

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

БР.АТ - 23.00.00.000 ПЗ

Група АТ – 22-2

Мосейчук Назарій

2026

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Міністерство освіти і науки України
Інститут інженерної механіки та робототехніки
Кафедра автомобільного транспорту

Мосейчук Назарій Дмитрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 653.13.07

(індекс)

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Тема: Розробка технологічного процесу поглибленої діагностики ДВЗ в умовах СТО «CAR FIX»

(назва роботи)

Автомобільний транспорт

(назва освітньої програми)

274-Автомобільний транспорт

(шифр і назва спеціальності)

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Криштопа Святослав Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

Гнип М.М.

(підпис)

(дата)

(ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада)

(підпис)

(дата)

(ініціали та прізвище)

Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Інститут інженерної механіки
Кафедра автомобільного транспорту
Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр
Спеціальність: „Автомобільний транспорт”

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завкафедрою АТ

„_____” _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ

Бакалавр

Мосейчук Назарій Дмитрович

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. **Тема** „Розробка технологічного процесу поглибленої діагностики ДВЗ в умовах СТО «CAR FIX»”

затверджена наказом по університету від _____ № _____

2. Термін здачі студентом закінченого проекту (роботи) 19.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проекту: Виконати інноваційний проект дослідження системи рециркуляції ВГ дизельних двигунів з розробкою удосконаленої системи діагностики дизельних двигунів.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити)
Вступ. 1. Зниження токсичності поршневих ДВЗ. Обґрунтування вибору об'єкта діагностування. 2. Апробація запропонованого методу діагностування систем двигуна 3. Результати експериментальних досліджень ДВЗ 4. Розробка технологічного процесу діагностування ДВЗ та раціонального робочого місця діагноста 5. Безпека життєдіяльності. Вплив відпрацьованих газів на навколишнє середовище. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік аркушів презентаційного графічного матеріалу:

1 Тема БР

2 Схема розміщення земельної ділянки СТО для зони діагностики, що проєктується

3 План зони діагностики

4. Зміна екологічних характеристик ВГ дизельних двигунів від параметрів двигуна

5. Принципова схема системи рециркуляції ВГ дизельних двигунів (EGR)

6 Конструкції існуючих систем рециркуляції ВГ дизельних двигунів (EGR)

7 Вибір методу та засобу діагностування сучасних ДВЗ

8 Принцип оцінки технічного стану ДВЗ за допомогою запропонованого методу діагностування

9 Порівняльний аналіз осцилограм

10-12 Результати діагностування ДВЗ

13 Визначення часу технологічного процесу діагностування ДВЗ

14 Висновки

Керівник

Особистий підпис

/С. Криштопа /

Розшифровка підпису

Завдання прийняв до виконання

Особистий підпис

Розшифровка підпису

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер і назва етапів проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту	Примітка
Вступ.	30.04.	
1 Розділ	02.05.	
2 Розділ	10.05.	
3 Розділ	15.05.	
4 Розділ	20.05.	
5 Розділ	31.05.	
6 Розділ	03.06.	
Графічна частина (презентація).	14.06.	
Висновки. Список використаних джерел.	17.06.	
Готовність проекту до попереднього захисту	19.06.	

Бакалавр _____

Особистий підпис

Розшифровка підпису

Керівник проекту _____

Особистий підпис

/С. Криштопа /

Розшифровка підпису

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної бакалаврської роботи на тему: „Розробка технологічного процесу поглибленої діагностики ДВЗ в умовах СТО «CAR FIX»” складається із 78 аркушів формату А4, на яких містяться 5 розділів, 11 таблиць, 27 рисунків.

У відповідності із завданням у представленому дипломному проекті досліджено екологічні проблеми сучасних поршневих ДВЗ та розглянуто методів поліпшення екологічних показників ДВЗ. Проаналізовано конструкції систем РВГ різних автовиробників та застосування нейтралізації і фільтрування відпрацьованих газів.

Обґрунтований вибір об'єкта діагностування, метода та засобів діагностування. Встановлено, що класичні методи діагностування систем рециркуляції ВГ займають значний час для встановлення місця виникнення несправностей. В результаті запропоновано метод діагностування, який заснований на аналізі осцилограм мотор-тестером. За допомогою реальних автомобілів отриманні результати діагностування систем рециркуляції ВГ ДВЗ різних автомобілів запропонованим методом з метою встановлення місця знаходження несправності і після усунення її.

Після проведення реальних досліджень розроблено алгоритм діагностування систем рециркуляції ВГ ДВЗ запропонованим методом. Алгоритм діагностування систем ДВЗ запропонованим методом передбачає застосування діагностичних параметрів за кількістю на 15 % меншою у порівнянні з класичною методикою діагностування систем ДВЗ. Вдосконалення технології проведення діагностування ДВЗ легкових автомобілів в межах СТО «CAR FIX» дозволило скоротити час на діагностування ДВЗ одного автомобіля на 25 %.

Ключові слова: дизельний двигун, зона діагностування, система рециркуляції, відпрацьовані гази, мотор-тестер, осцилограма.

THE ABSTRACT

Explanatory note to the qualification bachelor's thesis on the topic: "Development of a technological process for in-depth diagnostics of internal combustion engines in the conditions of the "CAR FIX" service station" consists of 78 sheets of A4 format, which contain 5 sections, 11 tables, 27 figures.

In accordance with the task, the presented diploma project investigated the environmental problems of modern piston internal combustion engines and considered methods for improving the environmental performance of internal combustion engines. The designs of RVG systems of various automakers and the use of exhaust gas neutralization and filtration were analyzed.

The choice of the diagnostic object, method and diagnostic tools was justified. It was established that classical methods for diagnosing VG recirculation systems take a significant amount of time to establish the location of malfunctions. As a result, a diagnostic method was proposed, which is based on the analysis of oscillograms by a motor tester. Using real cars, the results of diagnosing the recirculation systems of the internal combustion engines of various cars by the proposed method were obtained in order to determine the location of the malfunction and after its elimination.

After conducting real studies, an algorithm for diagnosing the recirculation systems of the internal combustion engines of various cars by the proposed method was developed. The algorithm for diagnosing internal combustion engines by the proposed method involves the use of diagnostic parameters in a quantity that is 15% less than the classical method for diagnosing internal combustion engines. Improving the technology for diagnosing internal combustion engines of passenger cars within the CAR FIX service station allowed reducing the time for diagnosing the internal combustion engine of one car by 25%.

Keywords: diesel engine, diagnostic zone, recirculation system, exhaust gases, motor tester, oscillogram.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	с. 7
1. ЗНИЖЕННЯ ТОКСИЧНОСТІ ПОРШНЕВИХ ДВЗ. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОБ’ЄКТА ДІАГНОСТУВАННЯ	10
1.1. Екологічні проблеми поршневих ДВЗ.....	10
1.2. Аналіз складу відпрацьованих газів.....	10
1.3. Аналіз методів поліпшення екологічних показників ДВЗ.....	13
1.4. Способи підвищення екологічної безпеки дизельних двигунів	19
1.5. Конструкції систем РВГ різних виробників	26
1.6. Застосування нейтралізації і фільтрування відпрацьованих газів.....	28
Висновки до першого розділу	34
2. АПРОБАЦІЯ ЗАПРОПОНОВАНОГО МЕТОДУ ДІАГНОСТУВАННЯ СИСТЕМ ДВИГУНА.....	35
2.1. Вимоги до двигуна та його систем.....	35
2.2. Обґрунтований вибір методу та засобу діагностування сучасних ДВЗ	36
2.3. Принцип оцінки технічного стану ДВЗ за допомогою запропонованого методу діагностування	42
Висновки до другого розділу.....	44
3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ДВЗ	45
3.1 Результати діагностування системи EGR.....	45
3.2 Результати діагностування форсунок	47
3.3 Результати діагностування системи регулювання фаз.....	50
Висновки до третього розділу.....	52
4 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ДІАГНОСТУВАННЯ ДВЗ ТА РАЦІОНАЛЬНОГО РОБОЧОГО МІСЦЯ ДІАГНОСТА	54
4.1 Організація діагностування автомобіля	54

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив		Мосейчук Н.			Розробка технологічного процесу поглибленої діагностики ДВЗ в умовах СТО «CAR FIX»	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		Криштопа С.					5	78
Рецензент						ІФНТУНГ, АТ-22-2		
Н. контр.		Криштопа С.						
Затвердив		Гнип М.М.						

4.2. Розробка технологічного процесу діагностування ДВЗ.....	55
4.3. Характеристика робочого місця діагноста.....	56
4.4. Зміст робіт, що виконуються, з розбивкою на елементи виробничого циклу.....	57
4.5. Визначення параметрів поста діагностики	58
4.6. Безпека праці при визначенні технічного стану високовольтних дротів.....	61
Висновки до четвертого розділу.....	62
5 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ. ВПЛИВ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ.....	64
ВИСНОВКИ.....	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	72
ДОДАТОК А. Презентаційний графічний матеріал	74

ВСТУП

Поршневі двигуни внутрішнього згоряння - економічні і зручні джерела енергії - використовують практично у всіх областях людської діяльності. Вони виробляють понад 80% енергії, споживаної людством [2, 12]. Їх широке поширення обумовлено тим, що в результаті багаторічного розвитку, який став можливим завдяки науково-технічному прогресу в машинобудуванні, вони досягли високих енергетичних і економічних показників, володіють достатньою надійністю і добре освоєні в технологічному відношенні. За довгостроковим науковим прогнозом в доступному майбутньому бензинові двигуни і дизелі як і раніше будуть становити основу транспортної енергетики.

Однак відпрацьовані гази (ВГ), які викидаються з поршневих двигунів внутрішнього згоряння (ПДВЗ) в атмосферу, містять велику кількість шкідливих речовин (ШР), які завдають непоправної шкоди здоров'ю людини і навколишній природі [35]. У сучасному двигунобудуванні зниження екологічної шкоди, що завдається ПДВЗ, є найважливішою задачею. Сказане свідчить про існування суперечності між безальтернативною в даний час і в найближчій перспективі потребою людства продовжувати широке використання ПДВЗ для своїх потреб, з одного боку, і шкідливим впливом їх ВГ на людину і навколишнє середовище (НС) - з іншого.

Огляд способів підвищення екологічної безпеки автомобільних дизелів показав, що в силу особливостей їх робочого процесу, заходи, спрямовані на зниження викидів продуктів неповного згоряння, оксиду вуглецю, вуглеводнів і шкідливих часток супроводжується зростанням викидів оксидів азоту і навпаки. Тому для забезпечення відповідності дизелів чинним і перспективним нормам по токсичності доцільне використання методів зниження ВГ поршневими ДВЗ, що включають поєднання систем рециркуляції відпрацьованих газів (РВГ) з охолодженням РГ і нейтралізації ВГ [13].

Застосування систем РВГ і їх нейтралізація показує, що ефективність використання зазначених способів істотно залежить від температури РГ і температури ВГ (при цьому шкідливі як малі, так і надмірно високі її значення). Однак більшу частину часу силові установки мобільної техніки працюють на змінних швидкісних і навантажувальних режимах. В результаті температура ВГ (а значить і РГ) коливається в широких межах (від 120 до 750 0С і вище), що створює проблему забезпечення оптимальної реалізації зазначених способів підвищення екологічної безпеки ПДВЗ. Зараз для забезпечення доцільної температури РГ використовують традиційні

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

рекуперативні теплообмінники [5,13,19], які характеризуються значною масою, металоємністю (кольорових металів) і мають суттєві гідравлічні опори.

Ефективність діагностики систем РВГ залежить від ступеня пристосованості методів і контрольно-діагностичних засобів до визначення технічного стану автомобіля. Сучасний ДВЗ неможливо уявити без електронного керування роботою його підсистем, а це, з одного боку, зменшує надійність системи, тобто, збільшується ймовірність виникнення несправності, з іншого боку, використання штатних сенсорів систем керування роботою різних підсистем двигуна полегшує та урізноманітнює методи діагностування систем ДВЗ.

Діагностику оцінюють наступними показниками: вірогідністю правильного визначення технічного стану автомобіля з урахуванням системи діагностики; інформаційною здатністю алгоритмів діагностики і контрольно-діагностичних засобів; точністю і достовірністю діагностичної інформації; технологічністю системи діагностики і зручністю проведення регулювальних робіт; метало- і енергоємністю контрольно-діагностичних засобів; вартістю виготовлення і експлуатаційними витратами (економічною ефективністю системи діагностики). Одним критерієм важко оцінювати ефективність системи діагностики, оскільки необхідно одночасно враховувати якість функціонування контрольно-діагностичних засобів, техніко економічні можливості і економічну доцільність діагностики.

Розробка ефективної системи оцінки працездатності систем РВГ транспортних засобів, що базується на комплексному підході до діагностування систем ДВЗ автомобіля, є вельми актуальним завданням, оскільки дозволить безперервно контролювати їх фактичний технічний стан і прогнозувати безпечне напруження, що залишилося.

Актуальність теми. Будь-який автомобіль, повинен забезпечувати своєму власнику певний комфорт, надійність, безпеку, економічну доцільність експлуатації. На надійність легкових автомобілів значно впливає надійність його джерела енергії, в якості якого на сьогодні залишає за собою лідерство двигуну внутрішнього згорання. Для забезпечення екологічної безпеки виробники ДВЗ змушені постійно вдосконалювати їх конструкції та забезпечувати майже усі робочі процеси електронним керуванням. Що унеможливорює власними силами без спеціалізованих діагностичних засобів встановити причини миттєвої втрати працездатності ДВЗ. Тому, актуальним залишається розробка та дослідження нових раціональних методів діагностування систем РВГ ДВЗ, вдосконалення діагностичних засобів з можливістю моніторингу працездатності систем ДВЗ в процесі його роботи.

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Об'єкт дослідження. Робочий процес діагностування технічного стану систем РВГ двигунів внутрішнього згоряння легкових автомобілів.

За **метою** кваліфікаційної роботи прийнята розробка раціонального методу діагностування систем РВГ двигунів внутрішнього згоряння легкових автомобілів з можливістю покращення техніко-економічних показників процесу діагностування.

У відповідності до сформульованої мети визначимо наступні **задачі**:

1. На основі виконаного аналізу можливих несправностей ДВЗ легкових автомобілів та існуючих методів і засобів діагностування запропонувати раціональний метод оцінки технічного стану систем РВГ.

2. Довести ефективність запропонованого методу діагностування систем РВГ ДВЗ шляхом натурних досліджень роботи ДВЗ різних легкових автомобілів.

3. Запропонувати алгоритм діагностування систем РВГ ДВЗ, довести його раціональність.

4. Запропонувати покращення технології діагностування систем РВГ ДВЗ на СТО «CAR FIX» за рахунок застосування запропонованої методики діагностування.

Наукова новизна отриманих результатів. Набув подальшого розвитку процес діагностування систем РВГ ДВЗ легкових автомобілів, який відрізняється від відомих можливістю ефективного встановлення технічного стану систем РВГ ДВЗ.

Методи дослідження. Експериментальні, шляхом безпосереднього отримання діагностичних параметрів РВГ ДВЗ за допомогою діагностичних засобів.

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

РОЗДІЛ 1

ЗНИЖЕННЯ ТОКСИЧНОСТІ ПОРШНЕВИХ ДВЗ. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОБ'ЄКТА ДІАГНОСТУВАННЯ

1.1. Екологічні проблеми поршневих ДВЗ

В процесі роботи ПДВЗ безперервно взаємодіють з НС, отримуючи з неї паливо та повітря і викидаючи в неї продукти своєї діяльності, що породжує цілий ряд екологічних проблем.

Перш за все, це проблема спалювання великої кількості природного органічного палива, запаси якого обмежені, що в перспективі створює серйозну екологічну небезпеку для людства. Процес спалювання палива в ПДВЗ включає в себе як обов'язковий елемент його палива з використанням кисню атмосферного повітря, що обумовлює його інтенсивне витрачання. Припускають [2], що в найближчі 150-180 років кількість кисню в атмосфері скоротиться на третину в порівнянні з сучасним його змістом.

Найсерйозніші проблеми в НС є шкідливі речовини, що входять до складу ВГ, які викидаються з ПДВЗ.

1.2. Аналіз складу відпрацьованих газів

У ВГ теплових двигунів міститься велика кількість компонентів, у ДВЗ їх - біля 280. За характером впливу на організм людини й довкілля, за хімічною структурою та властивостями вони поділяються на сім груп.

Перша група - нетоксичні речовини: азот N_2 , кисень O_2 , водень H_2 , водяна пара H_2O , а також діоксид CO_2 . Об'ємний вміст CO_2 в атмосфері не перевищує $1 \cdot 10^{-4} \%$, але він відіграє важливу роль у тепловому балансі земної кулі. Водяні пари та CO_2 , які знаходяться в атмосфері, поглинають значну частку інфрачервоного випромінювання Землі. Якби цього не відбувалося, температура на планеті істотно знизилася.

Другу групу складає оксид вуглецю CO (чадний газ) - це безколірний газ без смаку та запаху, легший за повітря, практично нерозчинний у воді. Оксид вуглецю утворюється в теплових двигунах при згорянні паливо-повітряних сумішей з деякою нестачею кисню або внаслідок дисоціації діоксиду вуглецю при високих температурах. Під час наступного згорання і розширення при наявності кисню може відбуватися горіння оксиду вуглецю. Шкідлива дія оксиду вуглецю на організм людини полягає в тому, що червоні кров'яні кульки (еритроцити) поглинають CO і втрачають здатність брати участь у газообміні. Це призводить до кисневого голодування і, як наслідок, до відхилень у центральній нервовій системі.

