування.

2. Теоретично обґрунтувати діагностичні параметри та режими для оцінки технічного стану ДМВП.

3. Розробити метод та засоби діагностування технічного стану ДМВП.

4. Провести експлуатаційну та виробничу перевірку методу та засобів діагностування ДМВП.

Об'єкт дослідження. Технологічний процес діагностування датчика масової витрати повітря автомобілів категорії М1 із мікропроцесорною системою керування двигуном.

Предмет дослідження. Взаємозв'язок технічного стану ДМВП з параметрами масової витрати повітря, палива при формуванні тестового навантаження шляхом повного та часткового відключення циліндрів.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СТАТИСТИКИ ВІДМОВ ДМВП

НУБІП України

1.1. Аналіз статистики відмов ДМВП

1.1.1. Вплив технічного стану ДМВП на показники роботи двигуна та його надійність

Розвиток автомобільних засобів діагностування йде за двома напрямками: шляхом подальшого вдосконалення вже наявних і шляхом конструювання побудови абсолютно нових пристроїв.

Датчик масової витрати повітря займає третє місце, а точніше 14,2% з усіх несправностей та відмов, що впливають на роботу двигуна.

Нами пропонується нові конструкторські розробки сендів для перевірки датчиків масової витрати повітря, які дозвольть діагностувати датчики на всіх режимах роботи, з високою точністю діагностування і малою трудомісткістю

[1].

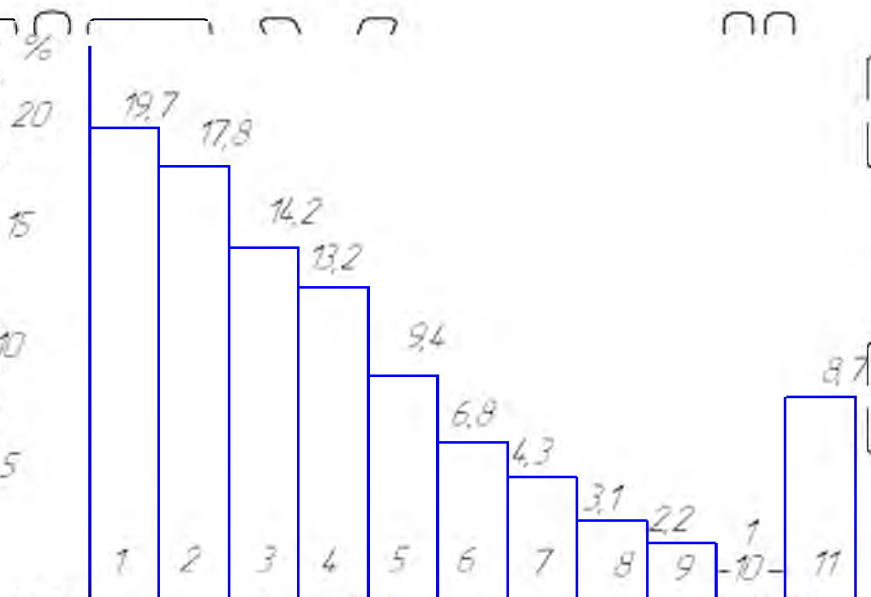


Рис. 1.1. Гистограма несправностей та відмов МСУД.

1 - свічки, 2 - датчик положення дросельної заслінки, 3 - датчик масової витрати повітря, 4 - регулятор холостого ходу, 5 - модуль запалення, 6 - датчик кисню, 7 - датчик температури, 8 - регулятор паливного тиску, 9 - паливний насос, 10 - датчик детонації, 11 - інші.

Основні причини звернень клієнтів на СТО представлені рис. 1.2. [2].

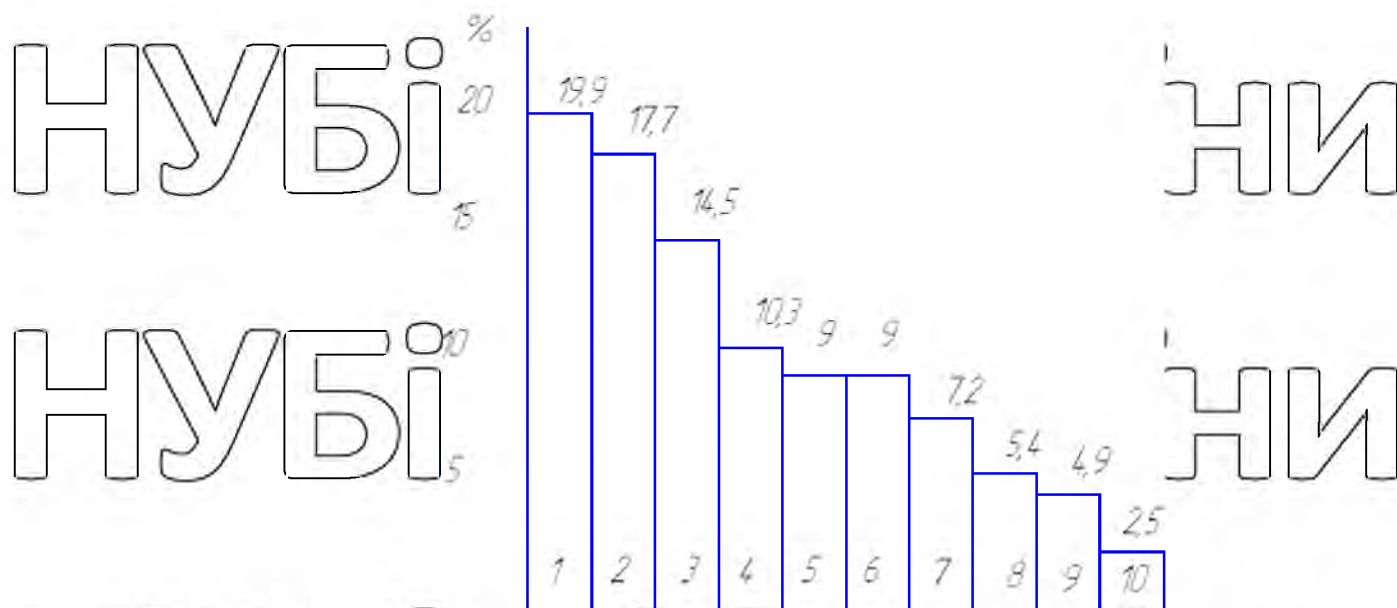


Рис. 1.2. Гістограма розподілу причин звернення клієнтів на СТО

1 - нестійка робота або зупинка на кожному ході, 2 - утруднений запуск, 3 - ривки або провали, 4 - перебої в роботі двигуна, 5 - детонація, 6 - затримки, провали, посмикування, 7 - недостатня потужність та прийомистість, 8 - підвищена витрата палива, 9 - підвищена токсичність, нестійкі несправності.

1.2. Аналіз приладових методів діагностування.

1.2.1. Сканери для діагностування автомобілів категорії М1

Сканер - цифровий діагностичний прилад, котрий сам нічого не вимірює. Вимірвальну функцію, включаючи обробку результатів, виконує блок керування двигуном, а саме - система самодіагностування. Діючи за закладеною розробником програмою, система самодіагностування здійснює моніторинг систем автомобіля (двигуна, трансмісії, систем безпеки та ін.), контролює їх ключові параметри, порівнює з еталонними, аналізує відхилення і зберігає виявлені помилки. Сканер забезпечує діагносту доступ до вмісту пам'яті блоку керування через спеціальний роз'єм, зазвичай розташований в салоні автомобіля. Застосовуючи протокол обміну, сканер зчитує збережену інформацію в цифровому вигляді і відображає її в зручній для аналізу формі: текстовій або графічній. Універсальних (з точки зору охоплення по маркам моделям) сканерів не існує. Степень універсальності визначається

особливостями програмного забезпечення конкретного приладу. Швидше, сканер можна охарактеризувати як спеціалізований прилад для роботи з кількома моделями кількох виробників, в залежності від наявних протоколів даних. За допомогою сканера діагност може отримати інформацію не більше,

ніж передбачено розробником системи самодіагностування. Тобто, можливості сканера залежать від того, які функції програмно закладені в блок керування автомобіля. Відповідно цінність сканерів зростатиме з вдосконаленням систем самодіагностування і розширенням їх функцій. Більшість сканерів являють собою адаптери, що забезпечують зв'язок між електронним блоком керування

автомобіля та персональним комп'ютером. Зв'язок може бути забезпечений дротово або радіочастотним сигналом (дистанційно). Однак, деякі авторизовані сканери мають власний сенсорний екран (рис. 1.3.).



Рис. 1.3. Сканери автомобільної категорії МІ
 а) - з власним екраном; б) - з дротовим підключенням до ПК; в) - з Bluetooth передачею даних

В залежності від функціональних можливостей, сканер може виконувати такі дії: зчитувати коди помилок; відображати поточні режими роботи систем автомобіля; видаляти коди помилок; перепрограмувати блок керування (чип-тюнінг); виявляти неробочі форсунки і свічки завдяки їх почерговому відключенню; імітувати роботу датчиків. Імітація роботи датчиків застосовується у випадках, коли є підозра на їх несправність. Датчик може бути несправним і надсилати в блок керування неправильну інформацію. Якщо перевірка сигналу датчика на раціональність в програмі блоку керування не

передбачена, то в них керуючі алгоритми реалізуються з використанням неправильної інформації датчика. При цьому будуть неправильно розраховані важливі вихідні параметри (наприклад тривалість імпульсу відкриття форсунок), що призведе до погіршення тягових характеристик двигуна. Однак,

доки в кількісному вираженні неправильний сигнал з датчика буде в межах норми, коди помилок в пам'ять електронного блоку не запишуться і несправність ніяк не позначиться. В таких випадках реалізується функція відключення «підозрілого» датчика. Електронний блок записує в пам'ять код помилки і змінює сигнал датчика на розрахункове (резервне) значення.

Наприклад, при відключення датчика масової витрати повітря, його сигнал замінюється розрахованим за положенням дросельної заслінки і частоти обертання колінчастого валу двигуна. Якщо після відключення датчика робота двигуна покращується, це означає, що датчик несправний.

Переваги сканерів: невисока вартість; висока швидкість діагностування; не потребує високої кваліфікації діагноста; здатність отримувати дані про статистичні відмови (збої); здатність видавати коди помилок з електронного блоку керування; компактність.

Недоліки: неуніверсальність (стосовно марок і моделей автомобілів); повна залежність від системи самодіагностування автомобіля; нечітке визначення несправного об'єкту (часто код помилки вказує не на несправний об'єкт, а лише на зону подальшого пошуку несправності)

1.2.2. Діагностичний сканер BOSCH KTS 570

Функції приладів BOSCH KTS 530/540/570:

- читання та стирання пам'яті помилок бортової системи діагностики;
- виведення поточних параметрів системи управління в реальному часі у цифровому та графічному вигляді;
- керування виконавчими механізмами;
- відображення положення роз'ємів та розподілу контактів у них;
- скидання та встановлення сервісних повідомлень;

➤ контроль оливи;
 ➤ деблокування імобілайзера;
 ➤ варіантне кодування;
 ➤ базові налаштування;

➤ параметри адаптації;
 ➤ функціональні випробування;
 ➤ перевірка ESP;
 ➤ ініціалізація кута повороту коліс;

➤ осцилограф;
 ➤ інші функції (вентиляція, соленоїдів ABS, статичний тест, читання VIN та ін.).



Рис. 1.4. Діагностичний сканер BOSCH KTS 570

Переваги: можливість сканування всіх відомих на даний час автомобілів; сканування всіх помилок, що виникають; малі габаритні розміри; легкість придбання;

Недоліки: неможливість достовірного діагностування низки систем ДВЗ; мала варіація навантажувальних режимів; висока вартість. [3]

1.2.3. Мотор-тестери для діагностування автомобілів в категорії М1

Мотор-тестер - вимірювальний аналоговий пристрій, що служить для всебічного діагностування двигуна, зокрема системи запалення, з можливістю

визначення механічних несправностей. За допомогою мотор-тестера проводиться безпосереднє вимірювання електричних величин із зовнішніх датчиків. Є можливість одночасного вимірювання кількох сигналів (з тому числі швидкозмінних) і представлення їх у графічному вигляді на екрані осцилографа. Тобто, за допомогою мотор-тестера можна виміряти фізичні величини, що фіксуються електричними датчиками (тиск, температуру, напругу, струм, опр і т. д), і на основі їх аналізу зробити висновок про несправність. Застосовувати мотор-тестер можна для діагностування автомобілів будь-якої конструкції чи року випуску. Комплектується мотор-тестер вимірювальним блоком, набором датчиків, кабелів-адаптерів, електрозапалювачів може мати власний осцилограф (вбудоване програмне забезпечення), або підключатися до персонального комп'ютера (з використанням зовнішніх програм) (рис. 1.5.).



Рис. 1.5. Мотор-тестери

а) з власним екраном; б) з підключенням до ПК.

В залежності від виробника і моделі, мотор-тестери можуть мати такі функціональні можливості вимірювання:

- частоти обертання колінчастого валу;
- струму пуску і зарядки;
- первинної напруги системи запалювання;

НУБІП УКРАЇНИ

- високовольтної напруги вторинного ланцюга системи запалювання;
- керуючого сигналу форсунок;
- відносної компресії в циліндрах;

- напруги і тривалості розряду свічки запалювання;

- механічних втрат в циліндрах;

НУБІП УКРАЇНИ

- напруги бортової мережі;

- струму споживання стартера;

- кута випередження запалювання;

- тиску газів у впускному чи випускному колекторах;

НУБІП УКРАЇНИ

- температури робочих рідин чи газів;

- електричного опору дротів і т.д.

Переваги мотор-тестерів: універсальність (можливість діагностування автомобілів будь-якого виробника чи року випуску); висока точність

вимірювання; можливість вимірювати одночасно кілька сигналів; хороша

візуалізація результатів вимірювань; можливість проведення тестових

перевірок; можливість роботи в парі з газоаналізатором.

Недоліки: висока вартість приладу і комплектуючих; потребує високої кваліфікації діагноста; тривалий процес пошуку несправностей; неможливість

виявлення статистичних відмов (збоїв).

НУБІП УКРАЇНИ

1.2.4. Мотор-тестер МТ10КМ

Діагностичний комплекс Мотор-Тестер МТ10КМ призначений для перевірки технічного стану та пошуку несправностей в автомобільних

бензинових (і в обмеженому обсязі дизельних) двигунах внутрішнього згоряння

під час проведення ТО та ремонту автомобілів на станціях техобслуговування,

автосервісу, власником автомобіля.

НУБІП УКРАЇНИ



Рис. 1.6. Мотор-тестер МТ10КМ

Можливості:

Мотор-тестер МТ10КМ включає повнофункціональний мотор-тестер для бензинових (і частково дизельних) ДВЗ, комп'ютерний сканер для дизельних та бензинових автомобілів та базу даних.

Мотор-тестер МТ10КМ працює на основі програмного забезпечення МТ10 і підтримує діагностування в режимі сканера більшості автомобілів.

Технічна характеристика:

1. Кількість параметрів, що переглядаються в динаміці, шт	16
2. Напруги живлення, В	220
3. Потужність не більше, Вт	30
4. Вимірювання тиску, бар	40
5. Габаритні розміри не більше, мм	380×210×60
6. Вага не більше, кг	3
7. Робочий діапазон температури навколишнього середовища	від +10 до +35
8. Діапазон температури зберігання,	від 0 до +45
9. Вологість довкіль трохи більше, %	75
10. Вартість, тис. грн.	102

Переваги: можливість діагностування всіх відомих зараз автомобілів,

включаючи дизельні; велика кількість діагностичних параметрів; багатоканальність засобу, можливість одночасного перегляду ряду параметрів; невеликі габарити розміри

Недоліки: мала варіація режимів діагностування; неможливість достовірного діагностування низки систем ДВЗ; висока ціна.[4]

1.3. Стенд для перевірки ДМВП

Стенд для перевірки ДМВП. У процесі діагностування ДМВП датчик необхідно зняти та встановити на прилад. Відзначається високою точністю діагностування та можливістю контролю на різних режимах роботи.



Рис. 1.7. Стенд для діагностування ДМВП.

Прилад для перевірки ДМВП. Унікальність проекту полягає в тому, що він поєднує малу трудомісткість, точність діагностування, можливість контролю датчика на різних режимах роботи та низьку вартість.

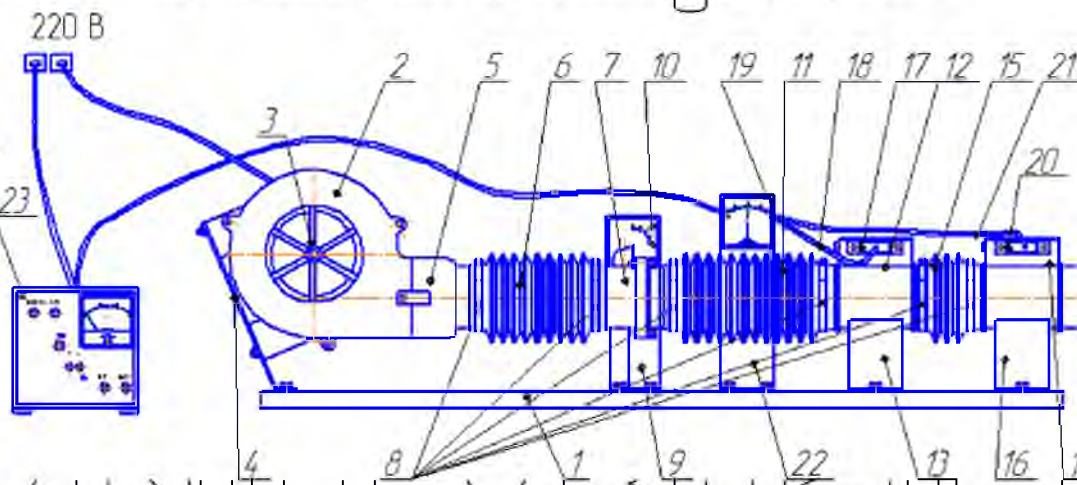


Рис. 1.8. Установа для діагностування датчиків масових витрат повітря

На станині 1 закріплені вентилятор 2 з електродвигуном 3 за допомогою кронштейна 4. До вентилятора 2 прикріплені за допомогою гвинтів перехідний патрубок 5 вентилятора. Перехідний патрубок вентилятора 5 з'єднаний за допомогою гофрованого патрубку 6 вентилятора з дросельним вузлом 7. Всі патрубки кріпляться за допомогою хомути 8 патрубків (яких всього в стенді 6 штук). Дросельний вузол 7 встановлений на стійці 9 і закріплені до станини 1. На дросельному вузлі 7 є вимірювальна шкала 10. Дросельний вузол 7 з'єднаний за допомогою гофрованого патрубку 11 з еталонним ДМВП 12. Еталонний ДМВП 12 встановлений на стійці. Еталонний ДМВП 12 з'єднаний з випробуваним ДМВП 14 за допомогою гофрованого патрубку 15. Гофрований патрубок 15 прикріплений до еталонного ДМВП 12 і випробуваного ДМВП 14 хомутами 8 патрубків.

Вимірювальний пристрій 19 являє собою модуль, схема якого наведена на рис. 1.9., яка складається з електричних роз'ємів 17 і 20, блоку живлення 3[5].

1.4. Прилад - вимикач електромагнітних форсунок

Призначений для комплексного та поелементного діагностування механізмів та систем двигуна внутрішнього згорання автомобілів Opel Astra G обладнанням ЕБУ Мікас 7.1 та Мікас 5.4. Подано на рис. 1.9.



Рис. 1.9. Вимикач електромагнітних форсунок (довантажувач двигуна)

РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОДАЧІ ПОВІТРЯ ДВЗ НА ХОЛОСТОМУ ХОДУ

2.1. Аналіз конструкцій різних датчиків ДМВП

Плівковий вимірювач масової витрати повітря.

Принцип дії плівкового вимірювача аналогічний до принципу дії теплового вимірювача. Однак, з метою спрощення конструкції більша частина електромостової схеми вимірювача розміщується на керамічній підкладці, у формі тонкоплівкових резисторів. Крім того, відпадає потреба спалювання забрудненої плівки. Ця проблема вирішується розміщенням вимірювача за потоком повітря, що зменшує відкладення забруднень на плівці вимірювача.

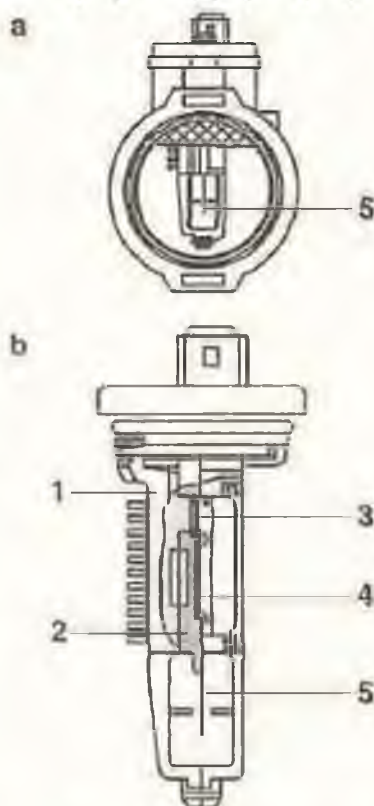


Рис. 2.1. Плівковий вимірювач масової витрати повітря.

