

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ЗАКЛАД
«ЛУГАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА»
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

КАФЕДРА ПРОФЕСІЙНОЇ ОСВІТИ
РЕСТОРАННОГО І ТУРИСТИЧНОГО БІЗНЕСУ

СТУПКА ОЛЕКСАНДР ВАСИЛЬОВИЧ

**ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ
БЕЗРОЗБІРНОЇ ДІАГНОСТИКИ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО
ЗГОРЯННЯ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ**

**Кваліфікаційна робота
за спеціальністю 015.38 «Професійна освіта»
освітньо-професійна програма «Транспорт»**

Особистий підпис – _____ О. В. Ступка

Науковий керівник –  _____ к.т.н., доцент О. О. Ревякіна
(підпис) (посада, науковий ступінь,
наукове звання, ініціали, прізвище)

Зав. кафедри –  _____ к.п.н., доцент, В. В. Бурдун
(підпис) (посада, науковий ступінь,
наукове звання, ініціали, прізвище)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
 ДЕРЖАВНИЙ ЗАКЛАД
 «ЛУГАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
 ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА»
 ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

КАФЕДРА ПРОФЕСІЙНОЇ ОСВІТИ
 РЕСТОРАННОГО І ТУРИСТИЧНОГО БІЗНЕСУ

Затверджую:

Декан факультету технологій та
 інформаційних систем

 Могильний Г.А.

**Індивідуальний план здобувача вищої освіти
 щодо виконання кваліфікаційної роботи**

1. Ступка Олександр Васильович
 (прізвище, ім'я, по батькові здобувача)
2. Факультет технологій та інформаційних систем
3. Спеціальність «Професійна освіта. Транспорт»
4. Кафедра професійної освіти ресторанного і туристичного бізнесу
5. Науковий керівник Ревякіна Ольга Олександрівна, к.т.н., доцент
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
6. Тема кваліфікаційної роботи
Використання інноваційних технологій для безрозбірної діагностики
 двигунів внутрішнього згоряння легкових автомобілів
7. Термін подання роботи на кафедру 08.05.2026 р.

№	Заходи	Термін виконання	Відмітка про виконання
1.	Вибір теми кваліфікаційної роботи, вивчення наукової літератури, затвердження теми й керівника.	10.10.2025	
2.	Розробка плану роботи, визначення мети, завдань, об'єкту, предмету, методів дослідження.	14.11.2025	
3.	Робота над теоретичною частиною кваліфікаційної роботи, аналіз літературних джерел.	05.12.2025	

4.	Подання теоретичної частини кваліфікаційної роботи для першого читання науковим керівником.	19.12.2025	
5.	Усунення зауважень, урахування рекомендацій наукового керівника, подання теоретичної частини кваліфікаційної роботи на друге читання.	16.01.2026	
6.	Розробка технологічної і конструкторської частин роботи. Поетапний аналіз та обговорення результатів дослідної роботи.	30.01.2026	
7.	Подання першого варіанта дослідної частини кваліфікаційної роботи на перевірку науковому керівникові.	20.02.2026	
8.	Урахування рекомендацій наукового керівника, збагачення роботи додатковими дослідженнями, проведеними під час практики, підготовка варіанта роботи до попереднього захисту роботи на кафедрі.	06.03.2026	
9.	Попередній захист роботи на кафедрі.	20.03.2026	
10.	Доопрацювання кваліфікаційної роботи з урахуванням рекомендацій після попереднього захисту роботи на кафедрі.	03.04.2026	
11.	Подання кваліфікаційної роботи науковому керівникові та рецензентові на підготовку відгуку й рецензії.	17.04.2026	
12.	Подання на кафедру остаточного варіанта кваліфікаційної роботи, підписаного випускником, науковим керівником і рецензентом.	08.05.2026	

Здобувач вищої освіти _____ Ступка О. В.
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи  _____ Ревякіна О. О.
 (підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота на тему: «Використання інноваційних технологій для безрозбірної діагностики двигунів внутрішнього згоряння легкових автомобілів» виконана на 65 сторінках пояснювальної записки з використанням 20 літературних джерел.

У роботі розглянуто питання:

- проведено комплексний аналіз конструкційних особливостей та принципів роботи ДВЗ легкового автомобіля;
- охарактеризовано безрозбірні способи діагностики двигунів внутрішнього згоряння;
- обґрунтовано технології виявлення пошкоджень деталей двигуна внутрішнього згоряння за допомогою візуально-акустичного методу;
- охарактеризовано можливості сучасних комп'ютерних засобів діагностики;
- запропоновано вдосконалення конструкції діагностичного обладнання.

Сучасний розвиток автомобільної техніки супроводжується постійним удосконаленням конструкції двигунів внутрішнього згоряння та впровадженням електронних систем керування їх роботою. У зв'язку з цим зростає потреба у застосуванні сучасних методів контролю технічного стану двигунів, які дозволяють швидко та точно визначати можливі несправності без проведення складних розбірних операцій. Одним із найбільш перспективних напрямів у цій сфері є використання інноваційних технологій безрозбірної діагностики, що значно підвищує ефективність технічного обслуговування та ремонту автомобілів, скорочує час простою транспортних засобів і сприяє підвищенню надійності їх експлуатації.

Ключові слова: безрозбірна діагностика, ДВЗ, діагностичне обладнання, інноваційні технології.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ I ТЕОРЕТИЧНИЙ	7
1.1 Конструкційні особливості двигунів внутрішнього згоряння	7
1.2 Основні технічні вимоги під час здачі-приймання ДВЗ в ремонт.....	11
1.3 Безрозбірні способи діагностики двигунів внутрішнього згоряння.....	15
Висновки до розділу I.....	19
РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНИЙ.....	20
2.1 Технологія виявлення пошкоджень деталей двигуна внутрішнього згоряння за допомогою візуально-акустичного методу.....	20
2.2. Методи безрозбірної динамічної діагностики технічного стану бензинових ДВЗ, що застосовуються в сучасних діагностичних системах.	24
2.3. Діагностика електронного блоку управління двигуном автомобіля за допомогою комп'ютерних засобів	28
2.4 Технічне обслуговування дизельного двигуна з допомогою аналізу відпрацьованих газів	32
Висновки до розділу II.....	38
РОЗДІЛ III РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ	39
3.1. Розрахунок параметрів безрозбірного діагностичного процесу ДВЗ легкового автомобіля	39
3.2 Розробка процесу діагностування системи живлення дизельного двигуна за допомогою діагностичного сканера Launch EasyDiag 3.0	40
3.3 Вдосконалення конструкції діагностичного обладнання для реалізації безрозбірного контролю ДВЗ	49
Висновки до розділу III	53
РОЗДІЛ IV ОХОРОНА ПРАЦІ.....	54
4.1 Техніка безпеки при ремонті двигуна внутрішнього згоряння	54
4.2 Санітарно-гігієнічні вимоги дільниці з ремонту автомобілів.....	56
4.3 Організація пожежної безпеки на ремонтній ділянці автомобілів.....	58
Висновки до розділу IV	62
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	64

ВСТУП

Сучасний етап розвитку автомобільної техніки характеризується постійним удосконаленням конструкцій двигунів внутрішнього згоряння, підвищенням їх потужності, економічності та екологічності. Разом із цим зростають вимоги до технічного обслуговування і контролю технічного стану двигунів легкових автомобілів. Надійність роботи двигуна безпосередньо впливає на ефективність експлуатації транспортного засобу, його безпеку, витрату палива та рівень шкідливих викидів у навколишнє середовище. Тому своєчасне виявлення несправностей і відхилень у роботі двигуна є важливим завданням сучасного автомобільного сервісу. Традиційні методи визначення технічного стану двигуна часто потребують часткового або повного розбирання вузлів і агрегатів, що призводить до значних витрат часу, трудових ресурсів та матеріальних затрат. Крім того, розбирання двигуна може спричиняти додатковий знос його деталей. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває використання безрозбірних методів діагностики, які дозволяють оцінювати технічний стан двигуна без втручання у його конструкцію.

Сучасні інноваційні технології діагностування базуються на використанні електронних систем контролю, комп'ютерних діагностичних комплексів, датчиків, газоаналізаторів, тепловізійного обладнання та спеціалізованого програмного забезпечення. Такі технології забезпечують швидке отримання інформації про параметри роботи двигуна, аналізують роботу електронних систем керування та дозволяють виявляти несправності на ранніх стадіях їх виникнення.

Запровадження інноваційних технологій безрозбірної діагностики сприяє підвищенню ефективності технічного обслуговування та ремонту автомобілів, зменшенню експлуатаційних витрат.

РОЗДІЛ І ТЕОРЕТИЧНИЙ

1.1 Конструкційні особливості двигунів внутрішнього згорання

ДВЗ (двигун внутрішнього згорання) – це силовий агрегат автомобіля, у якому хімічна енергія палива, що згорає в циліндрах, перетворюється у механічну роботу. Двигун внутрішнього згорання легкового автомобіля є, як правило, поршневим агрегатом, що перетворює хімічну енергію палива на механічну роботу, необхідну для руху. Він складається з двох основних механізмів та кількох допоміжних систем. Класифікація двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) зазвичай ґрунтується на трьох основних критеріях: типі використовуваного палива, способі займання паливо-повітряної суміші (іскрове або компресійне, як у дизельних двигунах), а також кількості та конструкції його циліндрів.

Двигуни внутрішнього згорання можна класифікувати за такими ознаками, як пальне (бензин, дизель, газ тощо), метод запалювання (від іскри чи від стиснення), а також число та розташування циліндрів. Сучасні бензинові двигуни оснащуються електронними системами управління, що забезпечують оптимізацію витрати палива, контроль викидів та підвищення ефективності роботи двигуна. Також вони передбачають системи охолодження та мастила для підтримки стабільної температури та зменшення зношування деталей.

Завдяки своїй конструкції бензинові ДВЗ забезпечують високу динаміку автомобіля, відносно тиху роботу та можливість швидкого реагування на зміни режимів руху. (рис. 1.1).

Газовий двигун внутрішнього згорання (ДВЗ) є спеціалізованим силовим агрегатом, призначеним для роботи на зрідженому або стисненому газі, такому як пропан-бутан або природний газ (рис. 1.2). На відміну від бензинових двигунів, він забезпечує більш чисте згорання палива, що знижує викиди шкідливих речовин і сприяє екологічній безпеці.



Рис. 1.1. Бензиновий ДВЗ.

Конструктивно двигун газового типу може бути виконаний як модифікація існуючого бензинового агрегату, з адаптацією системи живлення та запалювання під специфічні властивості газу [12].

Основними параметрами такого двигуна є його потужність, об'єм циліндрів, крутний момент та ефективність використання палива. Газові ДВЗ відзначаються більш тихою роботою та зменшеним зносом деталей через більш щадний процес згоряння, що підвищує ресурс двигуна та знижує експлуатаційні витрати.

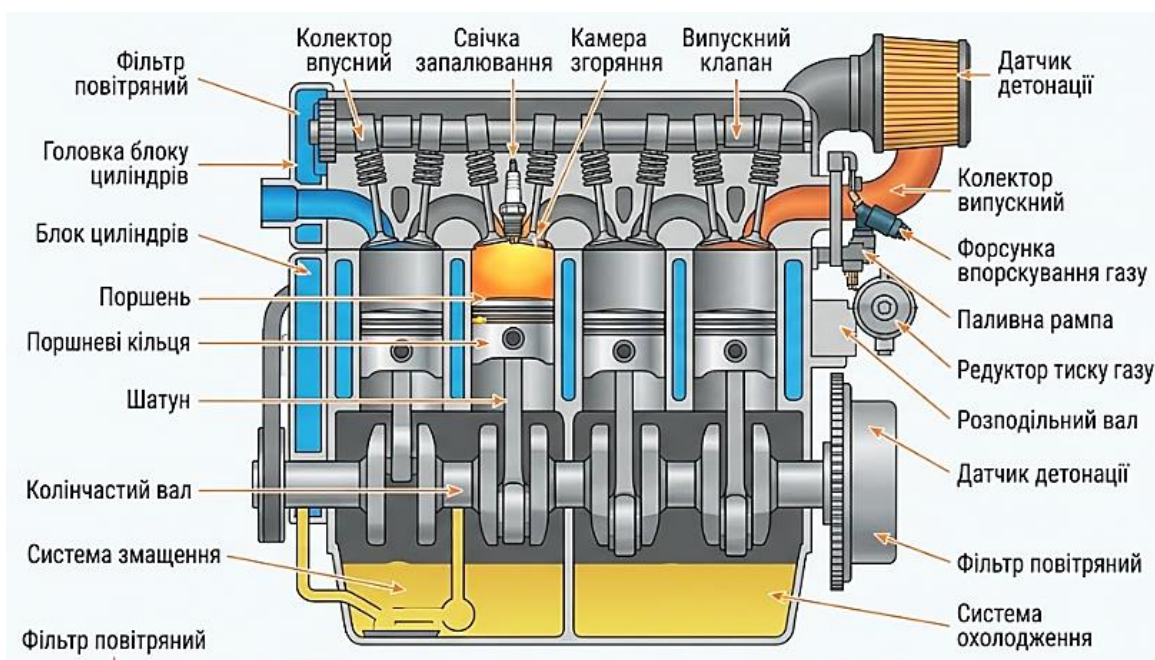


Рис. 1.2. Пристрій газового двигуна внутрішнього згоряння.

Оснoву констpукції дизельного ДВЗ складає блок циліндрів, у якому розміщені поршні та колінчастий вал, що забезпечує передачу обертового моменту на трансмісію. Паливна система дизельного двигуна відрізняється високим тиском впорскування, що дозволяє забезпечити повне спалювання дизельного палива та підвищити ефективність роботи двигуна. Багато сучасних дизельних моторів оснащені турбонаддувом, який збільшує кількість повітря в циліндрах і, відповідно, покращує потужність і економічність (рис. 1.3).



Рис. 1.3. Загальний вигляд дизельного двигуна.

Двигун оснащений системою охолодження, що підтримує оптимальну температуру роботи, та системою змащування, яка забезпечує надійну роботу всіх рухомих деталей і зменшує їх знос. Особливу увагу приділено електронним системам управління, які контролюють процес впорскування палива, роботу турбокомпресора, а також систему рециркуляції вихлопних газів для зниження шкідливих викидів.

Дизельний двигун характеризується високим крутним моментом на низьких обертах, що робить його ефективним для повсякденної експлуатації легкового автомобіля, особливо при перевезенні вантажів або в умовах міського трафіку [3].

В цілому, дизельний двигун поєднує надійність, економічність та довговічність, забезпечуючи стабільну роботу автомобіля протягом тривалого часу навіть за високих навантажень.