Об'ємна концентрація оксиду вуглецю в атмосфері визначає рівень

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

його впливу на організм людини: $0,1 \cdot 10^{-3} \%$ - нешкідливо; $0,1 \cdot 10^{-2} \%$ - хронічне отруєння при тривалому перебуванні; $5 \cdot 10^{-2} \%$ - слабе отруєння через 1 год.; $1,0 \%$ - втрата свідомості через декілька подихів.

До третьої групи входять оксиди азоту, головним чином оксид та діоксид. Оксид азоту NO - безкольоровий газ, діоксид NO₂ - газ червонувато-бурого кольору з характерним запахом, важчий за повітря. Оксиди азоту у ВГ двигунів можуть формуватися за одним із трьох способів: термічним, паливним (при високому вмісті азоту в паливі), швидким утворенням. Основним способом вважають термічний. Оксид азоту NO утворюється у двигуні через високі температури в циліндрі під час згоряння, значний надлишок повітря і протяжний час знаходження газів у реакційних зонах (особливо в двотактних ДВЗ).

Частина NO окислюється до NO₂ - у випускній системі двигуна за наявності кисню у продуктах згоряння, а також в атмосфері. За впливом на організм людини оксиди азоту значно небезпечніші, ніж оксид вуглецю. При попаданні в організм і взаємодії з водою вони утворюють у дихальних шляхах сполуки азотної та азотистої кислот, які подразнюють слизисті оболонки очей і дихальних шляхів. Наслідки отруєння оксидами азоту проявляються не одразу: має місце прихований період, коли людина відчуває себе добре, а потім важко захворює.

Об'ємна концентрація оксиду азоту в атмосфері вище $0,008 \%$ є смертельною для людини, тому що вона спричиняє набряк легенів. Легка розчинність діоксиду азоту у воді призводить до випадання кислотних дощів та підвищення кислотності ґрунту. Поряд з цим оксиди азоту беруть участь у фотохімічній реакції утворення смогу. Слід зазначити, що для суміші CO + NO₂ у повітрі токсичність NO₂, за наявності CO збільшується в три рази, а токсичність CO за наявності NO₂ - у 1,5 разу.

До четвертої групи, найбільш численної (близько 160 найменувань), належать різні вуглеводні (сполуки типу C_nH_m): парафінові (алкани), нафтонові (циклани), ароматичні (бензольні). Вуглеводні утворюються через неповне згоряння у теплових двигунах, вони токсичні, окремі з них (бензопірен C₂₀H₁₂) мають канцерогенну дію. Вуглеводні при взаємодії з оксидами азоту утворюють фотооксиданти, які є основою смогу.

У п'яту групу входять альдегіди - органічні сполуки, які містять альдегідну групу, що пов'язана з вуглеводневим радикалом (CH₃ або ін.). У ВГ присутні в основному найпростіші альдегіди - формальдегід та ацролеїн. Найбільша кількість альдегідів утворюється на режимах холостого ходу та малих навантажень при низьких температурах згоряння. Причиною утворення альдегідів можуть бути також плівка масла на дзеркалі циліндра

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

ДВЗ, паливо, яке підтікає з розпилювача після відсічки, і паливоповітряна суміш, що знаходиться у застійних зонах камери згоряння.

Формальдегід - безкольоровий газ із різким запахом, важчий за повітря (питома маса по відношенню до повітря 1,04), легко розчиняється у воді. При об'ємній концентрації у повітрі до $3,7 \cdot 10^{-4}$ % нешкідливий, у кількості більше $1,8 \cdot 10^{-2}$ % призводить до ускладнень.

Акролеїн (альдегід акрилової кислоти) - безкольорова, легка рідина з характерним запахом пригорілого жиру, температура кипіння $52,4^{\circ}\text{C}$, легко розчиняється у воді. Вплив акролеїну на організм людини залежить від об'ємного вмісту в повітрі: до $8 \cdot 10^{-5}$ % - нешкідливий, $1,4 \cdot 10^{-2}$ % викликає смерть через 10 хв.

Шоста група - сажа та інші дисперсні частинки. Основним компонентом сажі є твердий вуглець, який не становить безпосередньої небезпеки для організму людини. Як будь-який аерозоль сажа забруднює повітря, погіршує видимість, подразнює дихальні шляхи. Головна небезпека від сажі полягає в тому, що вона має високу межу адсорбції, через що накопичує у своєму складі газоподібні й рідкі високотоксичні компоненти, такі, як бензопірен, формальдегіди, альдегіди, що належать до канцерогенних речовин. Індикатором наявності у відпрацьованих газах усіх відомих груп канцерогенів є саме бензопірен, причому він, адсорбований сажовою поверхнею, впливає на живі клітки сильніше, ніж у чистому вигляді.

Сажа має полідисперсну структуру, більшість (85...95 %) сажових утворень мають розмір $0,004 \dots 0,500$ мкм, у газовому тракті розміри окремих частинок можуть досягати 1 мкм. Сажові викиди двигунів можуть бути різнокольоровими. Причому досвідчений фахівець за кольором диму, який виходить з вихлопних труб двигунів, може у першому наближенні зробити висновок про стан енергетичного устаткування або характер процесів, що в ньому відбуваються.

До сьомої групи входять сірчисті сполуки - сірчистий ангідрид SO_2 і сірководень H_2S , які з'являються у складі ВГ при згорянні палив з підвищеним вмістом сірки.

Сірчистий ангідрид - безкольоровий газ із гострим запахом, важчий за повітря, добре розчиняється у воді, утворюючи сірчану кислоту. Вплив SO_2 на організм людини в залежності від об'ємного вмісту його у повітрі призводить до наступних наслідків: $1 \cdot 10^{-3}$ % - подразнення в горлі; $2 \cdot 10^{-3}$ % - подразнення очей, кашель; $4 \cdot 10^{-2}$ % - отруєння через 3 хв; 0,1 % - отруєння через 1 хв.

ВГ двигунів у атмосфері розсіюються і контактують з живими організмами у розбавленому вигляді. У більшості випадків концентрація

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

шкідливих компонентів знижується до безпечних рівнів. У той же час зустрічаються зони, де найбільш небезпечні речовини (вуглець С, оксиди азоту NO_x , сірчистий ангідрид SO_2 , альдегіди, вуглеводні, бензопірен) концентруються у таких кількостях, які викликають негативний вплив на природу і живі організми.

Причина утворення у ВГ шкідливих речовин - горіння палива. Характерною особливістю дизеля є періодичне горіння попередньо неперемішаного палива та окислювача. Вказана обставина обумовлює наявність гомофазного і дифузійного типів горіння: перший визначається згорянням суміші, що утворилася за період затримки запалення, другий - згорянням решти кількості палива в дифузійному фронті полум'я.

1.3. Аналіз методів поліпшення екологічних показників ДВЗ

Існуючі методи зниження викидів NO_x поділяються на первинні, спрямовані на зниження кількості оксидів азоту, які утворюються в циліндрі дизеля, та вторинні, що передбачають хімічну нейтралізацію NO_x перед випуском відхідних газів в атмосферу.

Первинні методи в свою чергу можуть бути поділені на дві групи:

- такі, що передбачають зміну конструкції двигуна або окремих його елементів (як правило, вони можуть бути реалізовані лише при розробці нових конструкцій): удосконалення систем впорскування палива, сумішоутворення та газообміну; впорскування води безпосередньо в двигун; організація вихрового руху заряду в камері згоряння;

- методи, які не потребують суттєвої зміни конструкції дизеля, реалізація яких можлива при незначній модернізації двигуна (застосування альтернативних палив, переведення дизеля на роботу на водо-паливних емульсіях (ВПЕ), зволоження повітря на вході в двигун, рециркуляція частини ВГ).

Фізично суть впливу цих методів на емісію NO_x полягає в тому, що всі вони забезпечують зниження температури при згорянні палива, яка визначає швидкість утворення NO_x у циліндрі.

Основні фактори, що впливають на утворення шкідливих речовин в дизелях.

До нормованих в даний час ШР, що утворюється в ході роботи ПДВЗ, відносять оксид вуглецю, вуглеводні, тверді (дисперсні) частки і оксиди азоту [13]. Виходячи з оборотності хімічних реакцій процес згоряння теоретично не може дійти до кінця, повнота згоряння визначається умовами протікання процесу, в першу чергу якістю сумішоутворення. Брак окислювача в локальних зонах полум'я в камері згоряння, зокрема дизеля,

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

зниження температури газів, призводить до неповного окислення палива і збільшення концентрації вуглеводнів, оксиду вуглецю і часток саж в ВГ. Надлишок окислювача в умовах високих температур і тисків проводить до інтенсивного утворення оксидів азоту [42].

Розглянемо основні фактори, що впливають на утворення ШР в дизелях.

Продукти неповного згоряння і часткового розкладання палива (оксиди вуглецю, вуглеводні і сажа) утворюються через загальний або локальний дефіцит кисню. Визначальними факторами їх утворення є: склад і якість палива; коефіцієнт надлишку повітря, рівномірність макроструктури і оптимальна мікроструктура робочої суміші.

Суттєве значення має також фазовий стан процесу згоряння. Його «затягування» збільшує вміст CO, CH і сажі. Утворення оксидів азоту, навпаки, є наслідком виникнення реакцій окислення азоту в високотемпературних зонах камер згоряння при наявності незв'язаного кисню. Концентрація NO_x у ВГ не залежить від сорту палива, але обумовлена швидкістю охолодження продуктів згоряння.

Виходячи з цих визначальних причин, можна проаналізувати утворення ШР залежно від регулювальних і режимних факторів.

Склад і якість палива. Якість палива має прямий вплив на зміст в ВГ нормованих і ненормованих токсичних компонентів. Вміст сірки і її сполук в ВГ (головним чином, у вигляді твердих частинок) пропорційний вмісту сірки в паливі. Збільшення частки циклічних і поліциклічних ароматичних вуглеводнів в паливі підвищує димність ВГ. Вплив на емісію NO_x безпосередньо проявляється через органічні сполуки азоту, що входять до складу палива. Можливий також непрямий вплив на утворення NO_x через швидкість горіння палива і температуру полум'я. Ефект щодо зниження всіх токсичних викидів, отриманий за рахунок поліпшення якості палива, досить очевидний і знаходиться в межах 10- 20% [40].

Різні присадки до палив дозволяють поліпшувати їх моторні якості та впливати на склад ВГ. Зокрема, поширені протидимні присадки до палива на основі різних металів (наприклад, барію), що є каталізаторами горіння, ефект щодо зниження димності ВГ від застосування яких може досягати 40-60%. Протягом багатьох років вивчається ефективність додавання води до повітря або палива для поліпшення різних показників ПДВЗ [40]. Додавання води до паливоповітряної суміші призводить до зниження максимальної температури згорання, що обумовлено витратами енергії на випаровування води і нагрівання парів (питома теплоємність водяної пари вище теплоємності повітря) і, отже, до зниження інтенсивності утворення оксидів азоту.

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Коефіцієнт надлишку повітря. У дизелях загальний коефіцієнт надлишку повітря обумовлює зміст в ВГ твердих частинок (сажі) і вуглеводнів, але мало впливає на концентрацію СО. Збільшення продуктів неповного згоряння і сажоутворення спостерігається тільки при коефіцієнті надлишку повітря менше 1,35-1,40.

Збільшення тиску повітряного заряду (наприклад, підвищенням ступеня наддуву, використанням двоступеневого наддуву) тягне за собою зниження емісії оксиду вуглецю, сажі частинок. Вплив підвищення тиску на оксиди азоту неоднозначне, так як, з одного боку, збільшується коефіцієнт надлишку повітря, знижуючи емісію NO_x , з іншого - зростає температура повітря на впуску в циліндр, збільшуючи емісію оксидів азоту. В сучасних дизелях зазвичай використовують регульовані турбокомпресори (наприклад, із змінною геометрією), що забезпечує оптимальну величину тиску повітряного заряду для кожного режиму роботи ПДВЗ.

Зниження температури повітряного заряду (наприклад, охолодженням наддувочного повітря) на кожні 10 °С, дозволяє зменшити питомі викиди NO_x приблизно на 10% [15].

Опір систем впуску і випуску впливає на тиск і температуру повітряного заряду. Зазвичай клапани відкриваються з допомогою кулачкового механізму з постійним профілем кулачка, при цьому на режимах роботи двигуна, що відрізняються від номінального, закон підйому клапанів не є оптимальним. Зараз спостерігається тенденція заміни традиційних механічних газорозподільних механізмів на системи з електромагнітним, гідравлічним або електрогідравлічним приводом. Подібну систему застосовує, наприклад, «БМВ» (Variable Valve Actuation - VVA) на своїх дизелях.

Величина надпоршневого зазору обумовлює обсяг зони гасіння полум'я при положенні поршня близько ВМТ, тобто визначає емісію продуктів неповного згоряння, в основному - вуглеводнів.

Геометрія бічної поверхні поршня визначає кількість масла, що потрапляє в камеру згоряння зі стінок циліндра. Від цього параметра залежать викиди вуглеводнів, оксиду вуглецю і часток саж.

Збільшення ступеня стиснення призводить до зростання температур горіння і продуктів згоряння, до зростання емісії NO_x і зниження емісії СН [7].

Тип сумішоутворення. При плівковому сумішоутворенні спостерігається найменша кількість СО, СН і часток сажі у ВГ; при об'ємному - оксидів азоту. Об'ємно-плівкове сумішоутворення займає проміжне положення.

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Момент впорскування палива. Утворення ШР в дизелях істотно залежить від моменту впорскування палива, що визначається кутом КВЗ до ВМТ ($\theta_{впр}$). Пізнє впорскування переносить закінчення процесу згоряння за межі процесу розширення на початок випуску, в результаті чого кількість продуктів неповного згоряння в ОГ зростає.

Збільшення $\theta_{впр}$ сприятливо позначається на зміні незгорілих вуглеводнів, проте викликає різке збільшення емісії оксидів азоту. Останнє пояснюється тим, що з ростом $\theta_{впр}$ збільшується період затримки запалення, що, в свою чергу, призводить до підвищення частки циклової подачі палива, що пройшла передзапалюючу підготовку і згоряє з високою швидкістю. Це обумовлює зростання максимального тиску і температури циклу, природно, що призводить до збільшення емісії оксиду азоту.

Геометрія розпилювача обумовлює характер розвитку паливних струменів: їх кількість, кут розкриття, дисперсність паливних крапель, далекобійність. Об'єм підголкового каналу визначає ефект підтікання палива після основного впорскування, що призводить до збільшення емісії вуглеводнів.

Положення носка розпилювача щодо поршня визначає точку зустрічі вершини паливного факела з поверхнею камери згоряння, що особливо важливо для напіввідкритих камер згоряння.

Збільшення максимального тиску впорскування палива має позитивний вплив на якість сумішоутворення, тягне більш повне згоряння палива і, як наслідок, веде до зниження викидів оксиду вуглецю, вуглеводнів, сажі частинок і зростання викидів оксидів азоту. Однією з найбільш поширених систем впорскування високого тиску є «Common Rail». Для більш ефективної роботи вона доповнюється системою електронного управління впорскуванням, яка є частиною загальної системи управління двигуном і забезпечує оптимальні значення кута початку подачі і тиску впорскування палива для кожного швидкісного і навантажувального режиму.

Збільшення тиску початку впорскування палива призводить, з одного боку, до затримки початку впорскування (викиди NO_x знижуються), з іншого - до збільшення дисперсності крапель (викиди NO_x ростуть). Сукупний вплив цих факторів визначається особливостями робочого процесу.

Режим роботи двигуна. Збільшення навантаження на дизель, що компенсується підвищенням циклової подачі палива, призводить до зростання максимальних тисків і температур циклу, відповідно, збільшення концентрації NO_x у ВГ, збільшення часу випаровування палива, що спричиняє зростання концентрації продуктів неповного згоряння [35]. Однак характер зміни питомих величини викидів ШР не настільки однозначна.

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Загальною закономірністю утворення токсичних компонентів в ВГ дизелів є зростання продуктів неповного згоряння (CO , CH і сажі) у міру збільшення навантаження (рисунок 1.1), коли коефіцієнт надлишку повітря знижується від 6-8 на холостому ході до 1,4-1,6 на режимі номінальної потужності [10].

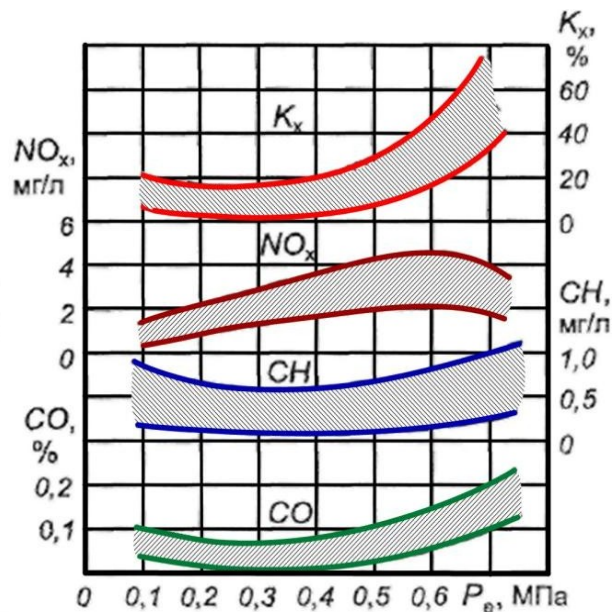


Рисунок 1.1 - Залежність вмісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах дизеля від навантаження

У ВГ дизелів на режимі холостого ходу міститься всього близько 0,1 % (за об'ємом) CO , концентрація якого збільшується при зростанні середнього ефективного тиску аж до 0,2 % на режимі повної подачі палива.