а - корпус, б - плівковий вимірювач (встановлюється в центрі корпусу),

1 - тепловідвідний елемент, 2 - розпірний елемент, 3 - задана ступінь,

4 - гібридна схема, 5 - вимірювальний елемент (металева плівка)

Вимірювач Катман, об'ємної витрати повітря вихрового типу.

Ще одним варіантом вимірювання витрати повітря всмоктуваного в

циліндри, є вимірювач об'ємної витрати, що працює на принципі завихрень типу Карман. Цей вимірювач визначає завихрення потоку повітря, що проходить через генератори турбулентності. Частота цих завихрень є прямою об'ємної витрати повітря. Вона вимірюється хвилями ультразвукових коливань, спрямованих перпендикулярно потоку повітря на вході. Зміна швидкості цих хвиль визначається ультразвуковим приймачем, отримані сигнали аналізуються в ECU.

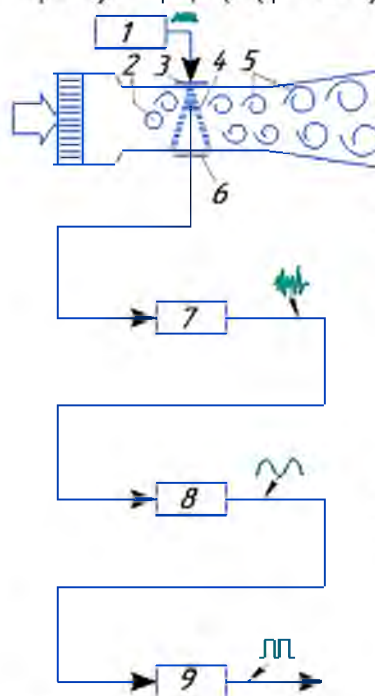


Рис. 2.2. Вимірник Карман об'ємної витрати повітря вихревого типу

1 - осцилятор, 2 - генератор турбулентності, 3 - передавач,

4 - ультразвукові хвилі, 5 - вихрові потоки, 6 - приймач, 7 - підсилювач,

8 - фільтр, 9 - формувач імпульсів.

Датчики витрати повітря систем К та L-Джетронік.

Являє собою диск, який встановлений в потоці повітря перед дросельною заслінкою і переміщається в дифузори. У міру підвищення витрати повітря збільшується кільцеве прохідне перетинання між диском та дифузором. Важіль, з'єднаний із диском, переміщує плунжер у дозаторі палива. Датчики витрати повітря системи L-Джетронік являють собою тоняючу повітряну заслінку, вісь якої пов'язана з шлейфовим потенціометром. У міру збільшення витрати повітря заслінка повертається навколо осі, долаючи зусилля спіральної

поворотної пружини та відкриваючи необхідний прохідний переріз. На одній осі з повітряною заслінкою є демпфіруюча заслінка, встановлена в повітряній емності у вигляді сектора зменшення впливу коливань пульсуючого потоку повітря на показники витрати повітря. До недолгів датчиків витрати повітря в системах К, КЕ, L, LE-Джетронік з рухомими елементами відносяться:

нестабільність показників, зв'язаної з зношенням рухомих елементів, їх забруднення, наявність огріхів в показаннях із-за інертності рухомих елементів на невстановлених режимах і їх коливань в пульсуючому потоці повітря.

Термометричні датчики масової витрати повітря.

В останніх системах з розподіленим упорскуванням палива, у тому числі і для автомобілів Opel Astra G та ЗАЗ Ланос Т-150, широко поширені термометричні датчики масової витрати повітря. Основні переваги такого способу вимірювання: безінерційність (висока точність дозування палива за рахунок негайної фіксації масової витрати палива), стабільність регульованих даних у процесі експлуатації, відсутність елементів, що створюють аеродинамічний опір потоку повітря, та рухомих деталей. Існують два типи датчиків: ниткові та плівкові. У ниткового датчика нагріваються платинові нитки. Блок датчика забезпечує їхню постійну температуру (150°C). При збільшенні витрати повітря нитка охолоджується. З підвищенням її температури до 150°C зростає напруга на контактах нитки та ЕБУ відповідно змінює витрату палива. При вимиканні запалення нитка на кілька секунд нагрівається приблизно до 1000° для самоочищення. У датчика плівки підтримується постійна температура плівкового платинового резистора, нанесеного на керамічну пластину. Недоліком плівкового датчика є необхідність заміни його елемента при відкладенні на ньому забруднень, оскільки марнувати його не можна. Датчик, в якому використовується нагрівання плівки, містить усі вимірювальні та керуючі електронні елементи на одній підкладці. У ньому нагрівальні та вимірювальні резистори виконуються у вигляді тонких платинових шарів, напилених на поверхню кристала кремнію. Температурна ізоляція монтажу досягається встановленням кристала кремнію

на мікромеханічно витончену підкладку (подібна концепція використовується в д'афрагмових датчиках тиску). Суміжно розташовані датчик температури підігрівача S_H і датчик температури повітря S_L (на товстшому краї кремнієвого кристала) підтримують нагрівальний резистор R_H на постійному рівні перевищення температури. Цей метод відрізняється від тих, що раніше використовувалися тим, що для отримання вихідного сигналу не потрібно вимірювати струм підігріву. Натомість сигнал виводиться з різниці температур середовища (повітря), що заміряються датчиками S_1 і S_2 . Вони розташовані на шляху потоку по ходу його руху та назустріч йому по обидва боки від нагрівального резистора. Такий сигнал, порівняно з використанням нагрівальної нитки, показує напрямок руху потоку.

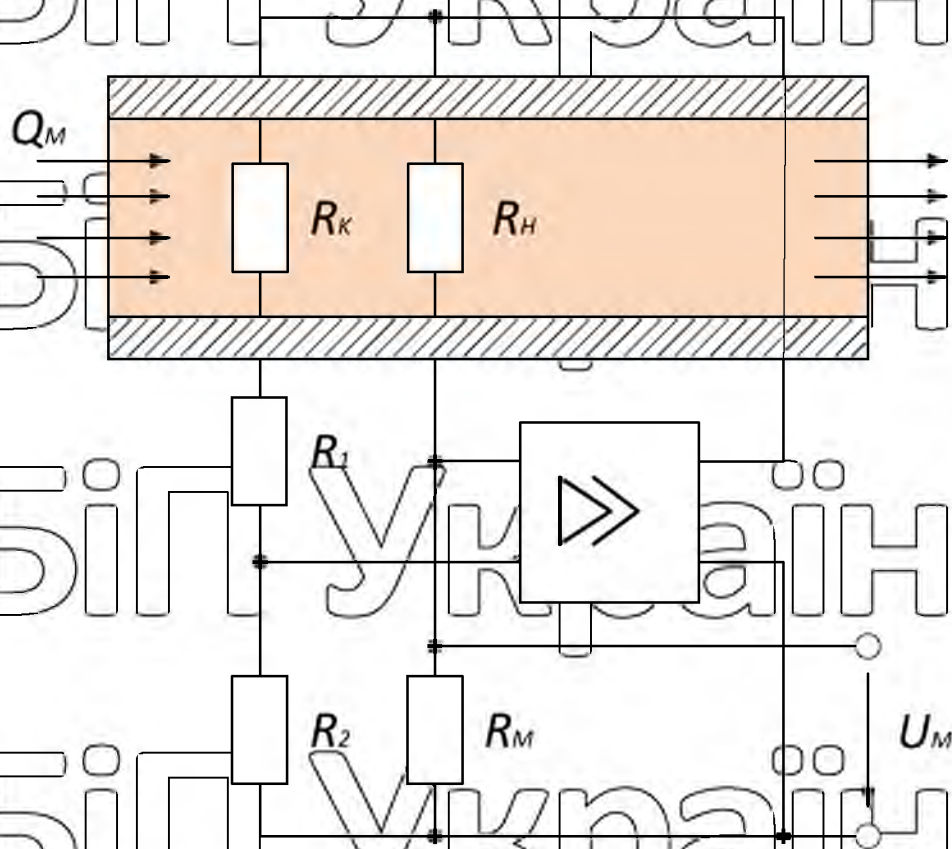


Рис. 2.3. Витратомір маси повітря з використанням нагрітого дроту

Q_M - масова витрата, U_M - вихідна напруга, R_H - терморезистор, R_M - прецизійний резистор, R_1 і R_2 - зрівноважуючі резистори, R_K - термокомпенсаційний резистор.

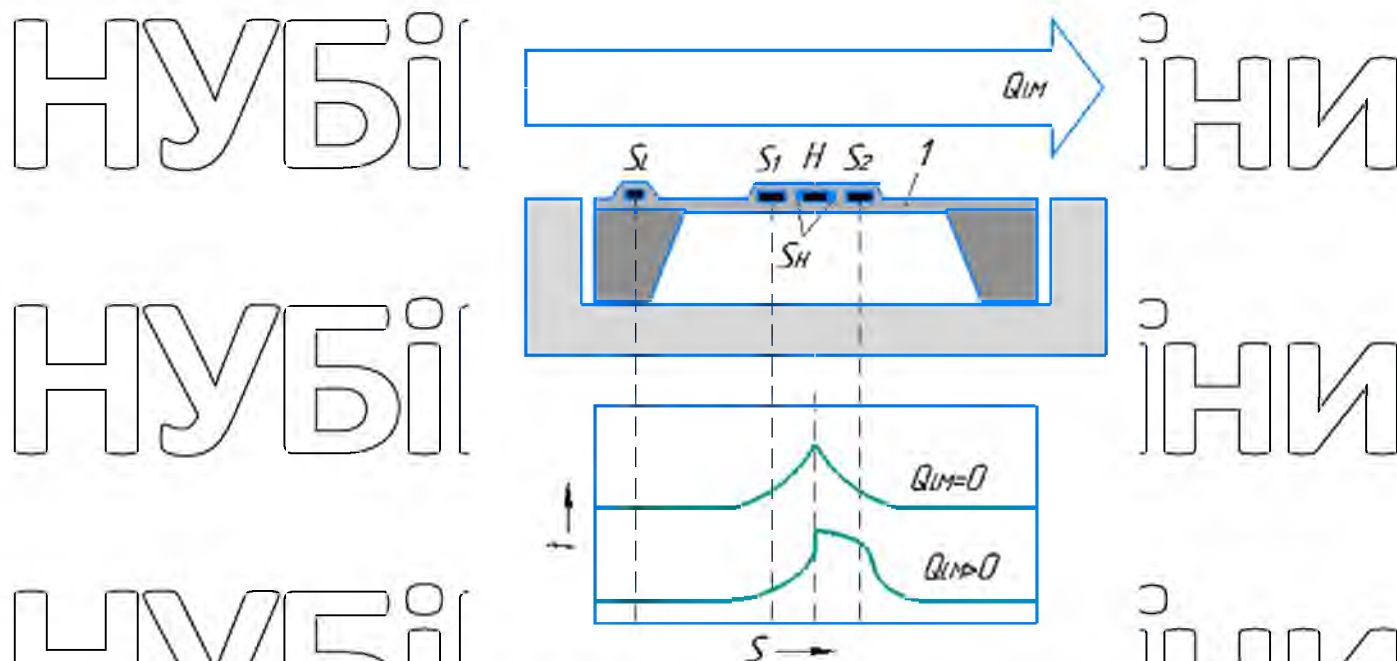


Рис. 2.4. Мікромеханічний витратомір маси повітря з використанням нагрівання плівки

1 - діелектрична діафрагма, H - нагрівальний резистор, S_H - датчик температури нагрівача, S_L - датчик температури повітря, S_1 і S_2 - температурні датчики (попередній нагрівачу і наступний за ним), Q_M - маса повітряного потоку, t - температура.

2.2. Аналіз досліджень

Відомо, що сучасна автомобільна електроніка протягом останніх 20 років пройшла суттєве вдосконалення. На зміну аналоговим елементам прийшли цифрові. Мультиплексні системи замінили множинні та розгалужені джгути дротів. Датчики та виконавчі механізми сучасних автомобілів також перетворилися на цифрові пристрої. Однак, як показує вітчизняна статистика, переважна кількість відмов припадає на ці елементи електроніки автомобіля, що підіграє інтерес вчених до дослідження їх надійності, розробки принципово нових діагностичних засобів та комплексів.

В наш час дослідженнями цієї тематики займаються такі науковці – як: А. В. Гриценко, К. І. Луксмський, К. В. Глемба, Л. Ю. Костін, Є. А. Карабанов та інші.

Але як показує практика діагностування, завдання повного та достовірного діагностування не вирішено. Хоча розроблено та впроваджено на автообслуговуючих підприємствах велику кількість приладів та комплексів. У процесі виробничої роботи науковцями були використані різні діагностичні

прилади та комплекси, які виявили серйозні недоліки при отриманні та аналізі діагностичної інформації щодо датчиків масової витрати повітря. Основні з них: 1. Погана пристосованість до діагностування; 2. Низька достовірність діагностування; 3. Неможливість діагностування на рухомому автомобілі; 4.

Висока трудомісткість процесу діагностування; 5. Значна вартість процесу діагностування. Тому пріоритетним напрямком на сьогодні є розробка та

впровадження засобу та технології діагностування датчиків масової витрати повітря автомобілів (ДМВП). Комплексний підхід до питання проектування та

розробки інструменту для діагностування ДМВП дозволив створити мобільний високоефективний діагностичний засіб для діагностування ДМВП.

Недосконалість методів та засобів діагностування тягне за собою несправність і навіть повну відмову механізмів та систем, що потребують значних ресурсів на їх відновлення. Порівняльний аналіз конкурентних моделей приладу показав

необхідність створення приладу, що відповідає вищим вимогам ергономічності та точності [6]. Комплексний підхід до питання проектування та розробки

інструменту для діагностування ДМВП дозволив створити мобільний високоефективний діагностичний засіб для діагностування ДМВП.

2.3. Теоретична модель процесу подачі повітря на ділянки

повітряний фільтр – впускний колектор ДВЗ.

Система впуску представлена поряд з послідовними та паралельними елементами. Деякі їх практично не змінюють свої властивості та вихідні параметри в процесі експлуатації, тоді як інші змінюють свій технічний стан

безперервно. Для визначення рівня впливу окремих елементів системи впуску розглянемо розрахункову схему процесу подачі повітря через елементи системи впуску рис. 2.5. [7,8,9,10,11].

Так наприклад повітряний фільтр один з елементів, що швидко динамічно змінюються, який у міру забруднення змінює параметри всієї системи. Для визначення його технічного стану пропонується тестовий вплив, який полягає у виведенні ДВЗ на режим роботи на одному циліндрі з повністю відкритою дросельною заслінкою за наявності повітряного фільтра і без нього. Що можна уявити умовою [12,13,14].

$$R = \frac{n_{\text{пф}}}{n_{\text{вф}}} \quad (2.1)$$

де R - ступінь забруднення повітряного фільтра;

$n_{\text{пф}}$ - частота обертання колінчастого валу ДВЗ за наявності фільтра, хв^{-1} ;

$n_{\text{вф}}$ - частота обертання колінчастого валу ДВЗ за відсутності фільтра, хв^{-1} [15].

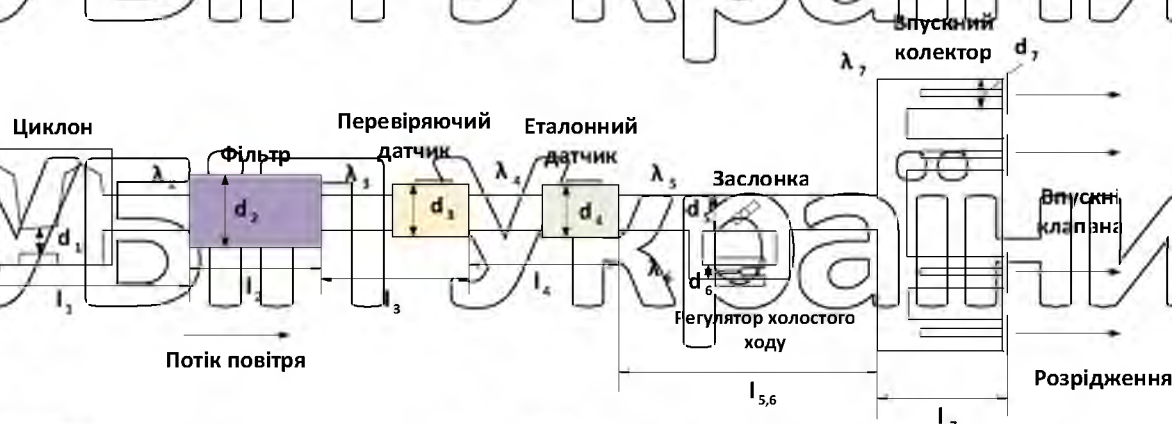


Рис. 2.5. Розрахункова схема процесу подачі повітря через елементи системи впуску: $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7$ - коефіцієнти Дарсі для ділянок, $d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6, d_7$ - діаметр ділянки, м, $l_1, l_2, l_3, l_4, l_5, l_6, l_7$ - довжина ділянки, м

Чим більший ступінь засмічення повітряного фільтра, тим менша частота обертання колінчастого валу ДВЗ з фільтром по відношенню до частоти без повітряного фільтра. Ця ознака передбачається використовувати визначення технічного стану повітряного фільтра.

Одним із найненадійніших елементів системи впуску є ДМВП, його відмова виявляється в невірному поданні даних щодо кількості повітря МСУД. І досить часто вишикають несправності, які дають значне відхилення подачі повітря [16,17,18,19,20].

При використанні еталонного ДМВП, який встановлюється послідовно

штатному, визначимо втрати напору на вході в циліндр і кількість пройденого повітря.

Складемо рівняння Бернуллі для потоку повітря у впускному тракті і вирішимо його щодо кількості пройденого повітря, Q , отримаємо:

$$Q = \sqrt{\frac{(H_{\text{ВАК}} - H) \cdot 2 \cdot g \cdot S^2}{\left(1 + \lambda_1 \frac{l_1}{d_1} + \lambda_2 \frac{l_2}{d_2} + \lambda_3 \frac{l_3}{d_3} + \lambda_4 \frac{l_4}{d_4} + \lambda_5 \frac{l_5}{d_5} + \lambda_6 \frac{l_6}{d_6} + \lambda_7 \frac{l_7}{d_7}\right)}}, \quad (2.2.)$$

де: $H_{\text{ВАК}}$ - вакуумметричний стовп розрядження, створюваний зворотно-поступальним рухом поршня, м

H - Висота підйому повітря у впускному тракті, м;

g - прискорення вільного падіння, м/с²;

S - найменша площа перерізу у впускному тракті, м²;

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7$ - коефіцієнти Дарсі для ділянок: циклону, повітряного фільтра, що перевіряється ДМВП, еталонного ДМВП, дросельної заслінки, регулятора холостого ходу, впускних клапанів;

$d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6, d_7$ - діаметр ділянок: циклону, повітряного фільтра, що перевіряється ДМВП, еталонного ДМВП, дросельної заслінки, регулятора холостого ходу, впускних клапанів, м;

$l_1, l_2, l_3, l_4, l_5, l_6, l_7$ - довжина ділянок: циклону, повітряного фільтра, що перевіряється ДМВП, еталонного ДМВП, дросельної заслінки, регулятора холостого ходу, впускних клапанів, м.

Введення у впускний тракт еталонного ДМВП відіб'ється деяким збільшенням опору, визначимо, як зміниться подача повітря через ДМВП при цьому. Відомо, що розрядження у впускному колекторі змінюється залежно від представленого на рис. 2.6.

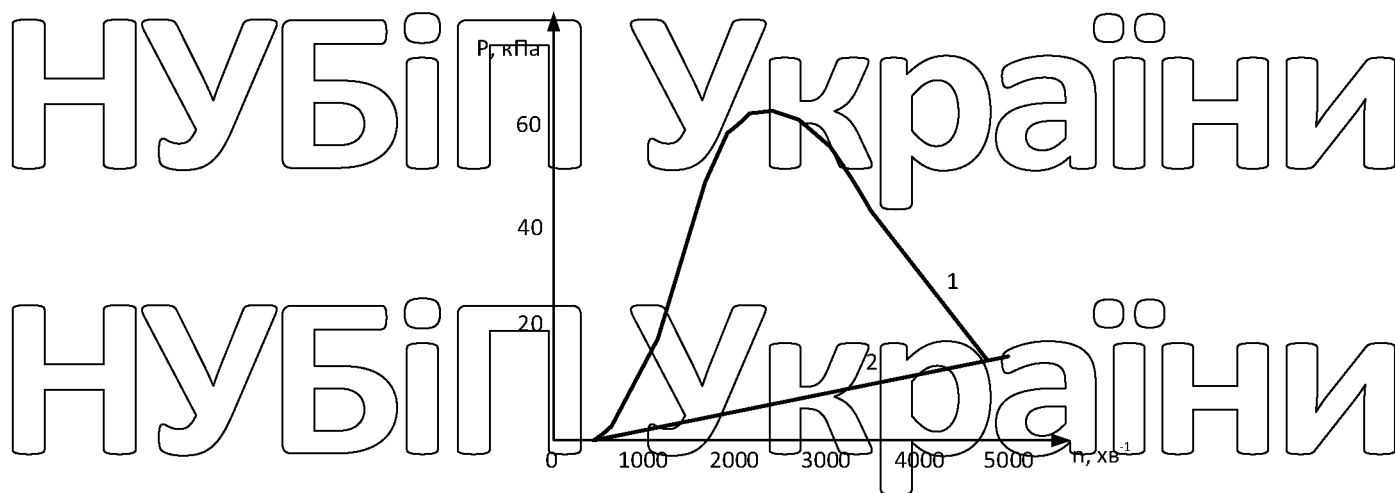


Рис. 2.6. Залежність зміни розрядження у впускному колекторі від

навантаження та частоти обертання: 1 Часткове навантаження; 2 Повне навантаження

Підставляючи вираз (2.2.) для двигуна ТА69W0. $N_{\text{ВЛК}} = 3415 \text{ м}$, $H = 5 \text{ м}$, $g = 9,8 \text{ м/с}^2$; $S = 1,963 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$, $\lambda_1 = 0,4$, $\lambda_2 = 3$, $\lambda_3 = 0,02$, $\lambda_4 = 0,02$, $\lambda_5 = 0,05$, $\lambda_6 = 0,4$, $\lambda_7 = 0,02$, $d_1 = 0,1 \text{ м}$, $d_2 = 0,1 \text{ м}$, $d_3 = 0,1 \text{ м}$, $d_4 = 0,1 \text{ м}$, $d_5 = 0,1 \text{ м}$, $d_6 = 0,01 \text{ м}$, $d_7 = 0,04 \text{ м}$, $l_1 = 0,2 \text{ м}$, $l_2 = 0,2 \text{ м}$, $l_3 = 0,12 \text{ м}$, $l_4 = 0,12 \text{ м}$, $l_5 = 0,2 \text{ м}$, $l_6 = 0,2 \text{ м}$, $l_7 = 0,1 \text{ м}$, отримаємо $Q = 620 \text{ кг/год}$. За відсутності еталонного ДМВП $Q = 621 \text{ кг/год}$. Тобто, при максимальному можливому розрядженні у

впускному колекторі додавання еталонного ДМВП відіб'ється у зниженні подачі повітря на $0,16\%$, що вкрай незначно і знаходиться в межах величини похибки ДМВП

Набагато більший вплив на кількість подаючого повітря, має підвищений опір повітряного фільтра. Так керуючись і підставляючи значення коефіцієнтів опору отримали залежність зміни величини подаючого повітря, від опору повітряного фільтра рис. 2.7.