Типи та марки двигунів можуть відрізнятися між собою конструкцією розташуванням циліндрів, системою впорскування та іншими особливостями. Проте принцип роботи будь-якого ДВЗ залишається подібним. Для пояснення розглянемо функціонування окремого циліндра (у легкових автомобілях їх зазвичай встановлюють 4, 6 або 8). Саме циліндр є ключовим вузлом двигуна.

Усередині циліндра розміщений поршень, який здійснює зворотно-поступальний рух. Верхня частина циліндра закрита головкою блока, де встановлені клапани та свічка запалювання (у бензинових двигунах) або форсунка (у дизельних). Під час роботи двигуна поршень переміщується від нижньої мертвої точки до верхньої та назад, виконуючи чотири основні такти робочого циклу [4].

У бензинових двигунах у верхній мертвій точці свічка створює електричну іскру, що ініціює займання суміші. У дизельних двигунах запалювання відбувається самостійно внаслідок підвищення температури стиснутого повітря та впорскування дрібнодисперсного палива. Вибухове згоряння створює значний тиск на поршень, і він різко опускається вниз це третій такт, який називають робочим ходом. Саме під час цього такту утворюється корисна механічна енергія, що передається на колінчастий вал через шатун.

Коли поршень знову піднімається, відбувається четвертий такт випуск відпрацьованих газів. Вихлопний клапан відкривається, і поршень витісняє продукти згоряння у вихлопний колектор. Після цього цикл повторюється десятки разів щосекунди, забезпечуючи стабільну роботу двигуна.

Колінчастий вал, що отримує енергію від кожного робочого ходу, перетворює зворотно-поступальний рух поршня на обертальний. Через систему передач він приводить у дію коробку передач, головну передачу та

зрештою – колеса автомобіля. Для узгодження руху клапанів і поршня використовується газорозподільний механізм, у якому розподільний вал відкриває та закриває клапани у чітко визначені моменти. Його обертання синхронізується з колінчастим валом за допомогою ланцюга або зубчастого ременя.

Крім цього, важливою складовою є система змащування, яка доставляє мастило до всіх рухомих деталей, запобігаючи їх перегріву та зносу [8].

Паралельно працює система охолодження, що підтримує оптимальну робочу температуру, оскільки під час згоряння температура в камері може перевищувати тисячі градусів. Паливна система забезпечує подавання пального у необхідній кількості та під потрібним тиском, а система запалювання або впорскування своєчасне утворення суміші та її займання.

Таким чином, різні двигуни можуть мати власні конструктивні нюанси, принципова схема їх роботи залишається однаковою: перетворення хімічної енергії палива на механічну через послідовність тактів у циліндрах. Це робить двигун внутрішнього згоряння ефективним, надійним і універсальним джерелом енергії для більшості легкових автомобілів.

1.2 Основні технічні вимоги під час здачі-приймання ДВЗ в ремонт

Ефективність проведення ремонтних робіт ДВЗ значною мірою залежить від правильності та повноти процедури його здачі-прийомки в ремонт.

На цьому етапі здійснюється оцінка технічного стану двигуна, визначаються причини несправностей, встановлюється обсяг майбутніх ремонтних робіт, а також перевіряється відповідність агрегату встановленим технічним вимогам (рис. 1.4).

Однією з обов'язкових умов приймання двигуна в ремонт є перевірка його комплектності. Двигун повинен бути поданий разом з основними вузлами та агрегатами, які передбачені конструкцією.



Рис. 1.4. Проведення ремонтних робіт ДВЗ.

До складу комплектності входять:

- блок циліндрів;
- головка блоку циліндрів;
- колінчастий вал;
- поршнева група;
- газорозподільний механізм;
- паливна система;
- система мащення;
- система охолодження.

Відсутність окремих елементів може ускладнити проведення діагностики та ремонту, а також призвести до додаткових витрат часу на відновлення комплектності агрегату [11].

Процедура здачі-прийомки двигуна в ремонт передбачає проведення комплексу організаційних та технічних заходів, спрямованих на визначення фактичного технічного стану агрегату без або з мінімальним розбиранням.

Такий підхід дозволяє об'єктивно оцінити працездатність основних систем двигуна, зокрема циліндро-поршневої групи, газорозподільного механізму, системи живлення, системи мащення та системи охолодження.

Основною метою проведення контролю технічного стану двигуна перед ремонтом є встановлення рівня його зношування, визначення наявних дефектів і несправностей, а також прийняття рішення щодо доцільності проведення поточного, середнього або капітального ремонту.

До основних технічних вимог належать:

- наявність основних вузлів двигуна;
- відсутність значних механічних пошкоджень корпусних деталей;
- відповідність маркування двигуна технічній документації;
- можливість проведення діагностичних вимірювань;
- відсутність сторонніх предметів у впускній та випускній системах.

Під час приймання двигуна в ремонт проводиться перевірка ряду основних технічних параметрів, які характеризують його працездатність та ступінь зносу. У таблиці 1.1 наведено основні контрольовані параметри технічного стану двигуна.

Таблиця 1.1

Основні параметри технічного стану ДВЗ при прийманні в ремонт

Параметр технічного стану	Що характеризує	Спосіб перевірки
Компресія в циліндрах	Стан циліндро-поршневої групи та герметичність камери згоряння	Компресометр
Тиск моторної оливи	Стан системи мащення та зношення підшипників	Манометр або датчик тиску
Витрата моторної оливи	Ступінь зношення поршневих кілець і циліндрів	Контроль рівня оливи
Колір та токсичність відпрацьованих газів	Якість згоряння палива та технічний стан двигуна	Газоаналізатор

Продовження таблиці 1.1

Рівень шуму та вібрацій	Наявність механічних несправностей	Акустична або вібраційна діагностика
Температурний режим роботи	Стан системи охолодження	Термометр або датчики температури
Герметичність систем двигуна	Наявність витоків палива, оливи, охолоджувальної рідини	Візуальний огляд
Стан системи живлення	Якість подачі палива до двигуна	Діагностичне обладнання
Частота обертання холостого ходу	Стабільність роботи двигуна	Тахометр
Стан системи запалювання (для бензинових ДВЗ)	Якість іскроутворення	Осцилограф або тестер

Одним з перших етапів приймання двигуна в ремонт є проведення зовнішнього огляду.

Під час огляду визначається наявність механічних пошкоджень, витоків технічних рідин, а також стан навісного обладнання. Основними дефектами, що можуть бути виявлені під час огляду, є:

- підтікання мастила або охолоджувальної рідини;
- пошкодження блоку циліндрів;
- тріщини у головці блока;
- пошкодження різьбових з'єднань;
- деформації корпусних деталей.

Результати огляду заносяться до акта приймання двигуна в ремонт, який є основним документом для подальшого виконання ремонтних робіт.

Таким чином, контроль зазначених параметрів під час приймання двигуна внутрішнього згоряння в ремонт дозволяє попередньо оцінити технічний стан основних систем ДВЗ, визначити характер можливих несправностей і прийняти рішення щодо обсягу подальших ремонтних робіт.

1.3 Безрозбірні способи діагностики двигунів внутрішнього згоряння

Сьогодні на транспортних засобах широко застосовуються багатокамерні двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ). Питання аналізу їхнього стану та діагностики постійно перебуває у центрі уваги майже всіх виробників транспортної техніки.

Своєчасна перевірка двигуна дозволяє виявляти неполадки та відхилення в його роботі, ефективно відновлювати агрегат із мінімальними витратами, а за потреби прогнозувати залишковий ресурс і раціонально планувати експлуатацію автомобіля.

На сьогодні для оцінки технічного стану двигуна внутрішнього згоряння в умовах експлуатації використовують такі методи:

- перевірку компресії в циліндро-поршневій групі;
- вимір температури вихлопних газів;
- визначення кількості картерних газів;
- контроль витрати палива, вимірювання тиску в паливній або масляній системі;
- перевірку зазору в з'єднанні шатун-шийка та різниці тисків у камерах згоряння,
- аналіз моторної оливи тощо [14].

Перед тим як розпочати діагностику ДВЗ, необхідно виконати всі регульовальні операції, адже навіть справний, але неправильно відрегульований двигун може втратити 20-30 % своєї номінальної потужності.

Оцінювання загального технічного стану двигуна здійснюють за кількома основними показниками: ефективною потужністю, тиском мастила в системі змащення, питомою витратою пального, рівнем шкідливих компонентів у відпрацьованих газах, а також за загальним рівнем та спектром шумів і вібрацій.

Двигун внутрішнього згоряння являє собою складну термодинамічну, гідравлічну, електронну та механічну систему, що слугує основною силовою установкою більшості транспортних засобів. Від його технічного стану значною мірою залежить своєчасне виконання виробничих завдань, дотримання графіків перевезень і безпека дорожнього руху.

Саме тому двигун є одним із ключових об'єктів діагностування на транспортному засобі. Особливо важливо правильно підібрати комплекс датчиків, які забезпечують проведення безрозбірної діагностики двигуна.

Безрозбірна діагностика передбачає контроль токсичності відпрацьованих газів. За рівнем вмісту CO, CO₂, O₂, NO_x та вуглеводнів оцінюють повноту згоряння палива, ефективність паливної системи, герметичність впуску та справність каталізатора. Нестандартні значення цих параметрів свідчать про порушення у складі паливної суміші, неправильну роботу датчиків чи механічні несправності в двигуні.

Безрозбірна діагностика ДВЗ забезпечує оперативне оцінювання технічного стану агрегату, виявлення початкових стадій несправностей і попередження дороговартісних ремонтів. Завдяки використанню сучасних діагностичних приладів та електронних методів контролю можлива точна та об'єктивна оцінка роботи двигуна без необхідності його розбирання [7].

Проте жоден окремий метод не дає 100 % гарантії щодо виявлення всіх можливих дефектів особливо глибоких внутрішніх. Тому часто застосовують комплексний підхід: поєднують декілька методів, що доповнюють один одного.

Дистанційне діагностування в розвинених країнах розвивається швидкими темпами і є перспективним напрямком [2]. Схема дистанційного діагностування в умовах сучасного діагностичного комплексу представлена на рисунку 1.5.

Дистанційне діагностування має низку суттєвих переваг. Насамперед воно дозволяє значно скоротити час перевірки автомобілів, оскільки відпадає потреба транспортувати транспортний засіб до місця розташування

діагностичного центру, що також сприяє зменшенню транспортних витрат. Крім того, з'являється можливість здійснювати діагностику тих автомобілів, які з технічних причин не можуть пересуватися самостійно.

Використання дистанційних технологій також сприяє підвищенню пропускної здатності діагностичного центру, адже немає необхідності заїзду автомобіля на пост діагностики та його підключення до стаціонарного діагностичного обладнання.

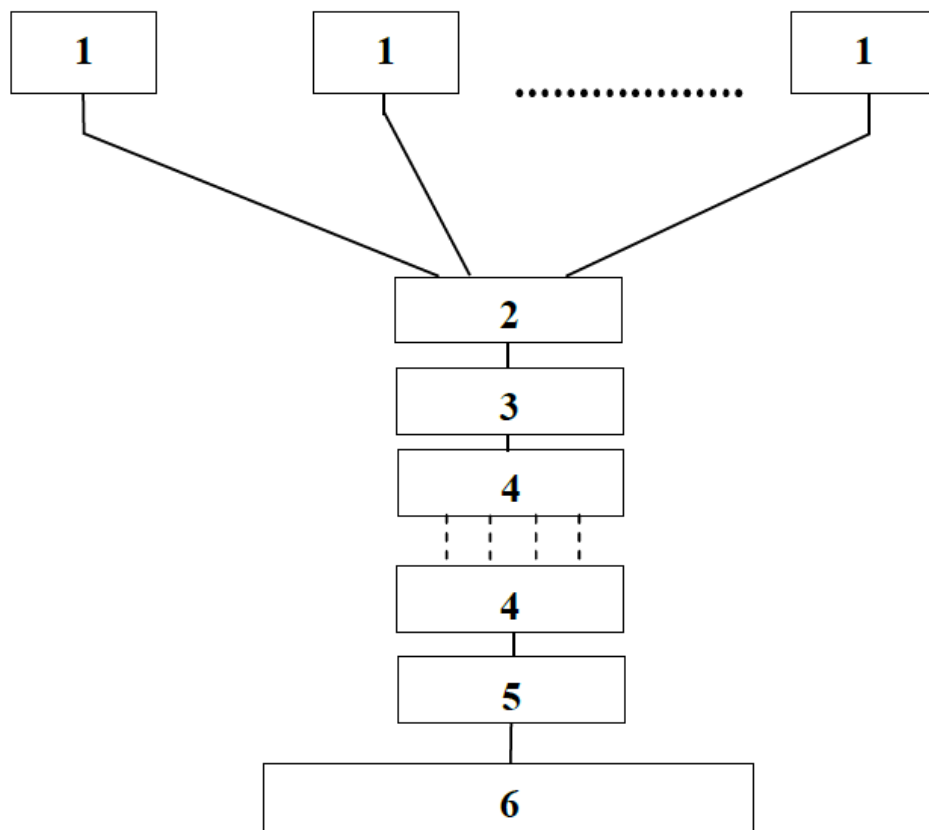


Рис. 1.5. Схема дистанційного діагностування: 1 – контролер управління функціональними блоками; 2 – діагностичний роз'єм; 3 – пристрій перетворення сигналів; 4 – телекомунікаційні засоби зв'язку; 5 – пристрій для прийому-передачі сигналів; 6 – діагностичний комплекс з комп'ютером.

За наявності додаткового оснащення діагностичного комплексу можлива одночасна перевірка кількох транспортних засобів. Окрім цього, дистанційна діагностика дає змогу надавати консультації водієві в режимі реального часу, а також виконувати віддалене скидання помилок електронної

системи керування. Важливою перевагою є і зниження вартості діагностування завдяки економії часу на переїздах та зменшенню витрат, пов'язаних із первинною перевіркою двигуна безпосередньо на місці інженером [5].

На сучасному ринку доступна система віддаленої діагностики CityPoint [3]. Вона обслуговує декілька тисяч користувачів і належить до провідних постачальників телематичних сервісів у Європі. Телематика передбачає обмін інформацією між транспортним засобом і центральною системою керування (рис.1.6).



Рис. 1.6. Система віддаленої діагностики CityPoint.

З метою підвищення безпеки транспортних перевезень, контролю витрат палива, а також оптимізації логістичних процесів у системі CityPoint застосовуються технології глобальної супутникової навігації. У процесі руху автомобіля система отримує повний обсяг діагностичних даних і здатна повідомляти про потребу проведення технічного обслуговування у найближчому дилерському центрі.