Утворенню вуглеводнів в продуктах згоряння дизелів сприяють відносно низькі температури середовища і локальний дефіцит кисню.

Тому при роботі дизелів на малих навантаженнях і на режимі холостого ходу реєструється найбільша кількість вуглеводнів (аж до $0,8 \text{ г/м}^3$). Мінімум викидів CH проходить при $p_e=0,4\dots0,6$ МПа, а при повній подачі палива, внаслідок локального дефіциту кисню в зонах дифузійного горіння, концентрація CH знову підвищується.

Ще більш значним при підвищенні навантаження є зростання викидів сажі. Різке підвищення димності, починаючи з $p_e=0,4-0,5$ МПа, пояснюється погіршенням процесів сумішоутворення, змінити загального і локальних коефіцієнтів надлишку повітря і уповільненням дифузійної стадії згоряння на тлі підвищується температури в зоні полум'я. В результаті для кожного типу дизеля існують граничні значення циклової подачі, при яких можна забезпечити задоволення нормативів по димності ВГ. Така циклова подача встановлюється при регулюванні паливних насосів високого тиску і не повинна виходити за ці межі в процесі експлуатації.

Кількість оксидів азоту в ВГ дизелів у міру зростання навантаження також зростає, досягаючи максимуму при $p_e=0,5-0,6$ МПа, що пояснюється зростанням температурного рівня циклу при збереженні достатньої кількості незв'язаного кисню. Подальше зростання навантаження призводить до погіршення сумішоутворення внаслідок збільшення циклових подач палива і появи в камері згоряння великої кількості зон, пере збагаченою паливом. У цих зонах зменшується температура і недостатня концентрація незв'язаного кисню, що зменшує емісію NO_x у ВГ.

При роботі дизеля по швидкісній характеристиці зі збільшенням частоти обертання колінчастого вала спостерігається деяке зниження викидів CO і CH (рисунок 1.2), що пояснюється інтенсифікацією процесів впорскування і розпилювання палива і посиленням вихрового руху повітряного заряду [10].

З цих же причин зменшується концентрація сажі, що обумовлює зниження димності K_x . Однак таке поліпшення екологічних характеристик відбувається тільки до певного режиму (приблизно до $n=1700\dots2000$ хв-1). Подальше зростання частоти обертання колінчастого вала скорочує час і погіршує якість сумішоутворення, що веде до підвищення концентрації CO і CH і збільшення викидів сажі, що супроводжується підвищенням димності. При певній для кожного типу дизеля частоті обертання настає межа димності, що обмежує його швидкохідність.

ЗВІДАННЯ ТОПЛИВА И УСИЛЕНИЕМ ВИХРЕВО

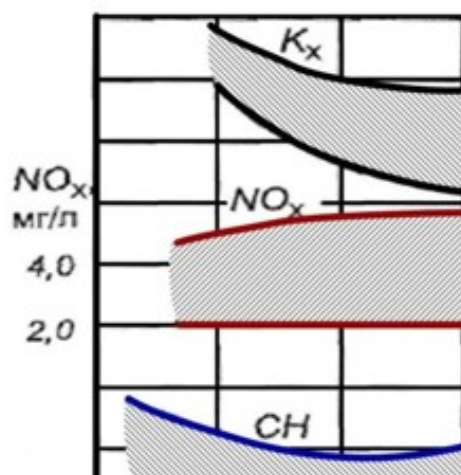


Рисунок 1.2 - Залежність вмісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах дизеля від частоти обертання колінчастого вала

Збільшення частоти обертання колінчастого вала слабо впливає на викид оксидів азоту, хоча, як показано на рис. 2, максимальний вміст NO_x відповідає режиму повного і швидкого згоряння палива, коли вміст CO і CH

мінімально.

Зменшення частоти обертання колінчастого вала дизеля веде до збільшення часу, відведеного на процес сумішоутворення, що дозволяє підвищити його якість, а також до зменшення тривалості процесу згоряння, вираженої через кут ВЗ, що спричиняє підвищення максимальних температур і тисків згоряння.

1.4. Способи підвищення екологічної безпеки дизельних двигунів

Оскільки у ВГ дизелів при їх нормальному технічному стані міститься невелика кількість оксиду вуглецю і незгорілих вуглеводнів, то основна увага приділяється зменшенню викидів оксиду азоту і твердих частинок - сажі [28]. Наявність надлишкового кисню в ВГ не дозволяє забезпечити нейтралізацію NO_x як це виконується в бензинових двигунах. В даному випадку потрібно вводити додаткові відновники, наприклад аміак (NH_3), що істотно ускладнює двигун. Тому переважаючим є придушення емісії NO_x безпосередньо при згорянні палива. З цією метою організація робочого процесу дизелів коригується шляхом:

- оптимізації тимчасових і енергетичних характеристик впорскування палива, що забезпечують найкращу мікро- і макроструктуру заряду, а також мінімальну затримку займання;
- оптимізації вихрового руху повітряного заряду;
- вдосконалення конструкції дизелів впорскування води у впускний систему;
- використання водопаливних емульсій;
- застосування рециркуляції ВГ.

Перераховані прийоми спрямовані на те, щоб процес згоряння починався якомога ближче до ВМТ при мінімальному періоді затримки займання.

Оптимізація енергетичних характеристик впорскування палива.

Утворення ШР в дизелі істотно залежить від якості сумішоутворення, загального і локальних значень коефіцієнта надлишку повітря, а також температури продуктів згоряння.

З огляду на це одним із чинників, змінюючи який можна ефективно впливати на утворення ШР, є момент початку впорскування палива. З метою поліпшення екологічних властивостей дизелів кут випередження впорскування палива щодо ВМТ ($\theta_{впр}$) встановлюється виходячи з мінімізації питомих витрат палива, а за умовою компромісу між значеннями допустимих викидів оксидів азоту і вуглеводнів, залежність яких від кута $\theta_{впр}$ протилежна. У зв'язку з цим для дизелів останніх поколінь момент

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

початку впорскування палива вибирається таким, при якому істотно знижується емісія оксидів азоту і в той же час питома викид вуглеводнів не перевищує 0,15...0,20 г/(кВт год) [31].

Рекомендується складна програма зміни моменту початку впорскування палива залежно від частоти обертання колінчастого вала, навантаження і теплового стану двигуна. При роботі холодного двигуна на холостому ходу кут випередження впорскування палива доцільно збільшувати з зростанням частоти обертання колінчастого вала, щоб виключити появу «білого» диму з великим вмістом вуглеводнів. Однак після прогріву двигуна значення $\theta_{впр}$ має зменшуватися приблизно на 10 град КВ. При роботі «гарячого» двигуна під навантаженням програма зміни моменту впорскування палива має зовсім інший характер: $\theta_{впр}$ повинен зменшуватися при підвищенні швидкісного і навантажувального режимів роботи дизеля від частоти обертання холостого ходу до частоти обертання 800...1200 хв-1 і зберігатися на рівні 5...6 град КВ після ВМТ при великих частотах обертання. Реалізація таких програм здійснюється за допомогою електронних систем управління подачі палива.

Крім моменту початку впорскування палива на утворення ШР впливає тривалість впорскування. При занадто затягнутому уприскуванні останні порції палива вводяться безпосередньо в «гарячі» продукти згоряння і нагріваються при дефіциті кисню. Внаслідок цього збільшується кількість продуктів неповного згоряння, зростає викид сажі частинок. Тому в сучасних дизелях тривалість впорскування зменшують до технічно можливих меж в 20...30 град КВ.

Скорочення тривалості впорскування досягається за рахунок істотного підвищення тиску впорскування ($p_{впр}$). Підвищення $p_{впр}$ позитивно впливає на обмеженість розпилювання, дозволяючи оптимізувати мікроструктуру паливної струменя і макроструктуру заряду і за рахунок цього знизити димність ВГ (рисунок 1.3).

У зв'язку з цим в сучасному дизелебудуванні визначилася абсолютно чітка тенденція зростання $p_{впр}$ до 100...120 МПа. Існують варіанти паливної апаратури, що мають тиск впорскування аж до 180 МПа і більше.

Оптимізація вихрового руху заряду. Вихровий рух заряду разом з параметрами паливної струменя істотно впливає на макроструктуру паливо-повітряної суміші. Як показують досліді (рисунок 1.4) [36], існує цілком певна інтенсивність вихору, при якій мінімізуються як викиди продуктів неповного згоряння (СО, СН, С), так і питома витрата палива. Однак в цьому випадку спостерігається зростання викиду оксидів азоту.

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20



Рисунок 1.3 - Залежність викиду твердих частинок від тиску впорскування палива

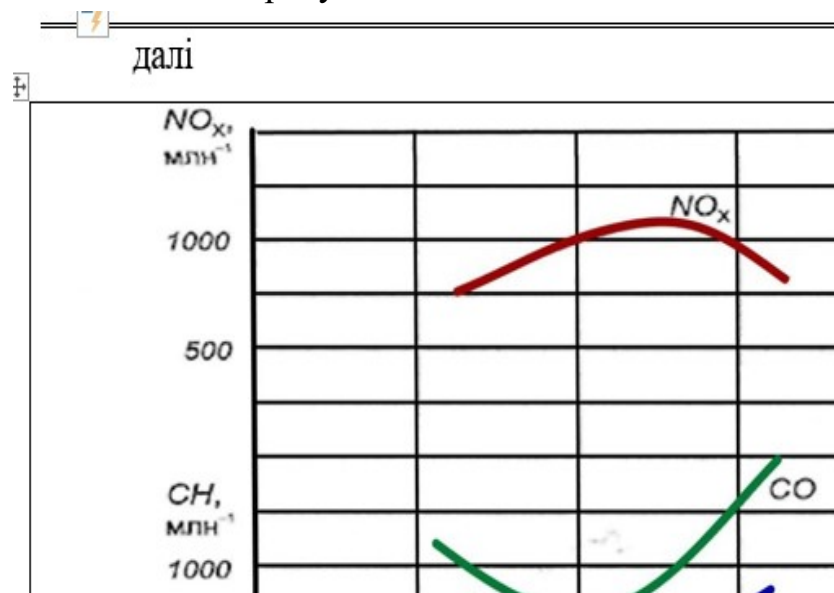


Рисунок 1.4 - Вміст шкідливих речовин у відпрацьованих газах дизеля в залежності від вихрового відношення π_v / π

Тому в останніх моделях дизелів інтенсивність вихрового руху заряду підбирається таким чином, щоб домогтися максимального зниження викидів оксидів азоту, навіть при деякому підвищенні вмісту CO і CH у ВГ.

Велике значення має раціональна організація вихрового руху заряду в двигунах, що мають чотири клапани в кожному циліндрі. У цьому варіанті використовуються роздільні впускні канали різної форми. Один канал закінчується равликopodobною камерою, яка забезпечує закрутку потоку і створює в циліндрі вихровий рух заряду в площині, перпендикулярній осі циліндра. Другий канал виконується прямим і ініціює вихровий рух в площині, паралельній осі циліндра.

Удосконалення конструкції дизелів. Основними конструктивними

прийомами підвищення екологічної безпеки дизелів є:

- збільшення відношення ходу поршня до діаметру циліндра; зменшення надпоршневого обсягу;
- заповнення зазору між гільзою і головкою прокладкою з термостійких синтетичних матеріалів;
- зменшення жарового поясу поршня;
- перехід на чотирьохклапанні системи газорозподілу.

Великі завдання щодо підвищення екологічної безпеки дизелів покладаються на паливну апаратуру. Застосовуються форсунки з мінімальним підгольковим об'ємом і електромагнітним керуванням.

Впорскування води у впускний трубопровід. Впорскування води у впускний систему також робить позитивний вплив на екологічні показники дизелів. Наявність води в свіжому заряді призводить до її швидкого випаровування і в кінці стиснення паливо впорскується в практично однорідну суміш повітря з парами води. При цьому середня і локальні температури суміші мало відрізняються від температури заряду без добавки води, так як обсяг парів становить незначну частку від обсягу повітря. У цих умовах пари води діють як інертний баласт, незначно впливаючи на затримку займання. Знижена температура заряду і зменшення концентрації вільного кисню обумовлює зниження емісії NO_x . Встановлено [43], що додавання 6% (по масі) води яка поступає в циліндр, повітря дозволяє зменшити концентрацію NO_x у ВГ на 50% (рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 - Вплив впорскування води на впуску в дизель на емісію оксидів азоту: 1 - без впорскування води; 2 - з впорскуванням 1 % води; 3 - з впорскуванням 2 % води; 4 - з впорскуванням 6 % води

Застосування водопаливних емульсій. Емульсія - це система, що складається з двох рідких фаз, одна з яких диспергована у вигляді крапельок

розміром 0,1...100 мкм (дисперсна фаза). Рідина, в якій знаходяться краплі, називається дисперсним середовищем. Водно-паливні емульсії можуть бути прямими (краплі палива в воді) і зворотними (краплі води в паливі).

Існує кілька гіпотез про механізм впливу водно-паливних емульсій на характер згоряння в дизелі. Однією з найпоширеніших є гіпотеза «мікрровибухів» прогрівання крапельок води в зворотній емульсії при уприскуванні її в циліндр. За рахунок інтенсивного розширення пару, що перебуває всередині краплі палива, забезпечується вторинне розпилювання палива і змішування його з повітрям. Результатом цього є зменшення викидів продуктів неповного згоряння.

Останнім часом з'явилися відомості про те, що поліпшення повноти згоряння спостерігається і при використанні прямих емульсій. На цій підставі ряд дослідників вважає, що при попаданні в високотемпературну середу відбувається дисоціація молекул води з подальшою хімічною взаємодією радикалів - продуктів розкладання вуглеводнів з воднем і гідроксильною групою (ОН).

Найбільш вірогідним є існування обох механізмів впливу води в паливі. Крім цього, випаровування води призводить до зниження локальної температури в зонах запалення, що викликає значне збільшення затримки займання. Звідси можливий подвійний вплив води в паливі на викид NOx: збільшення затримки запалення, інтенсифікує швидкість наростання тиску і середньої температури, що збільшує емісію NOx, а зниження локальних температур за рахунок випаровування води - її знижує. Тому в деяких дослідженнях спостерігалось або слабкий вплив добавки води на емісію NOx, або навіть збільшення останньої.

Однак більшістю досліджень [21, 46] встановлено, що застосування водно-паливних емульсій з високим вмістом води знижує концентрацію оксидів азоту у ВГ. Так, при кількості води в емульсії 20%, вміст оксидів азоту падає на 30...40%, а при 40% води - на 100%. Крім того, при 20% води в емульсії концентрація СО зменшилася на 33%, а при 40% води - на 66% і знаходиться на рівні 0,1%. Встановлено також, що наявність води в паливі зменшує утворення сажі, перешкоджаючи коагуляції її молекул в великі агломерати.

Проте перспективи впорскування води та застосування водно-паливних емульсій тягнуть за собою багато проблем. Для їх реалізації необхідний запас води (до 20-30% від запасу палива). Існують складності в приготуванні водно-паливних емульсій та забезпеченні стабільності її структури в часі, оскільки вода з часом виділяється з палива та осідає на дні паливного бака.

Робота системи живлення палива з водно-паливною емульсією стає

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

проблемною при мінусовій температурі НС. Виникають також складності з протикорозійного захисту деталей паливної апаратури і самого двигуна. Потрібна складна автоматика для дозування води, що додається в паливо.

Рециркуляція відпрацьованих газів (РВГ) - це перепуск частини ОГ у впускний колектор (рисунок 1.6) [29, 31, 49 та ін.]

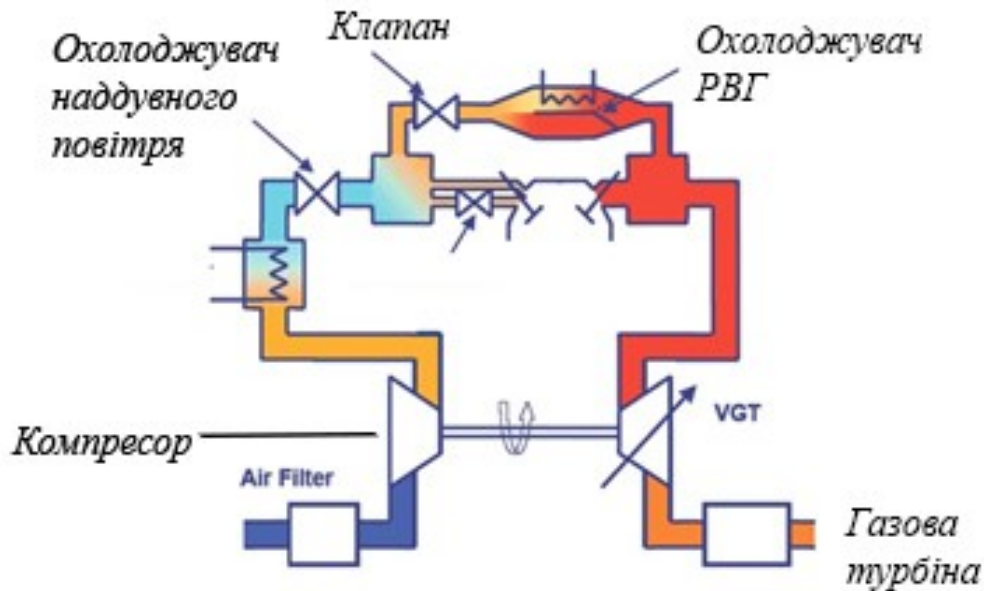


Рисунок 1.6 - Схема системи рециркуляції відпрацьованих газів

Частина відпрацьованих (умовно інертних) газів потрапляє в циліндри як баласт, що викликає зниження максимальної температури горіння і, як наслідок, зменшення викидів оксидів азоту, що утворюються при високих температурах [20, 25, 57, 44]. Робота системи викликає зниження потужності двигуна. Механізм впливу розведення свіжого заряду ВГ полягає в тому, що міститься в ВГ діоксид азоту NO_2 , а також підвищена температура кінця процесу стиснення прискорюють займання (скорочують період затримки запалення), а також, будучи баластовим компонентом, знижують теплоту згоряння, віднесену до одиниці маси заряду, що зменшує температурний рівень реакції, а також концентрацію незв'язаного кисню. В результаті рециркуляції ВГ до рівня 25-45% від маси циклового заряду вміст оксидів азоту зменшується більш ніж в два рази при середніх навантаженнях [10] (рисунок 1.7).