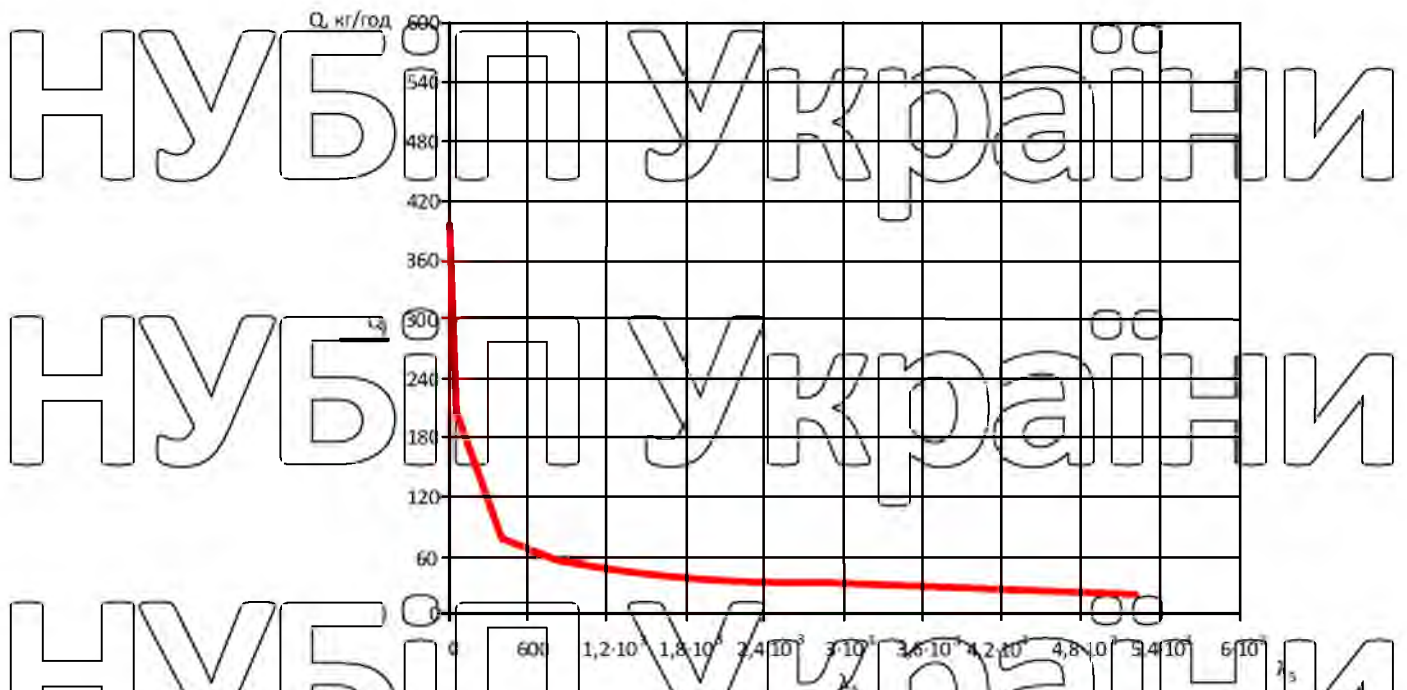


Рис. 2.7. Залежність величини подаючого повітря, Q , кг/год від опору повітряного фільтра λ_5

З представленої рис. 2.7. залежності видно наскільки висока чутливість зміни подачі повітря до зростання опору. Так із зростанням опору від 0,05 до 52,6 подача повітря змінилася з 620 до 205 кг/год. При такій зміні опору фільтра виникають серйозні провали в роботі ДВЗ та зниження потужності.

Подальше зростання опору фільтра з 52,6 до 760 викликає зниження кількості повітря з 205 до 57 кг/год, що викликає зупинку ДВЗ та неможливість його роботи.

Також досить часто виходить із ладу РХХ. Для виявлення його несправності у процесі запуску ДВЗ спостерігається ступінь висування штока (кількість кроків). А далі перевіряється швидкість коригувальних процесів РХХ і рівень адаптивності під стрес тест.

Для перевірки швидкості коригувальних дій РХХ пропонується вимкнути з роботи два циліндри одночасно і перевірити час реакції до моменту додавання числа кроків. Можна записати умову для часу реакції t_p :

$$t_p = t_{\text{від}} + t_{\text{кор}} \quad (2.2)$$

де $t_{\text{від}}$ - час відключення циліндрів

$t_{кор}$ - час корекції числа кроків РХХ, с.

При цьому частота обертання колінчастого валу ДВЗ на двох циліндрах, що залишилися, повинна бути кратною частоті обертання холостого ходу або на 10% більшою:

$$n_p = n_{xx} + \Delta n_{10\%}, \quad (2.4)$$

де n_{xx} - частота обертання холостого ходу ДВЗ, хв^{-1} ;

$\Delta n_{10\%}$ - максимальне збільшення частоти обертання колінчастого валу ДВЗ, хв^{-1} .

Герметичність клапанів та правильність фаз ГРМ визначаються на підставі тестів. Для перевірки герметичності клапанів необхідно вивести ДВЗ на режим максимального навантаження при вимиканні повністю трьох циліндрів і максимального ступеня вимкнення одного циліндра, що залишився в роботі.

Ступінь негерметичності клапанів даного циліндра виявиться у вигляді умови:

$$H_{ГРМ} = \frac{n_p}{n_H} = \frac{n_H - \Delta n_{ГРМ}}{n_H}, \quad (2.5)$$

де n_p - частота обертання одного циліндра, що перевіряється при максимальному ступені навантаження ДВЗ, хв^{-1} ;

n_H - частота обертання одного нового циліндра за максимального ступеня навантаження ДВЗ, хв^{-1} ;

$\Delta n_{ГРМ}$ - зменшення частоти обертання циліндра, що перевіряється при максимальному ступені навантаження ДВЗ, хв^{-1} .

А ступінь відхилення фаз ГРМ перевіряється наступним тестом. При роботі одного циліндра на середньому навантаженні змінюють кут випередження запалення у бік раннього та пізнього, знайдений оптимум визначиться максимумом частоти обертання ДВЗ. Умову запишемо:

$$n_{\phi} = n_{max}, \text{ при } \begin{cases} \text{КВЗ} \rightarrow \text{max до ВМТ} \\ \text{КВЗ} \rightarrow \text{піп до ВМТ} \end{cases}$$

де n_{max} - частота обертання максимальна для цього ступеня навантаження циліндра, хв^{-1} ;

КВЗ $\rightarrow \max$, КВЗ $\rightarrow \min$ значення кута випередження запалювання змінюються в межах від максимально до мінімально можливих.

Таким чином, встановлено, що втрати напору на вході в циліндр при встановленні еталонного ДМВП незначні і викликають зниження кількості повітря, що подається з $Q = 621$ кг/год до $Q = 620$ кг/год. Тобто, при

максимально можливому розрядженні у впускному колекторі додавання еталонного ДМВП відб'ється у зниженні подачі повітря на 0,16%, що вкрай незначно і знаходиться в межах величини похибки ДМВП. При послідовній

установці ДМВП діагностованої та еталонної втрати напору повітря на них

практично дорівнюють нулю. І при застосуванні заявлених діагностичних засобів не вноситься жодна помилка вимірювання.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Метод контролю

3.1.1. Приладові засоби.

Для проведення досліджень та оцінки параметрів роботи двигуна використовується електронний прилад, який є відмикачем електромагнітних форсунок [28,29,30,31].



Рис. 3.1. Відмикач електромагнітних форсунок з комп'ютерним пристроєм та інтерфейсом діагностичної програми.

Відмикач електромагнітних форсунок дозволяє в широких межах змінювати навантаження на будь-який циліндр двигуна при робочих частотах обертання, робити діагностування складових частин за критерієм працездатності, а також підвищувати інформативність методів, що реалізуються іншими засобами діагностування.

Відмикач електромагнітних форсунок (рис. 3.1) складається з електронного пристрою з проводами, роз'ємом та кнопками. Містить комп'ютерний пристрій 1 з інтерфейсом встановленої діагностичної програми 2, виконавчі механізми 3 (рис. 3.2.) [32,33,34,35].

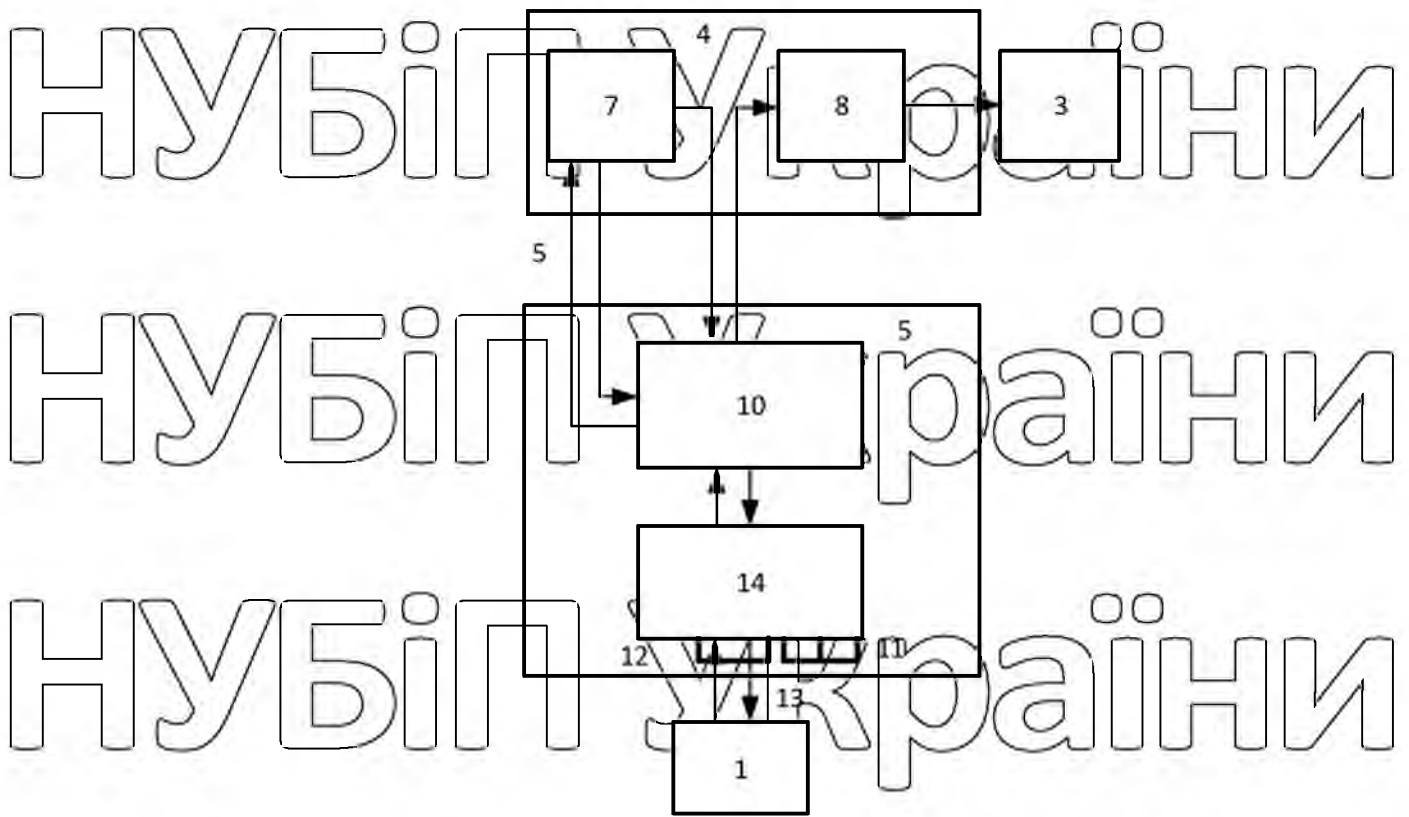


Рис. 3.2. Структурна схема вимикача електромагнітних форсунок.

В якості електронного пристрою використаний електронний блок керування транспортного засобу 4, з'єднаний через діагностичну лінію 5 із зовнішнім електронним блоком керування 6. Електронний блок керування транспортного засобу 4 включає мікроконтролер електронного блоку керування транспортного засобу 7, драйвери виконавчих механізмів 8 і закріплену на електронному блоці керування транспортного засобу 4 спільну кободку 9 (рис. 3.3.).

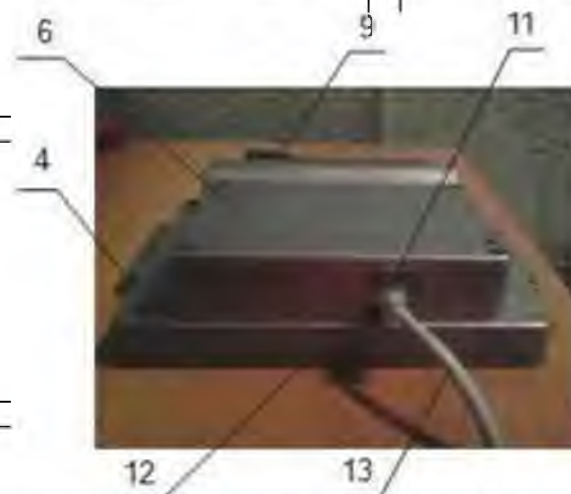


Рис. 3.3. Вимикач електромагнітних форсунок.

Зовнішній електронний блок керування містить 6 мікроконтролер зовнішнього електронного блоку керування і встановлені на ньому індикатори 11 і роз'єм 12 для приєднання мережевого проводу 13 і локальної мережі, з'єднаної з комп'ютерним пристроєм 1 (рис. 3.6.).

Для універсалізації вимикача електромагнітних форсунок при використанні на ряді транспортних засобів може застосовуватися перехідний з'єднувач 15 (рис. 3.7.), встановлений між роз'ємом електронного блоку керування 16 на транспортному засобі та сполучною колодкою 9 електронного блоку керування транспортного засобу 4 [36,37].

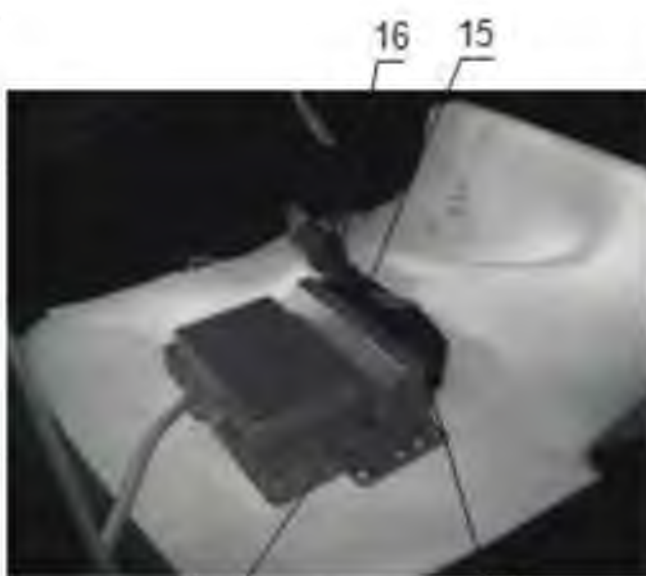


Рис. 3.4. Вимикач електромагнітних форсунок, приєднаний перехідним з'єднувачем, розташованим між роз'ємом електронного блоку керування на транспортному засобі та сполучною колодкою електронного блоку керування транспортного засобу

На інтерфейсі програми (рис. 3.5) розташовані кнопки 17 повного відключення циліндрів, кнопки 18 часткового відключення циліндрів, кнопка 19 для відключення палива або запалення (два можливі положення), кнопка 20 для скидання всіх установок, введених раніше, кнопка 21 для коригування форсунки, кнопка 22 для зміни кута випередження запалення, кнопка 23 для здійснення команд «Підключити» та «Вимкнути», кнопка 24 для здійснення команд «Баланс», «Вибіг» та «Розгін». Знизу інтерфейсу програми розташовано



Рис. 3.5. Інтерфейс комп'ютерної програми

У вільному полі інтерфейсу програми розташовані параметри 26. Обороти

- частота обертання колінчастого валу двигуна, хв^{-1} Температура – температура охолоджуючої рідини, 0°C ;

Дросель - відсоток відкриття дросельної заслінки, % Поправка УОЗ - поправка кута випередження запалення, град.

Положення РДВ - положення регулятора додаткового повітря, кроків витрати палива - л/год;

Витрата повітря - кг/год, корекція паливоподачі;

УОЗ – кут випередження запалення, град.

У верхньому правому куті інтерфейсу програми представлені коди помилок 27 (якщо є помилка, з'являється її опис).

У правому нижньому куті інтерфейсу програми розташовані кнопки 28, 29, 30, 31: кнопка 28 для зменшення або збільшення напруги живлення електробензонасосу, кнопка 29 зменшення або збільшення напруги живлення електронного блоку керування; кнопка 30 зменшення або збільшення напруги

живлення електромагнітних форсунок (одночасно всіх); кнопка 31 зменшення або збільшення напруги живлення модуля системи запалювання.

Перед використанням вимикача електромагнітних форсунок встановлюють програму діагностики на комп'ютерний пристрій. При першому запуску програми налаштовують зв'язок із вимикачем електромагнітних форсунок. Вимикач електромагнітних форсунок працює з комп'ютерним пристроєм по протоколу TCP/IP, тому для його роботи необхідно правильно налаштувати параметри цього протоколу. Якщо комп'ютер вже підключено до локальної мережі, його IP-адресу та маску підмережі дивляться, щоб правильно встановити IP-адресу

Вводять IP-адресу: 192.168.0.2;

Маска підмережі: 255.255.255.0;

Основний шлюз: 192.168.0.10;

Переважний DNS-сервер: 192.168.0.10;

IP-адреса комп'ютерного пристрою вважається встановленою.

Мотор-тестер «МТ-10» з діагностичною програмою «МТ-10»

Програма МТ-10 як сканер призначена для діагностування різних систем автомобілів, оснащених системами електронного керування.

Призначення входів та підключення кабелів та датчиків

Входи «Вхід1-Вхід5 (IN1-IN5)» універсальні аналогові входи з високим вхідним опором - призначені для підключення до низьковольтних ланцюгів ЕСУД - до датчиків, виконавчих механізмів, первинних ланцюгів системи запалювання (рис. 3.6. та 3.7.).

Для підключення використовуються кабелі-пробники: АМ4-С11-Ж, АМ4-С21-Г, АМ4-С31-З, АМ4-С41-К та АМ4-С51-Ф (жовтого, блакитного, зеленого, червоного та фіолетового кольору - відповідають кольорам променів у режимі осцилографа/самописця).

Для підключення кабелів до ланцюгів ЕСУД можна використовувати перехідники ШП-З-ХХ, ШП-КГ («крокодил»), ЩУПІ-ГОЛКИ.



Рис. 3.6. Мотор-тестер МТ-10 вид зверху та спереду (з боку роз'ємів)

Вхід «Датчик 1 циліндра (Inductive Pickup)» - призначений для підключення індуктивних кліщів синхронізації (датчика першого циліндра) КСГ-4. Кліщі підключаються до високовольтного дроту будь-якого (зазвичай першого) циліндра на автомобілях з класичною схемою системи запалення з механічним розподільником і формують імпульси початку відліку в режимах, де необхідний рахунок циліндрів. Наявність цього датчика дозволяє однозначно визначати, якому циліндру відповідає осцилограма чи відлік вимірів.

Кліщі синхронізації можна підключати до високовольтного дроту будь-якого циліндра, але в програмі необхідно вказати, до якого дроту підключені кліщі.