Такі повідомлення можуть передаватися як електронною поштою, так і через внутрішню систему сповіщень.

Встановлене на транспортному засобі обладнання забезпечує зчитування інформації з шини даних CAN-bus (J1939) та подальшу передачу цих даних на сервер CityPoint для їх обробки й аналізу.

Залежно від марки автомобіля, його моделі та року виготовлення, система CityPoint здатна зчитувати та передавати користувачеві різну кількість параметрів для зручного контролю технічного стану транспортного засобу.

Висновки до розділу I

В розділі було проведено комплексний аналіз конструкційних особливостей та принципів роботи двигуна внутрішнього згоряння легкового автомобіля. Було розглянуто основні характеристики бензинового, газового та дизельного ДВЗ та їх основні конструктивні елементи. Вивчення цих аспектів дозволяє сформувати базу для подальшого впровадження інноваційних методів безрозбірної діагностики та ефективного оцінювання технічного стану ДВЗ.

Обґрунтовано основні технічні вимоги, які необхідно враховувати під час приймання та здачі двигуна внутрішнього згоряння для ремонту. Проаналізовано стан окремих вузлів і агрегатів, визначено критерії придатності двигуна до експлуатації та проведення ремонтних робіт.

Дано характеристику безрозбірним способам діагностики двигунів внутрішнього згоряння. Було охарактеризовано сучасні методи та засоби оцінки технічного стану двигуна, які дозволяють оперативно виявляти несправності без необхідності розбирання агрегату.

РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Технологія виявлення пошкоджень деталей двигуна внутрішнього згоряння за допомогою візуально-акустичного методу.

Одним із найпоширеніших є візуально-акустичний метод, який ґрунтується на сприйнятті зовнішніх ознак роботи ДВЗ: сторонніх шумів, змін характеру роботи на холостому ході, вібрацій, димності вихлопу та запаху продуктів згоряння. Метод дозволяє оцінити технічний стан ДВЗ за непрямими ознаками, що виникають унаслідок зношування деталей, порушення регулювань чи появи несправностей у механічних, газорозподільних або паливних системах.

Під час роботи ДВЗ кожен вузол і механізм генерує характерні звукові та вібраційні сигнатури. Якщо деталі зношуються, зазнають деформації, перегріву або працюють із неправильними зазорами, змінюється тональність, частота та інтенсивність звуку. Одночасно зовнішні чинники, як-от димність, утворення нагару або нестабільна робота на холостому ході, також сигналізують про наявність несправностей.

Хоча метод базується на природних органах чуття, для підвищення точності використовують спеціалізовані інструменти (табл.2.1):

1. Механічний стетоскоп для ДВЗ дає змогу локалізувати джерело шуму всередині двигуна, збільшуючи гучність і чіткість звукових коливань. Він допомагає визначити проблемні зони: підшипники, клапани, штовхачі, насос високого тиску.

2. Електронний стетоскоп оснащений чутливими мікрофонами та підсилювачами, часто має індикаторні шкали або під'єднання до смартфона чи ноутбука. Дозволяє аналізувати частотний спектр шумів.

3. Пірометр або інфрачервоний термометр допомагає визначати нерівномірне нагрівання циліндрів або впускного/випускного колектора, що

може свідчити про пропуски запалювання чи нерівномірність роботи форсунок.

4. Ендоскоп (мотор-ендоскоп) використовується для візуального огляду внутрішніх порожнин двигуна без його розбирання: дозволяє оцінити стан циліндрів, клапанів, камери згоряння, наявність нагару чи пошкоджень.

5. Віб्रोаналізатор портативний допомагає точніше визначати амплітуди та частоти вібрацій, що виникають через розбалансування, неправильну роботу підшипників або порушення фаз газорозподілу.

6. Газоаналізатор вихлопних газів використовується для аналізу стану сумішоутворення та ступеня зношення двигуна за складом CO, CH, NOx та інших компонентів вихлопу [16].

Таблиця 2.1

Характерні звукові й зовнішні прояви несправностей та обладнання, що застосовується для їх діагностики.

Ознака	Можлива причина	Рекомендований прилад
Глухий металевий стук знизу	Зношення корінних підшипників	 Механічний стетоскоп
Дзвінкі клацання у верхній частині двигуна	Неправильний тепловий зазор клапанів	 Електронний стетоскоп
Синій дим	Попадання оливи у камеру згоряння, зношення ЦПГ	 Газоаналізатор
Білий густий дим	Потрапляння охолоджувальної рідини	 Візуальний огляд, ендоскоп

продовження таблиці 2.1

Нерівномірна температура циліндрів	Пропуски займання, несправність форсунки	 Пірометр
Підвищені вібрації	Розбалансування маховика, кріплень або несправний підшипник	 Віброаналізатор

Візуально-акустичний метод діагностики дозволяє швидко та без розбирання визначити стан двигуна, виявити ранні симптоми несправностей і локалізувати їх за допомогою спеціальних приладів. Комбінація слухового аналізу, візуального огляду та застосування допоміжних засобів стетоскопа, пірометра, ендоскопа чи віброаналізатора значно підвищує точність оцінки й допомагає своєчасно запобігти серйозним пошкодженням.

Другим важливим методом є компресійна діагностика, що полягає у вимірюванні тиску в циліндрах під час прокручування колінчастого вала Стартером. Вона дозволяє оцінити зношування циліндро-поршневої групи, герметичність клапанів і якість роботи поршневих кілець. Для цього застосовують компресометри бензинових і дизельних двигунів, наприклад цифровий компресометр JTC, механічний компресометр ROCKFORCE або дизельний тестер компресії FORCE.

До поглиблених методів належить ендоскопічна діагностика, що передбачає огляд внутрішніх порожнин циліндрів, камер згоряння, клапанів, турбіни та впускного колектора за допомогою гнучкої оптичної системи з підсвічуванням. Ендоскоп дозволяє виявити нагар, тріщини, сліди прогару або механічних пошкоджень без зняття головки блока. Для цього

використовують відеоендоскопи, зокрема Bosch Universal Inspect або endoscope Depstech зі змінними камерами.

Газоаналізаторний метод дає інформацію про процеси згоряння, стан системи живлення, ефективність роботи каталізатора та коректність регулювання сумішоутворення. Вимірюючи концентрацію CO, CO₂, NO_x, O₂ та CH у відпрацьованих газах, можна визначити пропуски запалювання, неправильне налаштування паливної апаратури чи несправності датчиків. Для цього використовують багатокомпонентні газоаналізатори, такі як Automotive Gas Analyzer BrainBee або Bosch BEA.

Окреме значення має осцилографічна діагностика, яка базується на аналізі електричних сигналів системи запалювання, датчиків колінчастого вала, розподільного вала, дросельної заслінки, інжекторів та інших елементів керування. Форма сигналів і їхня амплітуда дозволяють точно визначити збої у роботі електронної системи. У цій сфері застосовують цифрові осцилографи, наприклад АКИП-4116/2, PicoScope Automotive, Hantek 1008C, оснащені спеціальними датчиками запалювання та токовими кліщами.

З метою визначення втрат тиску в циліндрах застосовують метод вимірювання герметичності (Leak-Down Test), який дає змогу оцінити ступінь підтікання через поршневі кільця, клапани або прокладку головки блока. Він передбачає подачу стисненого повітря у циліндр та аналіз втрат. Для проведення цього тесту використовують прилади типу JTC Leak Down Tester або FORCE 902G.

Для дизельних двигунів важливим є діагностування паливної системи високого тиску, що передбачає вимірювання тиску у паливній рампі, контроль роботи форсунок, оцінку продуктивності ТНВД та характеру зворотного зливу. Цей тип діагностики можливий за допомогою стендів і комплектів, таких як дизельний тестер Common Rail CR-Tester, стенд Bosch EPS або комплект для вимірювання зворотного зливу форсунок LAUNCH.

Також застосовується вимірювання параметрів холостого ходу та аналіз динаміки роботи двигуна за допомогою тахометрів, діагностичних

сканерів і модулів OBD-II. Сканер дозволяє оцінити дані з датчиків у режимі реального часу: корекції палива, температуру охолоджувальної рідини, показники кисневого датчика та параметри пропусків запалювання. Серед найпоширеніших приладів автосканери Launch X431, Bosch KTS або Autel MaxiSys.

У сучасній діагностиці широко використовується віброакустичний аналіз, що дає змогу виявляти дефекти підшипників, нерівномірність роботи циліндрів та збої в ГРМ за характером коливань. Для таких досліджень застосовують віброметри та аналізатори, наприклад ADASH VA-3 або портативні віброаналізатори Rion [12].

2.2. Методи безрозбірної динамічної діагностики технічного стану бензинових ДВЗ, що застосовуються в сучасних діагностичних системах

Багато станцій технічного обслуговування автомобілів користуються продукцією НПП «НТС». НПП «НТС» охоплені всі електронні системи управління двигуном на заводах «Авто ВАЗ» і «ГАЗ». У мотор-тестерах «Автоас-профі» МТ-10 реалізовані такі види тестів: «Розгін», «Механічні втрати», «Баланс потужності» та «Баланс індикаторної потужності». Тест «Розгін» дозволяє отримати дані для непрямої оцінки динамічних (потужнісних) характеристик двигуна, що працює без зовнішнього навантаження, шляхом вимірювання часу або прискорення колінчастого валу при різкому відкритті дросельної заслінки (рис. 2.1).

Меншому часу розгону відповідає більша швидкість прискорення, що свідчить про вищий крутний момент і, відповідно, більшу потужність двигуна. Для порівняльного аналізу можна використовувати раніше отримані значення часу розгону та прискорення для автомобілів з аналогічними двигунами.

Щоб підвищити точність вимірювань, алгоритм тесту передбачає проведення трьох послідовних розгонів. Всі додаткові електроспоживачі

повинні бути відключені, а двигун прогрітий. Визначаються початкова та кінцева частоти обертання колінчастого вала, що задають інтервал розгону.

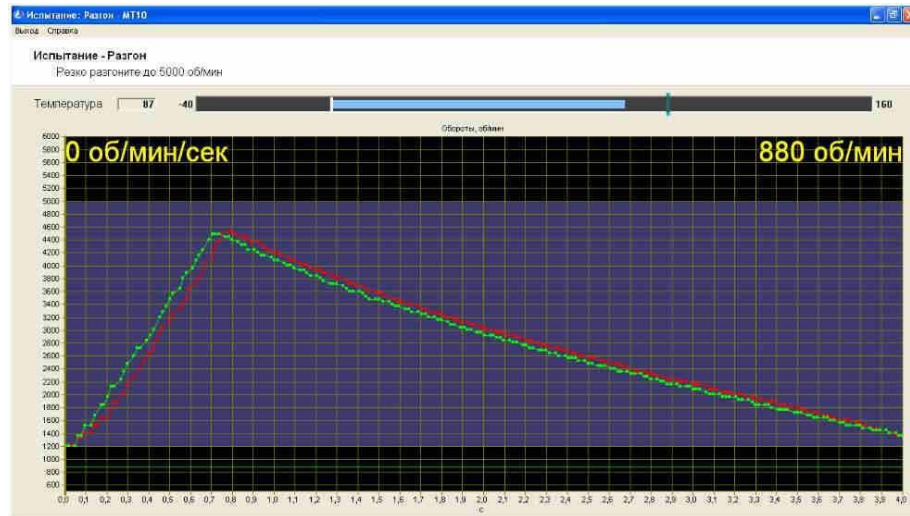


Рис.2.1. Вікно мотор-тестера МТ-10 в режимі тесту «Розгін»

Для запобігання пошкодження двигуна тест не слід виконувати на агрегатах з явними механічними несправностями (наприклад, у приводі ГРМ, сторонні стуки чи шум під час роботи) або підвищеним зносом, а також перевищувати максимально допустиму частоту обертання колінчастого вала для конкретної моделі.

Тест «Баланс индикаторной мощности» проводиться в автоматичному режимі при фіксованому положенні дросельної заслінки (рис. 2.2).

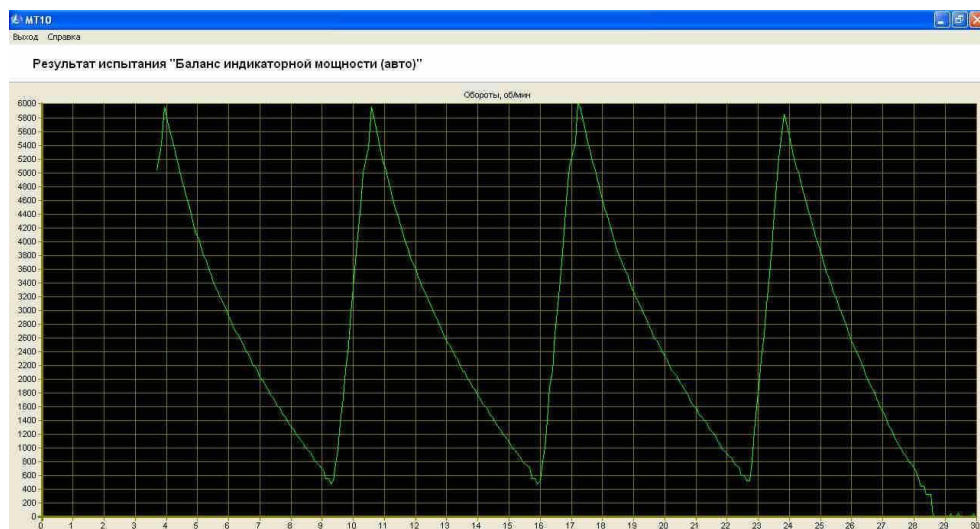


Рис. 2.2. Вікно мотор-тестера МТ-10 в режимі тесту «Баланс індикаторної потужності»

Розгін здійснюється у заданому діапазоні частот обертання колінчастого вала. Після завершення тесту отримані дані порівнюються з еталонними, що дозволяє зробити висновки про технічний стан двигуна.

Тест «Баланс потужності» використовується для визначення відносного внеску кожного циліндра у загальну потужність двигуна.

Під час тесту циліндри послідовно автоматично відключаються шляхом блокування іскроутворення у відповідному циліндрі. Відключений циліндр створює додаткове навантаження на двигун, і частота обертання колінчастого вала знижується: чим більша потужність відключеного циліндра і нижча потужність працюючих циліндрів, тим значніше падають оберти.

Відносний внесок кожного циліндра виражається у відсотках. Циліндру, при блокуванні якого спостерігається найбільше падіння обертів, присвоюється значення 100% (рис. 2.3).