Однак подальше збільшення вмісту ВГ в свіжому заряді зазвичай призводить до збільшення викидів продуктів неповного згоряння: оксиду вуглецю (CO) і твердих частинок, а також до збільшення димності ВГ. Що стосується емісії сумарних вуглеводнів, то їх зміна можлива як у бік збільшення, так і зменшення - в залежності від особливостей організації як системи рециркуляції, так і самого робочого процесу дизеля.

Поряд зі зниженням NO_x рециркуляція ВГ забезпечує також зниження

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

викидів альдегідів.

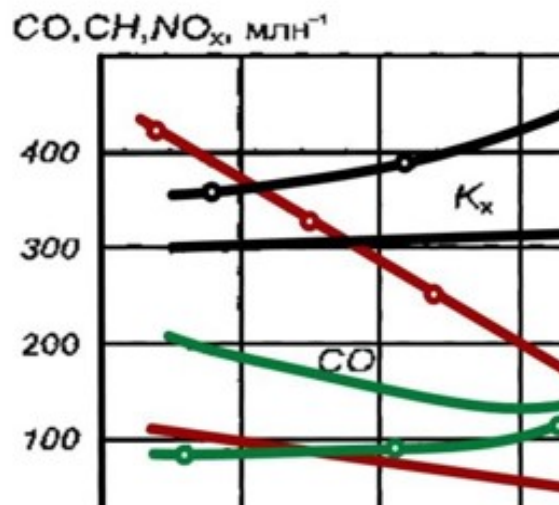


Рисунок 1.7 - Вміст шкідливих речовин у відпрацьованих газах дизеля в залежності від ступеня рециркуляції відпрацьованих газів (ρ):
а - при максимальному крутному моменті; б - холостий хід

Найбільш повно описані вище способи забезпечення екологічної безпеки використані в дизелі ЕКОТЕК, розробленого фірмою Opel спільно з європейським відділенням GMS. Слід підкреслити, що дизелі з системами РВГ є в виробничих програмах всіх провідних світових виробників [31].

Для дизелів з турбонаддувом можливе застосування різних схем системи рециркуляції:

1. Зовнішня рециркуляція з відбором ВГ після турбіни і їх підведенням у впускний колектор перед компресором (система низького тиску).
2. Зовнішня рециркуляція з відбором ВГ перед турбіною і введенням їх у впускний колектор після компресора перед ОНВ, або після нього (система високого тиску).
3. Внутрішня рециркуляція (на такті випуску на деякий час відкриваються впускні клапани, через які ВГ потрапляють у впускний колектор). У сучасних конструкціях дизелів така система РВГ реалізується управлінням фазами газорозподілу, що дозволяє спростити конструкцію двигуна (не потрібен спеціальний клапан) і підвищити надійність.

Застосування для дизелів з турбонаддувом рециркуляції ВГ дозволяє знизити викиди оксидів азоту в середньому на 60%, при цьому вартість двигуна збільшується приблизно на 15%.

Рециркуляція призводить до підвищення температури повітряного заряду, тому доцільно застосування першої схеми, а також охолоджувача ВГ

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

в системі РВГ і/або ОНВ. На різних конструкціях двигунів система зовнішньої рециркуляції має різний пристрій. Разом з тим, можна виділити загальні конструктивні елементи даної системи: клапан рециркуляції; керуючий клапан; повітряні патрубки. Клапан рециркуляції безпосередньо здійснює перепуск ВГ з випускної системи у впускний колектор. Робота клапана заснована на розрядженні, що виникає у впускному колекторі. За рахунок розрядження вакуумний перетворювач переміщує вал клапана. Величина відкриття клапана визначає обсяг ВГ, поданих до впускного колектора.

Клапан керування (активатор) регулює величину розрідження, що подає клапан рециркуляції, робота якого здійснюється за командою електронного блоку управління в залежності від режимів роботи двигуна. Від електричного сигналу електронного блоку управління відкривається електромагнітний клапан. Розрідження з впускного колектора подається на вакуумний перетворювач. Клапан рециркуляції відкривається на певну величину, і частина ВГ направляється у впускний колектор.

На окремих двигунах в системі РВГ, як було сказано, застосовується охолодження газів. Охолодження ВГ додатково знижує температуру продуктів згоряння і, тим самим, зменшує утворення оксидів азоту. Охолодження здійснюється шляхом проходження охолоджувальної рідини через клапан рециркуляції. Рідше в системі рециркуляції ВГ використовується спеціальний радіатор, включений в систему охолодження.

Коефіцієнт рециркуляції зазвичай знаходиться в межах 8-12% відносно сумарної витрати повітряного заряд. Однак деякі виробники, наприклад «Cummins», «Mercedes», «Volvo», доводять величину рециркуляції до 30-35%. Застосування рециркуляції ВГ призводить до падіння потужності і погіршення паливної економічності.

1.5. Конструкції систем РВГ різних виробників

Спільне застосування систем рециркуляції і регулювання фаз газорозподілу вперше було запропоновано для дизелів фірмою Мерседес.

Використання систем рециркуляції і регулювання фаз газорозподілу спільно з фільтром сажі DPF і нейтралізаторів окисного типу забезпечує виконання екологічних норм і є більш доцільним, ніж уприскування сечовини з причин недостатньо розвинутої інфраструктури заправних станцій сечовини і низької температури замерзання розчину сечовини.

Фірма БМВ розвиває технологію ACERT, в основі якої лежать: система подачі палива з електронним управлінням, система рециркуляції ВГ (рисунок 1.8). На відміну від використовуваної в Європі системи SCR для очищення

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

відпрацьованих газів, технологія ACERT не передбачає застосування сечовини або будь-яких інших хімічних реагентів.

Норми Euro 5 і Euro 6 вимагають впровадження системи подачі (рециркуляції) очищених вихлопних газів CGI.

Основна відмінність CGI від інших відомих систем РВГ: в системі РВГ в циліндри подаються охолоджені ВГ, а в CGI - очищені. В обох випадках гази з вигорілим киснем знижують температуру згоряння паливної суміші, але в CGI сажа в циліндри не надходить. Система очищення ВГ CGI не вимагає застосування витратних матеріалів, які повертаються в циліндри гази проходять подвійну фільтрацію, не забруднюючи сажею внутрішні деталі двигуна. Технологія ACERT використовується також для дизелів Volvo.

У двигунах Рено поряд зі звичайною системою РВГ використовується «внутрішня рециркуляція», тобто короткочасне відкриття впускного клапана на такті випуску, а також РВГ з електронним управлінням і охолодженням рециркуляції газів.



Рисунок 1.8 - Рециркуляція відпрацьованих газів дизелів БМВ з технологією ACERT (система CGI)

На перспективних моделях дизелів Рено не використовується впорскування сечовини, але вони забезпечують виконання вимог Євро 5. Це досягнуто використанням системи РВГ з двоступінчастим охолодженням до 50°C (рисунок 1.9), турбокомпресором із змінною геометрією і системи впорскування «Common Rail» (тиск впорскування до 2400 бар, трифазне впорскування).

Для охолодження РГ, як правило, використовують традиційні рекуперативні теплообмінники [5, 13, 14, 26, 40, 42], які характеризуються значною масою, металоємністю (кольорових металів) і мають суттєві гідравлічні опори.

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

1.6. Застосування нейтралізації і фільтрування відпрацьованих газів

У цю групу систем входять:

- рідинні, термічні, каталітичні, термокаталітичні, полуменеві, селективні нейтралізатори і нейтралізатори з використанням низькотемпературної плазми [8, 27];

Common Rail» (давление впрыскивания до 240



Рисунок 1.9 - Двоступінчате охолодження рециркулюючих газів в системі рециркуляції відпрацьованих газів дизелів «Рено»: 1 - рідинний охолоджувач, 2 - повітряний охолоджувач

- ежекційні допалювачі, пристрої для подачі повітря в випускний трубопровід і допалювання продуктів неповного згоряння в випускному колекторі [4, 36];

- антидимні фільтри з синтетичних матеріалів і електрофільтри [3, 4, 11, 36];

- фільтруючі елементи з кераміки з просоченням або нанесенням каталізатору [1, 3, 36].

Найбільший ефект в плані комплексного зниження токсичності ВГ забезпечують нейтралізатори.

Розрізняють три методи нейтралізації: рідинну, термічну, каталітичну. Перші два методи доцільно поєднувати з фільтрацією твердих частинок (сажі).

Рідинна нейтралізація ВГ поршневих ДВС є розробленим і апробованим методом зниження шкідливих викидів. Вона заснована на затримання сажі, твердих частинок і хімічному очищенню ВГ шляхом пропускання їх через воду або водні розчини хімічних реагентів.

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

При рідинній нейтралізації поглинання оксидів азоту може скласти до 10-30% від вихідної концентрації. Залежно від складу реагенту може поглинатися до 80% оксиду вуглецю. Свіжими реагентами альдегіди поглинаються на 50%. Однак вже після восьми годин роботи токсичні речовини перестають поглинатися через насичення розчинів [37]. Очищення газів від сажі здійснюється на 10...80 % в залежності від режиму експлуатації двигуна. У рідинних нейтралізаторах відбувається значне зниження рівнів запаху ВГ і ефективно глушіння шуму вихлопу.

Складність обслуговування рідинних нейтралізаторів полягає в частій зміні розчинів в реакторах (як правило, кожні 8 годин роботи); необхідності дозаправки водою через кожні 1,5...2 години. Крім цього, недоліками розглянутих нейтралізаторів є великі маса і габарити, неефективність очищення від CO і NO_x, неможливість застосування в умовах мінусових температур навколишнього повітря [32].

Термічна нейтралізація заснована на принципі доокислення продуктів неповного згоряння за умови підтримки високих температур і додатковій подачі окислювача. Термічні реактори є реакційні камери, вбудовані в випускную систему двигуна. Оптимальне протікання процесу окислення відповідає додаванню вторинного повітря в кількості 15...40% від витрат ВГ.

У полумєневих допалювачах температура ВГ підвищується внаслідок спалювання додаткової кількості палива, що впорскується через додаткову форсунку. Такі допалювачі в зв'язку зі складністю конструкції необхідністю додаткової витрати палива високою пожежонебезпекою, не знайшли широкого застосування.

Метод каталітичної нейтралізації є одним з найбільш перспективних і поширених. Суть цього способу полягає в безполумєневому окисленні горючих компонентів ВГ на поверхні каталізатора.

Дизелі на всіх режимах працюють при надлишку повітря (при $\alpha > 1,0$), тому середовище ВГ є окислювальне. У цьому середовищі при достатній температурі в присутності каталізатора забезпечується допалювання CO і CH відповідно на рівні 85...90% і 75...80% (рисунок 1.10).

В КН використовують високоактивні каталізатори, що містять платину, паладій, нікель, хром, мідь, оксиди металів, рідкоземельні елементи та природні матеріали, наприклад, дуніти, цеоліти та інші.

Каталітичні нейтралізатори з платиновими каталізаторами забезпечують зниження викидів оксидів азоту дизелів на 56%, алюмі-платинові - на 30%, а з мідно-хромоокислими - на 80% [46, 52]. У присутності платинових і паладієвих каталізаторів забезпечується зниження вмісту CO в ВГ на 50...80%. Зниження вмісту CH при цьому відбувається на 20...100%, а

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

при використанні мідно-хромокислих каталізаторів на 80% [46, 52].

— 90 % и 75–80 % (рисунок 1.10).

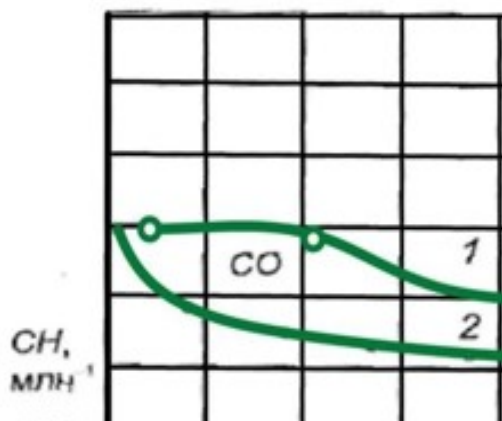


Рисунок 1.10 - Вплив нейтралізатора на вміст шкідливих речовин у відпрацьованих газах дизеля: 1 - без нейтралізатора; 2 - з нейтралізатором

При використанні всіх названих вище каталізаторів зміст сажі в ВГ знижується приблизно в 1,1...2 рази, викидів альдегідів в 3...10 разів, крім цього відзначається зниження рівня запаху ВГ [41, 50, 54 та ін.].

Особливістю процесів, що протікають в КН, є те, що вони пов'язані з робочими процесами двигунів через температуру, тиск, швидкість і вологість ВГ, їх склад та ін.

Крім того, в нейтралізаторах мають місце явища конвективного і променистого теплообміну, що супроводжують процеси доокислення продуктів неповного окислення і відновлення оксидів азоту. Одночасно відбувається утворення коксу, осадження сполук сірки, що призводять до дезактивації каталізаторів, і інші явища.

Тривалість експлуатації дизелів на режимах малих навантажень в значній мірі впливає на термін служби КН через утворення коксових відкладень, осадження смол і утворення нагару, перегрів корпусу нейтралізатора і переохолодження реактора.

Необхідно відзначити те, що існуючі на сьогодні каталізатори, мають високу ефективність лише на режимах експлуатації, що забезпечують температури ВГ на вході в нейтралізатори порядку 520...750 К. При цих температурах нейтралізатори окислювально-відновного типу знижують викиди: оксидів азоту на 40...60% , вуглеводнів на 60-80%, оксиду вуглецю - на 70...90%. Ефективний процес доокислення вуглеводнів і оксиду вуглецю

відбувається при температурі 400...500 0С, а сажі - більше 500 0С (рисунок 1.11).

ейтразизатора снижається в д

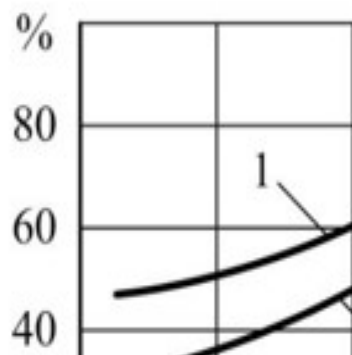


Рисунок 1.11 – Ефективність каталітичного допалювання окису вуглецю, альдегідів і сажі в присутності платинового каталізатора в залежності від температури: 1 - СО; 2 - альдегіди; 3 – димність

Розкладання оксидів азоту проводиться на основі їх взаємодії з оксидом вуглецю і воднем як активними відновниками і вимагає високих температур. Якщо температура газів, що потрапляють в КН, становить 150...200 0С, ефективність нейтралізатора значно знижується. При температурі ВГ понад 650 0С (що характерно для роботи поршневих ДВЗ на великих навантаженнях) виникає ймовірність прогара корпусу нейтралізатора.

Наведені приклади підтверджують наявність проблеми істотній залежності ефекту роботи КН від температури ВГ. При цьому шкідливі як малі, так і надмірно високі її значення. Тим часом більшу частину часу силові установки мобільної техніки працюють на змінних швидкісних і навантажувальних режимах. В результаті цього температура ВГ коливається в широких межах (від 120 до 750 0С і вище), що створює проблему забезпечення оптимального температурного режиму роботи КН.

Селективні каталітичні нейтралізатори використовується для зниження викидів оксидів азоту з ВГ (рисунок 1.12).

Основою технології є впорскування сечовини (або іншого активного речовини) в ВГ перед їх входом в каталітичний конвертер на основі платини або ванадію. Сечовина, вступаючи в реакцію з NO_x , утворює азот і воду. Селективне каталітичне відновлення добре зарекомендувало себе у забезпеченні вимог Євро 4 і Євро 5.

Один з перспективних методів нейтралізації ВГ - використання низько-температурної плазми. Такі нейтралізатори включають вузол підведення ВГ і

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

масла, кварцову скляну або керамічну трубку (діелектричний бар'єр) і два електроди - центральний і зовнішній (у вигляді металевої сітки з нержавіючої сталі, рисунок 1.13).