Входи «KV +» та «KV -» - призначені для підключення до приладу датчиків високої напруги для вимірювання та спостереження осцилограм електричної напруги у вторинних ланцюгах системи запалення. Для підключення до класичної системи запалення з однією котушкою та розподільником датчик високої напруги ДВН-2А підключається до входу «KV -», до системи з двовивідними котушками - датчик високої напруги ДВН-4А-П на позитивних виходах котушок - до входу «KV +», на негативних

виходах Датчик високої напруги ДВН-4А-М до входу «KV-». Для підключення до двигунів з двовивідними котушками при кількості 6 циліндрів більше можна використовувати додаткові датчики ДВН-6 спільно з комутатором датчиків КД-2 або трійниками типу BNC-T.

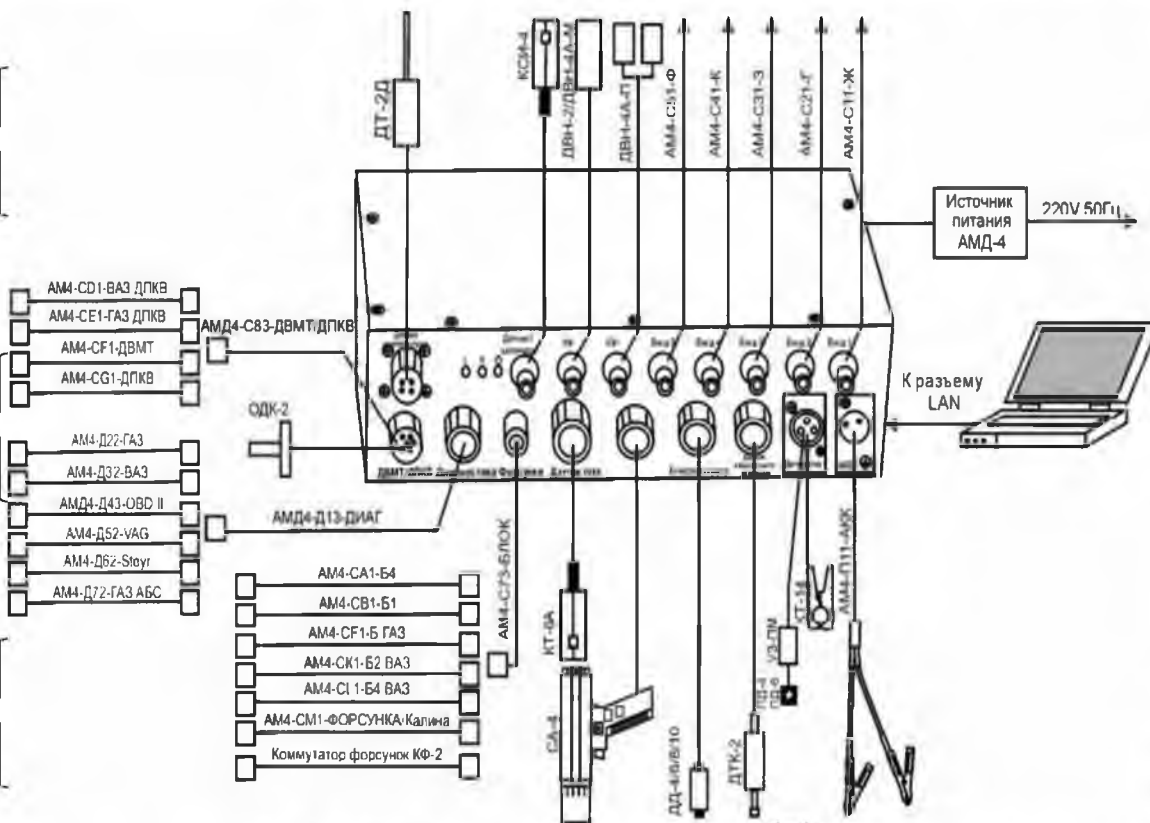


Рис. 3.7. Мотор-тестер МТ-10 з умовними позначеннями

приєднувальних роз'ємів

Первинні ланцюги запалювання/форсунок (Primary Leads/Injectors) призначені для вимірювання та спостереження форми сигналів у первинних ланцюгах запалювання автомобіля або в ланцюгах форсунок. Можливе підключення до 4 каналів. За допомогою цього ж входу проводяться випробування балансу циліндрів і блокування котушок при вимірюванні компресії (не забудьте підключити вхід АКБ/«BATTERY» до аккумулятора діагностованого автомобіля, інакше блокування працювати не буде).

Для підключення до систем з розподільником та однією котушкою необхідно використовувати кабель первинних ланцюгів/форсунок AM4-C73-БЛОК та кабель-адаптер первинних ланцюгів 1-канальний універсальний AM4-CB1-B1, у якого провід «K-» підключається до мінусової клеми котушки

запалювання, А «+» - відповідно до плюсової. Для підключення до систем із двовивідними котушками двигунів Opel Astra G 1.4, Opel Astra G 1.6, Opel Astra G 1.8, або з однією двовивідною котушкою (на автомобілі Matis) необхідно

використовувати кабель-адаптер первинних кіл Opel Astra 2-канальний AM4-CC1-Б Opel Astra.

Для підключення до модуля запалювання, що використовується на двигунах ЗАЗ Ланос Т-150 можна використовувати кабель-адаптер первинних ланцюгів 4-канальний універсальний AM4-CA1-Б4 та 4 розгалужувачі ШП-3-

1,5. Вихід кабеля-адаптера N1 і N2 підключаються відповідно до виходів

модуля запалювання В і С. Не забудьте в описі двигуна вказати тип системи запалювання – «з модулем запалювання».

Для підключення до модуля котушок запалювання, що використовується на двигунах ТА69W0, необхідно використовувати кабель-адаптер AM4-CK1-Б2

Ланос. Не забудьте в описі двигуна вказати тип системи запалення – «з двовивідними котушками запалювання»

Для підключення до індивідуальних котушок запалювання, що використовуються на двигунах ТА69W0, необхідно використовувати кабель-адаптер AM4-CL1-Б4 Ланос.

Для підключення до інших систем можна використовувати універсальний кабель-адаптер AM4-CA1-Б4 та відповідні розгалужувачі ШП-3-

*

Для підключення до ланцюгів форсунок на двигунах ЗАЗ Ланос Т-150 необхідно використовувати кабель-адаптер AM4-CH1-Форсунка. Замість цього адаптера можна підключити комутатор КФ-2 для проведення випробувань ЦПГ → Циліндровий баланс (з відключенням форсунок).

АКБ (Battery) - призначений для підключення до акумулятора автомобіля (12 або 24 В). Використовується для вимірювання напруги

акумулятора та його пульсацій у випробуваннях Електрика → Генератор, ЦПГ

→ Компресія (по струму), та при блокуванні запалювання у випробуваннях циліндрового балансу та вимірювання компресії. Він також використовується

для живлення блоку АМД-4АКМ за відсутності зовнішнього джерела живлення. Максимально допустима вхідна напруга 40В.

Для підключення до акумулятора використовується кабель живлення АМ4-П11-АКК.

Датчик абсолютного тиску (Absolute Pressure Probe) - призначений для підключення датчика тиску ДТК-2. З його допомогою можна вимірювати розрідження або надлишковий тиск (на двигунах з турбокомпресором) та його пульсації у впускному колекторі, картері двигуна та у випускній системі.

Датчик струму +/-10А (+/-10А Current Clamp) - призначений для підключення струмовимірювальних кліщів КТ-6А та їх модифікацій. За допомогою них можна спостерігати форму струму в первинних ланцюгах запалювання, ланцюгах форсунок, інших слаботочних електричних ланцюгах автомобіля без розриву цих ланцюгів.

Датчик струму +/-250А (+/-250А Current Clamp) - призначений для підключення струмовимірювальних кліщів КТ-14 та їх модифікацій. За допомогою них можна спостерігати форму стартерного струму в режимі прокручування, заряджання акумулятора. За формою пульсацій стартерного струму можна оцінити відносну компресію циліндрів у випробуванні ЦПГ →

Компресія (по струму).

До цього входу підключається підсилювач п'єзодатчика УЗ-ПМ. П'єзодатчики ПД-4/ПД-6 закріплюються на паливній трубці будь-якого (зазвичай першого) циліндра на дизельних автомобілях з ТНВД безпосередньої дії та формують імпульси початку відліку в режимах, де необхідний рахунок циліндрів. Наявність цього датчика дозволяє однозначно визначати, якому циліндру відповідає осцилограма чи відлік вимірів.

Ці датчики дозволяють досліджувати пульсації тиску в паливних трубках, що дає можливість оцінити роботу плунжерних пар ТНВД і розпилювачів форсунок. П'єзодатчики можна зміцнювати на паливних трубках будь-якого циліндра, але в програмі необхідно вказати, до якого саме циліндра.

Діагностика (DLC) - призначена для підключення діагностичних кабелів

Діагностика (DLC) - призначена для підключення діагностичних кабелів

Діагностика (DLC) - призначена для підключення діагностичних кабелів

для проведення діагностики автомобіля під час роботи в режимі сканера. Використовується діагностичний кабель АМД4-Д13-ДЛАГ та кабелі-адаптери з різними діагностичними роз'ємами: кабель-адаптер Opel Astra АМ4-Д22- Opel Astra, кабель-адаптер ЗАЗ Ланос Т-150/GM-12 АМ4-Д32- ЗАЗ Ланос Т-150, кабель-адаптер OBDII АМ і т.д.

Датчик температури (Temp Probe) - призначений для підключення датчика температури ДТ-2Д та його модифікацій для вимірювання температури олії у двигуні, АКПП тощо, через щуп виміру оливи.

Компресометр (Pressure Probe) - призначений для підключення датчиків тиску ДД-4/6/8/10/10М та їх модифікацій. Він призначений для вимірювання компресії, кута випередження запалення на бензинових або кута впорскування на дизельних двигунах та спостереження за процесами в системі газорозподілу.

На бензинових двигунах для приєднання датчика тиску необхідно викрутити свічку запалювання. Замість свічки до високовольтного дроту підключити розрядник та викрутити датчик тиску в циліндр. Розрядник підключити роз'ємом типу «крокодил» на масу двигуна. Потім до високовольтного дроту із розрядником можна підключити індуктивні кліщі синхронізації КСІ-4. У цьому випадку підключення розрядника необхідне, оскільки, якщо використовувати замість розрядника свічку, синхронізація може бути нестійкою.

Стробоскоп (Timing Light) - призначений для підключення стробоскопа СА-4 та його модифікацій для вимірювання кута випередження запалення на бензинових або кута впорскування на дизельних двигунах.

Вхід синхронізації «ДПКВ/ДВМТ (CPS/DPS)» - призначений для підключення індуктивного датчика положення колінчастого валу (ДПКВ) та/або датчика верхньої мертвої точки (ДВМТ), а також оптичного датчика колінвала ОДК-2.

На багатьох автомобілях (у тому числі на інжекторних ЗАЗ Ланос Т-150 та Opel Astra) встановлені спеціальні зубчасті диски синхронізації. Кількість зубів може бути різною, наприклад: ЗАЗ Ланос Т-150/ Opel Astra (у тому числі

Січень-4.х, Січень-5.х, Січень-7.х, М7.3, Bosch M1.5.4, Bosch MP7.0, Bosch M7.9.7, Мікас-5.4х, Мікас-7.х, Мікас 10/11, Автрон, МКД(105), GM ISFI-2S (3А3 Ланос Т-150) – 58 зубів з двома пропущеними («60-2»), Ford EEC IV - «36-1».

Підключення здійснюється за допомогою кабелю АМД4-С83-ДВМТ/ДПКВ. Кабель підключається до виходів ДПКВ через кабелі-адаптери (для 3А3/Ланос Т-150 - кабель-адаптер ДПКВ/ Ланос АМ4-СД1-ВА3 ДПКВ, для G1.4, G1.6, G1.8 - кабель-адаптер ДПКВ/ Opel Astra АМ4СЕ для інших - через кабель-адаптер ДПКВ універсальний АМ4-СГ1-ДПКВ та відповідні за розміром ШП-3-* або ЩУПИ-ГОЛКИ).

Мотор-тестер МТ-10 може працювати в режимі тестера та сканера. Розглянемо особливості використання мотортестера МТ-10.

Режим «Тестер». Режим «Тестер» призначений для діагностики двигунів внутрішнього згоряння. Діагностика проводиться за допомогою комп'ютера, підключеного через адаптер та датчики до ланцюгів (або вузлів) двигуна.

Функції програми в режимі «Тестер»:

- оцінка відносної компресії в циліндрах струму стартера.
- вимірювання тиску в циліндрі при стартерному прокручуванні та при роботі двигуна без одного циліндра - за допомогою датчика тиску.

- оцінка нерівномірності обертання (внесок циліндрів)

- циліндровий баланс (з відключенням запалення за первинними ланцюгами).

- оцінка роботи генератора та акумулятора.
- вимірювання напруги первинних ланцюгів запалювання.
- вимір напруги вторинних ланцюгів запалювання.
- вимірювання напруги в ланцюгах форсунок.

- вимірювання кута випередження запалення (за допомогою стробоскопа чи датчика ВМТ чи датчика тиску).

Перевірка та налаштування синхронізації. Перед проведенням випробувань рекомендується перевірити правильність підключення високовольтних емісійних датчиків та індуктивного датчика першого циліндра

(див. меню - «Синхронізація» - «Перевірка та налаштування»)

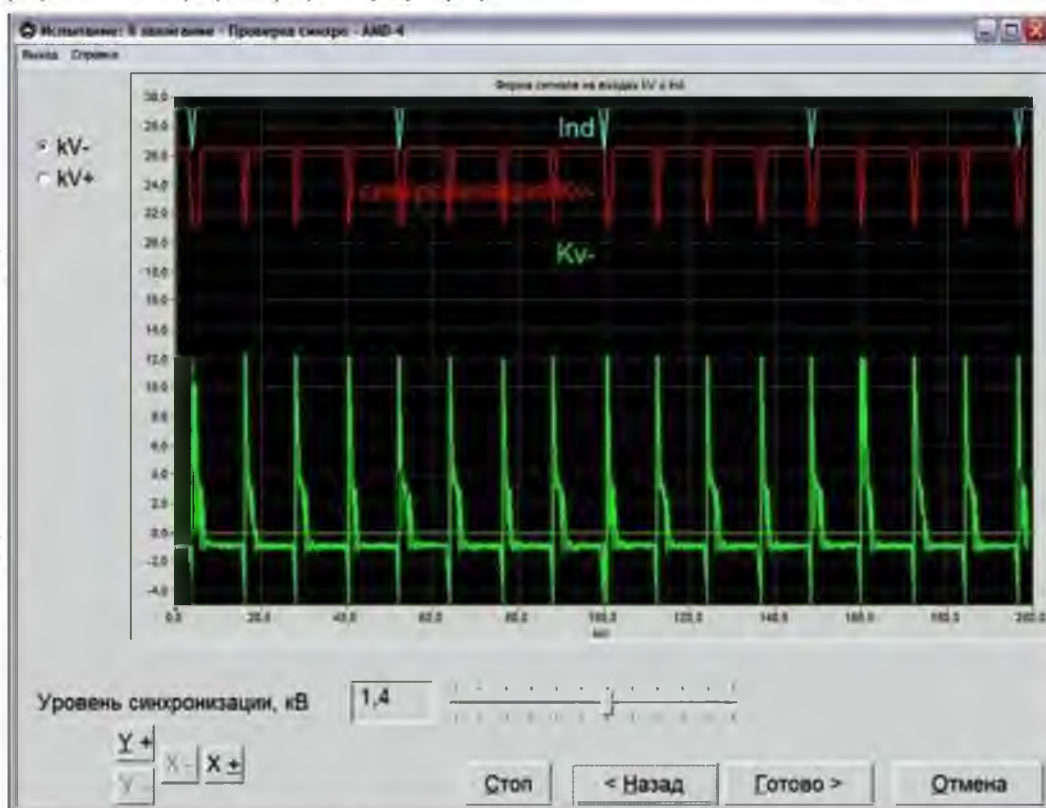


Рис. 3.8 Екран мотор-тестера МТ-10 під час реалізації функції «Синхронізація»

На екрані (рис. 3.8) видно імпульси високої напруги на вході $kV-$ (нижній зелений промінь), сигнал синхронізації від нього (середній червоний промінь) блакитний верхній промінь - сигнал синхронізації від датчика першого циліндра

Встановіть рівень синхронізації $kV-$. Рівень регулюється так, щоб спрацьовування відбувалося на кожен імпульс запалювання. Слід врахувати, що при підвищенні обертів двигуна амплітуда імпульсів падає. Тому потрібно якомога нижчий рівень спрацьовування, але щоб не було спрацьовування від перешкод. [41]

Якщо у вибраному Вами двигуні застосовується позитивна полярність високовольтних імпульсів (наприклад, двовивідні котушки), то встановіть рівень спрацьовування синхронізації $kV+$ (перемкніть кнопку $kV+$ ліворуч від графіка).

Перевірте стійкість спрацьовування першого датчика циліндра. При

нестійкій синхронізації спробуйте перевернути кліщі або перемістити їх ближче чи далі до свічки запалювання або відсунути високовольтний провід першого циліндра від інших дротів. Найбільш радикально впливає на синхронізацію

полярність підключення кліщів, тому завжди спочатку намагайтеся перевернути кліщі. Можна також спробувати переважити кліщі на інший дріт

(тоді у всіх випробуваннях вказуйте, на якому проводі задіяні кліщі датчика першого циліндра). Датчик першого циліндра повинен спрацьовувати на кожен $N_{ц}$ - й імпульс запалювання в системі запалення з розподільником і на половину

імпульсів запалення в системі запалення з двовивідними котушками ($N_{ц}$ - число циліндрів).

Цифровий мультиметр DT-830B.

Інформація з безпеки

Цей мультиметр відповідає вимогам норм безпеки Міжнародної електротехнічної комісії (IEC-1010) для вимірювальних приладів Категорії II.

Використовуйте мультиметр тільки для цілей, зазначених у цій інструкції.

Категорія II для вимірювальних приладів безпосередньо підключених до низької напруги (наприклад, вимірювання домашніх приладів, переносних приладів та аналогічного обладнання).

Робота з мультиметром:

- Не перевищуйте ліміт безпеки, зазначений у технічних характеристиках для кожного діапазону вимірювань.

- Не використовуйте мультиметр для вимірювання напруги вище 600В

- Будьте обережні під час роботи з напругою постійного струму вище 60В або напругою змінного струму з чинним значенням вище за 30В. При роботі з вимірювальними щупами тримайте пальці за охоронними поясками.

- Не виміряйте опір ланцюга, що знаходиться під напругою.

- Перевірте вимірювальні щупи на наявність тріщин та інших пошкоджень, перш ніж використовувати мультиметр

- Не використовуйте прилад за призначенням, т.к. це може зашкодити захисним функціям мультиметра.

Основні характеристики:

Максимальна напруга між терміналами та «землею»: 600В (CAT I)

Робоча температура: 0-40°C, відносна вологість <80%, без конденсату.

Запобіжник: F 250mA/250В. Живлення: батарея 9В, тип NEDA 1604 або 6F22.

Дисплей: РК, макс, показ-1999, частота перетворення 2-3 рази на секунду
Метод обробки: АЦП подвійного ітерування

Індикація навантаження: «1» на екрані. Полярність: «-» - негативна полярність
Робоча температура: від 0 до 40°C Температура зберігання: від -10

до 50°C

Індикація низького заряду батареї: BAT на екрані. Габарити: 126x70x25мм

Вага (включаючи елементи живлення): 170г.

3.1.2. Об'єкт дослідження.

Двигун ТА69W0

Характеристики двигуна:

Таблиця 3.1.

Технічні характеристики двигуна ТА69W0

Виробництво	Lanos T150)
Марка двигуна	ТА69W0
Роки випуску	1997-2016
Матеріал блоку циліндрів	чавун
Система харчування	інжектор/карбюратор
Тип	рядний
Кількість циліндрів	4
Клапанів на циліндр	4
Хід поршня, мм	81,5
Діаметр циліндра, мм	76,5
Ступінь стиснення	9

Об'єм двигуна, куб.см	1498
Потужність двигуна, к.с./об.хв.	(86/5800)
Крутний момент, Нм/об.хв.	(130/3400)
Паливо	92
Екологічні норми	Євро 3
Вага двигуна, кг	185
Витрата палива на л/100км у місті	10,5
Витрата оливи, гр./1000 км	до 100
Олива в двигун	5W-30 5W-40 10W-30 10W-40 15W-40 20W-40
Об'єм оливи в двигуні	6
При заміні лити, л	5.4
Заміна оливи проводиться, км	8000
Робоча температура двигуна, град	~90
Ресурс двигуна, тис. км	
- За даними заводу	150
- на практиці	200+

Датчик масової витрати повітря - витратомір термопневматичного типу ІВКШ 407282000, встановлений у впускній системі після повітряного фільтра.

Датчик визначає кількість повітря, що надходить у циліндри під час роботи двигуна.

У корпусі датчика натягнута платинова нитка. Під час роботи нагрівається до температури 150°C. Повітряний потік, що проходить через

корпус датчика, відбирає від неї тим більше теплоти, чим вища витрата повітря. За величиною електричної потужності, яка витрачається на підтримку заданої температури нитки, електронний блок розраховує надходячу масову витрату повітря.