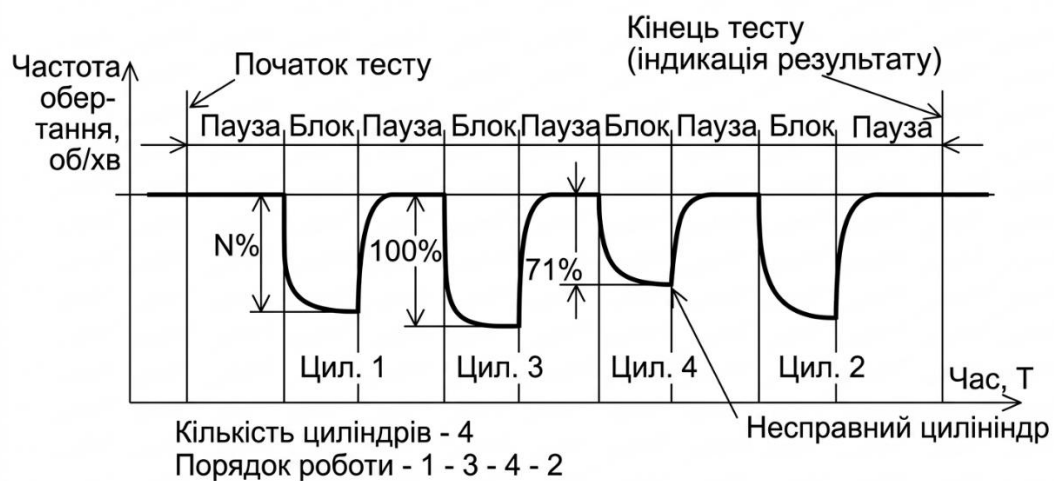


Рис. 2.3. Баланс потужності 4-циліндрового двигуна (вікно мотор-тестера).

Зниження ефективності роботи циліндра може свідчити про наявність дефектів у системі живлення, запалювання, циліндро-поршневій групі або механізмі газорозподілу. Частота обертання колінчастого вала для чотирициліндрового двигуна не повинна перевищувати 4500 об/хв. Якщо знижена ефективність зберігається на різних режимах роботи двигуна

низьких, середніх або високих обертах, проводять вимірювання компресії в конкретному циліндрі.

Крім цього, у мотор-тестері МТ-10 передбачено метод визначення моменту механічних втрат у режимі вільного ходу. Він заснований на вимірюванні часу, за який оберти колінчастого вала зменшуються від максимальної до мінімальної позначки, з можливістю вибору необхідного діапазону обертів.

Тест «Виявлення непрацюючих циліндрів» дає змогу швидко визначити циліндри, які повністю не функціонують, або ті, що працюють із зниженою ефективністю. Оцінка їх роботи проводиться шляхом аналізу графіка, на якому показано короткочасне зниження частоти обертання колінчастого вала при послідовному відключенні кожного циліндра на 2 секунди, із проміжною паузою між відключеннями також у 2 секунди.

Порядок виконання:

- запустити двигун, при необхідності, підвищити навантаження на двигун, включивши габаритні вогні і ближнє світло фар;
- встановити потрібну частоту обертання колінчастого вала двигуна;
- запустити тест «Пошук непрацюючих циліндрів».

Тест можна проводити багаторазово, при цьому графіки зберігаються один поверх одного.

Цифровий осцилограф USB Autoscope IV забезпечує діагностику для виявлення несправностей в електронних системах автомобіля та механічних вузлах бензинових двигунів.

Прилад підключається до персонального комп'ютера через USB-порт. USB Autoscope IV є модернізованою версією з покращеними аксесуарами та адаптерами, а також має вбудований адаптер запалювання в корпусі. Більшість датчиків отримують живлення безпосередньо від приладу, що спрощує їх використання та значно прискорює процес вимірювання сигналів.

Використання осцилографа під час діагностики потребує високого рівня кваліфікації спеціаліста [9].

Опитування діагностів на станціях технічного обслуговування, які використовують мотор-тестер МТ-10, показало, що закладені тести майже не застосовуються. Це пов'язано з недостатнім описом умов проведення випробувань, некоректним відображенням результатів та відсутністю еталонних характеристик двигунів, на які орієнтовані тести.

Назва тесту «Баланс індикаторної потужності» та отриманий після його завершення результат не відображають справжньої суті оцінки.

Виходячи зі сформованої ситуації, можна зробити висновок, що розробники передбачили в діагностичному обладнанні функції для застосування безрозбірного методу, з можливістю самостійного його проведення та подальшого вдосконалення.

2.3. Діагностика електронного блоку управління двигуном автомобіля за допомогою комп'ютерних засобів

Комп'ютерна діагностика електронного блоку керування двигуном автомобіля на сьогоднішній день є одним із найбільш перспективних методів контролю параметрів системи живлення та сучасним способом перевірки основних вузлів і агрегатів у процесі їх взаємодії з електронною системою керування двигуном.

Практика експлуатації двигунів показує, що його основні робочі вузли та агрегати тісно пов'язані між собою як кінематично, так і за навантажувальними параметрами. Тому виникнення несправності в окремій деталі або вузлі неминуче призводить до появи відхилень у роботі інших елементів системи.

У зв'язку з цим аналіз характеру виникнення та перебігу несправностей одного вузла дозволяє отримати важливу інформацію, яку можна застосувати

для подальшого дослідження і виявлення аналогічних несправностей в інших деталях та агрегатах двигуна.

Для проведення комп'ютерної діагностики зазвичай застосовують спеціалізоване обладнання, зокрема сканери та мотор-тестери. Дилерський сканер (рис. 2.4 а) є професійним пристроєм, який призначений для технічного обслуговування автомобілів певної марки, а також моделей, що мають з нею спільну платформу або технічні рішення. Такий прилад оснащений оригінальним програмним забезпеченням виробника та найчастіше використовується в офіційних дилерських сервісних центрах.



Рис. 2.4. Зовнішній вигляд сканерів : а – дилерський сканер концерну VAG; б – портативний сканер, в – мультимарочний сканер.

Дилерські сканери характеризуються високою точністю зчитування діагностичної інформації та широкими функціональними можливостями. Вони дозволяють не лише визначати коди помилок електронних систем автомобіля, але й виконувати складні операції, зокрема оновлення або перепрограмування програмного забезпечення електронного блоку керування.

Перевагою використання такого сканера є те, що він не обмежується лише відображенням коду несправності. Прилад надає детальне пояснення виявленої помилки, допомагає встановити її причину, пропонує можливі способи усунення, а також визначає місце виникнення несправності. Крім

того, за допомогою програмних інструментів сканер може коригувати роботу бортового комп'ютера автомобіля.

Висока вартість таких приладів пояснюється їх вузькою спеціалізацією та одночасно широким функціональним призначенням. Неправильне налаштування або некоректне використання сканера може призвести до суттєвих збоїв у роботі всієї електронної системи автомобіля [6].

Портативний сканер (рис. 2.4, б) є універсальним та компактним пристроєм, який здатний зчитувати коди помилок і визначати місце несправності. Він відзначається невеликими розмірами та доступною вартістю. Завдяки цим характеристикам такий сканер є зручним для індивідуального використання, а також для застосування в невеликих автомобільних майстернях.

Мультимарочний сканер (рис. 2.4, в), на відміну від дилерського, має дещо обмежений набір діагностичних функцій. Проте його головною перевагою є універсальність, оскільки він здатний працювати з більшістю сучасних марок автомобілів. Окремі моделі таких сканерів також забезпечують можливість безпечного налаштування параметрів бортового комп'ютера.

Мультимарочні діагностичні сканери відзначаються значними перевагами завдяки своїй універсальності та достатньому рівню інформативності. Процедура діагностування здійснюється таким чином: до бортової електронної системи автомобіля через стандартний діагностичний роз'єм OBD-II під'єднується спеціальний діагностичний прилад сканер. Після підключення пристрій зчитує повну інформацію про роботу автомобіля, включаючи наявні коди несправностей.

Отримані поточні параметри роботи систем відображаються на вимірювальному обладнанні та можуть передаватися на зовнішній комп'ютер. Спеціалізоване програмне забезпечення виконує обробку та розшифрування отриманих кодів, після чого формує детальний звіт про фактичний технічний стан електронних систем автомобіля. Загальна

тривалість проведення комп'ютерної діагностики, як правило, становить від 10 хвилин до 2 годин залежно від обсягу перевірок.

Процес діагностування є відносно швидким і достатньо результативним методом виявлення несправностей автомобіля. На сьогодні існує значна кількість мультимарочних діагностичних сканерів, серед яких у даному випадку найбільш доцільним є використання сканера Launch EasyDiag 3.0 (рис. 2.5). До основних переваг цього пристрою належать зручний та багатофункціональний інтерфейс, можливість підключення до персонального комп'ютера через Bluetooth, а також здатність проводити діагностику великої кількості моделей автомобілів.



Рис. 2.5 Сканер Launch EasyDiag 3.0.

Можливості комп'ютерної діагностики дозволяють визначити загальний технічний стан двигуна, а також перевірити функціонування електронних блоків керування, окремих вузлів і агрегатів. За допомогою діагностичного сканера здійснюється поетапне обстеження двигуна: спочатку аналізується робота паливної системи, після чого перевіряється функціонування системи керування.

У процесі діагностування обов'язково проводиться аналіз отриманих параметрів, зокрема оцінюється робота форсунок та їх електричної частини, зчитуються показники з усіх температурних датчиків, визначається рівень компресії в циліндрах двигуна, а також вимірюються значення вакуумних перетворювачів. Діагностичний сканер дає змогу швидко виявляти більшість

прихованих несправностей без необхідності розбирання двигуна чи його складових, що є суттєвою перевагою цього методу.

2.4 Технічне обслуговування дизельного двигуна з допомогою аналізу відпрацьованих газів

Вміст шкідливих компонентів у відпрацьованих газах автомобіля визначають під час випробувань його зразка, встановленого на роликівому гальмівному стенді, до якого під'єднують стандартизовану вимірювальну систему (рис. 2.6).

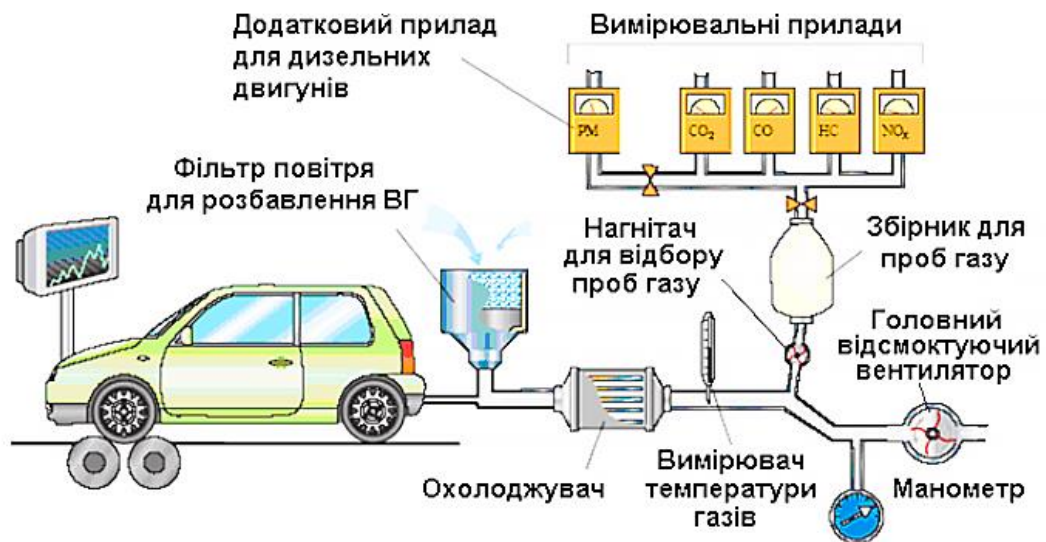


Рис. 2.6. Проведення вимірювань викидів шкідливих речовин.

Під час проведення випробування на стенді відтворюють типовий їздовий цикл, що імітує реальні умови руху автомобіля. У цей період відбираються зразки відпрацьованих газів двигуна, які подаються до вимірювальної системи для подальшого аналізу їхнього хімічного складу.

Для визначення концентрації CO широко застосовують прилади, принцип дії яких базується на вимірюванні теплоти, що виділяється під час окиснення чадного газу на каталітично активній платиновій спіралі. Під час аналізу до певного об'єму досліджуваного газу у встановленій пропорції додають чисте атмосферне повітря.

Отриману суміш піддають спалюванню на нагрітій платиновій нитці. У процесі цього відбувається підвищення температури спіралі, величина якого за визначених умов прямо пропорційна концентрації СО у відпрацьованих газах. До таких приладів належать індикатор моделі И-СО, газоаналізатор «Елкон S-100», а також деякі інші аналізатори газів, що входять до складу мотор-тестерів. Однак точність вимірювання цих пристроїв є недостатньою для проведення високоточних досліджень токсичності відпрацьованих газів, тому їх здебільшого використовують під час регулювання системи живлення двигуна.

Іншу групу вимірювальних приладів становлять так звані альфаметри. До них належать газоаналізатори, робота яких ґрунтується на зміні теплопровідності компонентів відпрацьованих газів, зокрема CO_2 та H_2 . У приладах такого типу частину досліджуваного газу пропускають через нагрітий платиновий дріт, тоді як через інший аналогічний нагрітий дріт одночасно пропускається атмосферне повітря.

Порівняння ступеня охолодження обох дротів дає можливість визначити приблизний вміст СО у відпрацьованих газах. Хоча точність цих приладів також не є високою, її достатньо для налаштування та регулювання паливної системи двигуна. Принцип функціонування таких приладів полягає в тому, що у відпрацьованих газах двигуна, особливо при роботі на збагачених сумішах, міститься значна кількість водню. Оскільки водень характеризується високою теплопровідністю, він інтенсивно відводить тепло від платинової нитки. У результаті змінюється її електричний опір, що призводить до збільшення сили струму у вимірювальній системі приладу. Завдяки цьому альфаметри можуть застосовуватися для непрямої оцінки концентрації СО у відпрацьованих газах. Такі прилади належать до найпростіших засобів вимірювальної техніки. Найпоширенішими серед них є альфаметри AST-70 та AST-76 (РП), а також деякі газоаналізатори, інтегровані в мотор-тестери.

Нині широко поширені більш точні газоаналізатори, що працюють за принципом інфрачервоного випромінювання. Дія таких газоаналізаторів заснована на принципі вибірного поглинання інфрачервоних променів у певних областях довжин хвиль (інфрачервоне випромінювання являє собою частину електромагнітного спектра в діапазоні довжин хвиль 2...8 мкм).

У літературі такий принцип позначають буквами ND/R. CO поглинає інфрачервоні промені з довжиною хвилі 4,7 мкм, а CO₂ – 4,3 мкм. На цьому принципі працюють стаціонарні газоаналізатори моделі OA-2109 для аналізу CO і моделі OA-2209 для аналізу CO₂.