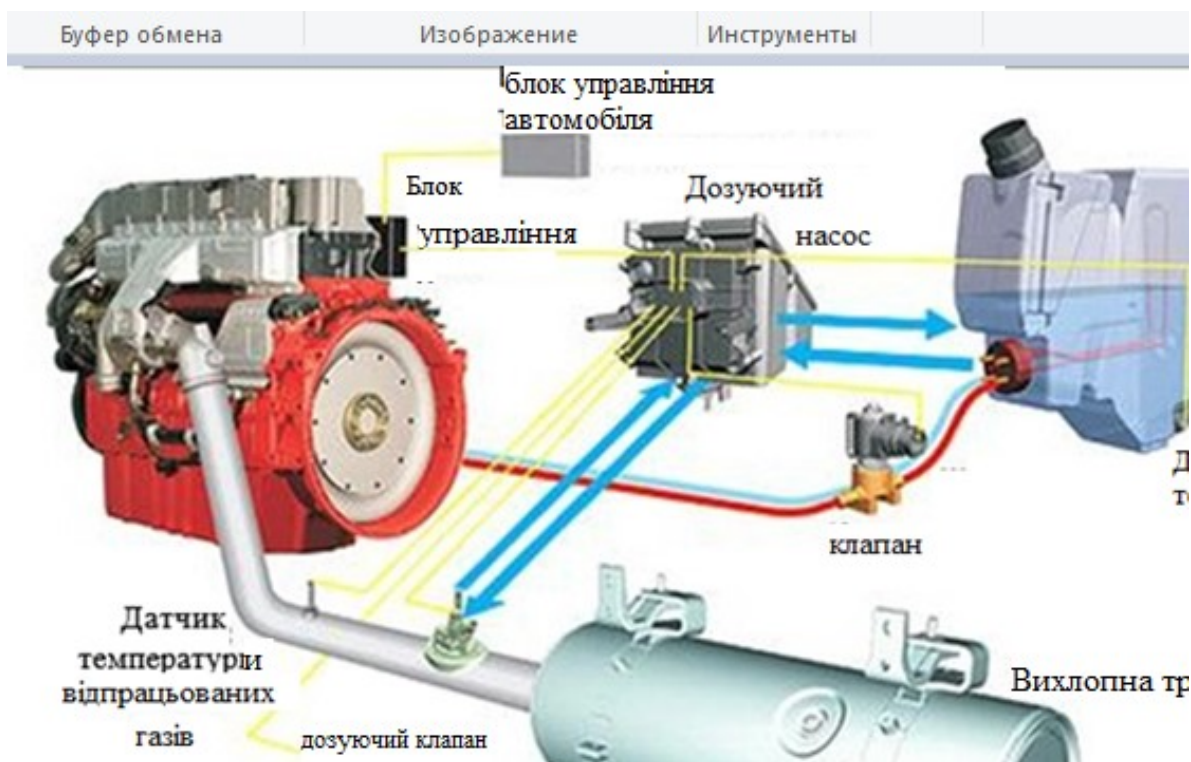


Рисунок 1.12 - Принципова схема селективного каталітичного нейтралізатора дизелів «Фіат-Івеко» на основі впорскування сечовини

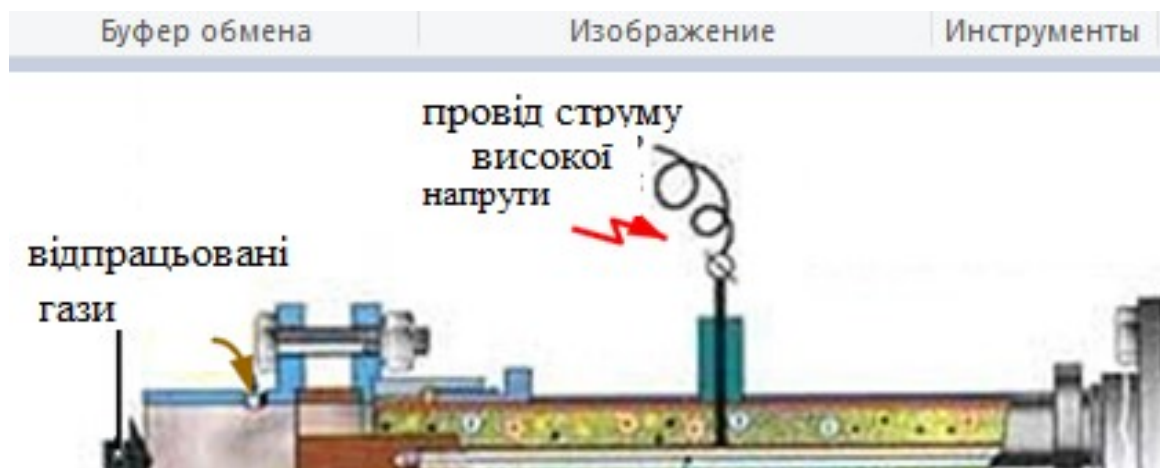


Рисунок 1.13 - Схема плазмового нейтралізатора VAG: 1 - вузол підведення відпрацьованих газів; 2 - кварцова трубка (діелектрик); 3 - центральний електрод; 4 - зовнішній електрод.

В розрядний пристрій подається струм від джерела, що формує імпульс напруги тривалістю 250...350 мкс. Бар'єрний розряд виникає при електричній напрузі 0,5...35 кВ і частоті проходження імпульсів 50...2000

Гц. Відпрацьовані гази дизеля направляються в плазмохімічний реактор, попередньо пройшовши сушку під вологовідділювачем. У реакторі до цих газів «підмішують» масло. Під дією електричного розряду в трубках розрядного пристрою частинки сажі активно абсорбують масло на своїй поверхні. Для видалення сажі, частинки якої знаходяться як би в масляному коконі, використовується масловідділювач. Сажа збирається в спеціальний контейнер, а масло після додаткового очищення в фільтрі продовжує циркулювати по замкнутому контуру. Таким чином, вдається забезпечити дуже високу ефективність поглинання частинок сажі - до 100% у всьому діапазоні обертів дизеля.

Протисажеві фільтри представляють собою нейтралізатор фільтраційного типу і використовуються не тільки для зниження викидів сажових частинок, але і взагалі всіх частинок, присутніх в ВГ: сажі вуглеводнів, сульфатів, продуктів зносу деталей двигуна. В даний час відомі два основних типи фільтрів: з навиванням і монолітний керамічний.

Основна проблема для всіх типів і конструкцій фільтрів - це їх регенерація, тобто відновлення функціональних властивостей. Кращі зразки фільтрів здатні ефективно працюють протягом 10...12 годин, після чого їх опір стає неприпустимо високим через велике скупчення твердих частинок.

Регенерація зазвичай проводиться за допомогою випалювання частинок за рахунок розігріву фільтра електроенергією, чи пропускання гарячих газів від автономної пальника. Температура фільтра при цьому повинна бути не менше 800 0С., час регенерації 3...5 хв. Для гарантованого вигорання сажі поверхню каналів фільтра покривають каталізатором: зазвичай, благородними металами або міддю, що призводить до зниження температури займання сажі з 600...700 до 300...400 0С.

Система регенерації включає в себе паливний пальник з подачею дизельного палива (хоча можливе використання бензину, газу та інших палив), що встановлюється до фільтруючого блоку по ходу руху ВГ.

Підводячи підсумок розгляду способів підвищення екологічної безпеки дизелів можна констатувати, що в силу особливостей робочого процесу цих двигунів, заходи, спрямовані на зниження викидів продуктів неповного згорання, оксиду вуглецю, вуглеводнів і шкідливих часток супроводжується зростанням викидів оксидів азоту і навпаки, тому, для забезпечення відповідності дизеля чинним і перспективним нормам по токсичності необхідно використання методів зниження ІПР поршневими ДВЗ, що включають поєднання систем РВГ з охолодженням РГ і нейтралізації ВГ.

Прикладом такого рішення може служити дизеля фірми Пежо (рисунок 1.14)

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

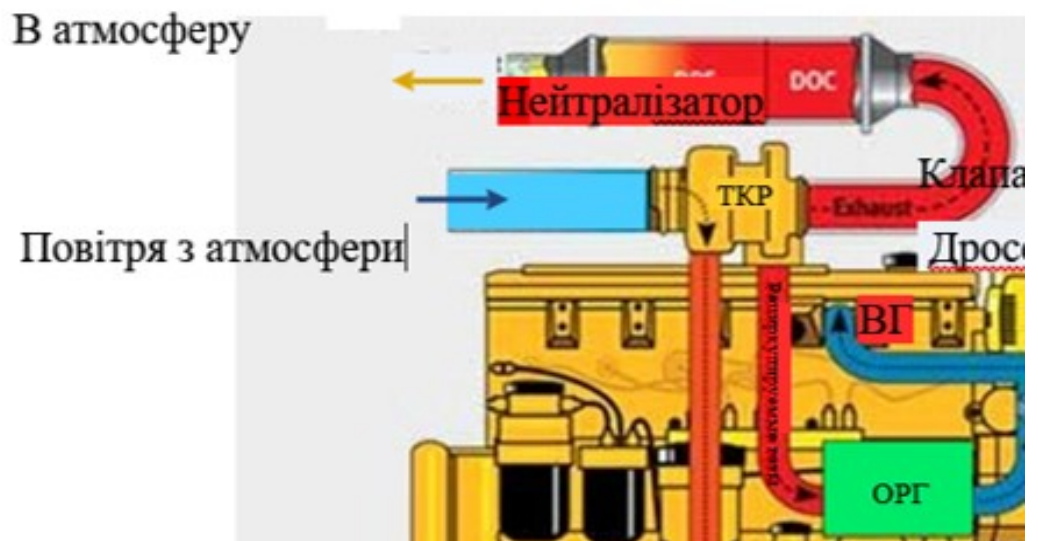


Рисунок 1.14 - Система рециркуляції відпрацьованих газів дизелів Пежо

Узагальнення розглянутих матеріалів дозволяє зробити такі висновки:

1. Є суперечність між безальтернативною в даний час в найближчому майбутньому потребою людства широко використовувати ДВЗ для своїх потреб, з одного боку, і необхідністю зменшення шкідливого впливу цих двигунів на людину і навколишнє середовище - з іншого. Існування людства в порівняно близькому майбутньому стане проблематичним..

2. Аналіз основних факторів, що впливають на утворення ШР в дизелях показав, що зниження викидів продуктів неповного згоряння, оксиду вуглецю, вуглеводнів і шкідливих часток супроводжується зростанням викидів оксидів азоту і навпаки. Тому для забезпечення відповідності дизеля чинним і перспективним нормам щодо шкідливих викидів провідні дизелебудівні фірми для зниження емісії оксидів азоту широко використовують рециркуляцію ВГ (перепуск їх частини у впускний колектор), а для зменшення викиду продуктів неповного згоряння - нейтралізатори.

3. Розгляд способів підвищення екологічної безпеки дизелів застосуванням рециркуляції ВГ і їх нейтралізації показав, що ефективність застосування зазначених способів залежить від температури РГ і температури ВГ. Однак більшу частину часу силові установки автомобілів працюють на змінних швидкісних і навантажувальних режимах. В результаті температура ВГ (а значить і рециркулюючих газів) коливається в широких межах (від 120 до 750 0C і вище), що створює проблему забезпечення оптимальної роботи систем рециркуляції ВГ та необхідність їхньої періодичної діагностики.

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

РОЗДІЛ 2

АПРОБАЦІЯ ЗАПРОПОНОВАНОГО МЕТОДУ ДІАГНОСТУВАННЯ СИСТЕМ РВГ ДВИГУНІВ

2.1 Вимоги до двигуна та його систем

ДСТУ 3649-2010 встановлює наступні вимоги до двигунів колісних транспортних засобів та їх систем [11].

1. Гранично допустимий вміст оксиду вуглецю та вуглеводнів у відпрацьованих газах КТЗ із двигунами, що працюють на бензині або газовому паливі – згідно з ДСТУ 4277.

2. Гранично допустимий рівень димності відпрацьованих газів КТЗ із дизелями або газодизелями – згідно з ДСТУ 4276.

3. Рівень зовнішнього шуму (звуку), виміряний на нерухомому КТЗ, має бути не більше ніж контрольне значення, встановлене підприємством-виробником. Під час проведення державного технічного огляду рівень зовнішнього шуму (звуку) контролюють за потреби (наприклад, у разі виникнення спірних питань щодо стану системи випуску відпрацьованих газів, застосування нештатних (непередбачених) систем випуску тощо).

4. За відсутності відомостей відповідно до п.3 рівень зовнішнього шуму (звуку), виміряний на нерухомому КТЗ, не має перевищувати значень, наведених у табл. 2.1.

5. У паливній системі двигунів не має бути витоків палива. Кришки паливних баків та пристрої перекриття подавання палива мають бути у працездатному стані.

6. На КТЗ із системою нейтралізації відпрацьованих газів демонтування цієї системи чи окремих її складників або непрацездатність її сигналізатора (за наявності) не дозволено.

7. Комплектність і стан систем випуску та нейтралізації відпрацьованих газів (за наявності), систем зниження шуму, інших систем та пристроїв, що передбачені конструкцією КТЗ і призначені для підвищення потужності двигуна та зменшення викидів забруднюючих речовин (систем наддуву, вентиляції картера, рециркуляції відпрацьованих газів, уловлювання випаровувань палива, подачі вторинного повітря, економайзера примусового холостого ходу тощо), мають відповідати вимогам підприємства-виробника КТЗ та (або) НЕ (настанови щодо експлуатування).

8. Не дозволено наявність прогарів, механічних пробойн та нещільностей у з'єднаннях випускної системи КТЗ.

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Таблиця 2.1 - Обмеження рівня зовнішнього шуму (звуку) КТЗ.

Тип КТЗ	Рівень шуму (звуку), дБА
Легкові та вантажопасажирські	87
Автобуси з максимальною масою понад 3500 кг та двигуном потужністю, кВт:	
менше ніж 150;	90
150 та більше	93
Автобуси та вантажні автомобілі з максимальною масою, кг:	
не більше ніж 2000;	88
понад 2000, але не більше ніж 3500	89
Вантажні автомобілі, автопоїзди з максимальною масою понад 3500 кг та двигуном потужністю, кВт:	
менше ніж 75;	91
75 та більше, але менше ніж 150;	93
150 та більше	94
Примітка. Під потужністю двигуна розуміють максимальну потужність, зазначену в НЕ.	

2.2 Обґрунтований вибір методу та засобу діагностування сучасних ДВЗ

У багатьох випадках за допомогою лише результатів діагностування сканером практично неможливо однозначно визначити причину несправності систем ДВЗ з електронним керуванням. Тому найоптимальнішою методикою пошуку буде безпосередній аналіз сигналів, що поступають в ЕБУ і управляючих сигналів від блоку управління на виконавчі механізми системи, порівняння їх з еталонами. Для цих цілей при наявності несправностей, які не можуть визначитись за допомогою блока управління застосовуються мотор-тестери.

Мотор-тестер (рис. 2.1) – це спеціальний багатоканальний цифровий осцилограф, призначений для діагностики різних систем автомобіля, у тому числі і двигуна [1]. Діагностика за допомогою осцилографа полягає в дослідженні амплітудних і часових параметрів сигналів, що поступають в ЕБУ, а також вимірюванні параметрів, які не контролюються датчиками системи управління за допомогою датчиків з комплекту мотор-тестера.

Наприклад, за допомогою датчика тиску можна отримати графік зміни тиску в циліндрі двигуна, за яким можна визначати справність циліндро-поршневої групи, а також газорозподільного механізму ДВЗ; тиск у

випускному колекторі, за яким можна порівняти наповнення усіх циліндрів паливо- повітряною сумішшю; тиск у випускному колекторі, за яким можна визначити тиск протидії системи випуску відпрацьованих газів – це дозволяє оцінити пропускну здатність каталітичного нейтралізатора і системи випуску в цілому.

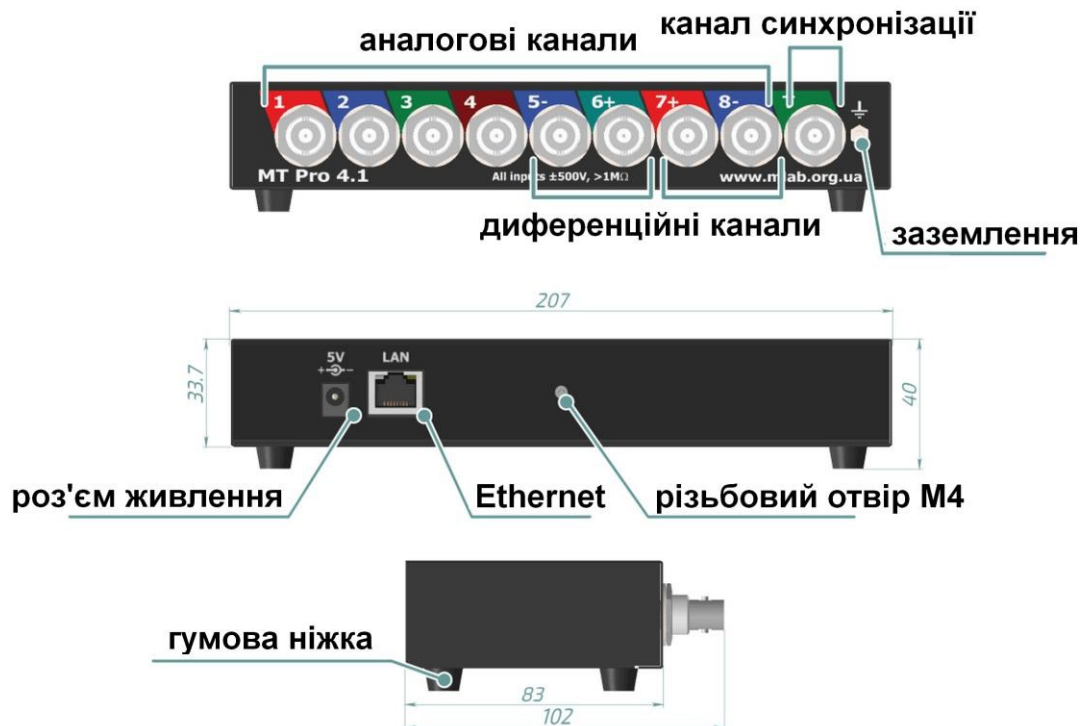


Рис. 2.1. Автомобільний мотор-тестер - осцилограф

За допомогою ємкісного датчика можна перевірити справність системи запалювання із загальною котушкою запалювання і високовольтними дротами. А справність системи запалювання з індивідуальними котушками можна перевірити використовуючи індуктивний датчик з комплекту мотор-тестера. Також можна виміряти напругу і струм в різних електричних ланцюгах автомобіля (рис. 2.2).