Так як на охолодження нитки впливає температура самого повітря, в корпусі датчика встановлений терморезистор, що змінює свій опір відповідно до температури повітряного потоку, що надходить в систему. З його показань електронний блок вносить корективи у роботу електричної схеми нагрівання нитки, цим компенсуючи перепади температури, викликані зміною погодних умов.

[38,39,40]

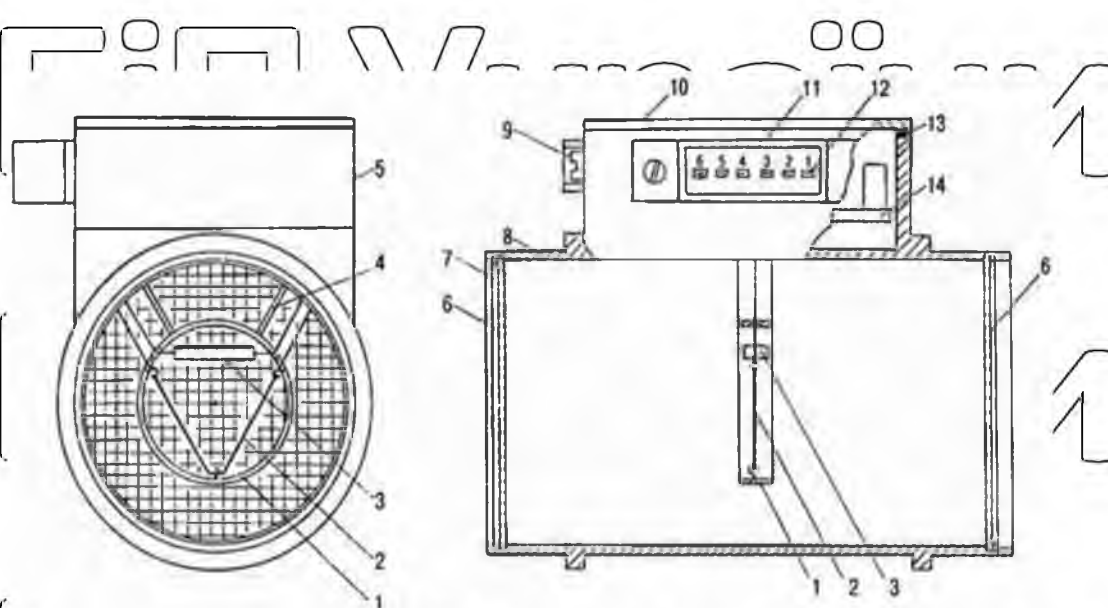


Рис. 3.9. Внутрішній пристрій ДМВП

1 - кільця; 2 - платинова нитка; 3 - термокомпенсаційний опір; 4 - кронштейн кріплення кільця; 5 - корпус електронного модуля; 6 - запобіжна сітка; 7 - стопорне кільце; 8 - корпус датчика; 9 - гвинт регулювання ЗІ; 10 - кришка; 11 - колодка електричного роз'єму; 12 - штекер; 13 - ущільнювач; 14 - електронний модуль.

Основні параметри та розміри:

Номінальна напруга живлення датчика 12 Ст. Діапазон напруги живлення датчика від 7,5 до 16 Ст.

Потужність струму датчика при напрузі живлення від 7,5 до 16 В:

а) у робочому діапазоні перетворення масової витрати повітря не більше

500 мА;

б) при включенні (< 200 мс) трохи більше 1000 мА.

Режим роботи датчика тривалий номінальний S1 згідно з ГОСТ 3940-84

Діапазон робочих температур: мінус 45 до 125°C.

Діапазон температури потоку: мінус 40 до 110°C.

Діапазон тиску навколишнього середовища: від 84 до 106,7 кПа (630 - 800 мм рт. ст.).

Маса датчика має бути не більше 200 г.

3.2. Методика проведення експерименту.

Для вирішення поставлених завдань було розроблено загальну методику досліджень зниження витрати палива бензинових ДВЗ за рахунок повного та часткового відключення циліндрів.

Методика досліджень передбачає вирішення поставлених завдань шляхом проведення теоретичних та експлуатаційних експериментальних досліджень.

Об'єктом випробування є двигун ТА69W0 з електронною системою керування.



Вис. 3.10. Об'єкт випробування двигуна ТА69W0

Для перевірки достовірності отриманих даних нам знадобилося дізнатися технічний стан випробуваного двигуна ТА69W0. Так параметри

зношування циліндрів, виміряні пневмотестером К-69М представлені в таблиці

3.2.

Таблиця 3.2

Параметри зносу циліндрів, виміряні пневмотестером К-69М

Показники	Номер циліндра			
	1	2	3	4
У2	32%	22%	29%	14%
У2-У1	8%	4%	9%	3%
У1	24%	18%	20%	11%

З таблиці 3.2 видно, що У2 (граничне значення зносу циліндрів) досягає 1 і 3 циліндри. Граничне значення поршневих кілець та клапанів спостерігається в 1, 2, 3 циліндрах. Граничне значення параметра У2-У1 не перевищено в жодному з циліндрів.

Крім того, при проведенні експериментальних досліджень на випробуваний ДВЗ ставилися електромагнітні форсунки з параметрами проливи, виміряними на стенді «Форсаж» таблиця 3.3.

Таблиця 3.3.

Параметри проливи форсунок виміряні на стенді «Форсаж»

Показники	Номер циліндра			
	1	2	3	4
Пропускна здатність	0%	-3%	-6%	+6%

Як видно з таблиці 3.3 пропускна здатність форсунки 1-го циліндра відповідала еталонного значення, а пропускна здатність 2-ої форсунки на - 3% нижче від еталонного значення. Пропускна здатність форсунки 3-го циліндра відповідала зменшеній пропускної здатності - 6% від еталонної, а для 4-го циліндра - збільшеної на +6%.

Для створення необхідних режимів навантаження ДВЗ використовувався

відмикання електромагнітних форсунок (рис. 3.11.), який дозволяє створювати будь-яке навантаження на циліндр, що діагностується.



Рис. 3.11. Вимикач електромагнітних форсунок.

Вимикач електромагнітних форсунок підключався до діагностичного роз'єму. (Рис. 3.12.)



Рис. 3.12. Підключення вимикача електромагнітних форсунок у діагностичний роз'єм.

До від'ємника електромагнітних форсунок підключався персональний комп'ютер Acer ASPIRE A715-71G-56BD за допомогою LAN-кабелю як показано нижче на рис. 3.13.

НУБІП України



Рис. 3.13. Підключення електромагнітного вимикача до персонального комп'ютера за допомогою кабелю LAN.

Після підключення електромагнітного вимикача до персонального комп'ютера, на ньому запускається встановлена раніш програма Mikas 5.1. Інтерфейс цієї програми представлений нижче рис. 3.14.



Рис. 3.14. Завантаження програми Mikas 5.1 на персональному комп'ютері.

Перевірка достовірності отриманих результатів проводилася шляхом порівняння результатів діагностування з аналогічними результатами, отриманими на інших ДВЗ. Експериментальні дослідження проводились на

двигуні ТА69W0,

При експериментальних дослідженнях у роботі залишався лише один циліндр із чотирьох. Наприклад, для 4-х циліндрового двигуна перший циліндр залишають у роботі, другий, третій та четвертий повністю відключають із роботи. За цих умов змінюють положення дросельної заслінки через 5% і знімаються такі параметри: частоту обертання колінчастого валу ДВЗ, хв^{-1} ; масова витрата повітря, кг/год ; витрата палива, л/год ; показання мультиметра, (таблиця 3.4).

Таблиця 3.4.

Параметри експериментальних досліджень

Положення дросельної заслінки	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	...	90	95	100
Частота обертання КВ ДВЗ	840	1400	2080	2520	3040	3360	3680	3840	3920	3960	4000	...	4080	4120	4120
Масова витрата повітря кг/год	43,9	72,5	113,2	147,1	180,2	215,9	239,4	252,2	274,6	258,6	299	...	314,9	313	292,2
Витрата палива л/год	4	6,5	9,4	13	16,2	19,5	23,9	23,8	28	29,6	30,4	...	31,2	31,6	32
Покази мультиметра,	2,83	3,12	3,39	3,61	3,79	3,95	4,04	4,09	4,16	4,2	4,27	...	4,18	4,18	4,24

Під час проведення експериментів було виявлено, що з включення вентилятора радіатора охолодження його робота кардинально впливала отримання експериментальних даних. У ході подальшого експерименту, при включенні вентилятора радіатора охолодження дані, отримані в ході експерименту, не фіксувалися. Вплив роботи вентилятора представлений нижче на графіках, розташованих на рис. 3.10.

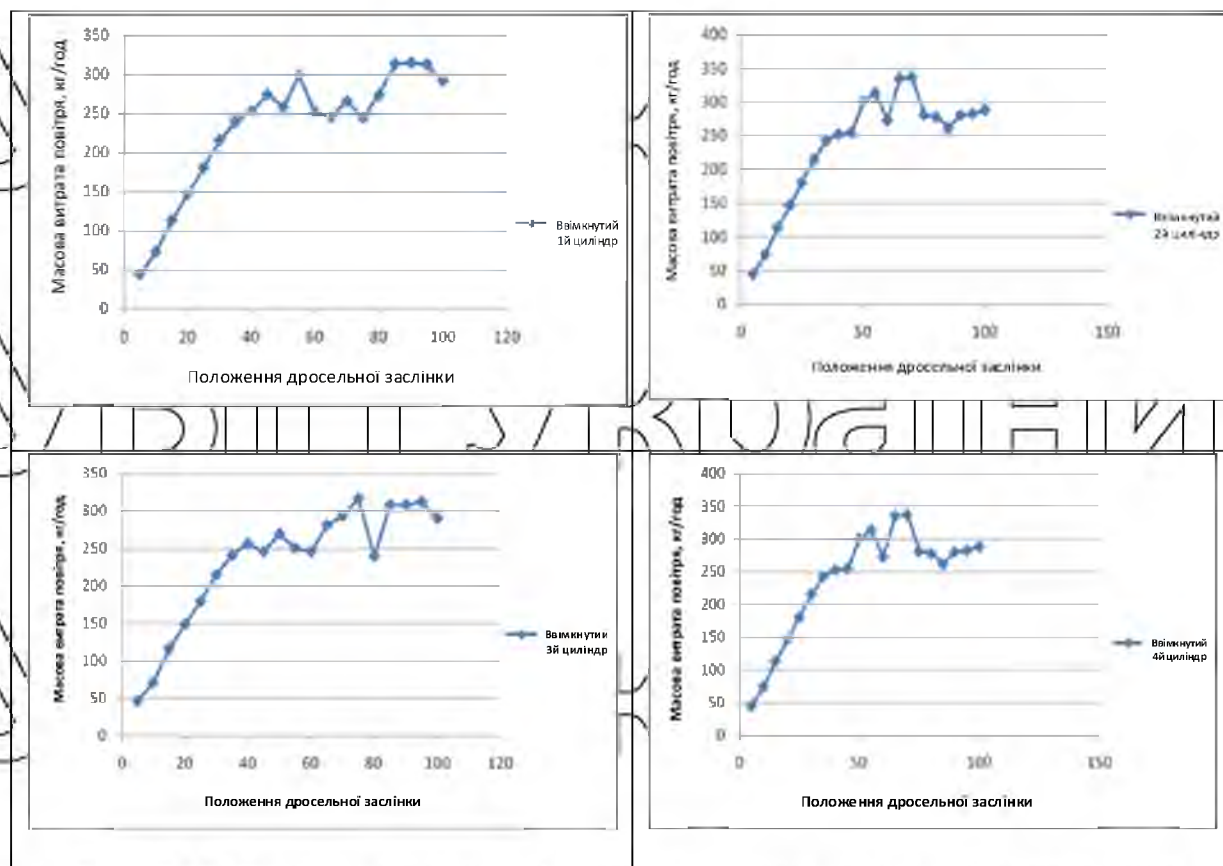


Рис. 3.10 Графіки залежності масової витрати повітря від положення дросельної заслінки при увімкненому вентиляторі радіатора охолодження.

Як видно на представлених вище графіках, включення вентилятора радіатора охолодження впливає на знімається в ході експерименту параметр, такий як масова витрата повітря. При включенні вентилятора витрата повітря зростає.

РОЗДІЛ 4 РЕЗУЛЬТАТИ ПРОВЕДЕНИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ ТА АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ ДАНИХ

За результатами проведених експериментів були отримані такі експериментальні дані, які були занесені в наступні таблиці:

Таблиця 4.1

Результат проведеного експерименту при навантаженому першому циліндрі та вимкнених другому, третьому, четвертому циліндрі

Положення дросельної заслінки	Частота обертання КВ	Масова витрата повітря кг/год	Витрата палива л/год	Мультиметр
5	840	43,9	4	2,83
10	1400	72,5	605	3,12
15	2080	113,2	9,4	3,39
20	2520	147,1	13	3,61
25	3040	180,2	16,2	3,79
30	3360	215,9	19,5	3,95
35	3680	239,4	23,9	4,04
40	3840	252,2	25,8	4,09
45	3920	274,6	28	4,16
50	3960	278,6	29,6	4,2
55	4000	279,9	30,4	4,27
60	4040	281,3	31,5	4,17
65	4040	285,6	31,3	4,17
70	4040	286	31,2	4,17
75	4040	289,9	31,2	4,16
80	4040	305,6	30,9	4,17
85	4080	313,4	31,1	4,17
90	4080	314,9	31,2	4,18
95	4120	313	31,6	4,18
100	4120	316,7	32	4,24

За результатами таблиці 4.1. були побудовані такі графіки:



Рис. 4.1. Графік залежності частоти обертання КВ від положення дросельної заслінки при першому включеному циліндрі

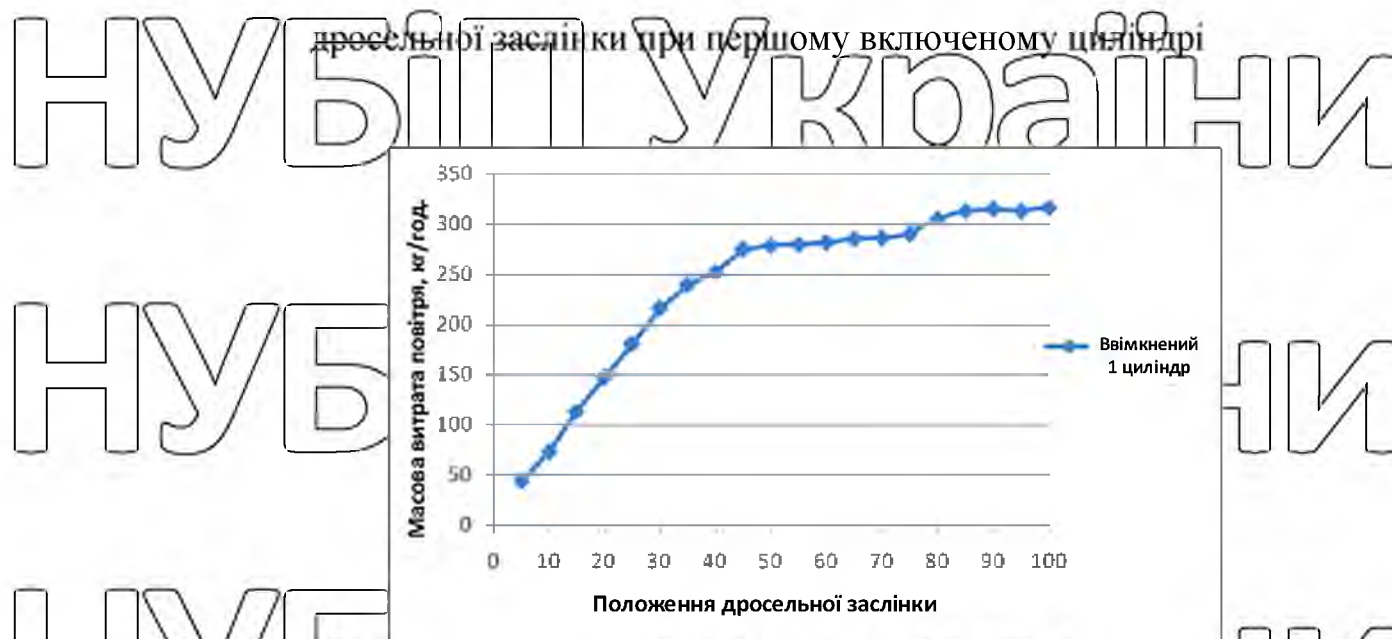


Рис. 4.2. Графік залежності масової витрати повітря від положення дросельної заслінки при першому включеному циліндрі

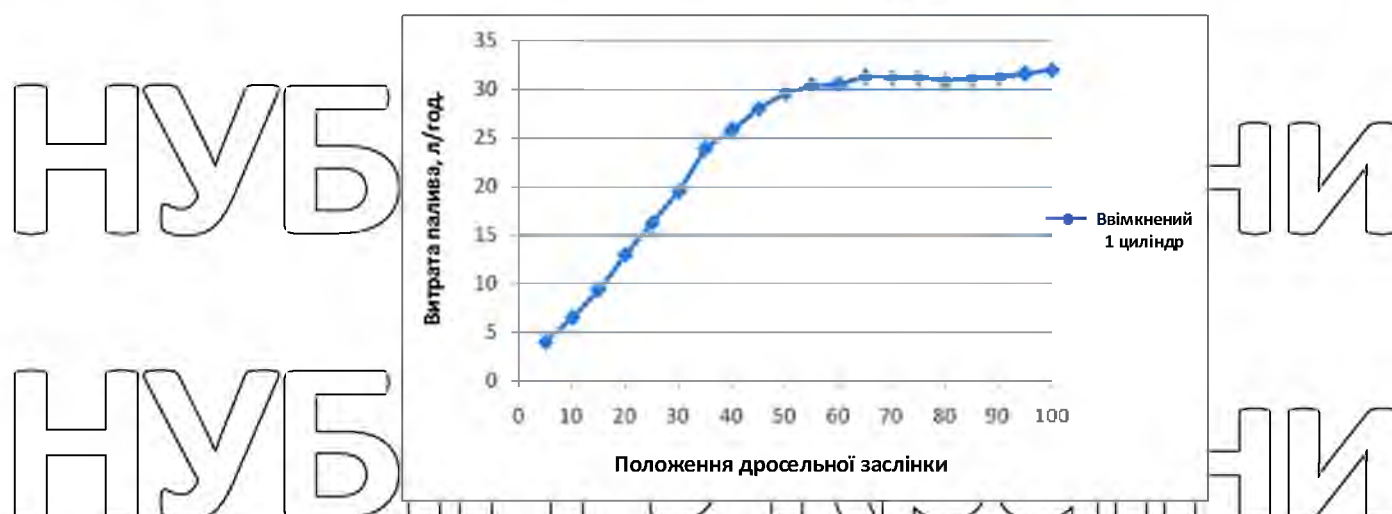


Рис. 4.3. Графік залежності витрати палива від положення дросельної заслінки при першому включеному циліндрі

заслінки при першому включеному циліндрі

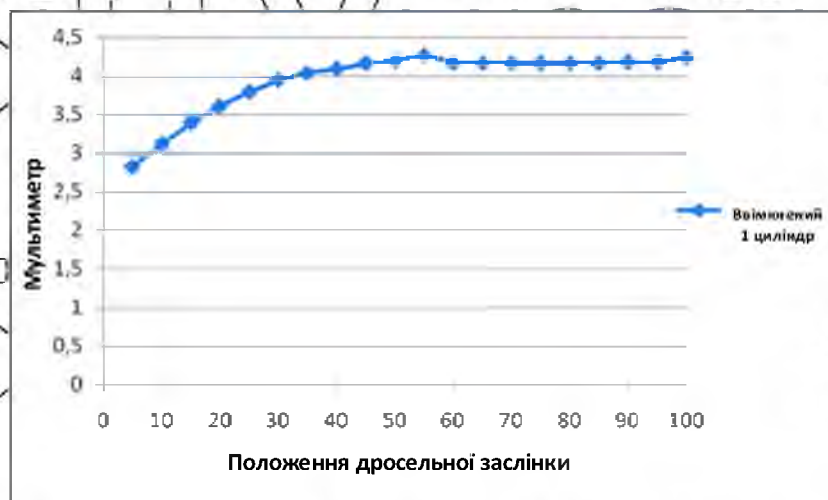


Рис. 4.4. Графік залежності мультиметра від положення дросельної заслінки при першому включеному циліндрі

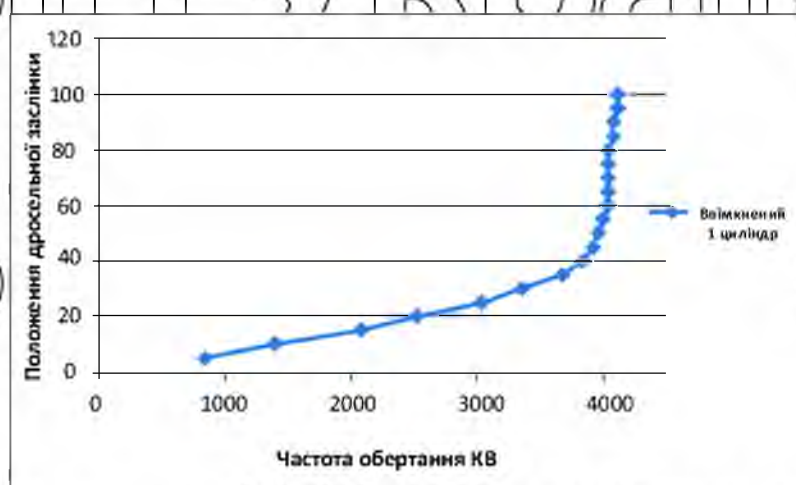


Рис. 4.5. Графік залежності положення дросельної заслінки від частоти обертання КВ при першому включеному циліндрі

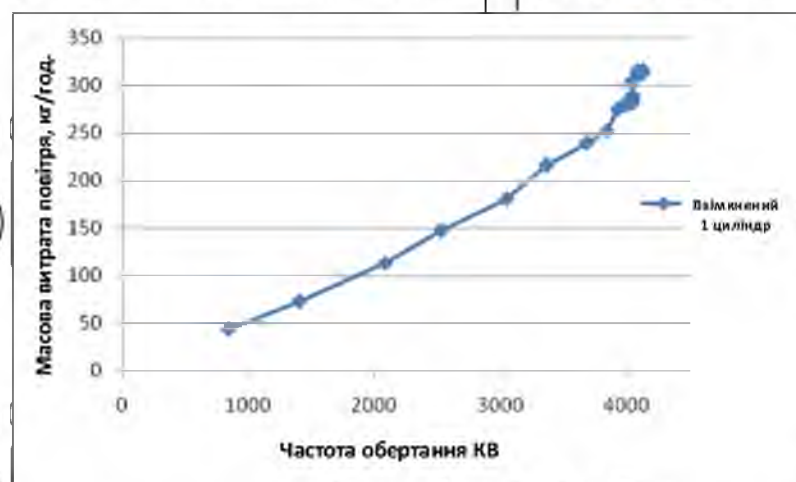


Рис. 4.6. Графік залежності масової витрати повітря від частоти обертання

КВ при першому включеному циліндрі

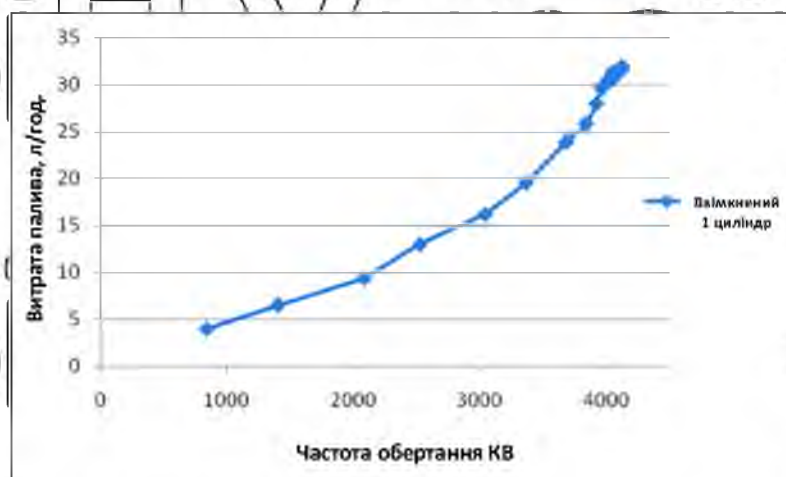


Рис. 4.7. Графік залежності витрат палива від частоти обертання КВ при першому включеному циліндрі



Рис. 4.8. Графік залежності витрат палива від частоти обертання КВ при першому включеному циліндрі

Таблиця 4.2.