Переносний прилад ДАІ-1 дозволяє контролювати вміст CO у відпрацьованих газах у дорожніх умовах. В ПАТ широко застосовується газоаналізатор «Елкон S-105» (рис. 2.7) для виміру вмісту CO у відпрацьованих газах двигунів.

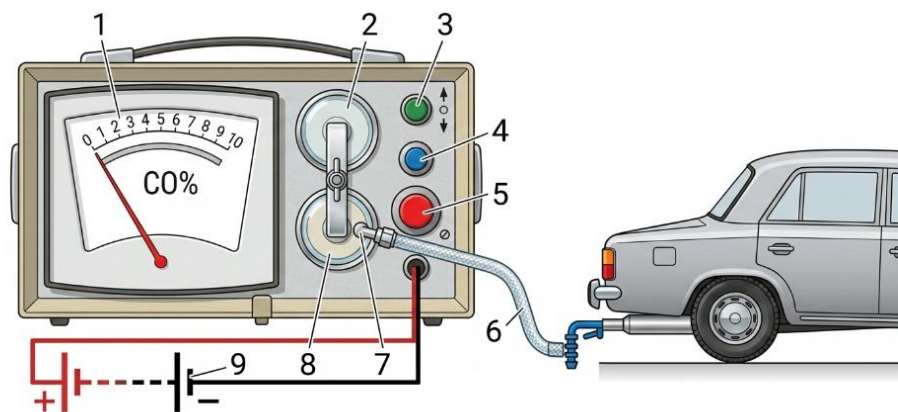


Рис. 2.7. Газоаналізатор «Елкон S-105»: 1 – стрілочний прилад; 2 – повітряний фільтр; 3 – ручка потенціометра занулювання приладу; 4 – перемикач напруги живлення 6/12 В; 5 – запобіжник; 6 – трубка підведення газів від випускної труби глушителя; 7 – зонд; 8 – газовий фільтр; 9 – акумуляторна батарея

Принцип дії газоаналізатора «Абгаз-Інфраліт» (рис. 2.8) полягає у наступному. Два джерела інфрачервоного випромінювання 6 формують променевий пучок за допомогою параболічних лінз та обтюратора 7, який спрямовує його у робочу камеру 5 та камеру порівняння 8, заповнену

повітрям, що не поглинає інфрачервоне випромінювання. Газ у робочій камері переміщується під дією мембранного насоса 4 та поглинає інфрачервоне випромінювання з довжинами хвиль 4,7 мкм.

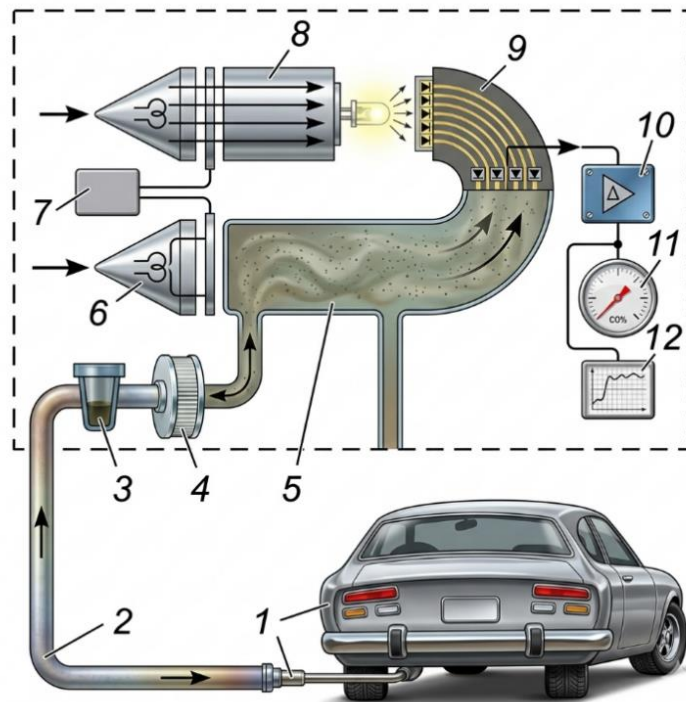


Рис. 2.8. Принцип дії газоаналізатора «Абгаз-Інфраліт»: 1 – газодобірний зонд, 2 – віддільник конденсату, 3 – фільтр; 4 – мембранний насос; 5 – робоча камера; 6 – джерело інфрачервоного випромінювання; 7 – обтюратор з електродвигуном; 8 – камера згоряння; 9 – приймач випромінювання; 10 – підсилювач; 11, 12 – відповідно стрілочний і реєструючий прилади

У приймач 9 надходять два потоки променів різної інтенсивності. Чутлива мембрана приймача, що розділяє його камери, прогинається в бік меншого тиску через різницю тисків потоків. Переміщення мембрани фіксується датчиком з підсилювачем і передається на стрілочний або записуючий прилад.

Визначення токсичності відпрацьованих газів проводиться у двох режимах: холостого ходу двигуна та при різкому відкритті дросельної заслінки карбюратора.

Для підвищення точності визначення концентрації СО застосовують метод флуоресцентного недисперсного інфрачервоного випромінювання. Метод спільного виміру СО і СО₂ дозволяє точніше визначати вміст СО у відпрацьованих газах. На цьому принципі працюють прилади ДАІ-2 та газоаналізатор «Інфраліт-211», призначені для безперервного кількісного аналізу СО і СО₂ у відпрацьованих газах автомобілів в умовах ПАТ.

У відпрацьованих газах міститься також багато різних вуглеводнів СН, контроль вмісту яких здійснюють за допомогою недисперсних інфрачервоних випромінювань. Кількість СН перераховують на легкий вуглеводень – п-гексан. Це надійний та простий спосіб з достатньою точністю для практичних цілей.

До приладів, в яких змонтовані пристрої для визначення СО і СН можна віднести японські газоаналізатори «Рикэн» Р1-503А, UREX-201 і ін. Газоаналізатор «Рикэн» Р1-503А має дві шкали. Шкала СО нижнього діапазону відповідає 0...2 % вмісту СО у відпрацьованих газах, а високого – 0...10 %. Вуглеводні оцінюють за трьома шкалами: низький діапазон 0...500 млн–1, середній 0...2000 і високий 0...5000 млн–1.

Газоаналізатор UREX-201 з джерелами інфрачервоного випромінювання має стрілочну індикацію з великогабаритною шкалою. Діапазон виміру СН – 0...800 ppm (низький діапазон) і 0...2000 ppm (високий діапазон); СО – 0...5 % (низький діапазон) і 0...10 % (високий діапазон).

Для оцінювання токсичності відпрацьованих газів застосовується високоточний і інформативний полум'яно-іонізаційний метод F/D (від англ. Flame Ionization Detector). Цей метод переважно використовують для визначення сумарної концентрації вуглеводнів (СН) у складі відпрацьованих газів. Його перевагою є те, що вимірювальна апаратура практично не реагує на присутність у газах діоксиду вуглецю (СО₂) та водяної пари (Н₂О), що забезпечує підвищену точність отриманих результатів.

Водночас слід враховувати, що визначення загальної кількості вуглеводнів у відпрацьованих газах є досить складним завданням. Це

пояснюється наявністю в їх складі сполук із великою молекулярною масою, які мають високі температури кипіння. Тому зразок газу, що підлягає аналізу, повинен перебувати у вимірювальній системі при підвищеній температурі, щоб уникнути конденсації вуглеводнів на внутрішніх поверхнях трубопроводів. Разом із тим рівень підігріву має бути контрольованим, щоб не спричиняти змін у складі або структурі цих сполук.

Для порівняння результатів визначення вмісту вуглеводнів у відпрацьованих газах, отриманих різними методами, зокрема ND/R та F/D, необхідно застосовувати спеціальні поправочні коефіцієнти. Як правило, показники концентрації CH, визначені методом F/D, у 1,8-2,2 раза перевищують результати, отримані методом ND/R при перерахуванні на n-гексан.

Крім того, застосування методу F/D потребує використання як робочого середовища каліброваної суміші водню з азотом, що може створювати певні організаційні труднощі під час проведення вимірювань.

Окрім перелічених шкідливих компонентів, у складі відпрацьованих газів автомобільних двигунів визначають і інші хімічні сполуки. Найпоширенішими серед них є оксиди азоту NO та NO₂. Співвідношення між цими компонентами залежить від коефіцієнта надлишку повітря під час згоряння паливної суміші, часу, що минув від моменту відбору проби до проведення аналізу, а також від наявності інших речовин у складі відпрацьованих газів.

На сьогодні одним із найперспективніших способів визначення концентрації NO_x є метод, заснований на реєстрації хемілюмінесценції в інфрачервоній області спектра. Він базується на реакції окиснення оксидів азоту, у процесі якої відбувається випромінювання світлової енергії. Суть методу полягає в тому, що окиснення NO_x відбувається в середовищі озону, внаслідок чого виділяється світлове випромінювання. Інтенсивність цього випромінювання прямо пропорційна концентрації оксидів азоту в досліджуваній газовій пробі. У сучасних приладах тривалість аналізу

становить приблизно одну секунду, а похибка вимірювання не перевищує близько 1 % від повної шкали.

Оцінювання токсичності вихлопних газів двигунів також може виконуватися за допомогою портативного газоаналізатора ГХСО-5. Принцип його роботи базується на лінійно-колориметричному методі. Газова проба за допомогою ручного аспіратора пропускається через індикаторну трубку, заповнену спеціальним твердим пористим матеріалом.

Під дією оксиду вуглецю цей матеріал змінює своє забарвлення. Концентрацію оксиду вуглецю (у відсотках за об'ємом) визначають за довжиною пофарбованої ділянки шару, орієнтуючись на шкалу, нанесену безпосередньо на індикаторну трубку.

Висновки до розділу II

В розділі проведено технічне обґрунтування технології виявлення пошкоджень деталей двигуна внутрішнього згоряння за допомогою візуально-акустичного методу. У процесі розгляду методів безрозбірної динамічної діагностики технічного стану бензинових двигунів внутрішнього згоряння було проаналізовано сучасні підходи до визначення технічного стану двигуна без його розбирання. Особливу увагу приділено аналізу параметрів роботи двигуна, які можуть бути отримані за допомогою електронних систем керування та сучасного діагностичного обладнання.

Охарактеризовано можливості сучасних комп'ютерних засобів діагностики, зокрема використання діагностичних сканерів, які підключаються до автомобіля через стандартний інтерфейс OBD-II.

Обґрунтовано принципи проведення діагностики дизельного двигуна за складом відпрацьованих газів, що дозволяє отримати об'єктивну інформацію про процес згоряння паливно-повітряної суміші, ефективність роботи паливної апаратури, системи впорскування та стан циліндро-поршневої групи.

РОЗДІЛ III РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ

3.1. Розрахунок параметрів безрозбірного діагностичного процесу ДВЗ легкового автомобіля

Безрозбірна діагностика двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) є сучасним методом оцінки технічного стану силових агрегатів без необхідності їх демонтажу або розбирання. Такий підхід дозволяє економити час, підвищувати ефективність експлуатаційного контролю та знижувати витрати на ремонт і технічне обслуговування.

Для забезпечення ефективності процесу безрозбірної діагностики застосовують наступний алгоритм:

1. Підготовка автомобіля: перевірка рівня масла, охолоджувальної рідини, стан акумулятора.
2. Підключення діагностичного обладнання: сканер OBD, газоаналізатор, температурні датчики.
3. Збір первинних даних: тиск у колекторі, температура вихлопу, сигнали датчиків.
4. Обробка даних: розрахунок компресії, коефіцієнта згоряння, AFR, оцінка стану форсунок та свічок.
5. Формування висновків та рекомендацій щодо ремонту або обслуговування.

Розрахунок параметрів безрозбірного діагностичного процесу є ключовим етапом у моніторингу технічного стану ДВЗ. Він дозволяє:

- отримати об'єктивні дані про роботу двигуна;
- своєчасно виявляти несправності без демонтажу;
- зменшувати експлуатаційні витрати;
- підвищувати надійність та ресурс двигуна.

Процес безрозбірної діагностики базується на вимірюванні параметрів, які залежать від фізичного та хімічного стану двигуна:

- тиску в циліндрах;
- температури газів на вихлопі;
- концентрації шкідливих компонентів у відпрацьованих газах;
- коливань та шуму двигуна;
- електричних параметрів датчиків (MAF, MAP, кислородні сенсори).

Для прикладу візьмемо легковий автомобіль із бензиновим ДВЗ об'ємом 1,6 л

Атмосферний тиск $P_a = 101,3$ кПа ;

Зміна тиску при прокручуванні стартером $\Delta P = 8,7$ кПа

Розрахунок компресії:

$$P_c = 101,3 + 8,7 = 110 \text{ кПа}$$

Температура вихлопу $T_{eg} = 450$ °C , що відповідає нормальному режиму. Виміряні гази:

- CO = 0,3%
- HC = 50 ppm
- CO₂ = 14%

Коефіцієнт повноти згоряння:

$$\eta_{comb} = \frac{14}{14 + 0,3 + 0,005} \cdot 100 \approx 97,4\%$$

Масова витрата повітря за даними MAF: $m_a = 0,028 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \rightarrow AFR = 14,7$ оптимальне співвідношення. Таким чином, стан ДВЗ оцінюється як задовільний, дефектів у циліндро-поршневій групі та системі живлення не виявлено.

3.2 Розробка процесу діагностування системи живлення дизельного двигуна за допомогою діагностичного сканера Launch EasyDiag 3.0

Сучасні методи діагностики двигуна, зокрема систем живлення, передбачають використання комп'ютерної діагностики електронного блоку

керування автомобіля. Для цього застосовують діагностичний сканер Launch EasyDiag 3.0 (рис. 2.5), який підключається через стандартний діагностичний роз'єм OBD2.

Після запуску двигуна здійснюється аналіз параметрів його роботи. У деяких випадках сканер самостійно виявляє несправності та пропонує способи їх усунення. Зазвичай даних комп'ютерної діагностики достатньо для точного визначення неполадки. Проте бувають ситуації, коли сканер не фіксує порушень, хоча двигун працює некоректно або зовсім не запускається. У таких випадках потрібен більш комплексний підхід.

Для отримання додаткових даних застосовують газоаналізатор Інфракар Д. Порядок його підключення та роботи виглядає так: кабель із датчиком тахометра під'єднують до гнізда на задній панелі приладу; зонд газозабірною пристрою вставляють у вихлопну трубу автомобіля до упору та фіксують затискачем. Натисканням і утриманням кнопки «0» протягом 2 секунд проводиться автопідстроювання нуля, яке слід виконувати перед кожним вимірюванням. Після цього прилад переходить у режим вимірювання.