Усі ці сигнали можна безпосередньо аналізувати за допомогою мотор-тестера незалежно від того, чи можливо взагалі їх переглянути за допомогою сканера. Отже, можна зробити висновок, що сканер підключається до ЕБУ через діагностичну шину і дозволяє переглянути дані, з якими оперує електронний блок при управлінні роботою двигуна. Також можна переглянути параметри розраховані блоком управління, наприклад, час впорскування палива або кут випередження запалювання, на підставі яких ЕБУ генерує управляючі сигнали для виконавчих механізмів.

У разі виходу якого-небудь параметра за межі допустимого діапазону, ЕБУ фіксує помилку (код несправності), проте достовірно визначити несправність конкретного вузла можна лише безпосередньо перевіривши ще

раз мотор-тестером рівні сигналу на вході електронного блоку або на виході датчиків. Або навіть додатково проаналізувавши сигнали, які надходять до виконавчих механізмів. Так як несправність може полягати у банальному пошкодженні електричних дротів, при якому ЕБУ не зможе адекватно оцінювати параметри роботи двигуна і, відповідно, буде формувати помилкові управляючі імпульси. При необхідності, також можна підключити додаткові датчики з комплекту мотор-тестера і отримати осцилограми необхідних параметрів.

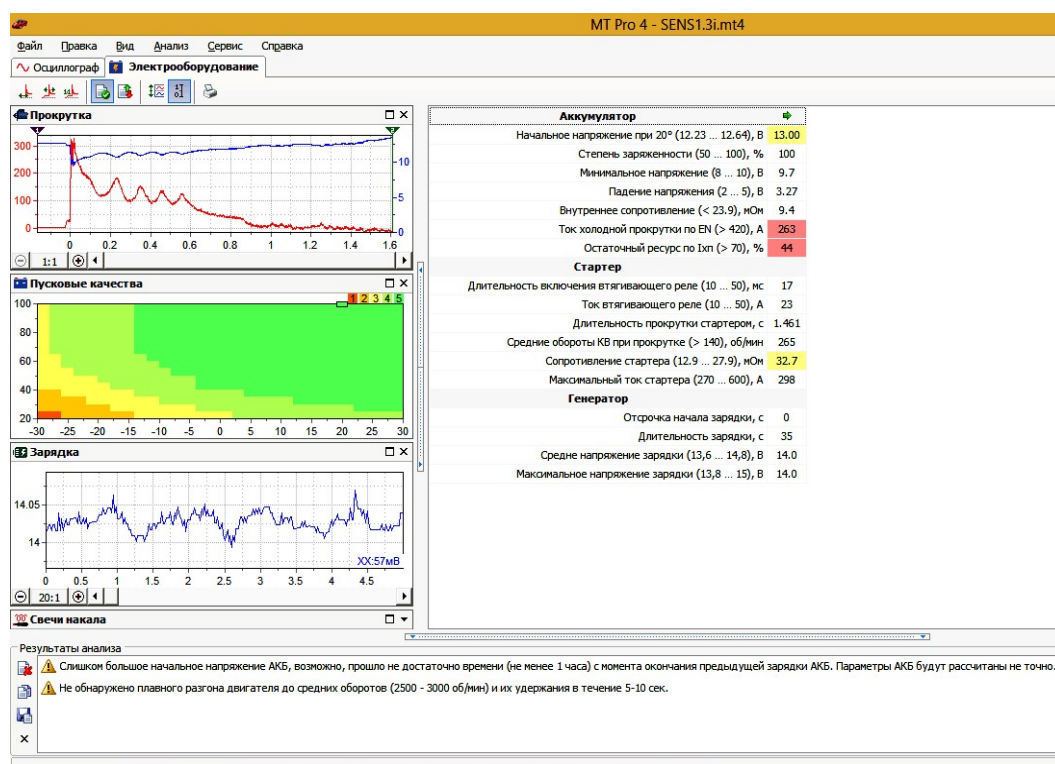


Рис. 2.2. Робоче вікно програми MT Pro 4 при тестуванні двигуна автомобіля

Мотор-тестер у вигляді приставки до персонального комп'ютера, що дає змогу використовувати обчислювальні ресурси комп'ютера для аналізу сигналів, а також виводити результати аналізу на монітор комп'ютера в зручній формі у вигляді графіків і діаграм, і зберігати еталонні сигнали та осцилограми несправностей для окремого автомобіля.

Варто зазначити, що навіть у разі вимірювання деяких параметрів сканером, безпосереднє вимірювання цих же параметрів мотор-тестером, дозволяє отримати додаткову інформацію. Мала інформативність сигналу отриманого зі сканера пов'язана з невисокою швидкістю оновлення даних. Як правило, сканер дозволяє робити вимірювання параметра кілька разів за секунду, що є недостатнім для аналізу швидкозмінних параметрів. Мотор-тестер дозволяє робити від ста тисяч вимірювань в секунду.

В якості прикладу розглянемо аналіз напруги бортової мережі під час запуску двигуна і роботі його на режимі холостого ходу. Вимірювання напруги буде відбуватися одночасно за допомогою мультимарочного сканера Бош і мотор-тестера. У вікні сканера (рис. 2.3) в якості параметрів, що відображаються, вибрано «Напруга батареї» і «Оберти двигуна».

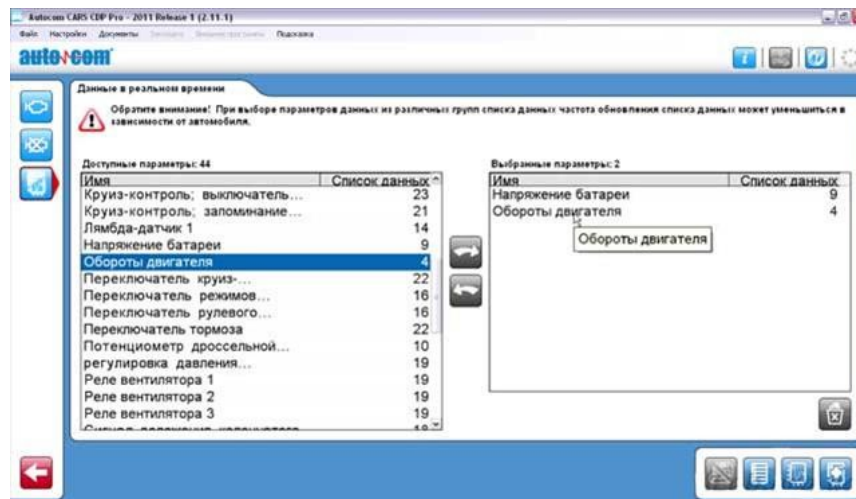


Рис. 2.3. Робоче вікно сканера

Вікно налаштування попереджує, що швидкість оновлення кожного параметра буде залежати від кількості обраних параметрів для одночасного відображення.

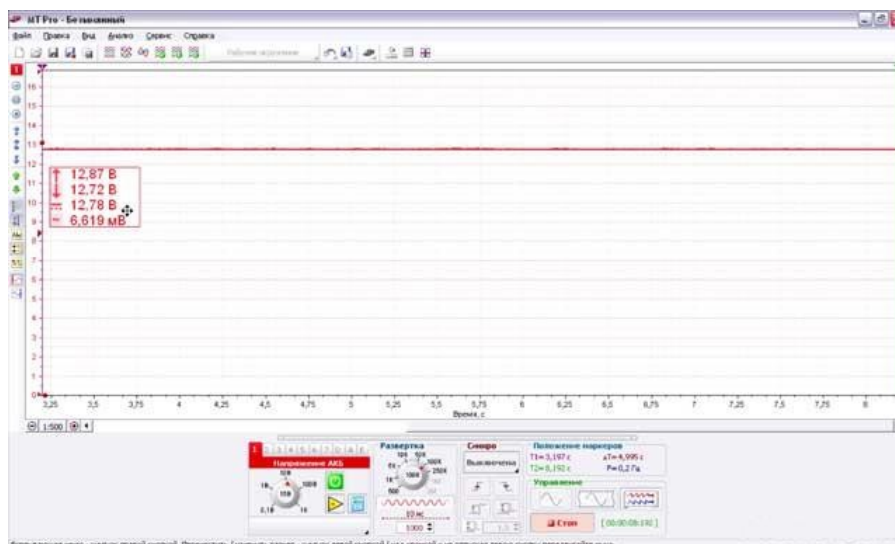


Рис. 2.4. Запис осцилограми напруги бортової мережі за допомогою мотор-тестера (двигун зупинений)

Двигун зупинений. Запускаємо запис осцилограми (рис. 2.4), Рівень напруги складає майже 12,8 В, що відповідає нормально зарядженій акумуляторній батареї. Тепер вмикаємо запис у вікні сканера (рис. 2.5).

Вибираємо режим відображення у вигляді графіків.

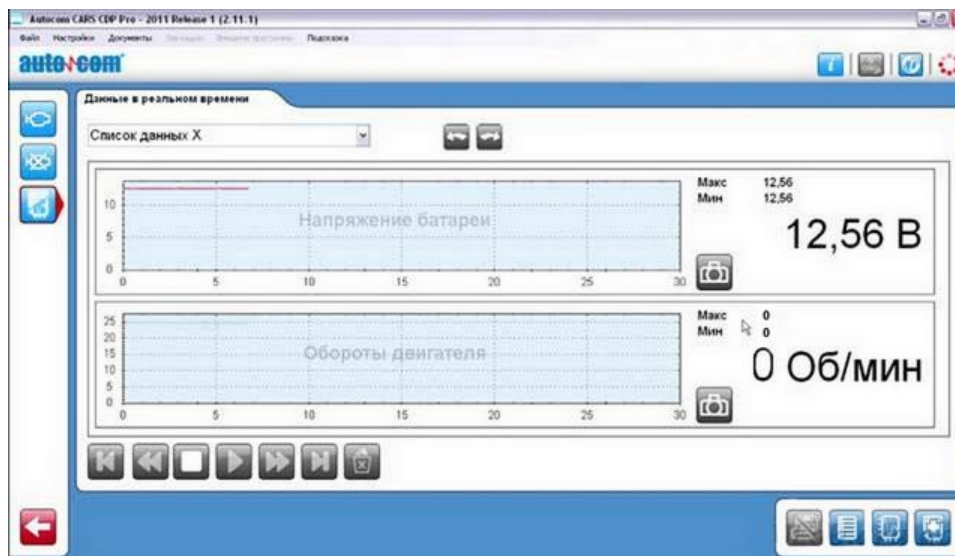


Рис. 2.5. Запис осцилограми напруги бортової мережі за допомогою сканера (двигун зупинений)

Можна спостерігати відмінності в отриманих даних стосовно постійної напруги. Причиною цього може бути те, що вимірювання напруги здійснюється в різних точках: щуп мотор-тестера підключений безпосередньо до клем акумуляторної батареї, а електронний блок показує напругу, яка приходить на його вхід. Оскільки різниця у даних невелика і ніяких симптомів несправності в роботі автомобіля не проявляються, то можна це ігнорувати.



Рис. 2.6. Запис осцилограми напруги бортової мережі за допомогою сканера (пуск двигуна і робота на режимі холостого ходу)

Запускаємо двигун. На рис. 2.6 за графіком «Оберти двигуна» можна спостерігати невелику ділянку, що відповідає роботі стартера, запуск двигуна і стабілізацію обертів колінчастого валу на режимі холостого ходу.

На графіку «Напруга батареї» видно зниження бортової напруги до рівня, приблизно, 10,5 В, потім плавне наростання до нормальної напруги роботи генератора 14,2...14,3 В. Зупиняємо запис і переходимо до вікна мотор-тестера (рис. 2.7).

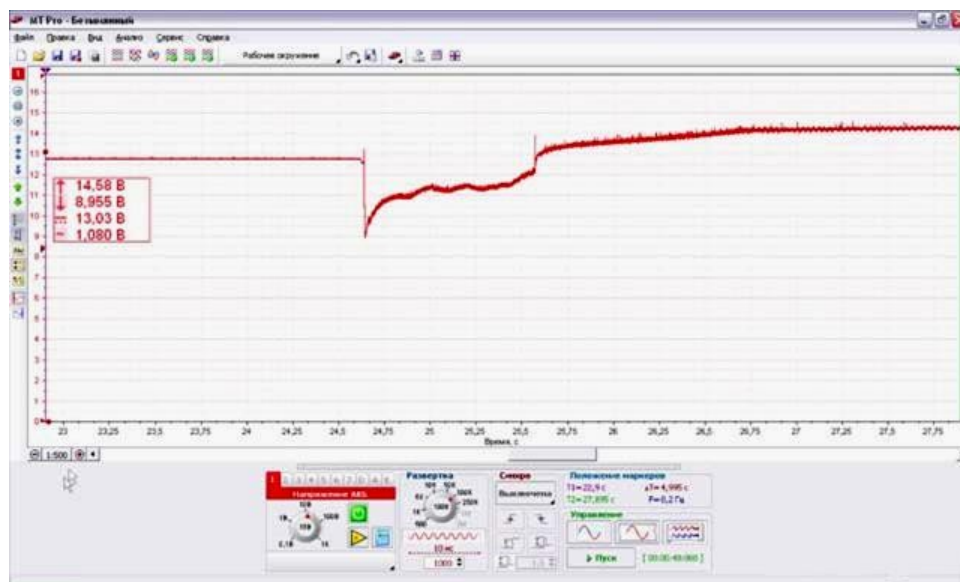


Рис. 2.7. Запис осцилограми напруги бортової мережі за допомогою мотор-тестера (пуск двигуна і робота на режимі холостого ходу)

Знаходимо ділянку запуску двигуна. Спостерігається явна схожість сигналів, але перше, що можна зазначити, це – наявність сходинок на графіку, отриманому сканером. Розмір цих сходинок і визначається часом оновлення параметра.

Із графіків чітко видно, що пік падіння напруги у момент включення стартера пропущений і насправді напруга знижувалася до 9 В. В деяких випадках за цим сигналом можна визначити справність акумуляторної батареї або стартера, а, якщо аналізувати сигнал при працюючій системі зарядки акумуляторної батареї, за пульсаціями напруги можна визначити справність генератора (рис. 2.8).

Основною перевагою сканера є простий доступ практично до всіх параметрів двигуна за допомогою під'єднання лише одного дроту сканера до діагностичного роз'єму. У разі використання мотор-тестера, необхідно власноруч підключати щуп осцилографа до відповідної точки електричних дротів для аналізу необхідного параметра. З іншого боку, мотор-тестер дозволяє проводити безпосереднє вимірювання і забезпечує отримання більш достовірних даних, незалежно від справності бортової мережі або ЕБУ. А

також, дозволяє проводити аналіз параметрів, які неможливо проконтролювати за допомогою сканера.

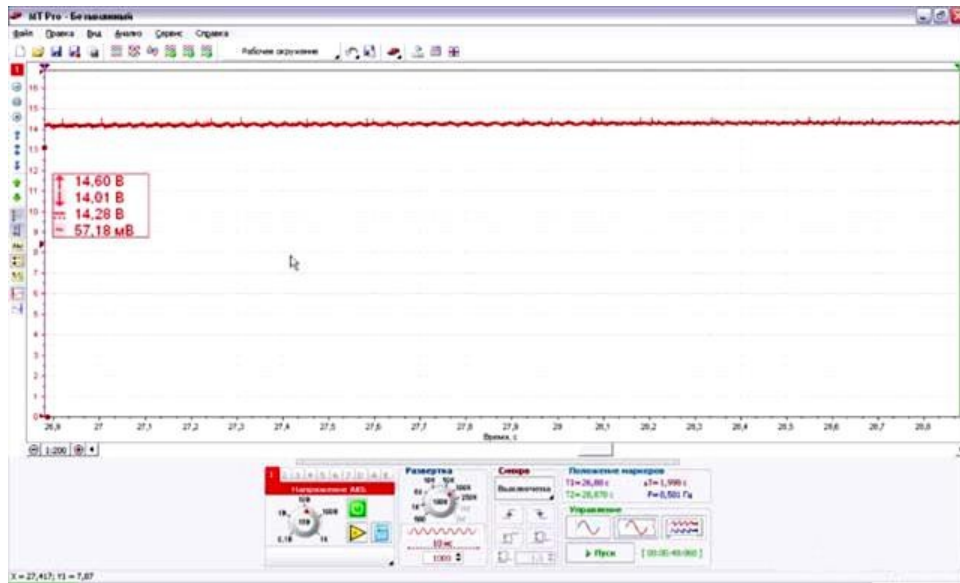


Рис. 2.8. Запис осцилограми напруги бортової мережі за допомогою мотор-тестера (двигун працює на режимі холостого ходу)

Мотор-тестер і сканер – два незамінні прилади в діагностиці сучасного двигуна, які не замінюють один одного, а доповнюють можливості кожного. Тому, для ефективної роботи, необхідно раціонально поєднувати можливості цих двох приладів.

2.3 Принцип оцінки технічного стану системи РВЗ ДВЗ за допомогою запропонованого методу діагностування

Широке застосування для управління бензиновими і дизельними двигунами внутрішнього згоряння (ДВЗ) електронних систем управління двигуном (ЕСУД) дозволило:

- оптимізувати роботу двигуна на різних швидкісних та навантажених режимах;
- покращити екологічні параметрів двигунів;
- зменшити витрати палива;
- зменшити потребу (або, й в загальні, позбавити потреби) у будь-яких ручних налаштуваннях систем запалювання та/або паливоподачі.