Результат проведеного експерименту при навантаженому частковому першому циліндрі та відключеному другому, третьому, четвертому циліндрі

Навантаження циліндра	1	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2
Частота обертання КВ 1р	3240	3080	3000	3000	3040	3000	2560	-	-
Масова витрата повітря кг/год 1р	22,61	21,39	21,3	20,53	20,56	20,26	18,95	-	-
Витрати палива л/год 1р	23,7	22,3	21,2	21,4	21,4	21	18,2	-	-
Мультиметр 1р	3,97	3,94	3,92	3,9	3,91	3,9	3,79	-	-

За результатами таблиці 4.2. були побудовані такі графіки:



Рис. 4.9. Графік залежності частоти обертання КВ від навантаження циліндра при першому частково включеному циліндрі



Рис. 4.10. Графік залежності - масова витрата повітря від навантаження циліндра при частково включеному першому циліндрі



Рис. 4.11. Графік залежності витрати палива від навантаження циліндра при першому частково включеному циліндрі



Рис. 4.12. Графік залежності мультиметра від навантаження циліндра при першому частково включеному циліндрі

Таблиця 4.3

Результат проведеного експерименту при навантаженому другому циліндрі та відключеному першому, третьому, четвертому циліндрі

Положення дросельної заслінки	Частота обертання КВ	Масова витрата повітря кг/год	Витрата палива л/год	Мультиметр
5	889	44,3	4,1	2,85
10	1140	73,8	6,3	3,13
15	2080	113,1	9,8	3,37
20	2480	146,3	13,2	3,64
25	2920	179,8	16,2	3,81
30	3320	214,9	19,6	3,93
35	3600	242,2	24,4	4,06
40	3760	252,1	27,5	4,14
45	3840	274,4	28,2	4,16
50	3880	300,2	30	4,18
55	3920	313,6	30,8	4,19
60	3960	319,5	31,2	4,22
65	4000	334,7	31,7	4,24
70	4040	335,4	31,9	4,22
75	4040	335,3	32,5	4,23
80	4040	337,6	32,2	4,25
85	4040	336,4	32,1	4,23
90	4040	340,2	32,1	4,25
95	4040	341,1	32,9	4,25
100	4080	339,9	32,2	4,24

За результатами таблиці 4.3. були побудовані такі графіки

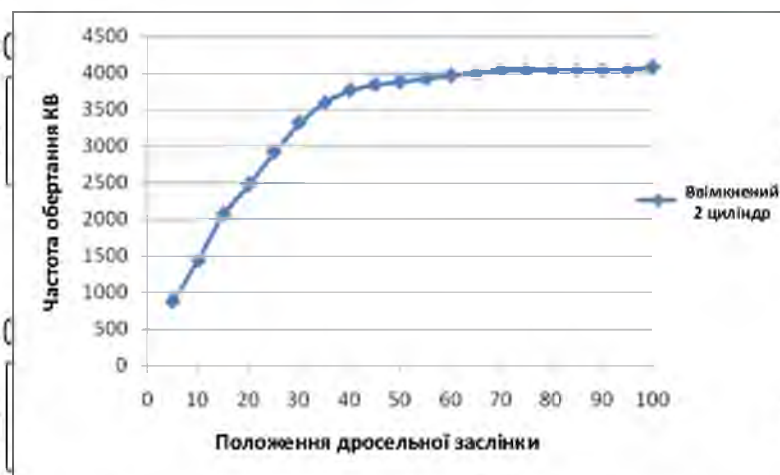


Рис. 4.13. Графік залежності частоти обертання КВ від положення дросельної заслінки при включеному другому циліндрі

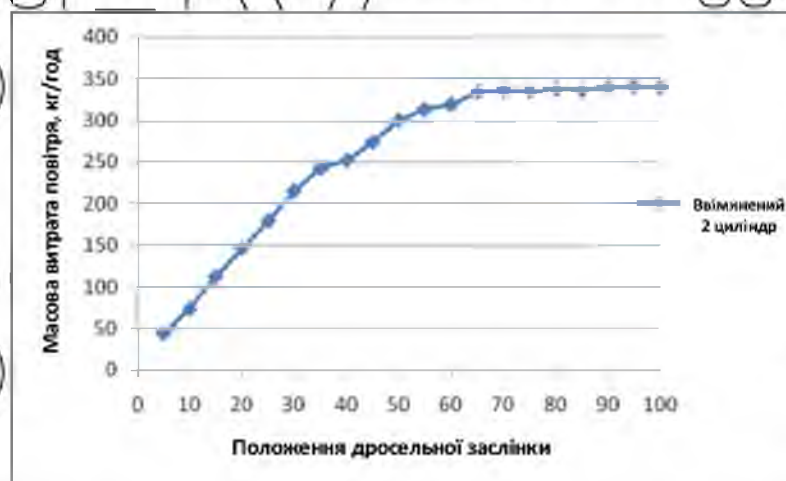


Рис. 4.14. Графік залежності масової витрати повітря від положення дросельної заслінки при включеному другому циліндрі

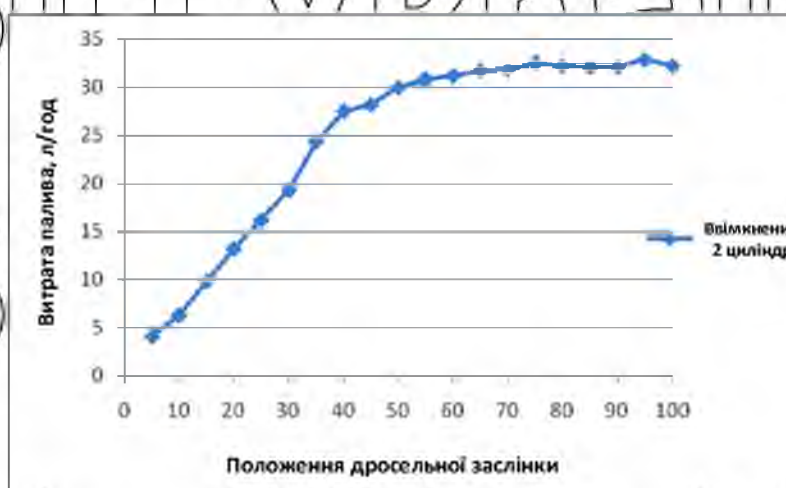


Рис. 4.15. Графік залежності витрати палива від положення дросельної заслінки при включеному другому циліндрі

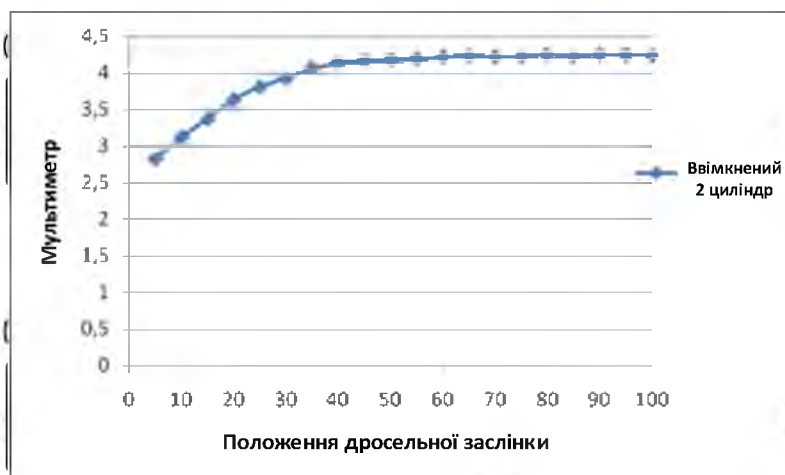


Рис. 4.16. Графік залежності мультиметра від положення дросельної заслінки при другому включеному циліндрі



Рис. 4.17. Графік залежності положення дросельної заслінки від частоти обертання КВ при другому включеному циліндрі

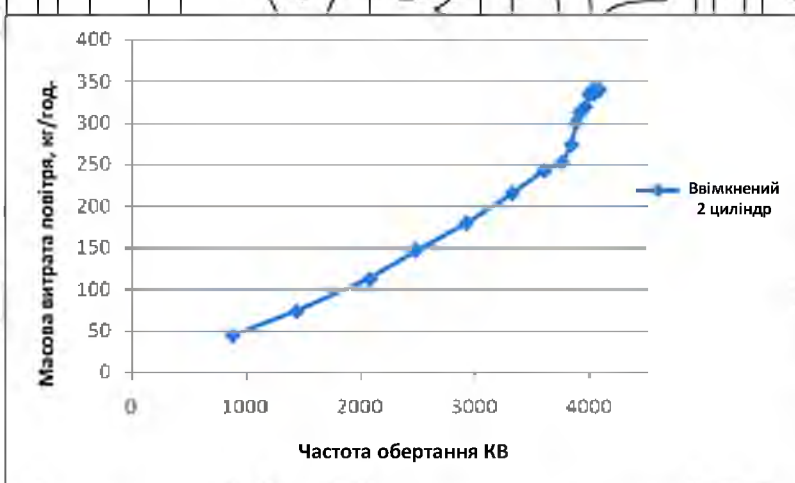


Рис. 4.18. Графік залежності масової витрати повітря від частоти обертання КВ за другим включенням циліндра

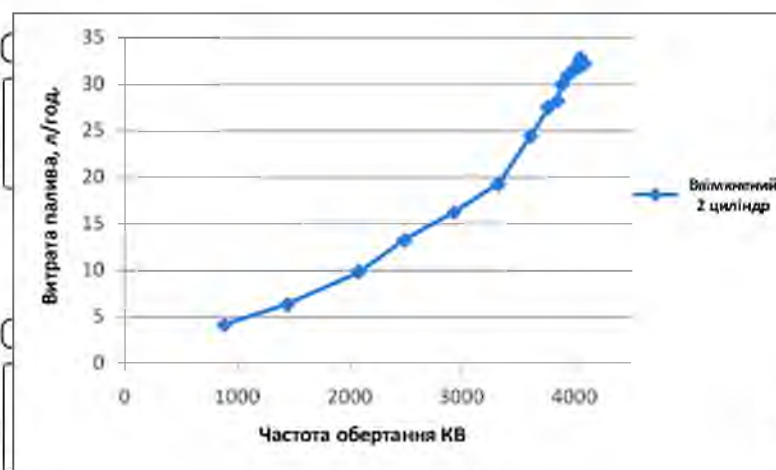


Рис. 4.19. Графік залежності витрати палива від частоти обертання КВ за другим включенням циліндра



Рис. 4.20. Графік залежності мультиметра від частоти обертання КВ за другим включенням циліндра

Таблиця 4.4.

Результат проведеного експерименту при навантаженому частковому другому циліндрі та відключених першому, третьому, четвертому циліндрі.

Навантаження циліндра	1	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2
Частота обертання КВ	4080	4040	4040	4000	4000	4000	3960	3960	3960
Масова витрата повітря кг/год	27,1	27,89	27,17	27,81	31,46	26,89	27	25,99	27,24
Витрата палива л/год	30,3	30,3	30,5	30,2	29,9	29,9	29,7	29,8	29,7
Мультиметр	4,25	4,24	4,23	4,22	4,22	4,18	4,13	4,13	4,13

За результатами таблиці 4.4 були побудовані такі графіки:



Рис. 4.21. Графік залежності частоти обертання КВ від навантаження циліндра при частково включеному другому циліндрі



Рис. 4.22. Графік залежності частоти обертання КВ від навантаження циліндра при частково включеному другому циліндрі



Рис. 4.23. Графік залежності витрати повітря від навантаження циліндра при частково включеному другому циліндрі



Рис. 4.24. Графік залежності мультиметра від навантаження циліндра при частково включеному другому циліндрі

Таблиця 4.5

Результат проведеного експерименту при навантаженні третього циліндра та відключеному першому, другому, четвертому циліндрі.

Положення дросельної заслінки	Частота обертання КВ	Масова витрата повітря кг/год	Витрата палива л/год	Мультиметр
5	1040	46,1	4	2,91
10	1480	7,1	6,3	3,14
15	2200	115,9	10,3	3,41
20	2600	148,6	13,4	3,64
25	3000	179,4	16,2	3,87
30	3360	214,4	19,2	3,93
35	3760	240,6	24,2	4,09
40	3840	245,4	26,3	4,13
45	3880	256,4	28,1	4,06
50	3960	268,9	29,5	4,17
55	3960	275,3	29,7	4,18
60	4000	279,2	30,2	4,18
65	3960	281	30,9	4,18
70	4000	293,7	31,1	4,19
75	4040	302,6	30,9	4,18
80	4040	304,9	31	4,19
85	4040	307,9	30,9	4,18
90	4040	307,6	31,6	4,18
95	4040	311,9	31,1	4,24
100	4040	316,5	31,4	4,25

За результатами таблиці 4.5 були побудовані такі графіки:

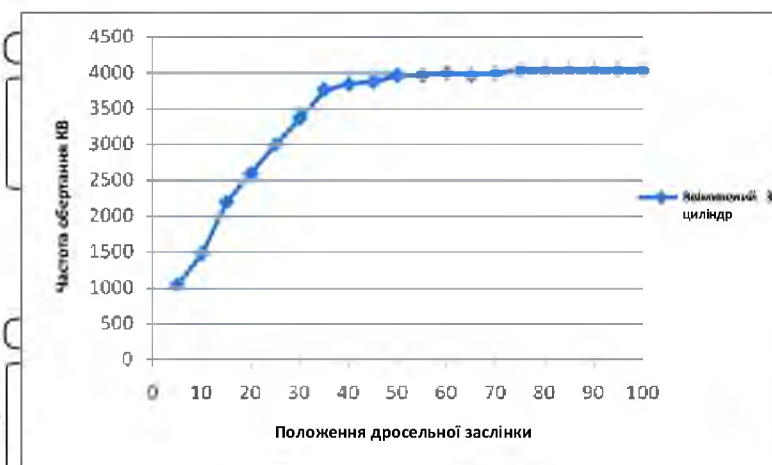


Рис. 4.25. Графік залежності частоти обертання КВ від положення дросельної заслінки при третьому включеному циліндрі

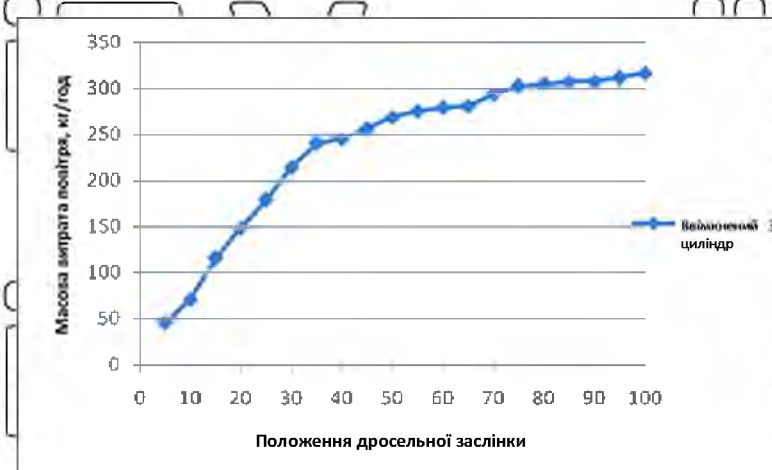


Рис. 4.26. Графік залежності масової витрати від положення дросельної заслінки при третьому включеному циліндрі

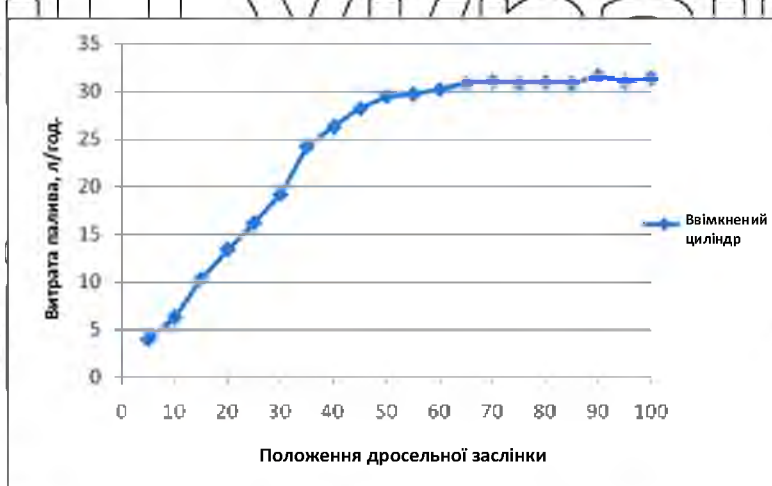


Рис. 4.27. Графік залежності витрати палива від положення дросельної заслінки при третьому включеному циліндрі

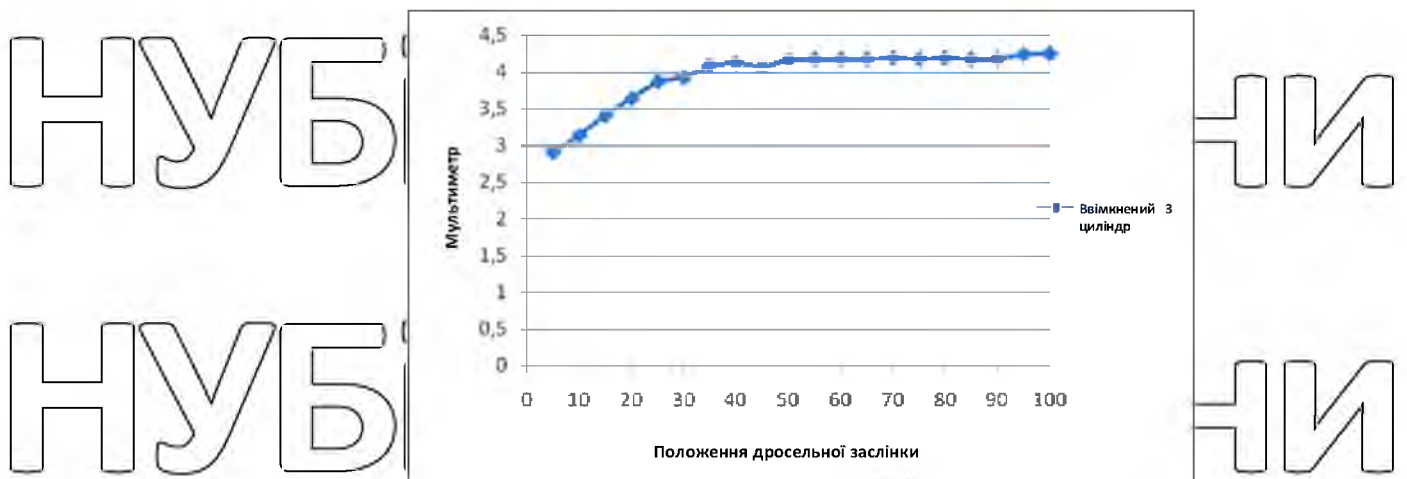


Рис. 4.28. Графік залежності мультиметра від положення дросельної заслінки при третьому включеному циліндрі