Датчики тиску підключають до контурів низького та високого тиску, а їхні показники передаються на комп'ютер. Після запуску двигуна проводиться повна діагностика, при якій на екрані персонального комп'ютера відображаються дані сканера Launch EasyDiag 3.0.

Газоаналізатор забезпечує визначення коефіцієнта поглинання K , значення якого вказано на спеціальній табличці під капотом або доступне для кожної моделі автомобіля у відкритих джерелах. Програмне забезпечення здійснює порівняння отриманих показників із допустимими значеннями та, спираючись на створені таблиці для виявлення несправностей, видає попередні можливі причини їх виникнення (табл. 3.1).

Аналогічним чином показники датчиків тиску палива надходять на персональний комп'ютер і відображаються на екрані, де також проводиться порівняння з нормативними параметрами.

Таблиця 3.1

Пошук несправностей за вимірами димності відпрацьованих газів

Потужність двигуна	Величина димності при вільному прискоренні			Причина появи димності
	Холостий хід	Повне навантаження	Обороти регулятора	
+	н	+	н	Тюнінг, надмірна подача палива при повному навантаженні та швидкість обертання регулятора.
-	н	-	н	Занадто низька величина подачі та тиск наддува, блок управління в аварійному режимі, несправний вимірник витрати повітря
н(-)	н	+	н	Несправність в системі рециркуляції, забруднений повітряний фільтр, несправний турбокомпресор
-	н	+	н	Екстримально ранній початок подачі, жорсткий шум згоряння
-	+	+	н	Занадто пізній початок подачі
-	н	н(+)	+	Несправний механізм випередження впорскування
-	+	+	+	Дефектний розпилювач, стукіт процесу
-	+	+	+	Заправка не тим паливом
н	+	+	+	Перевитрата мастила (блакитний дим). Несправність двигуна або турбокомпресора

н» – значення в межах норми; «+» – підвищені значення; «-» – знижені значення. Схема застосування цього методу діагностики наведена в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Послідовність виконання методу діагностики

Етап діагностики	Зміст робіт та конкретні операції	Контрольні показники (що саме шукаємо)
1. Комп'ютерна діагностика (Launch)	Підключення сканера до OBD II роз'єму. Зчитування кодів помилок (DTC), перевірка поточних даних (Live Data) у реальному часі.	Помилки по датчиках (MAF, лямбда-зонд), корекція палива, кут випередження запалювання
2. Газоаналізатор (Інфракар)	Замір складу відпрацьованих газів на різних режимах роботи двигуна (холостий хід, підвищені оберти).	Вміст \$CO\$, \$CH\$, \$CO_2\$ та залишковий кисень \$O_2\$. Визначення коефіцієнта надлишку повітря (\$\lambda\$).
3. Датчик тиску у контурі високого тиску	Перевірка роботи ПНВТ (паливного насоса високого тиску) або тиску в паливній рампі (для систем GDI/Diesel).	Стабільність тиску при навантаженні, відсутність пульсацій, робота редукційного клапана.
4. Датчик тиску у контурі низького тиску	Перевірка ефективності підкачувального насоса (у баку) та стану паливних фільтрів.	Тиск до входу в ПНВТ. Виявлення "голодування" системи через забиті фільтри або знос насоса.
5. Аналіз на персональному комп'ютері	Зведення всіх отриманих даних у єдиний звіт. Порівняння графіків тиску з еталонними осцилограмами.	Комплексний висновок: виявлення взаємозв'язку (наприклад, низький тиск у рампі провокує бідну суміш за даними газоаналізатора).

Запропонований метод дає змогу значно зменшити тривалість проведення діагностування, а також забезпечує можливість виконання діагностичних процедур спеціалістом з нижчим рівнем кваліфікації. Крім

того, використання цього підходу спрощує процес визначення місця виникнення несправності.

Процес діагностування здійснюється у певній послідовності. Насамперед проводять комп'ютерну діагностику, оскільки вона потребує менших витрат часу та дозволяє отримати достатній обсяг інформації для попередньої оцінки технічного стану двигуна.

Далі до діагностичного роз'єму OBD2 підключають сканер Launch EasyDiag 3.0, за допомогою якого дані з електронного блока керування передаються на персональний комп'ютер. Після цього вмикають запалення автомобіля. У такому режимі є можливість зчитати коди несправностей, якщо вони присутні в пам'яті системи керування двигуном.

На рисунку 3.1 представлено приклад нормального функціонування системи живлення автомобіля Mazda BT-50.

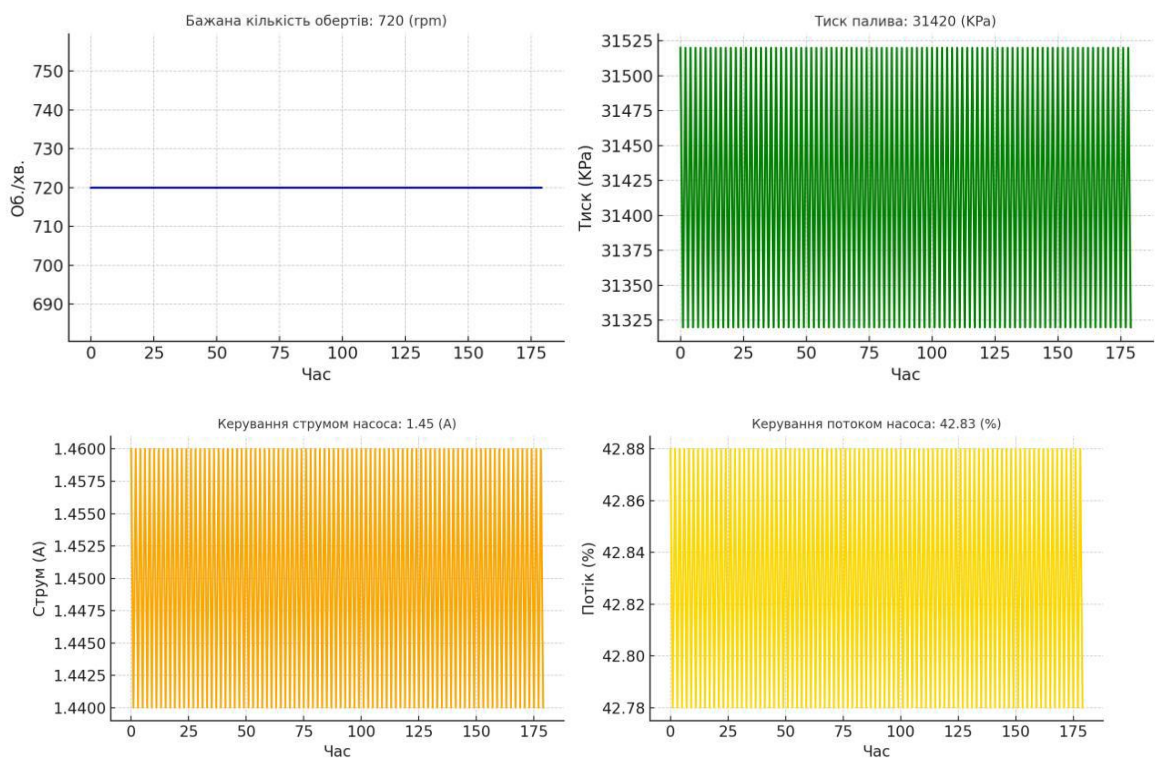


Рис. 3.1. Показники роботи системи живлення двигуна у справному технічному стані.

За отриманими результатами можна зробити висновок, що за відсутності будь-яких ознак несправності немає потреби застосовувати

додаткові засоби діагностування. На рисунку 3.2 наведено параметри роботи автомобіля у випадку наявності несправності електричної частини форсунки.

З аналізу графіків видно, що робота двигуна є нестійкою спостерігаються коливання частоти обертання колінчастого вала, тобто обороти двигуна «плавають». Водночас інші контрольовані параметри суттєвих змін не демонструють. Під час перевірки автомобіля діагностичний сканер зафіксував код помилки P0093, що свідчить про наявність несправності в роботі двигуна. Розшифрування даного коду вказує на можливу несправність четвертої паливної форсунки.

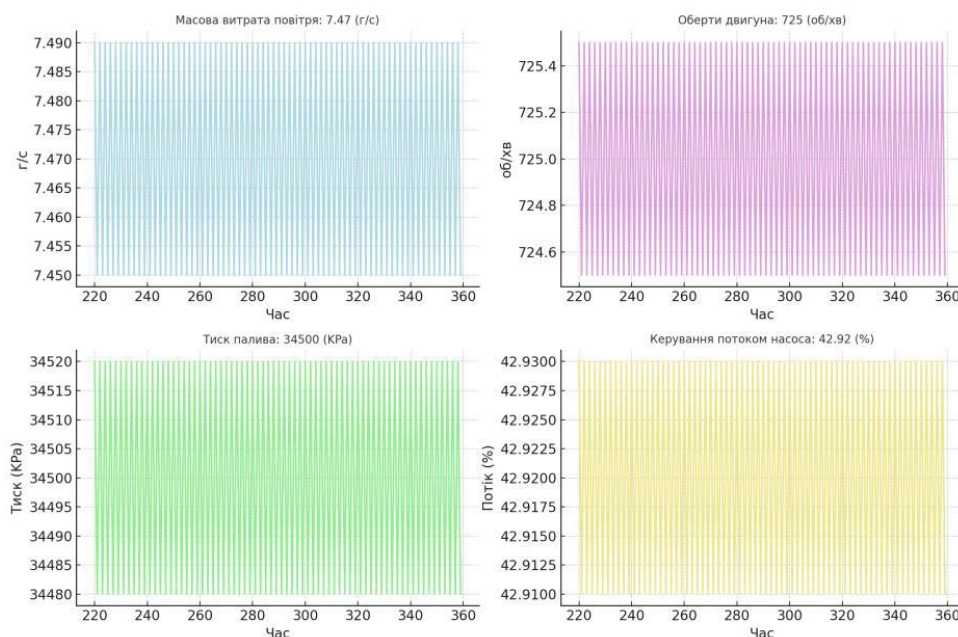


Рис. 3.2. Характеристики параметрів системи живлення двигуна у випадку порушення роботи електричної частини форсунки.

У наведеному випадку результати комп'ютерної діагностики дозволяють достатньо швидко встановити причину несправності. Проте подібна ситуація виникає не завжди. Це можна продемонструвати на прикладі діагностики автомобіля Nissan X-Trail 2.2d 2003 року випуску.

Для проведення перевірки виконується аналогічна процедура підключення діагностичного сканера. Після цього запускають двигун і здійснюють зняття параметрів його роботи на режимі холостого ходу (рис. 3.3).

З аналізу отриманих графіків видно, що показники є некоректними, тому зробити обґрунтовані висновки щодо наявності несправностей неможливо. При цьому на холостому ході двигун працює стабільно, однак під час роботи під навантаженням спостерігається відсутність необхідної потужності.

Така ситуація свідчить про необхідність застосування додаткових методів діагностики.

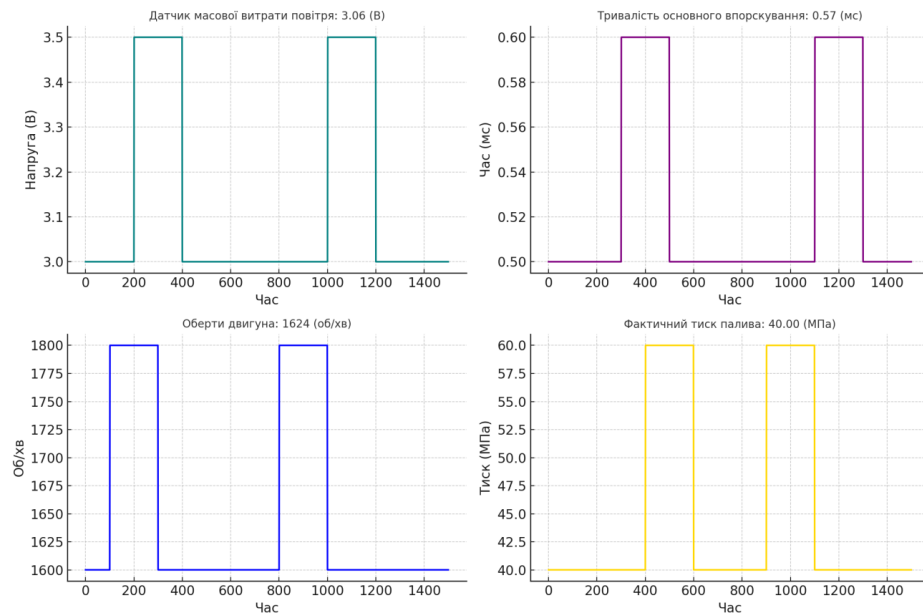


Рис. 3.3. Основні показники параметрів системи живлення при холостих оборотах двигуна.

Для подальшого дослідження підключають датчики тиску до контуру низького тиску за допомогою спеціальних перехідників із швидкознімними з'єднаннями, встановлюючи їх перед паливним фільтром. У контурі високого тиску підключення здійснюється за допомогою трійника, встановленого на четвертій форсунці. Після цього до системи під'єднується газоаналізатор «Інфракар-Д».

Далі запускають двигун і виконують вимірювання параметрів роботи спочатку на холостому ході, а потім у режимі вільного прискорення. Гранично допустиме значення димності відпрацьованих газів зазначене на інформаційній таблиці, розміщеній під капотом автомобіля.

Після проведення вимірювань показників димності та тиску встановлено, що значення тиску перебувають у межах норми. Показники відпрацьованих газів на режимі холостого ходу також відповідають допустимим значенням. Проте під час вільного прискорення зафіксовано максимальні показники газоаналізатора.

Незважаючи на те, що візуально дим не спостерігається, прилад реєструє його наявність, причому рівень димності перевищує встановлені допустимі межі (рис. 3.4).



Рис. 3.4. Показники газоаналізатора.

Попередня діагностика, проведена на основі отриманих показників, підтвердила зниження динамічних характеристик автомобіля, що пов'язано з неповним згорянням паливно-повітряної суміші під час різкого збільшення обертів двигуна. Було розглянуто декілька можливих причин виникнення несправності.

Однією з можливих причин міг бути неякісний розпил палива, зумовлений несправністю розпилювачів форсунок. Проте цей варіант у даному випадку малоімовірний, оскільки такі дефекти, як підтікання палива, закоксованість розпилювачів або зношення плунжерної пари, як правило, спричиняють підвищену димність відпрацьованих газів, у тому числі й на холостому ході. У досліджуваному випадку подібних ознак не спостерігалось.