До складу ЕСУД входить значна кількість датчиків, інформація з яких використовуються для діагностування ДВЗ. Зазвичай, значення окремих параметрів двигуна в умовах експлуатації діагностується за допомогою сканерів, які дозволяють визначати значення параметрів на конкретних режимах роботи двигуна і відповідність цих значень значенням, що

встановлюються заводом-виробником (зазначені в нормативно-технічній документації). За допомогою сканерів також можна перевірити працездатність виконуючих пристроїв системи управління ДВЗ, подаючи на них управляючі сигнали.

Але не завжди значення параметрів, що використовують діагностичні сканери, відображають якісну картину несправностей, що виникли і вимагають проведення додаткових діагностичних операцій. З точки зору впливу окремих несправностей на якісну картину зміни деяких параметрів залежно від кута повороту колінчастого вала (кута ПКВ) може використовуватися частота обертання колінчастого вала.

Пропонований метод діагностування несправностей ДВЗ полягає в аналізі графіків миттєвої частоти обертання колінчастого вала двигуна. Суть методу полягає в побудові графіку залежності миттєвої частоти обертання колінчастого вала двигуна від кута ПКВ і зіставленні цього графіку з графіком, отриманим з несправного двигуна. На рис. 2.9 зображений графік зміни миттєвої частоти обертання колінчастого вала через проміжки в 6° ПКВ.

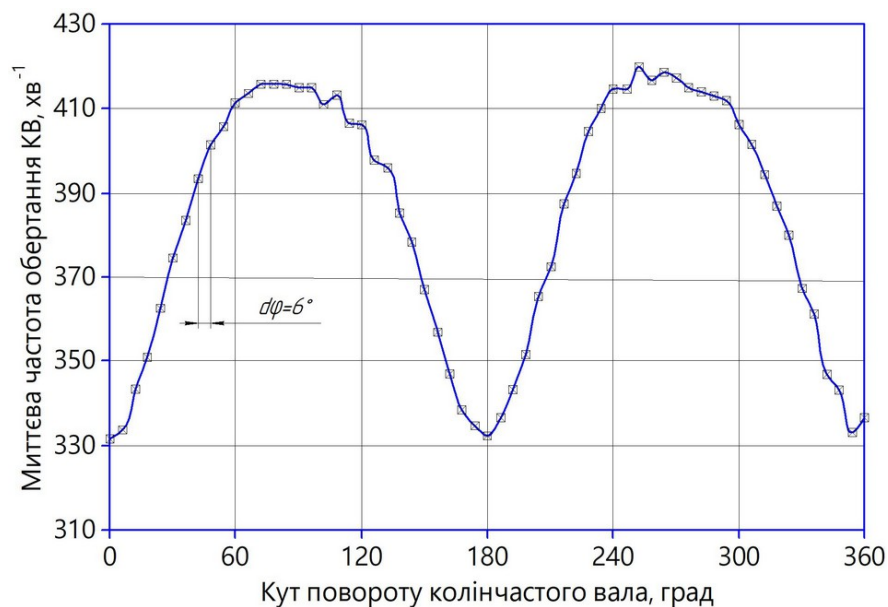


Рис. 2.9. Приклад графіка зміни миттєвої частоти обертання колінчастого вала через проміжки в 6° ПКВ

Побудова графіків зміни миттєвої частоти обертання колінчастого вала може здійснюватися за наступною схемою (рис. 2.10). Для реалізації запропонованого методу, як основний, використовується сигнал з датчика положення колінчастого вала (ДПКВ) і додатково сигнал на управління паливною форсункою першого циліндра – для синхронізації осцилограми з міткою першого циліндра. Сигнали з ДПКВ та на паливну форсунку першого циліндра подається на вхід USB-осцилографа паралельно електронному

блоку управління двигуном (ЕБУД). Далі оброблений в аналого-цифровому перетворювачі сигнал отримується і передається до ноутбуку, де за допомогою відповідного програмного забезпечення здійснюється його обробка. Таким чином, отримуємо можливість побудови графіків зміни миттєвої частоти обертання колінчастого вала залежно від кута ПКВ для подальшого аналізу технічного стану двигуна, що діагностується.

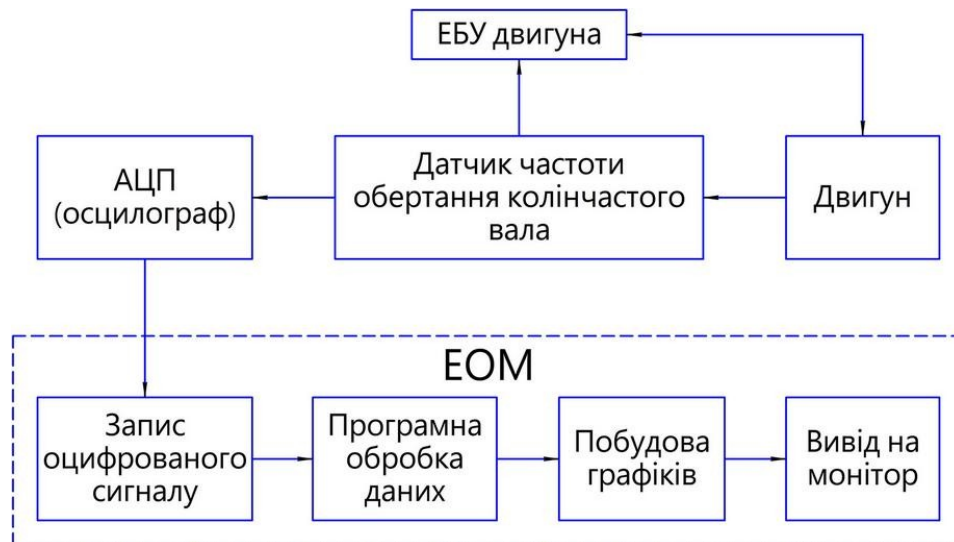


Рис. 2.10. Принципова схема побудови графіків зміни миттєвої частоти обертання колінчастого вала

В експлуатаційних умовах на матеріально-технічній базі СТО "CAR FIX" за допомогою цього методу було проведене діагностування двигунів різних автомобілів. Далі розглянемо результати діагностування двигунів.

Висновки до другого розділу

Пропонований метод діагностування є безпечним для електронного обладнання автомобіля, так як не потребує руйнування ізоляції дротів системи управління двигуном для зняття параметрів, що попереджує передчасний вихід з ладу електропроводки (окислення, руйнування струмонесучих жил дроту). Мотор-тестер підключається до роз'ємів датчиків і виконавчих механізмів за допомогою спеціальних щупів, які проходять між ущільнювачами електричних роз'ємів і дротами.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ З ДІАГНОСТУВАННЯ ДВЗ

3.1 Результати діагностування системи EGR

Для різних систем рециркуляції відпрацьованих газів система управління двигуном за різними методами визначає справність клапану рециркуляції. Розглянемо дві найбільш розповсюджених методи: за показами диференційного датчику тиску в каналі відпрацьованих газів від випускного тракту до впускного колектора та за показами витратоміру повітря.

За показами диференційного датчику тиску в каналі відпрацьованих газів від випускного тракту до впускного колектора, наприклад, визначає справність клапану рециркуляції система управління двигуном більшості автомобілів Форд. Тому для діагностики було обрано Форд Мондео 4-го покоління 2012 р.в. з двигуном KGBA робочим об'ємом 1,6 л.

Так, на рис. 3.1 представлено графік зміни сигналу датчику тиску системи рециркуляції 4-циліндрового рядного двигуна моделі KGBA з робочим об'ємом 1,6 л. автомобіля Ford Mondeo IV при частково негерметичному клапані рециркуляції.

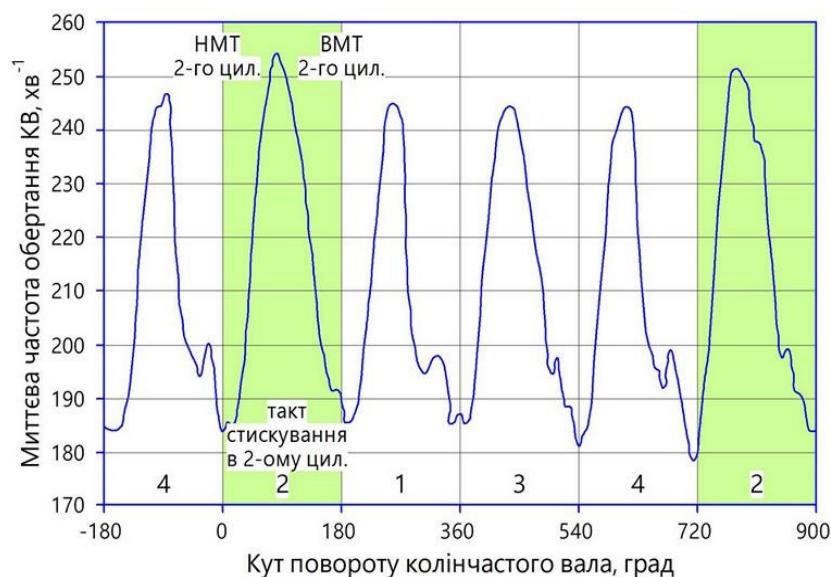


Рис. 3.1. Графік зміни сигналу датчику тиску системи рециркуляції двигуна моделі KGBA з робочим об'ємом 1,6 л автомобіля Ford Mondeo IV при частково негерметичному клапані рециркуляції

Для порівняння на рис. 3.2 представлено графік зміни сигналу датчику тиску системи рециркуляції 4-циліндрового рядного двигуна моделі KGBA з робочим об'ємом 1,6 л. автомобіля Ford Mondeo IV при справному клапані рециркуляції.



Рис. 3.2. Графік зміни сигналу датчику тиску системи рециркуляції двигуна моделі KGBA з робочим об'ємом 1,6 л автомобіля Ford Mondeo IV при справному клапані рециркуляції

За показами витратоміру повітря, наприклад, визначає справність клапану рециркуляції система управління двигуном більшості автомобілів БМВ. Тому для діагностики було обрано BMW X5 f15 20D 2018 р.в. з двигуном робочим об'ємом 2,0 л.

Так, на рис. 3.3 представлено графік зміни сигналу датчику-витратоміру повітря 4-циліндрового рядного двигуна з робочим об'ємом 2,0 л автомобіля BMW X5 f15 20D при негерметичному клапані рециркуляції.



Рис. 3.3. Графік зміни сигналу датчику-витратоміру повітря 4-циліндрового рядного двигуна з робочим об'ємом 2,0 л автомобіля BMW X5 f15 20D при негерметичному клапані рециркуляції



Рис. 3.4. Графік зміни сигналу датчику-витратоміру повітря 4-циліндрового рядного двигуна з робочим об'ємом 2,0 л автомобіля BMW X5 f15 20D при справному клапані рециркуляції

Для порівняння на рис. 3.4 представлено графік зміни сигналу датчику-витратоміру повітря 4-циліндрового рядного двигуна з робочим об'ємом 2,0 л автомобіля BMW X5 f15 20D при справному клапані рециркуляції.

3.2 Результати діагностування форсунок

На рис. 3.5 показано, як забруднення однієї з паливних форсунок впливає на протікання робочих процесів в двигуні. Об'єктом діагностування слугував двигун моделі Z22SE з робочим об'ємом 2,2 л. автомобіля Opel Vectra C, у якого при роботі на холостому ході з'явилися пропуски займання. На графіку чітко видно збої в роботі 2-го циліндра, які сталися в результаті недостатньої пропускної спроможності паливної форсунки і порушення її паливного факела.

Варто зазначити, що відрізнити несправну паливну форсунку від пропуску займання на конкретному циліндрі можна на режимі вільного прискорення, як показано на рис. 3.5. Якщо причиною пропусків займання є забруднення форсунки, то, як правило, на режимі вільного прискорення пропуски займання відразу ж припиняються, на відміну від випадку з несправністю системи запалювання.

З цим двигуном було проведено експеримент, в ході якого після проведення процедури ультразвукової очистки паливних форсунок, за тією ж методикою знову були зняті відповідні графіки зміни миттєвої частоти обертання колінчастого вала при роботі двигуна на холостому ході.



Рис. 3.5. Графік зміни миттєвої частоти обертання КВ двигуна Опель Z22SE з несправністю паливної форсунки 2-го циліндра на режимі вільного прискорення

В результаті на рис. 3.6-3.10 можна спостерігати, як впливало забруднення паливної апаратури на якісну картину приведених графіків.

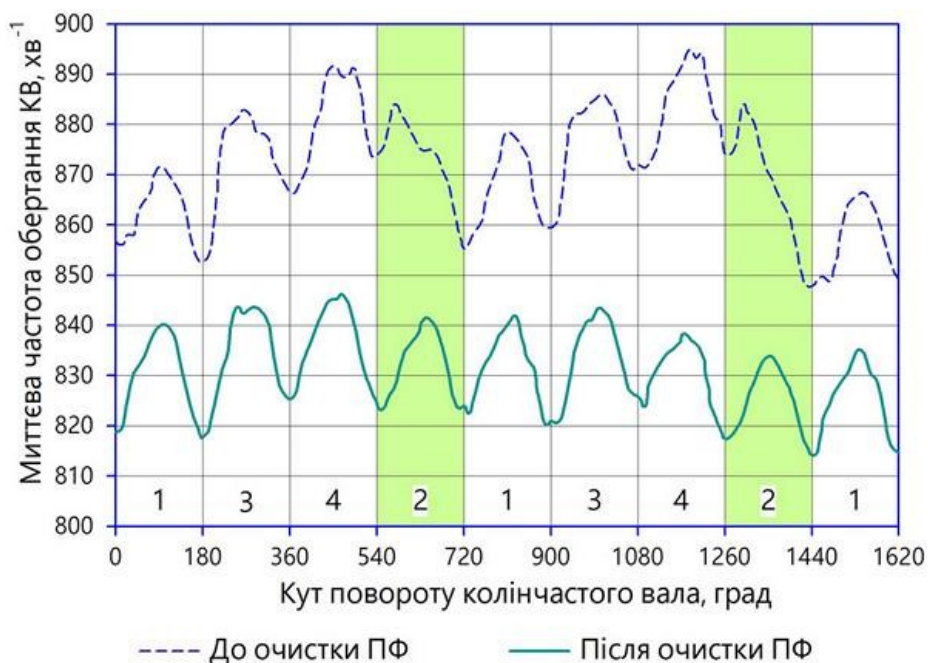


Рис. 3.6. Графік зміни миттєвої частоти обертання КВ двигуна Опель Z22SE на режимі холостого ходу до та після ультразвукової очистки форсунок

На рис. 3.6 показані два графіки зміни миттєвої частоти обертання колінчастого вала з усіма працюючими циліндрами до ультразвукової

очистки паливних форсунок (пунктирна крива) і після очищення (суцільна крива).



Рис. 3.7. Графік зміни миттєвої частоти обертання КВ двигуна K4J740 автомобіля Renault Megane II до та після ультразвукової очистки форсунок з відключенням 1-ім циліндром

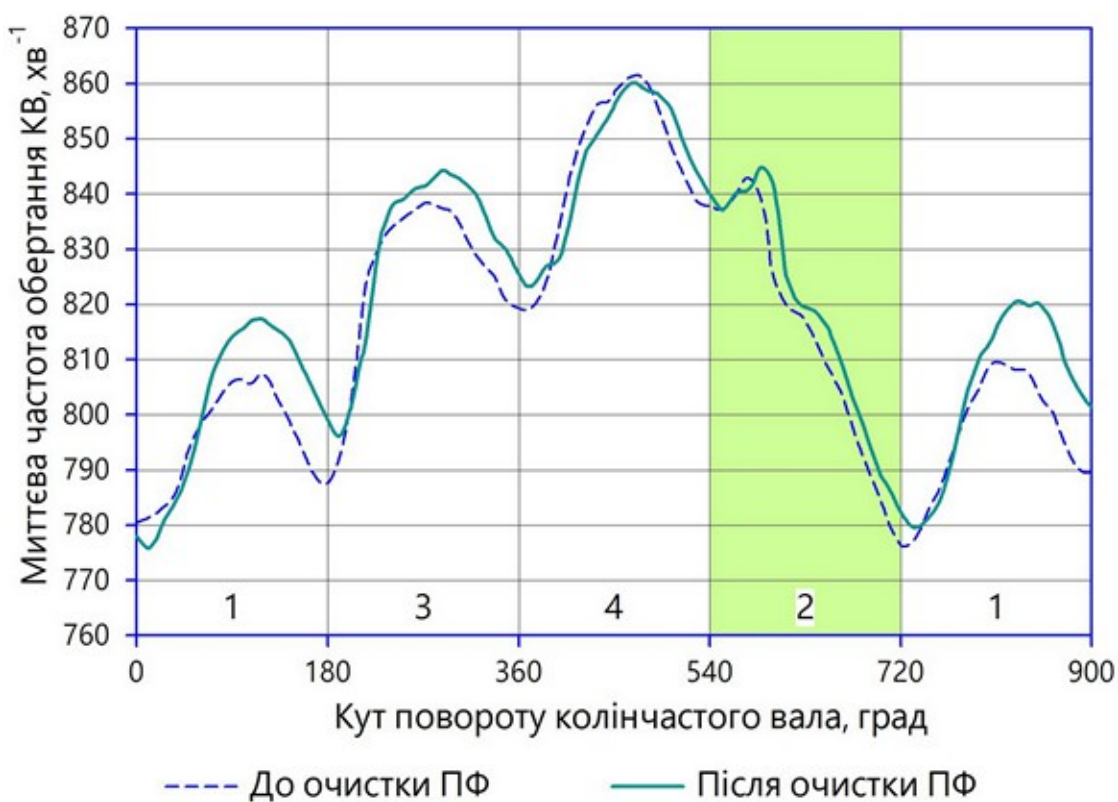


Рис. 3.8. Графік зміни миттєвої частоти обертання КВ двигуна K4J740 автомобіля Renault Megane II до та після ультразвукової очистки форсунок з відключенням 2-им циліндром

Внаслідок чого на 2-му графіку повністю зникли пропуски займання в 2-му циліндрі, в той же час відбулося зниження середньої частоти обертання колінчастого вала на холостому ході.