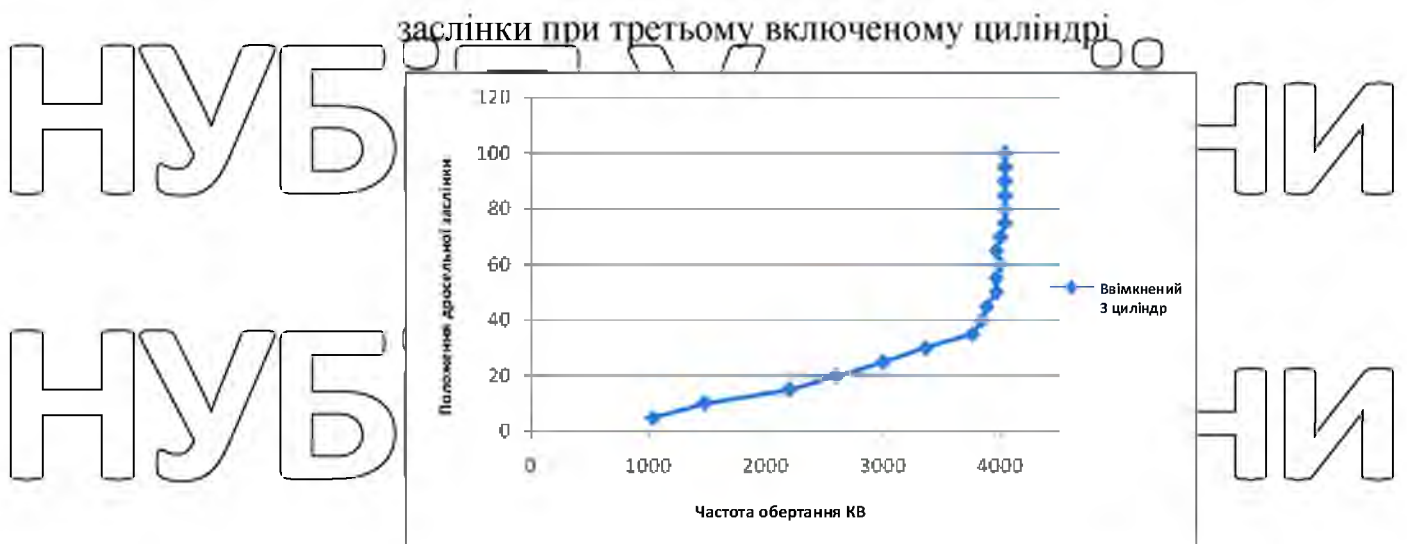


Рис. 4.29. Графік залежності положення дросельної заслінки від частоти обертання КВ при третьому включеному циліндрі



Рис. 4.30. Графік залежності масової витрати повітря від частоти обертання КВ при третьому включеному циліндрі

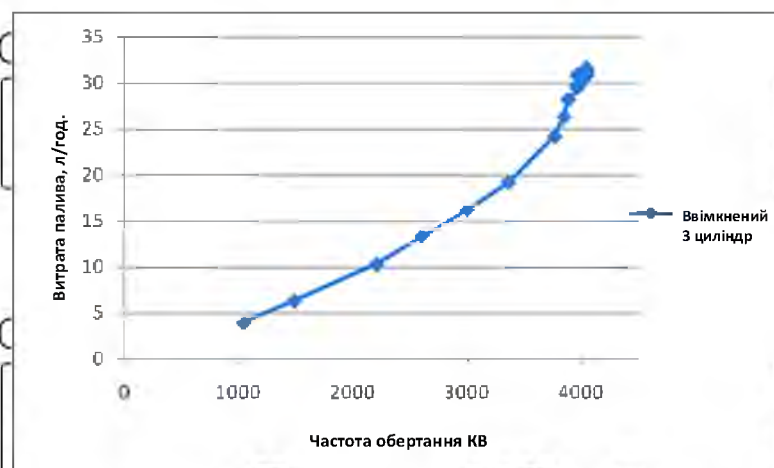


Рис. 4.31. Графік залежності витрати палива від частоти обертання КВ при третьому включеному циліндрі

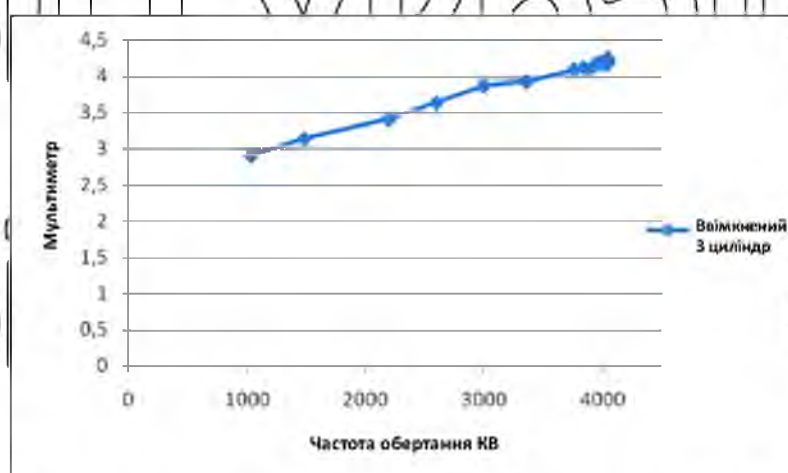


Рис. 4.32. Графік залежності мультиметра від частоти обертання КВ при третьому включеному циліндрі

Таблиця 4.6.

Результат проведеного експерименту при навантаженому частковому

третьому циліндрі та відключених першому, другому, четвертому циліндрі.

Навантаження циліндра	1	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2
Частота обертання КВ Зр	3240	3200	3200	3120	3120	2720	2320	-	-
Масова витрата повітря кг/год Зр	23,46	23,54	22,93	22,3	20,37	18,5	16,55	-	-
Витрата палива л/год Зр	23,1	22,7	22,4	22,1	21,8	19,3	15,9	-	-
Мультимітр Зр	3,99	3,99	3,98	3,96	3,95	3,8	3,68	-	-

За результатами таблиці 4.6. були побудовані такі графіки:



Рис. 4.33. Графік залежності частоти обертання КВ від навантаження циліндра при частково включеному третьому циліндрі



Рис. 4.34. Графік залежності масової витрати від навантаження циліндра при частково включеному третьому циліндрі



Рис. 4.35. Графік залежності витрати палива від навантаження циліндра при частково включеному третьому циліндрі



Рис. 4.36. Графік залежності мультиметра від навантаження циліндра при частково включеному третьому циліндрі

Таблиця 4.7.

Результат проведеного експерименту при навантаженому четвертому циліндрі та вимкнених першому, другому, третьому циліндрі.

Положення дросельної заслінки	Частота обертання КВ	Масова витрата повітря кг/год	Витрата палива л/год	Мультиметр
5	880	44,3	4,1	2,83
10	1140	73,8	6,3	3,13
15	2080	113,1	9,8	3,37
20	2480	146,3	13,2	3,64
25	2920	179,8	16,2	3,81
30	3320	214,9	19,3	3,93
35	3600	242,2	24,4	4,06
40	3760	252,1	27,5	4,14
45	3840	274,4	28,2	4,16
50	3880	300,2	30	4,18
55	3920	313,6	30,8	4,19
60	3960	317,5	31,2	4,22
65	4000	319,5	31,7	4,24
70	4040	323,1	31,9	4,22
75	4040	325,7	32,5	4,23
80	4040	327,5	32,2	4,25
85	4040	330,9	32,1	4,23
90	4040	332,6	32,1	4,25
95	4040	335,9	32,9	4,25
100	4080	336,4	32,2	4,24

За результатами таблиці 4.7 були побудовані такі графіки:

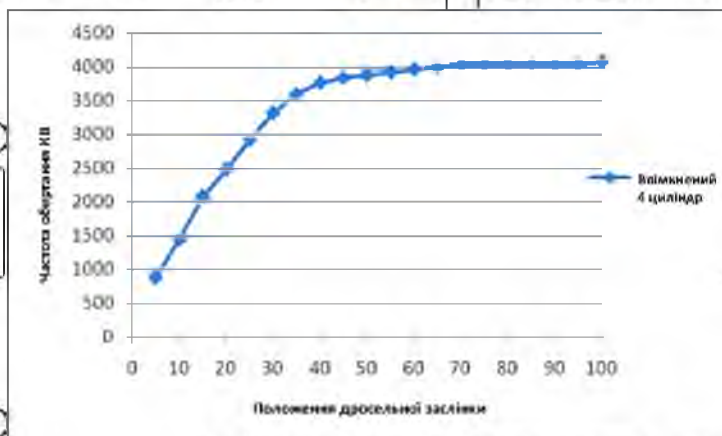


Рис. 4.37. Графік залежності частоти обертання КВ від положення дросельної заслінки при четвертому включеному циліндрі

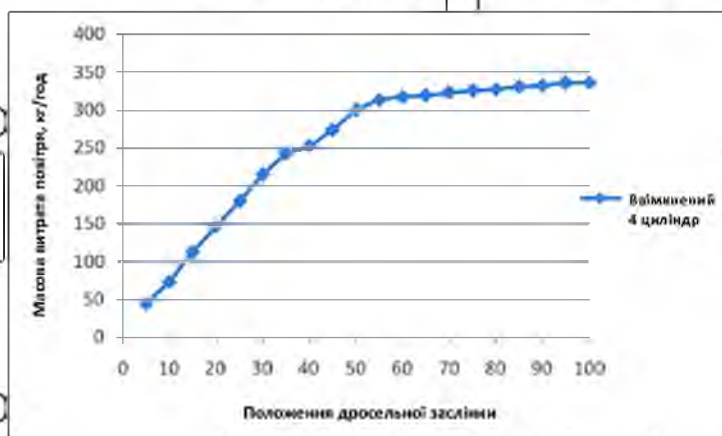


Рис. 4.38. Графік залежності масової витрати повітря від положення дросельної заслінки при четвертому включеному циліндрі



Рис. 4.39. Графік залежності витрати палива від положення дросельної заслінки при четвертому включеному циліндрі

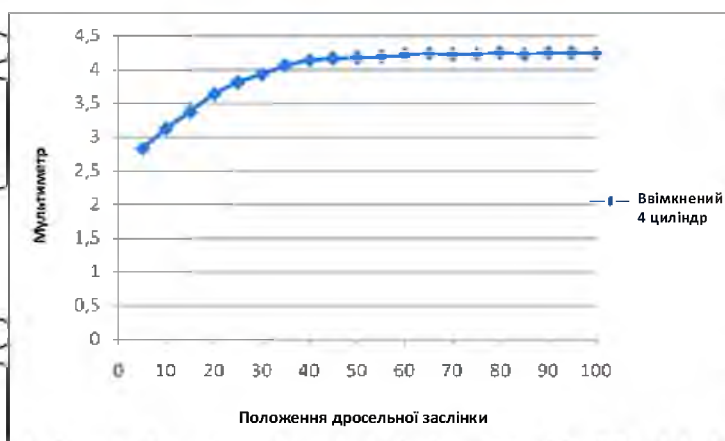


Рис. 4.40. Графік залежності мультиметра від положення дросельної заслінки при четвертому включеному циліндрі

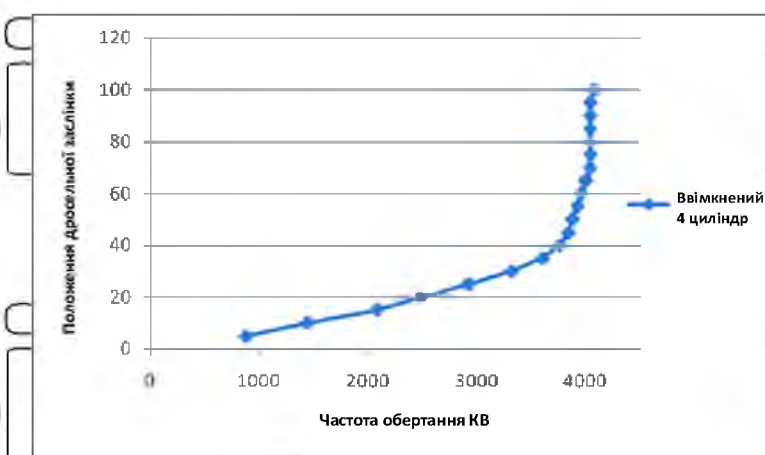


Рис. 4.41. Графік залежності положення дросельної заслінки від частоти обертання КВ при четвертому включеному циліндрі

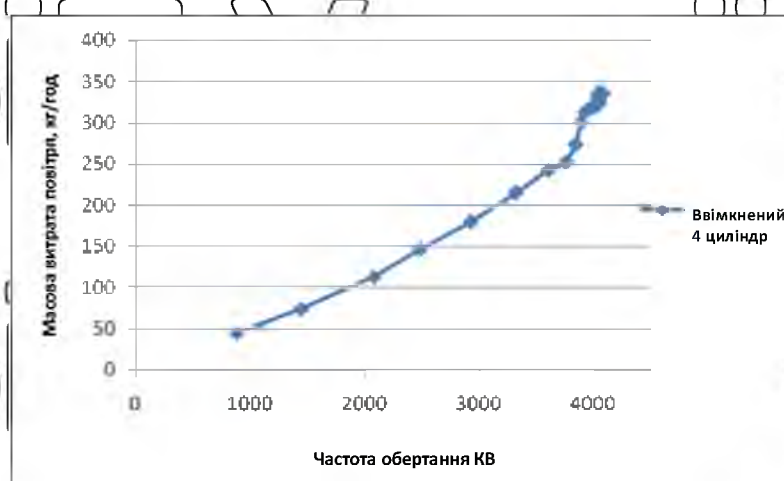


Рис. 4.42. Графік залежності масової витрати повітря від частоти обертання КВ при четвертому включеному циліндрі



Рис. 4.43. Графік залежності витрат палива від частоти обертання КВ при четвертому включеному циліндрі

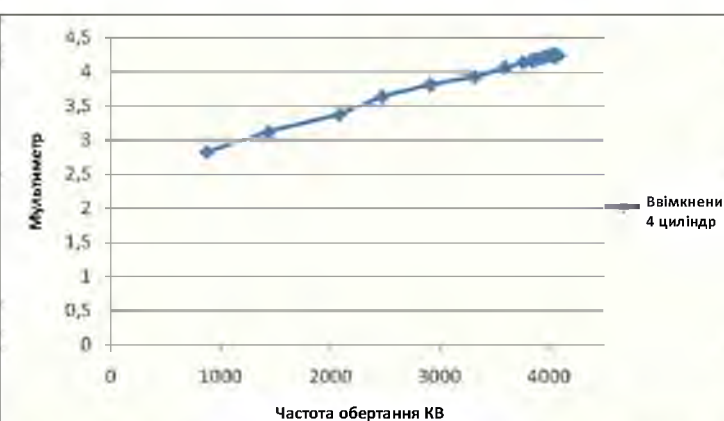


Рис. 4.44. Графік залежності мультиметра від частоти обертання КВ при четвертому включеному циліндрі

Таблиця 4.8
Результат проведеного експерименту при навантаженому частковому четвертому циліндрі та відключеному першому, другому, третьому циліндрі.

Навантаження циліндра	1	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2
Частота обертання КВ	3600	3720	3760	3720	3720	3720	3640	3600	3560
Масова витрата повітря кг/год	25,43	25,7	28,28	25,79	25,58	25,44	25,46	26,18	24,94
Витрата палива л/год	26,1	27,2	27,1	27,2	27	27,1	26,2	26	25,7
Мультиметр	4,13	4,15	4,15	4,13	4,14	4,08	4,07	4,04	4,04

За результатами таблиці 4.8 були побудовані такі графіки:



Рис. 4.45. Графік залежності частоти обертання КВ від навантаження циліндра при частково включеному четвертому циліндрі



Рис. 4.46. Графік залежності масової витрати повітря від навантаження циліндра при частково включеному четвертому циліндрі



Рис. 4.47. Графік залежності витрати палива від навантаження циліндра при частково включеному четвертому циліндрі



Рис. 4.48. Графік залежності витрати палива від навантаження циліндра при частково включеному четвертому циліндрі

З отриманих у ході експерименту даних і побудованим за ними таблицям та графікам, а так само за відомим технічним станом ДВЗ (табл. 4.2, табл. 4.3.) нижче були побудовані графіки за якими чітко можна судити про технічний стан ЦПГ.

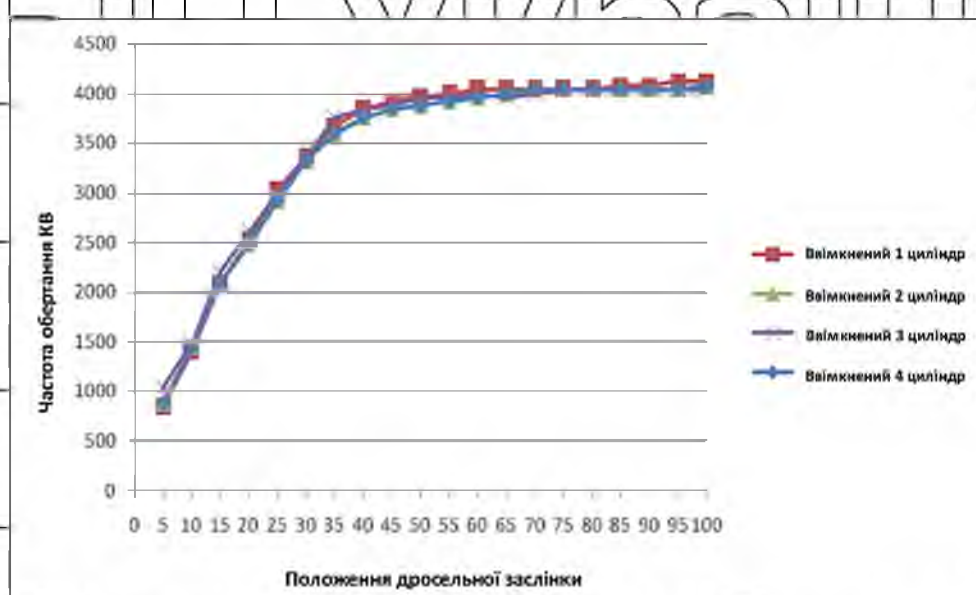


Рис. 4.49. Графік залежності частоти обертання КВ від положення дросельної заслінки при почергово включених циліндрах

На рис. 4.49. за отриманими в ході експерименту даними було побудовано графік залежності частоти обертання кривошипно-шатунного механізму від положення дросельної заслінки. На графіку видно, кожна з залежностей фактично повторює інші, явних відмінностей у роботах циліндрів цьому

графіку немає. Кожна залежність асимптотично наближається до 4000 об/хв.

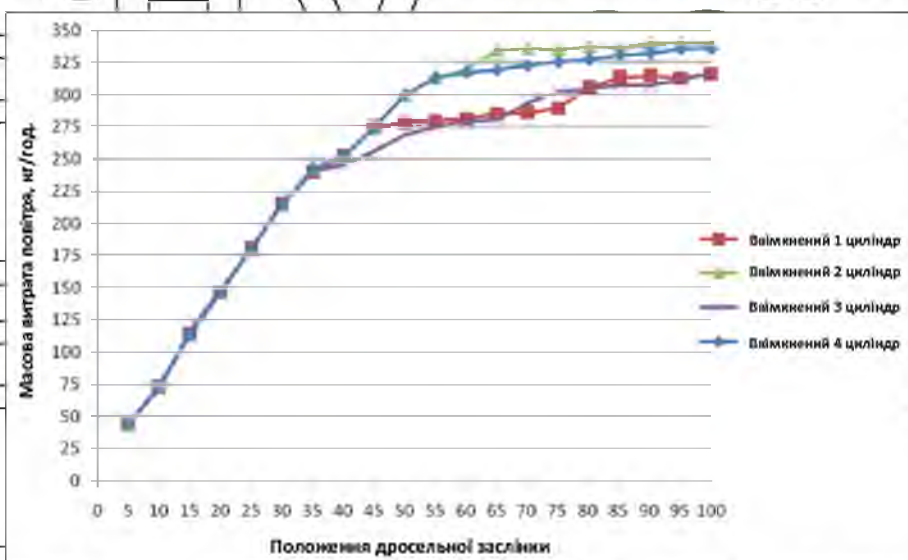


Рис. 4.50. Графік залежності масової витрати повітря від положення дросельної заслінки при включенні циліндрів по черзі

За отриманими в ході експериментальних даних було побудовано графік (рис. 4.50.) залежності масової витрати повітря від положення дросельної заслінки. На графіку видно, що масова витрата повітря на всіх циліндрах зростає лінійно до положення дросельної заслінки в 35% і не перевищує показника в 245 кг/год. У положенні дросельної заслінки 40% ми починаємо спостерігати розходження графіків по кожному циліндру, що свідчить про різний технічний стан кожного циліндра (табл. 4.2), на положенні дросельної заслінки в 65% ми спостерігаємо найбільшу Δ між першим і другим циліндром, яке становить 49,1 кг/год. При подальшому відкритті дросельної заслінки масова витрата повітря збільшується асимптотично для 2-го і 4-го циліндрів досягає значення 340 кг/год, а для 1-го і 3-го циліндрів досягає значення 315 кг/год.