Також було розглянуто можливість збільшення циклової подачі палива. Однак при підвищенні циклової подачі, як правило, відбувається зростання

потужності двигуна, тоді як у даного автомобіля, навпаки, спостерігається її зниження.

Найбільш імовірною причиною було визначено недостатню подачу повітря до двигуна. Зменшення кількості повітря у паливно-повітряній суміші може призводити до одночасного зниження потужності та збільшення димності відпрацьованих газів, що відповідає виявленим симптомам.

Порівняльний аналіз параметрів, отриманих за допомогою діагностичної програми, дозволив виділити кілька можливих несправностей: порушення роботи системи рециркуляції відпрацьованих газів, забруднення повітряного фільтра або некоректну роботу витратоміра повітря. Перевірку було розпочато з огляду повітряного фільтра, однак його зовнішній стан не виявив жодних відхилень.

Подальший візуальний контроль показав забруднення датчика масової витрати повітря MAF (рис. 3.5).



Рис. 3.5. Датчик масової витрати повітря ниткового типу з ознаками забруднення.

Даний датчик контролює кількість повітря, що надходить до двигуна, і, порівнюючи отримані дані з сигналом APS (датчика положення педалі акселератора), через електронний блок керування регулює роботу дросельної заслінки.

Після очищення датчика масової витрати повітря (MAF-сенсора) повторно виконують вимірювання параметрів роботи двигуна. З отриманого

графіка видно, що значення димності під час максимального прискорення перебувають у допустимих межах (рис. 3.6).

Під час проведення діагностики було виявлено забруднення датчика витрати повітря (MAF), що призводило до недостатньої подачі повітря в циліндри. Це свідчить, що застосування даного методу діагностування дозволяє оперативно виявляти несправності та ефективно доповнює інші методи контролю технічного стану.

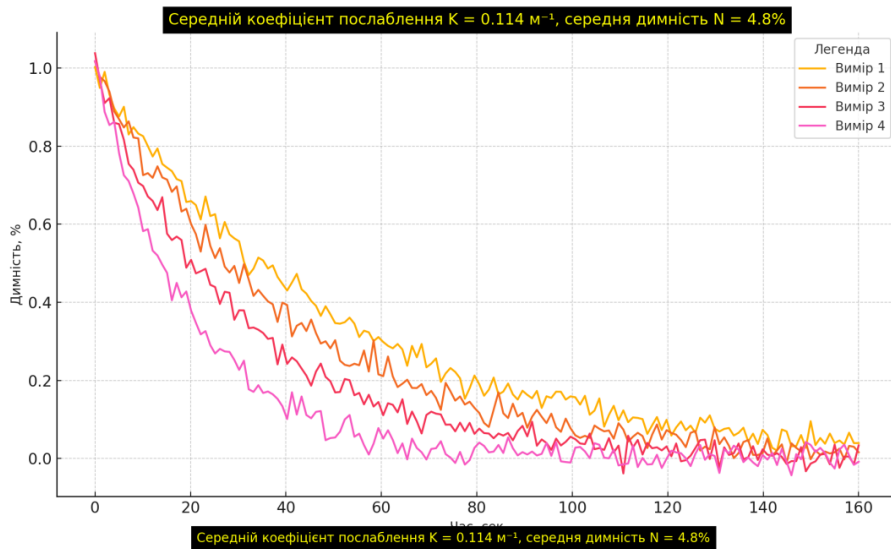


Рис. 3.6 Графік димності при максимальному прискоренні.

Наведені приклади відображають лише невелику частину можливостей цього підходу, оскільки існує значна різноманітність конфігурацій систем живлення та паливної апаратури.

3.3 Вдосконалення конструкції діагностичного обладнання для реалізації безрозбірного контролю ДВЗ

Діагностичне обладнання являє собою спеціалізовані технічні засоби, призначені для виявлення несправностей у двигунах внутрішнього згоряння та їх допоміжних системах без проведення розбирання. Ефективне використання такого обладнання потребує наявності відповідних професійних знань і практичних навичок.

Сучасні діагностичні прилади характеризуються широкими функціональними можливостями. За їх допомогою можна зчитувати службову інформацію з електронних блоків керування автомобіля, отримувати коди помилок та несправностей, виконувати їх розшифрування, вносити зміни до параметрів конфігурації електронних систем транспортного засобу, а також здійснювати активацію або деактивацію окремих функцій автомобіля.

Безрозбірна діагностика ДВЗ надає можливість швидко виявляти несправності, здійснювати оцінку технічного стану вузлів і агрегатів, а також передбачати ймовірні відмови під час експлуатації транспортного засобу.

Основою таких методів контролю є використання спеціалізованого вдосконаленого діагностичного обладнання, яке забезпечує отримання необхідної інформації про роботу двигуна без проведення його розбирання.

Використання сучасних технологій у процесі безрозбірної діагностики дозволяє значно підвищити точність отриманих результатів, скоротити час проведення перевірки та зменшити витрати на технічне обслуговування і ремонт автомобіля.

Як приклад пропонується модернізація багатофункціонального діагностичного комплексу безрозбірного контролю двигуна внутрішнього згоряння, основним елементом якого є діагностичний сканер Launch EasyDiag 3.0.

Цей пристрій підключається до електронного блоку керування двигуном через стандартний інтерфейс OBD-II. Використання такого сканера забезпечує можливість отримання даних про роботу двигуна в режимі реального часу, зчитування кодів несправностей, аналізу показників датчиків, а також контролю функціонування виконавчих механізмів.

Стандартний діагностичний сканер Launch EasyDiag 3.0. має певні обмеження, оскільки він аналізує лише електронні параметри, які передаються системою керування двигуна (рис. 3.7).



Рис. 3.7. Діагностичний сканер Launch EasyDiag 3.0.

Для більш повної оцінки технічного стану двигуна доцільно доповнити його додатковими вимірювальними модулями та системами обробки інформації.

Пропонується вдосконалити конструкцію діагностичного сканера Launch EasyDiag 3.0 шляхом інтеграції додаткових сенсорів, модуля аналізу сигналів та спеціалізованого програмного забезпечення для комплексної обробки діагностичної інформації. Така модернізація дозволить розширити функціональні можливості сканера та підвищити ефективність безрозбірної діагностики двигуна внутрішнього згоряння легкового автомобіля. (рис. 3.8).

Використання вдосконаленого діагностичного комплексу сприяє скороченню часу проведення діагностичних робіт, підвищенню точності визначення несправностей і зменшенню витрат на технічне обслуговування транспортних засобів.

Для підвищення ефективності безрозбірної діагностики пропонується наступне вдосконалення багатофункціонального комплексу на базі сканера Launch EasyDiag 3.0:

1. Модуль розширеного збору даних додатковий контролер, який інтегрує показники з 8-12 каналів сенсорів двигуна, включаючи тиск масла, тиск палива, температуру турбокомпресора, склад вихлопних газів.
2. Система обробки сигналів у реальному часі багатоядерний мікропроцесор для швидкого аналізу даних, формування діагностичних алгоритмів та виявлення відхилень від нормальних параметрів.
3. Інтерфейс віддаленої діагностики Wi-Fi або LTE модуль для передачі даних на хмарний сервер, що дозволяє проводити віддалений моніторинг та прогнозування технічного стану двигуна.
4. Інтелектуальне програмне забезпечення алгоритми машинного навчання для аналізу історичних даних, прогнозування можливих відмов, формування автоматичних рекомендацій для технічного обслуговування.
5. Модуль візуалізації та звітності інтегрований дисплей для формування графіків, динамічних діаграм, таблиць з параметрами роботи двигуна, що дозволяє оператору швидко оцінити стан системи.



Рис. 3.8. Схема модернізації діагностичного комплексу EasyDiag 3.0.

Вдосконалення комплексу дозволить інтегрувати його з іншими сучасними системами діагностики та віддаленого моніторингу, що відповідає тенденціям цифровізації технічного обслуговування автомобілів.

Завдяки інтеграції сучасних програмних алгоритмів і багатофункціональних модулів аналізу параметрів двигуна, комплекс здатний здійснювати комплексну діагностику без необхідності розбирання агрегатів, що значно скорочує час обслуговування та підвищує безпеку робіт. Вдосконалена система дозволяє не лише визначати поточний технічний стан двигуна, а й надає інформацію для планування профілактичного обслуговування, оптимізації роботи вузлів та підвищення загальної надійності автомобіля.

Таким чином, модернізація комплексу з Launch EasyDiag 3.0 робить процес безрозбірної діагностики більш точним, швидким та інформативним, що відповідає сучасним вимогам ефективного сервісного обслуговування.

Висновки до розділу III

В розділі розраховано основні параметри безрозбірного діагностичного процесу ДВЗ легкового автомобіля.

Розроблено процес діагностування системи живлення дизельного двигуна з урахуванням сучасних вимог до технічного обслуговування та ремонту автомобілів. Визначено послідовність виконання діагностичних операцій, що дозволяє своєчасно виявляти відхилення у роботі системи живлення без розбирання основних вузлів.

Запропоновано вдосконалення конструкції діагностичного обладнання, призначеного для здійснення безрозбірного контролю двигуна внутрішнього згоряння легкового автомобіля. Обґрунтовано необхідність та доцільність модернізації стандартного діагностичного сканера Launch EasyDiag 3.0 для підвищення ефективності контролю технічного стану ДВЗ.

РОЗДІЛ IV ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Техніка безпеки при ремонті двигуна внутрішнього згоряння

Забезпечення безпечних умов праці при ремонті двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) починається з комплексної підготовки робочої зони та персоналу. Кожен фахівець, допущений до виконання ремонтних операцій, повинен пройти відповідний інструктаж, що підтверджується документально. Основною вимогою до робочої ділянки є наявність вільного простору навколо об'єкта ремонту, що дозволяє безперешкодно маніпулювати інструментом та вузлами двигуна.

Підлога в зоні проведення робіт має бути рівною, сухою та неслизькою. Використання спеціалізованого спецодягу є критичним фактором: манжети рукавів повинні щільно прилягати до зап'ясть, щоб уникнути затягування тканини в рухомі частини механізмів, а взуття повинно мати жорсткий підошвок для захисту від травмування при випадковому падінні важких деталей, таких як головка блоку циліндрів або маховик.

Процес капітального ремонту ДВЗ неминуче пов'язаний із переміщенням великих вантажів. Найбільш травмонебезпечним етапом є зняття двигуна з автомобіля та його встановлення на розбиральний стенд (кантувач). При використанні підйомних механізмів (кранів-балок, талів) необхідно переконатися у справності балочних пристроїв та надійності кріплення рим-болтів. Категорично забороняється перебувати під вивішеним двигуном або підтримувати його руками під час переміщення.

Після встановлення двигуна на стенд-кантувач слід обов'язково перевірити фіксацію стопорних пристроїв. Центр ваги агрегату повинен бути збалансований відносно осі обертання стенду, щоб запобігти самовільному перевертанню двигуна під час відкручування кріплень. При демонтажі пружин клапанів обов'язковим є використання спеціальних розсухарювачів,

які запобігають неконтрольованому вильоту сухарів та пружин, що може призвести до серйозних травм очей та обличчя.

Застосування механізованого інструменту (пневматичних гайковертів, шліфувальних машин) вимагає суворого дотримання правил експлуатації. При роботі з пневмоінструментом необхідно контролювати тиск у системі та цілісність з'єднувальних шлангів. Використання несправного ручного інструменту — розбитих зівів ключів, зубил з «грибоподібними» капелюшками або молотків з тріснутими ручками — є неприпустимим, оскільки це призводить до зриву інструменту та травмування рук.

Під час виконання операцій, що супроводжуються утворенням металевої стружки або пилу (наприклад, притирання клапанів, хонінгування циліндрів або шліфування площин), необхідно використовувати захисні окуляри або щитки. При продувці каналів системи змащення стисненим повітрям слід спрямовувати струмінь убік від людей, щоб уникнути потрапляння дрібних часток або залишків рідини в очі.

Незважаючи на те, що основні роботи проводяться з механічною частиною, електробезпека залишається пріоритетом. Першим кроком перед початком будь-яких робіт на автомобілі є від'єднання акумуляторної батареї. Це виключає можливість короткого замикання при випадковому торканні інструментом силових дротів стартера або генератора, а також запобігає мимовільному спрацюванню систем безпеки (піропатронів подушок) або вентиляторів охолодження, які можуть запуститися навіть при вимкненому запалюванні.

При роботі безпосередньо з акумулятором (якщо ремонт двигуна передбачає його обслуговування) слід пам'ятати про небезпеку сірчаної кислоти. Всі переносні лампи, що використовуються для освітлення важкодоступних місць у підкапотному просторі, повинні мати напругу не вище 12-36 В та бути захищені скляним ковпаком із металевою сіткою для запобігання вибуху при потраплянні крапель мастила на гарячу колбу.

4.2 Санітарно-гігієнічні вимоги дільниці з ремонту автомобілів

Дільниця з ремонту автомобілів є одним із складних виробничих приміщень, де об'єднуються різноманітні технологічні процеси, механічне обладнання та хімічні речовини, що використовуються для обслуговування та ремонту автомобільної техніки. У зв'язку з цим на такій дільниці існує значний ризик впливу шкідливих факторів на здоров'я працівників. Забезпечення санітарно-гігієнічних вимог на підприємстві не тільки підвищує ефективність роботи, але й сприяє профілактиці професійних захворювань, нещасних випадків та загального погіршення умов праці.

Перш за все, дільниця з ремонту автомобілів повинна мати чітко визначене зонування робочих місць відповідно до технологічних процесів. Виділяють зони прийому та діагностики транспортних засобів, безпосереднього ремонту та обслуговування двигунів і вузлів, зберігання інструменту та запасних частин, а також допоміжні приміщення для персоналу, включно з роздягальнями, кімнатами відпочинку і санвузлами.

Це зонування дозволяє знизити контакт працівників із шкідливими речовинами, пилом і відпрацьованими матеріалами, а також організувати контроль за санітарним станом кожної ділянки.

Освітлення є одним із ключових санітарно-гігієнічних факторів на дільниці. Ефективне природне та штучне освітлення забезпечує правильне виконання ремонтних робіт і знижує ризик травматизму. Вікна робочих приміщень повинні бути достатнього розміру, а штучне освітлення рівномірним і без різких тіней на робочих поверхнях. Особлива увага приділяється освітленню діагностичних і монтажних столів, де точність робіт безпосередньо впливає на якість ремонту. Важливим елементом санітарних вимог є вентиляція приміщень. На дільницях ремонту автомобілів використовуються різні види шкідливих хімічних речовин, включаючи моторні масла, мастила, охолоджуючі рідини та розчинники, пари яких можуть спричиняти подразнення дихальних шляхів та шкіри. Тому

застосовуються як природна, так і механічна вентиляція, що забезпечує своєчасне видалення шкідливих домішок з повітря і підтримку допустимого рівня концентрації шкідливих речовин.