Рис. 4.51. Графік залежності витрати палива від положення дросельної

заслінки при включених циліндрах по черзі

За отриманими в ході експериментальних даних було побудовано графік (рис. 4.51.) залежності положення дросельної заслінки від витрати палива. На

графіку видно, що з збільшення кута відкриття дросельної заслінки

збільшується витрата палива, як і видно, що витрата палива всіх циліндрах

зростає лінійно до становища дросельної заслінки в 35%, і перевищує

показнику 25л/год. У положенні дросельної заслінки 40% ми починаємо

спостерігати розбіжність графіків по кожному циліндру, що свідчить про різні

параметри проливки форсунок (табл. 4.3.), на положенні дросельної заслінки в

95% ми спостерігаємо найбільш Δ між другим, четвертим і третім циліндром,

яке становить 8 л/год

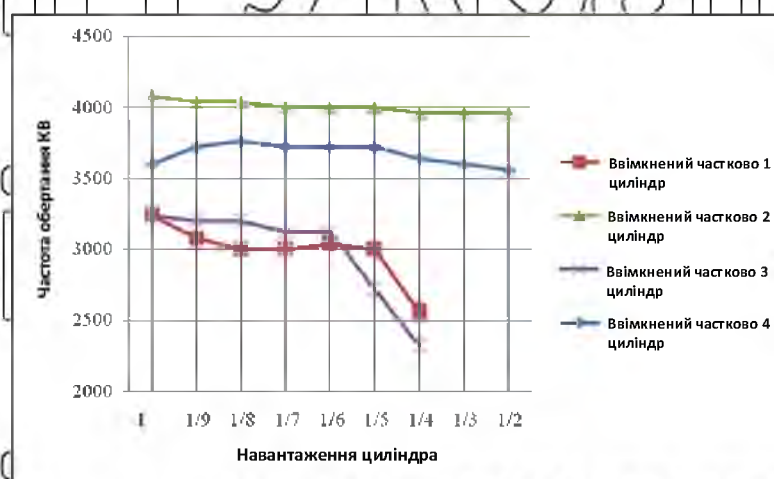


Рис. 4.52. Графік залежності частоти обертання колінчастого валу від часткового навантаження циліндра при поєднано включених циліндрах

За отриманими в ході експериментальних даних було побудовано графік (рис. 4.52) залежності частоти обертання колінчастого валу від часткового навантаження циліндра. Для другого працюючого циліндра частота обертання колінчастого валу має лінійний вигляд і при навантаженні циліндра оберти не перевищують 4100 об/хв, для четвертого працюючого циліндра частота обертання колінчастого валу при навантаженні циліндра оберти не перевищують 3700 об/хв, і сам графік має для третього циліндра при досягненні навантаження на циліндр $1/6$ спостерігається різкий провал частоти обертання колінчастого валу, а також для 1-го циліндра при досягненні навантаження циліндра $1/5$ спостерігається різке зниження частоти обертання колінчастого валу. Для першого і третього циліндрів як видно на графіці неможливо навантаження циліндра понад $1/4$, так як при цьому неможлива робота ДЕЗ. найбільша Δ спостерігається при навантаженні циліндрів $1/4$ і становить 730 об/хв. Враховуючи, що на випробуваному двигуні стан зносу четвертого циліндра становить 14%, стан другого циліндра становить 22%, стан першого циліндра становить 32%, стан зносу третього циліндра становить 29%, отримані залежності відповідають дійсності.

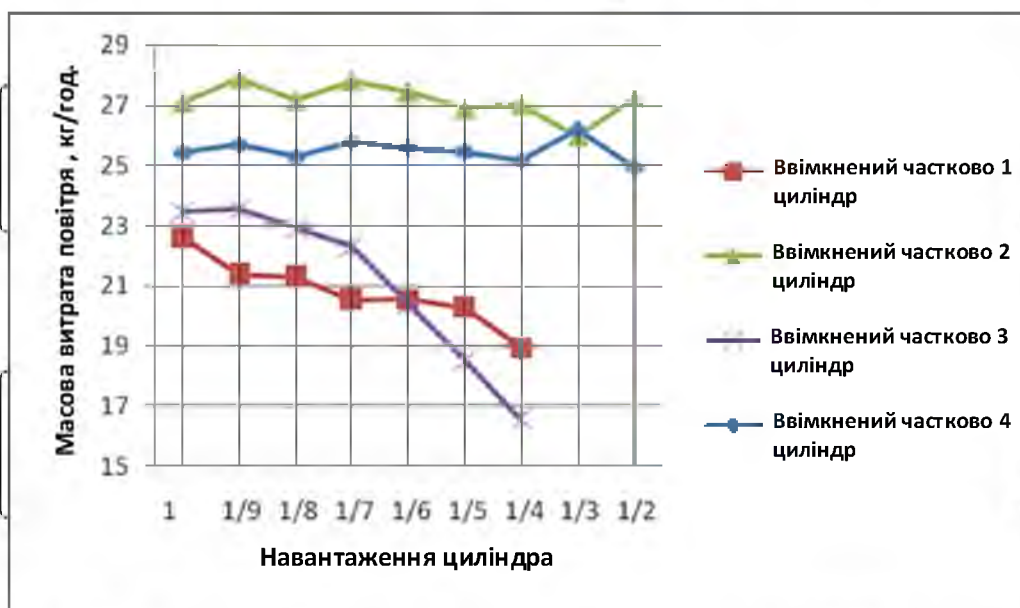


Рис. 4.53 Графік залежності масової витрати повітря від часткового навантаження циліндра при поточковому включенні циліндрів

За отриманими в ході експериментальних даних було побудовано графік (рис. 4.53.) залежності масової витрати повітря від часткового навантаження циліндра. Для другого працюючого циліндра графік масової витрати повітря має лінійний вигляд, при навантаженні циліндра витрата повітря не перевищує 28 кг/год, для четвертого працюючого циліндра, масова витрата повітря при навантаженні циліндра не перевищує 26 кг/год, і сам графік має лінійний вигляд. Для третього циліндра при досягненні навантаження на циліндр $1/7$ спостерігається різке зниження витрати повітря, для першого циліндра зниження витрати повітря має лінійний вигляд, і знижується від 18,95 кг/год. до 22,61 кг/год., найбільша Δ спостерігається для другого і третього циліндра при навантаженні циліндрів $1/4$ і становить 10,45 кг/год.

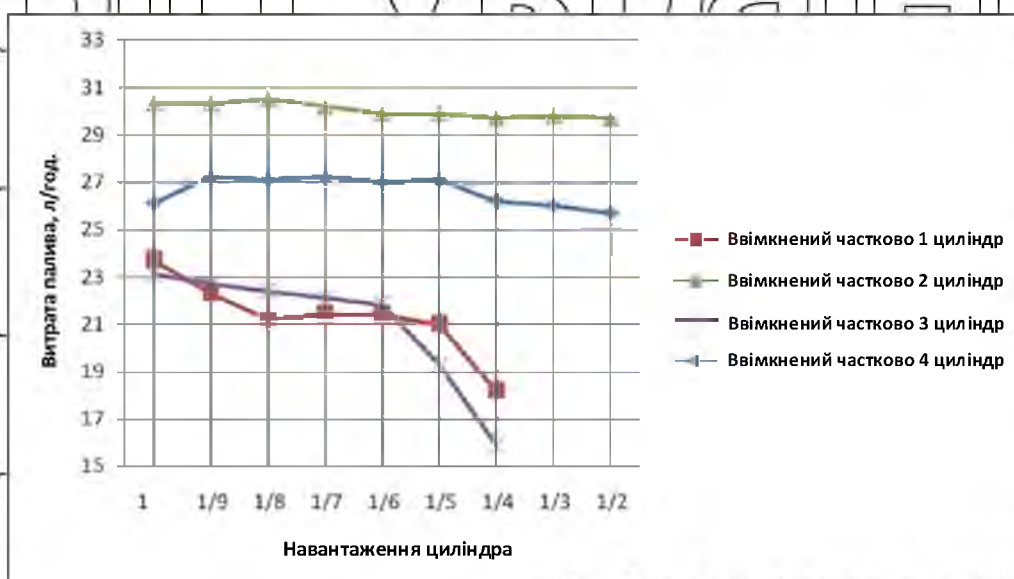


Рис. 4.54. Графік залежності масової витрати повітря від часткового навантаження циліндра при почергово включених циліндрах

За отриманими в ході експериментальних даних було побудовано графік (рис. 4.54.) залежності витрати палива від часткового навантаження циліндра. Для другого працюючого циліндра графік витрати палива має лінійний вигляд при навантаженні циліндра не перевищують 30,5 л/год, для четвертого працюючого циліндра витрата палива при навантаженні циліндра не перевищують 27,2 л/год, і сам графік має лінійний вигляд. Для третього циліндра при досягненні навантаження на циліндр $1/6$ спостерігається різкий провал витрати палива, а також для першого циліндра при досягненні

навантаження циліндра $1/5$ спостерігається різке зниження витрати палива. Для першого і третього циліндрів як видно на графіці неможливе навантаження циліндра понад $1/4$, так як при цьому неможлива робота ДВЗ, найбільша Δ спостерігається при навантаженні циліндрів в $1/4$ і становить 13,8 л/год.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВИСНОВКИ

1) Розглянуто статистику відмов елементів МСУД легкових автомобілів, а також статистику звернень клієнтів на СТО. Для досліджень було обрано елемент системи впуску ДМРВ.

2) Розглянуто основні типи ДМРВ та їх конструкції (теоретичне обґрунтування методів дослідження датчиків масової витрати повітря).

3) Наведено приладові засоби діагностування ДМРВ, необхідні при проведенні експериментального дослідження. Описана методика проведення експериментального дослідження датчика масової витрати повітря при формуванні стресових тестових взаємодій що перебувають у відключенні трьох циліндрів і навантаженні одного циліндра, що залишився в роботі, потужністю механічних втрат відключення циліндрів і плавному ступінчастому формуванні навантаження на циліндрів, що залишилися в роботі, і фіксації відгуку на процес:

- положення дросельної заслінки,
- частота обертання колінчастого валу ДВЗ,
- масової витрати повітря,
- витрати палива,
- показання мультиметра.

Проведений експеримент та отримані дані необхідні для дослідження.

4) Побудовано таблиці з результатами отриманих даних під час проведення експериментального дослідження. За даними з таблиць побудовано графіки основних залежностей необхідні для подальшого аналізу. Графіки проаналізовано. У ході аналізу з'ясовано, що за отриманими даними під час стресових тестових взаємодій можна побічно судити про технічний стан ЦПГ.

Створення та використання приладу для комплексного та поелементного діагностування ДВЗ приладом ДБД-4 дозволяє отримати річну економію коштів на один діагностичний пост на рік до 581880 грн. А економічний ефект при діагностуванні на один автомобіль на рік становитиме 3879,2 грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мигаль В. Д. Автомобильные двигатели внутреннего сгорания. Параметры и системы управления : учеб. пособ. Харьков : Майдан, 2016. 320 с.
2. Бажинов О. В., Двадненко В. Я., Хакім М. Конверсія легкового автомобіля в гібридний. Харків : ХНАДУ, 2014. 160 с.
3. Кашканов А. А. Інформаційні комп'ютерні системи автомобільного транспорту. Вінниця : ВНТУ, 2010. 230 с.
4. Tom Denton. Automobile mechanical and electrical systems. New York, NY : Routledge, 2018. 379 p.
5. Tom Denton. Electric and hybrid vehicles. New York, NY: Routledge, 2016. 207 p.
5. William B. Ribbens. Understanding automotive electronics : an engineering perspective. Cambridge, MA : Butterworth Heinemann, 2017. 712 p.
6. Bosch automotive electrics and automotive electronics. Wiesbaden : Springer Vieweg, 2014. 530 p.
7. Бажинов О. В., Смирнов О. П., Серіков С. А. Гібридні автомобілі. Харків : ХНАДУ, 2018. 327 с.
8. Мазепа С. С., Куцик А. С. Електрообладнання автомобіля : навч. посібник. Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2014. 168 с.
9. Демидов Н. Н., Красильников А. А., Элизов А. Д. Конструирование и расчет автомобилей и тракторов. Электромобили : учеб. пособие. СПб. : Изд-во Политехн. унта, 2016. 96 с.
10. Jürgen Garche, Eckhard Karden, Patrick T. Moseley. Lead-acid batteries for future automobiles. Amsterdam : Elsevier, 2017. 669 p.
11. Andreas Luescher. Urban shrinkage, industrial renewal and automotive plants. Cham, Switzerland : Springer Nature, 2019. 129 p.
12. Ashish Bhavadwaj. Environmental regulations and innovation in advanced automobile technologies. Cham, Switzerland : Springer Nature, 2018. 119 p.
13. Chandan Deep Singh, Jaimal Singh Khamba. Manufacturing competency and

strategic success in the automobile industry. New York, NY : CRC Press, 2019. 239 p.

14. Грицюк А.В. Обоснование выбора способа демпфирования крутильных колебаний коленчатого вала высокооборотного дизеля 6ДТНА на этапе его проектирования / А.В. Грицюк, Ф.И. Абрамчук, В.К. Савич, А.Н. Врублевский, И.С. Ревелюк // Двигатели внутреннего сгорания. – 2015. – № 1. – С. 38–43.

15. Грицюк А.В., Ревелюк И.С., Левченко Д.В. Метод экспериментально-расчетного определения жесткости кривошипа коленчатого вала // Двигатели внутреннего сгорания. – 2017. – № 1. – С. 21–27.

16. Прохоренко А.А. Метод розрахунку змінної форми крутильних коливань колінчастого вала // Двигатели внутреннего сгорания. – 2016. – № 1. – С.

17. О.Л. Ляшук, Ю.І. Пиндус, М.Г. Левкович, Гупка А.Б., Хорошун Р.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за освітнім рівнем «бакалавр галузі знань 27 «Транспорт» спеціальність 274 «Автомобільний транспорт» – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2022. – 61 с.

18. Конспект лекцій з курсу «Технології обслуговування автотранспортних засобів». / Р.В. Хорошун, О.Л. Ляшук, Н.Т. Навроцька. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ, 2021. – 104 с.

19. Ляшук О.Л. Конспект лекцій з дисципліни «Технічна експлуатація автомобілів» для студентів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» / О.Л. Ляшук, В.М.Клендій, Р.В.Хорошун. – Тернопіль: Вид. ТНТУ – 2018. – С. 302.

20. Конспект лекцій (частина І) з дисципліни «Транспортні засоби» для студентів усіх форм навчання першого рівня освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт», 275 «Транспортні технології» галузі знань 27 «Транспорт» / О.Л. Ляшук, Т.Д.Навроцька., Р.Р. Заверуха., Л.М. Слободян., Р.В. Хорошун. – Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 132 с.

21. Конспект лекцій (частина ІІ) з дисципліни «Транспортні засоби» для студентів усіх форм навчання першого рівня освіти за спеціальністю 274

«Автомобільний транспорт», галузі знань 27 «Транспорт» / О.Л. Ляшук, Т.Д. Навроцька., Д.М. Слободян., Р.В. Хорошун. – Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 184 с.

22. Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д. Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «автомобільний транспорт», - Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль.: ТНТУ, 2021. – 136 с.

23. Левкович М.Г., Кишун В.А., Гандзюк М.О. Конспект лекцій з дисципліни «Аналіз конструкцій, робочі процеси та основи розрахунку автомобілів» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «автомобільний транспорт», - Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль.: ТНТУ, 2021. – 242 с. 55

24. Sokil, B., Lyashuk, O., Sokil, M., Vovk, Y., Dzyura, V., Aulin, V., Khoroshun, R. Interpreting the main power characteristics choice of the wheel vehicles guided cushioning system (2021) Communications - Scientific Letters of the University of Zilina, 23 (2), pp. B139-B149. (Scopus).

25. Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Хорошун Р.В. Модель руху автомобіля по криволінійній трасі. Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. Херсон: Херсонська державна морська академія, 2021. № 2 (25). С. 72–81.

26. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Луциків І.В., Плекан У.М., Клендій В.М. - Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 276 с.

27. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гудь В.З., Левкович М.Г., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. - Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 544 с.

28. Sokil, B., Lyashuk, O., Sokil, M., Vovk, Y., Lebid, I., Hevko, I., Khoroshun R

Matviyishyn, A. (2022). Methodology of Force Parameters Justification of the Controlled Steering Wheel Suspension. *Communications*, 24(3), B247-B258.

29. Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Левкович М.Г., Клендій В.М., Гупка В.В. Структурний синтез гальмівних систем з техніко-економічним обґрунтуванням // Міжвузівський збірник "Наукові нотатки". Вип. 71. Луцьк. Ред.-вид. відділ ЛТНУ.- 2021. – С. 228-233.

30. Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Хорошун Р.В. Модель руку автомобіля по криволінійній трасі. *Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал*. Херсон : Херсонська державна морська академія, 2021, №2 (25). С. 72-81.

31. Ляшук О., Серілко Л., Гевко І., Кондратюк О., Цьонь О., Галан Ю. Investigation of the operation of vibration-centrifugal installation for automobile parts machining (Дослідження роботи вібраційно-відцентрової установки для обробки деталей автомобілів). *Вісник ТНТУ, Тернопіль*, 2021. № 1 (101), с. 80- 89. 56

32. Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» / Укладачі: Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2021. – 136 с.

33. Кисликів В.Ф., В.В. Лушик Будова і експлуатація автомобілів. Підручник - Либідь м.Київ, 2018 – 400с.

34. Кузьмінський Р.Д., Шарибура А.О Технічний сервіс. Ремонт електрообладнання тракторів і автомобілів Львів 2017 – 376 с

35. Сукач М.К. Технічний сервіс машин. Навч. пос. Гриф МОНМСУ - Ліга-К, 2017 – 288 с

36. Форнальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. Основи технічного сервісу транспортних засобів - Львівська політехніка 2017, - 324 с

37. Dominique Paret (Author), Hassina Rebaine(Author), *Autonomous and Connected Vehicles: Network Architectures from Legacy Networks to Automotive*

Ethernet 1st Edition Wiley; 1st edition (March 15, 2022) - 416 pages

38. The Car Book: The Definite Visual Guide Dorling Kindersley 2022 рік, - 368 pages

39. Per Enge (Author), Nick Enge (Author), Stephen Zopf Electric Vehicle Engineering 1st Edition, Kindle Editio McGraw Hill; 1st edition (January 24, 2021) - 209 pages

40. Tom Denton) Electric and Hybrid Vehicles 2nd Edition, Kindle Edition Routledge; 2nd edition (June 29, 2020)- 222 pages

41. Lyashuk, O., Levkovich, M., Vovk, Y., Gevko, I., Stashkiv, M., Slobodian, L., Pyndus, Y. The study of stress-strain state elements of the truck semitrailer body bottom. Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport. 2023, DOI: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2023.118.11>

42. Електричне та електронне обладнання автомобілів: навч. посіб. (ч. I) / Ю. І. Пиндус, Р. Р. Заверуха. – Тернопіль: ТНТУ, 2016. – 145 с

43. Игорь Мармут, Эрнест Рабинович, Михаил Буравцев, Дмитрий Кушнин, Константин Здебский. Методы оценки дорожного и аэродинамического сопротивлений по выбегу автомобиля: Транспорт, экология – устойчивое развитие: материалы XXV науч.-техн. конф. с междунар. участием, г. Варна, 16-18 мая 2019 г. Варна, 2019. С. 89-96.

44. Дорожное диагностирование легковых автомобилей: монография / Э.Х. Рабинович, В.П. Волков и др. Харьков: ХНАДУ, 2018. 270 с.

45. Методи діагностування автомобілів. – URL: <https://vse-pro-avtomobili7.webnode.com.ua/news/metodi-diagnostuvannya-avtomobiliv/> (дата звернення 07.12.2020).

46. В. П. Волков, В. М. Павленко, В. П. Кужель, «Дослідження агентного підходу контролю технічного стану транспортних засобів» у Вісник Машинобудування та транспорту. №2(10), 2019. с. 16-23.

47. Подригало М. Забезпечення енергоефективності трансмісій автомобілів і тракторів при модернізації зі зміною числа циліндрів ДВЗ [Текст] / М. Подригало , А. Кашканов, О. Коряк // Вісник машинобудування та

транспорту. – 2021. – № 1. – С. 102-110.

○○

48. Динаміка машин з ідеальними інерціальними рушіями [Текст]/ В. Подригало, А. Кашканов, М. Холодов, А. Побережний//Вісник машинобудування та транспорту. – 2021. – № 2. – С. 97-102.

49. Подригало М. А., Кашканов А. А., Шеїн В. С., Касьяненко О. В., Ужик В. В.

Методика прогнозування довговічності фрикційних накладок тракторних гальм. Вісник НТУ «ХП». Серія Автомобіле- та тракторобудування №2, 2021. С. 79-90. DOI: 10.20998/2078-6840.2021.2.09.

50. Горбiк Ю. В. Метод діагностування легкового автомобiля по витратi палива

Ю. В. Горбiк, А. А. Кашканов, О. П. Антонюк // Вісник машинобудування та транспорту. – 2020. – № 2. – С. 45-53.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України