Особливо це стосується ділянок, де проводяться фарбувальні та хімічні роботи, де застосовуються локальні витяжки і абсорбційні фільтри для видалення парів розчинників.

Температурно-вологісний режим на ділянці також має велике значення. Різкі коливання температури та підвищена вологість повітря можуть призводити до зниження продуктивності праці та розвитку професійних захворювань. Оптимальна температура робочого приміщення для механічних робіт коливається в межах від 18 до 22 °C, а відносна вологість повинна підтримуватися на рівні 40–60 %. У зимовий період обов'язкове застосування опалювальних систем, а влітку — ефективного провітрювання та кондиціонування повітря.

Не менш важливим аспектом є організація чистоти та утилізація відходів. Робочі поверхні, інструменти та підлоги ділянки повинні регулярно очищуватися від пилу, стружки та масляних забруднень.

Масляні та хімічні відходи слід збирати у спеціальні герметичні ємності та передавати на утилізацію відповідно до екологічних норм. Дотримання цих правил не тільки зменшує ризик травматизму, але й запобігає виникненню пожежонебезпечних ситуацій, адже залишки мастильних матеріалів можуть стати джерелом займання.

Організація робочих місць передбачає правильне розташування обладнання та інструменту. Механізми та підйомні пристрої мають бути розташовані так, щоб уникати зайвого пересування працівників і контакту з гарячими або обертовими частинами агрегатів. Робочі столи, верстати та стелажі для зберігання деталей повинні мати стійку конструкцію і легко очищуватися від бруду та пилу.

Також обов'язковим є наявність маркування небезпечних зон та обмежувальних огорожень навколо обладнання, яке може становити загрозу

для персоналу. Особливу увагу приділяють засобам індивідуального захисту (ЗІЗ) працівників. Використання рукавичок, спецодягу, захисних окулярів та респіраторів є обов'язковим під час виконання робіт із мастилами, розчинниками та іншими шкідливими речовинами. Крім того, регулярні медичні огляди та інструктажі з охорони праці забезпечують своєчасне виявлення можливих професійних захворювань і підтримують високий рівень гігієни на дільниці.

Високий рівень санітарно-гігієнічного контролю на дільниці з ремонту автомобілів досягається також через систему внутрішнього моніторингу. Періодично проводяться виміри освітленості, температури, вологості, рівня шуму та концентрації шкідливих речовин у повітрі. На основі цих даних коригуються технологічні процеси та організація робочих місць, що дозволяє створювати безпечні та комфортні умови праці для персоналу.

Узагальнюючи, можна сказати, що санітарно-гігієнічні вимоги дільниці з ремонту автомобілів спрямовані на комплексне забезпечення безпечних умов праці. Це включає правильне зонування приміщень, контроль температури та вологості, належне освітлення, ефективну вентиляцію, організацію чистоти та утилізацію відходів, безпечне розташування обладнання та забезпечення засобами індивідуального захисту. Дотримання цих вимог є ключовим фактором підвищення продуктивності, запобігання професійним захворюванням та створення сприятливого мікроклімату на робочому місці.

4.3 Організація пожежної безпеки на ремонтній ділянці автомобілів

Пожежна безпека на ремонтних ділянках є одним із ключових аспектів безпечної експлуатації автосервісів, оскільки діяльність таких підприємств пов'язана з підвищеним ризиком виникнення пожежі через наявність

горючих матеріалів, електрообладнання, високих температур та джерел відкритого вогню.

Основна мета організації протипожежного режиму на ремонтній ділянці полягає у запобіганні виникненню пожеж, забезпеченні безпечних умов роботи персоналу та зменшенні можливих матеріальних збитків у разі загоряння.

Першочерговим етапом забезпечення пожежної безпеки є ретельне планування простору ремонтної ділянки та її зонування. Ремонтні ділянки, де здійснюється обслуговування автомобілів, повинні мати чітке розмежування між зонами з підвищеною пожежною небезпекою, такими як ділянки зберігання палива та мастильних матеріалів, і зонами загального обслуговування.

Це розмежування дозволяє мінімізувати контакт легкозаймистих речовин із джерелами тепла та іскріння. Крім того, ремонтна ділянка повинна бути обладнана достатньою кількістю шляхів евакуації, які в разі надзвичайної ситуації забезпечують швидке та безпечне залишення приміщення персоналом.

Ширина проходів, розташування дверей та аварійних виходів визначається згідно з нормативними вимогами пожежної безпеки, що дозволяє уникнути скупчення людей у критичні моменти. Одним із найважливіших елементів протипожежного забезпечення є система виявлення та сигналізації пожежі. На сучасних ремонтних ділянках використовують автоматичні датчики диму, температури та газу, які дозволяють оперативно виявити джерело загоряння ще на ранніх стадіях.

Підключення таких датчиків до централізованої системи сповіщення дає змогу не лише повідомити персонал про пожежу, але й активувати автоматичні засоби пожежогасіння, наприклад спринклерні установки або газові системи гасіння.

Особливо важливо, щоб система сповіщення була надійною, працювала без перебоїв та була здатна покрити усю площу ремонтної ділянки.

Крім електронних засобів, організація пожежної безпеки включає забезпечення ремонтної ділянки первинними засобами пожежогасіння. До них належать вогнегасники різного типу (порошкові, вуглекислотні, пінні), пожежні кранові установки та рукавні системи для гасіння вогню водою або спеціальними хімічними складами. Вогнегасники повинні розташовуватися у легкодоступних місцях на всій території ділянки, а персонал повинен бути навчений правилам їх використання.

Регулярна перевірка працездатності та термінів придатності вогнегасників є обов'язковою процедурою для запобігання їхнього виходу з ладу у критичний момент.

Особливу увагу приділяють пожежній безпеці при роботі з палим, мастильними матеріалами та іншими горючими рідинами, які широко використовуються в автомобільних ремонтах. Місця зберігання таких речовин повинні відповідати нормам пожежної безпеки та бути обладнані спеціальними ємностями, що запобігають витіканню рідин. Крім того, необхідно забезпечити правильне маркування та роздільне зберігання різних типів пального та мастильних матеріалів, щоб уникнути їх небезпечного змішування.

Ділянки, де виконуються роботи з відкритим вогнем або нагріванням деталей автомобіля, повинні бути обладнані ізоляційними перегородками та мати підлогу з вогнетривких матеріалів.

Важливим аспектом є організація правильного електробезпечного режиму на ремонтній ділянці. Необхідно забезпечити, щоб усі електроприлади та проводка відповідали стандартам безпеки, були заземлені та оснащені автоматичними вимикачами у разі перевантаження. Особливу увагу слід приділяти електроінструментам, що використовуються для ремонту автомобілів, адже іскри або перегрів кабелів можуть стати джерелом загоряння. Регулярне технічне обслуговування електричних систем є обов'язковим елементом заходів протипожежного захисту.

Не менш важливою складовою організації пожежної безпеки є навчання та підготовка персоналу. Кожен співробітник ремонтної ділянки повинен знати правила поведінки у разі виникнення пожежі, порядок використання первинних засобів пожежогасіння та шляхи евакуації. Регулярні тренінги та навчання з відпрацюванням сценаріїв надзвичайних ситуацій підвищують готовність персоналу до дій у кризових ситуаціях та зменшують ймовірність паніки.

Також важливо впроваджувати культуру безпечної поведінки, що включає дотримання правил зберігання горючих матеріалів, правильне використання електрообладнання та суворе дотримання заборони на куріння у приміщенні.

Планування та організація пожежної безпеки повинні поєднуватися з постійним контролем за станом ремонтної ділянки. Це включає регулярні перевірки чистоти приміщень, відсутності зайвих горючих матеріалів, контролю стану вентиляційних систем та відсутності перегріву електрообладнання. Ретельний контроль дозволяє виявити потенційно небезпечні ситуації на ранніх етапах та усунути їх до виникнення надзвичайної ситуації.

Сучасні ремонтні ділянки також інтегрують автоматизовані системи пожежної безпеки, які поєднують в собі виявлення, сигналізацію та гасіння пожежі. Такі системи дозволяють оперативно реагувати на виникнення загоряння та знижують людський фактор у критичних ситуаціях. Застосування сучасних технологій дозволяє значно підвищити рівень безпеки та забезпечити надійний захист персоналу та майна підприємства.

Таким чином, організація пожежної безпеки на ремонтній ділянці з ремонту автомобілів є комплексним процесом, що включає правильне планування приміщення, зонування робочих місць, оснащення ділянки засобами виявлення та гасіння пожежі, дотримання норм електробезпеки, навчання персоналу та постійний контроль за станом приміщення.

Комплексний підхід до пожежної безпеки не лише забезпечує захист життя і здоров'я працівників, а й мінімізує можливі матеріальні збитки та забезпечує безперервну роботу автосервісу в безпечних умовах.

Висновки до розділу IV

В розділі розглянуто основні вимоги з охорони праці та техніки безпеки, що забезпечують безпечне виконання ремонтних робіт.

У розділі проаналізовано санітарно-гігієнічних вимог, що застосовуються на ділянці з ремонту автомобілів.

Представлено організаційні роботи з пожежної безпеки на ремонтній ділянці автомобілів було проведено комплекс заходів, спрямованих на зниження ризику виникнення пожеж та забезпечення безпечних умов праці.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В теоретичному розділі було проведено комплексний аналіз конструкційних особливостей та принципів роботи двигуна внутрішнього згоряння легкового автомобіля. Обґрунтовано основні технічні вимоги, які необхідно враховувати під час приймання та здачі двигуна внутрішнього згоряння для ремонту. Дано характеристику безрозбірним способам діагностики двигунів внутрішнього згоряння. Було охарактеризовано сучасні методи та засоби оцінки технічного стану двигуна, які дозволяють оперативно виявляти несправності без необхідності розбирання агрегату.

В технологічному розділі проведено технічне обґрунтування технології виявлення пошкоджень деталей двигуна внутрішнього згоряння за допомогою візуально-акустичного методу. У процесі розгляду методів безрозбірної динамічної діагностики двигунів внутрішнього згоряння. Охарактеризовано можливості сучасних комп'ютерних засобів діагностики,. Обґрунтовано принципи проведення діагностики дизельного двигуна за складом відпрацьованих газів.

В розрахунково-конструктивному розділі розраховано основні параметри безрозбірного діагностичного процесу ДВЗ легкового автомобіля. Розроблено процес діагностування системи живлення дизельного двигуна з урахуванням сучасних вимог до технічного обслуговування та ремонту автомобілів. Запропоновано вдосконалення конструкції діагностичного обладнання. Обґрунтовано необхідність та доцільність модернізації стандартного діагностичного сканера Launch EasyDiag 3.0 для підвищення ефективності контролю технічного стану ДВЗ.

В розділі охорона праці розглянуто основні вимоги з охорони праці та техніки безпеки. У розділі проаналізовано санітарно-гігієнічних вимог. Представлено організаційні роботи з пожежної безпеки на ремонтній ділянці автомобілів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бажинов О. В., Смирнов О. П. Діагностика автомобільних двигунів. Харків : ХНАДУ, 2017. 240 с.
2. Білик С. М., Божко Е. О. Сучасні методи нерозбірної діагностики двигунів внутрішнього згоряння. *Технічна діагностика та неруйнівний контроль*. 2024. №2. С. 45–50.
3. Білик С., Божко Е. Аналіз методів та способів діагностування двигунів внутрішнього згоряння методами нерозбірного контролю. *Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях*, 2021. №3. С. 52-55.
4. Боднар Б. Є., Очкасов О. Б., Децюра О. Я. Методи нерозбірного діагностування дизелів при експлуатації рухомого складу. Дніпро : ДНУЗТ, 2012. 321 с.
5. Бондаренко В. М. Діагностика систем керування двигунів внутрішнього згоряння. Дніпро : НГУ, 2020. 210 с.
6. Букатка І. В. Технологічний процес діагностування систем живлення дизельних двигунів легкових автомобілів. Тернопіль : ТНТУ, 2024. 68 с.
7. Гарсія Камачо Е. У., Сільва Рубіо Л. А., Васильківський І. В. Інноваційний контроль викидів двигунів внутрішнього згоряння. – Вінниця : ВНТУ, 2018. 120 с.
8. Грабар І. Г., Мулярчук В. О. Підвищення ефективності діагностики ДВЗ. *Сучасні проблеми землеробської механіки : зб. тез доповідей XXV Міжнар. наук. конф.* Київ : НУБіП України, 2024. С. 315–319.
9. Коваленко О. С. Сучасні методи діагностики двигунів внутрішнього згоряння. *Вісник машинобудування*. 2024. №3. С. 45–52.
10. Кононов В. М., Кононова О. В. Обґрунтування вимог до сучасних способів визначення технічного стану двигунів. *Автомобільний транспорт*. 2020. №46. С. 45–51.

11. Кузьмін О. Є. Безпека праці на підприємствах автосервісу : навчальний посібник. Львів : Новий Світ, 2014. 240 с.
12. Мазур В. А. Дослідження методів діагностування двигунів внутрішнього згоряння за параметрами перехідних характеристик, 2024.
13. Маркович С. І. Експлуатація та ремонт двигунів внутрішнього згоряння : методичні вказівки. Кропивницький : ЦНТУ, 2021. 64 с.
14. Марченко А. П., Пильов В. В. Двигуни внутрішнього згоряння : підручник. Харків : НТУ «ХП», 2019. 320 с.
15. Наливайко В. С., Авдюнін Р. Ю., Дрозд О. В. Системи двигунів внутрішнього згоряння : навчальний посібник. Миколаїв : НУК, 2025. 180 с.
16. Охорона праці на підприємствах автомобільного транспорту : підручник. Львів : Растр-7, 2020. 568 с.
17. Пилипенко О. М., Гнатюк І. М. Аналіз ефективності комп'ютерних систем діагностики ДВЗ. *Сучасні технології в машинобудуванні*. 2022. №1. С. 97–103.
18. Правила охорони праці на автомобільному транспорті. Київ : Держпраці України, 2019. 120 с.
19. Савченко С. В. Інноваційні технології контролю технічного стану автомобільних двигунів. *Автомобільний транспорт*. 2024. №54. С. 112–118.
20. Чишкала П. В., Мешков Д. В. Систематизація методів нерозбірного діагностування двигунів внутрішнього згоряння. *Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування : матеріали міжнар. наук.-техн. конф.* Харків : НТУ «ХП», 2023. С. 51–53.