На інших графіках (рис. 3.7-3.10) можна спостерігати, як поводить себе циліндр із забрудненим інжектором та після ультразвукової чистки форсунок при почерговому відключенні кожного з циліндрів.

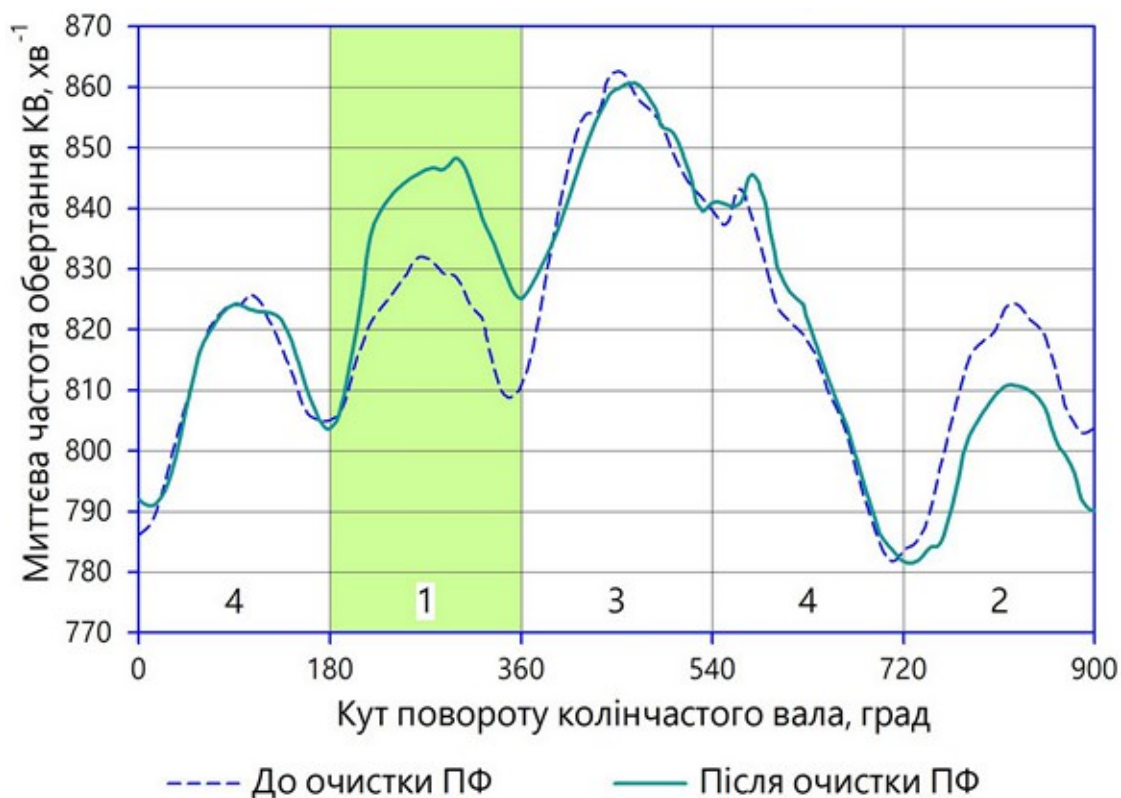


Рис. 3.9. Графік зміни миттєвої частоти обертання КВ двигуна Z22SE до та після ультразвукової чистки форсунок з відключеним 1-м циліндром

3.3 Результати діагностування системи регулювання фаз

Розглянемо приклад роботи 6-циліндрового рядного двигуна моделі M50B25TU з робочим об'ємом 2,5 л автомобіля BMW 525 (E34). Особливістю даного двигуна є застосування системи регулювання фаз впускного розподільного вала, відомої під назвою VANOS. На рис. 3.11 приведений графік зміни миттєвої частоти обертання колінчастого вала при роботі двигуна на холостому ході.

З графіку видно, що зміна частоти обертання колінчастого вала з напівперіодом 720° ПКВ носить синусоїдальний характер. Особливістю цього графіку є те, що збільшення і зменшення частоти обертання колінчастого вала відбувається, починаючи із займання робочої суміші в першому циліндрі. Це пов'язано з алгоритмом управління цикловою подачею палива в двигун. Такий характер графіку пояснюється рядом логічно

пов'язаних процесів, викликаних несправністю механізму регулювання фаз ГРМ (VANOS).



Рис. 3.10 Графік зміни миттєвої частоти обертання КВ двигуна Z22SE до та після ультразвукової очистки форсунок з відключеним 2-им циліндром

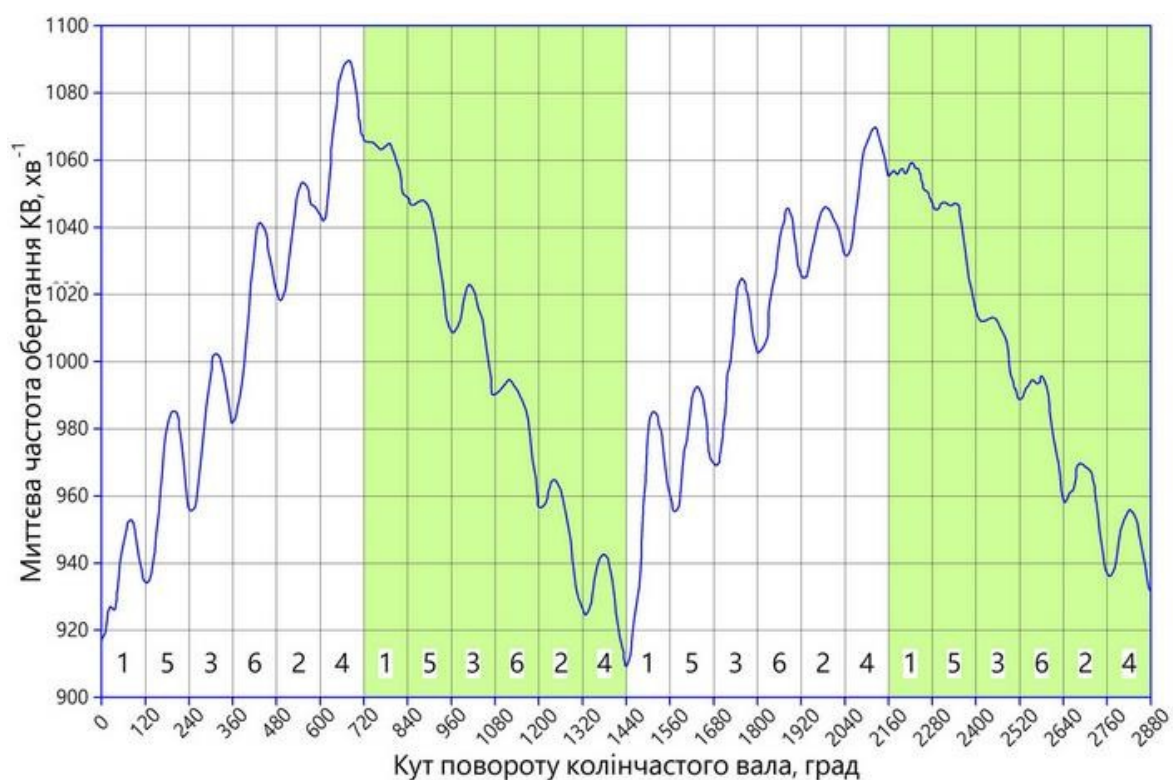


Рис. 3.11. Графік зміни миттєвої частоти обертання КВ двигуна БМВ M50B25TU на режимі холостого ходу з несправною системою регулювання

фаз ГРМ

У разі заклинювання плунжера поворотного механізму розподільного вала відбувається погіршення наповнення циліндрів двигуна свіжим зарядом на режимі холостого ходу. В результаті цього порушується робота системи підтримки частоти обертання колінчастого вала двигуна на режимі холостого ходу. Регулятором холостого ходу і кут випередження запалювання, що змінюється, не в змозі точно підтримувати необхідну частоту обертання колінчастого вала двигуна на холостому ходу.

Тому ЕБУД включає механізм грубішого регулювання, що полягає у зміні циклової подачі палива. При цьому, починаючи з 1-го циліндра, відбувається збільшення циклової подачі у першому напівперіоді кута ПКВ. А у другому напівперіоді кута ПКВ відбувається зменшення циклової подачі палива, що викликає синусоїдальний характер зміни частоти обертання колінчастого вала двигуна. На рис. 3.12 показаний графік роботи двигуна зі справним механізмом регулювання фаз ГРМ.

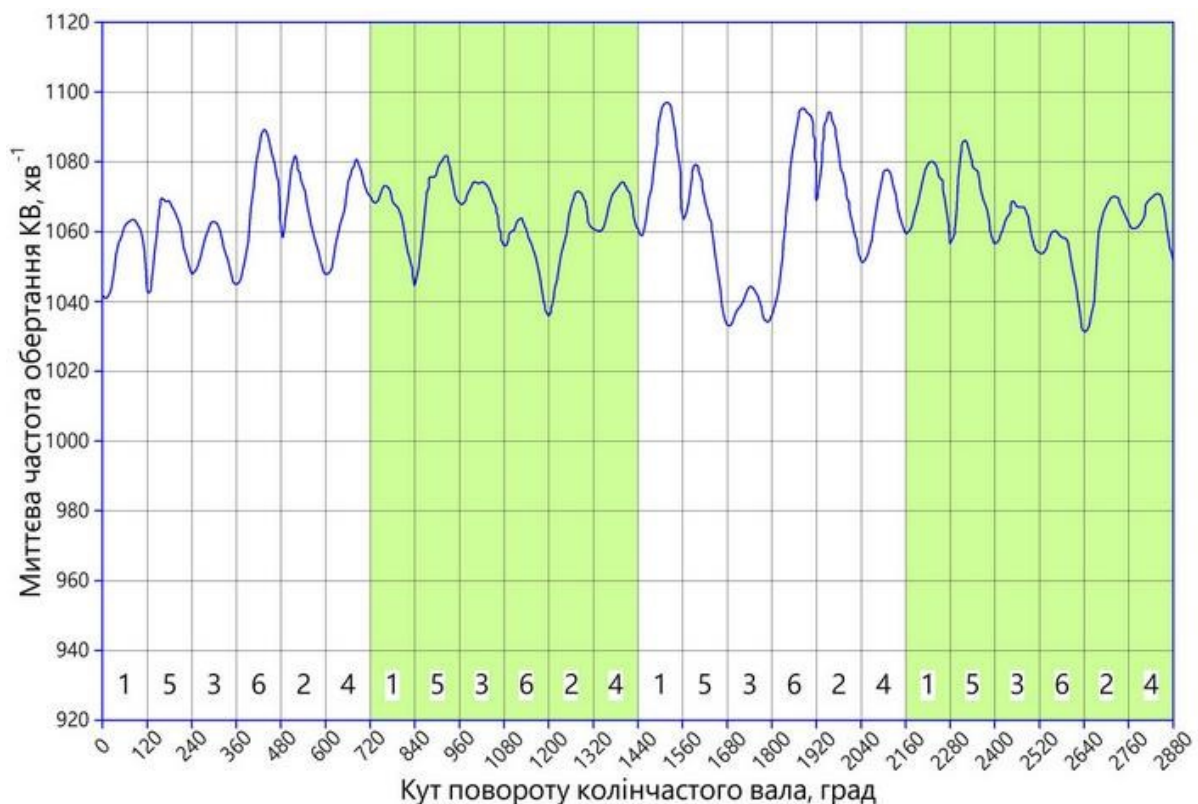


Рис. 3.12. Графік зміни миттєвої частоти обертання КВ двигуна БМВ М50В25ТУ на режимі холостого ходу зі справною системою регулювання фаз ГРМ

Висновки до третього розділу

Організовані та проведені дослідження щодо визначення технічного

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

стану ДВЗ запропонованим методом (за миттєвим значенням частоти обертання колінчастого вала ДВЗ) дозволили сформулювати висновки, що пропонований метод діагностування систем EGR можна застосовувати як для бензинових, так і для дизельних двигунів з електронною системою управління. До того ж, при діагностуванні дизельних двигунів пропонованим методом не має потреби в демонтажі паливних форсунок або свічок накаливання.

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ДІАГНОСТУВАННЯ ДВЗ ТА РАЦІОНАЛЬНОГО РОБОЧОГО МІСЦЯ ДІАГНОСТА

4.1. Організація діагностування автомобіля

Добре організований процес діагностування дає значний економічний ефект і забезпечує безпеку експлуатації автомобілів. Наприклад, розосередження діагностичного устаткування між спеціалізованими постами лінії ТО або на тупикових постах дозволяє проводити перевірку агрегатів і механізмів, усунення виявлених несправностей та контроль якості виконаних робіт безпосередньо на постах ТО або ремонту. Таке діагностування відноситься до поглибленого (Д₂).

В організації технічного діагностування на СТО і АТП є деякі особливості. На невеликих АТП недоцільний розрив між виявленням несправностей і місцем їх усунення. У всіх випадках слід прагнути до повнішого завантаження засобів діагностування, максимально знижувати непродуктивні витрати засобів і робочої сили. Слід враховувати використання засобів діагностування при раптових відмовах КТЗ, що неможливо планувати, а також постів діагностування при сезонних і контрольних оглядах автомобілів. Дотримуючи оптимальну послідовність вимірювання параметрів, можна в 1,5...2 рази знизити трудомісткість робіт при діагностуванні автомобіля.

Технічне діагностування проводять при введенні КТЗ в експлуатацію, при технічному обслуговуванні і ремонті КТЗ. Результати кожного діагностування заносять в діагностичну і накопичувальну карти.

Діагностування автомобілів на СТО, як мінімум повинне забезпечувати перевірку технічного стану в об'ємі вимог «Правил дорожнього руху» до автомобіля. Обов'язковою у всіх випадках є перевірка роботи агрегатів і систем автомобіля на ходу. Особливої уваги вимагають органи керування, прилади освітлення і сигналізації, міцність кріплення всіх агрегатів і механізмів (приладів) та їх комплектність.

На СТО, як правило, спостерігається забезпечення технологічного процесу мінімальною кількістю діагностичних засобів. Діагностування елементів системи живлення, електрообладнання, та двигуна в цілому організується на тупикових постах у рамках Д₁ і Д₂. Діагностування ходової частини, рульового керування та гальмівної системи ділиться на дві частини: Д₁ організується на проїзних або тупикових постах, використовуючи діагностичні лінії, Д₂ організується безпосередньо на постах ТО та ремонту, крім основних постів, як правило, передбачається стенд для діагностування

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

та регулювання кутів встановлення коліс автомобіля.

4.2. Розробка технологічного процесу діагностування ДВЗ

Проектування технологічного процесу діагностування систем ДВЗ автомобілів включає виконання наступних робіт: вибір методів раціонального діагностування, вивчення конструкції систем ДВЗ, визначення змісту діагностичних операцій, встановлення режимів діагностування і норм часу на виконання операцій; розробку завдання і конструювання необхідного інструменту, пристосувань та устаткування, призначення технічних умов на діагностування відповідних систем двигуна, розробку і оформлення технічної документації.

У конкретному випадку процес розроблений на основі розрахункових норм часу на діагностування [13]. Повний об'єм робіт включає всі операції, що пов'язані з підготовчими та заключними роботами технологічного процесу (встановлення автомобіля на пост, підключення необхідних діагностичних приладів, переміщення автомобіля з поста на пост та ін.).

Поелементні нормативи часу на діагностичні роботи – це регламентовані величини витрат робочого часу на виконання окремих елементів операцій раціональних організаційно-технічних в технологічних умовах виконання робіт.

Таблиці нормативів призначені для розрахунку технічно обґрунтованих норм часу на діагностування автомобіля в умовах дрібносерійного і одиничного виробництва. При цьому враховані наступні умови:

1. забезпеченість робочого необхідним інструментом;
2. забезпеченість робочого необхідними пристосуваннями;
3. забезпеченість робочого необхідним оснащенням;
4. забезпеченість необхідним підйомно-транспортним устаткуванням;
5. забезпечення раціональною організацією робочого місця.

Нормативи розраховуються для виконання робіт при зручному положенні робочого, рух виконавця нічим не обмежений. При відхиленні від нормативних умов роботи необхідно враховувати поправочні коефіцієнти. Кількість діагностів з розрядом не нижче четвертого вибирають у залежності від технологічних особливостей виконуваних робіт.

Під час проходження практики на СТО «CAR FIX» за допомогою хронометражу здійсненні заміри часу, що витрачається під час діагностування ДВЗ із використанням діагностичного комплексу мотор-тестера, та без нього за рівних умов. Загальний час діагностування систем двигуна на спеціалізованому посту склав: без використання мотор-тестера – 37,2 хв, з використанням мотор-тестера – 24,6 хв.

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

4.3. Характеристика робочого місця діагноста

Розглянемо робочий пост діагноста у структурі повного робочого циклу, пов'язаного з діагностуванням, ремонтом та обслуговуванням двигуна.

Робочим місцем називається частина виробничої площі цеху, де розташовані верстати, пристрої, інструменти, заготовки і інше. Від правильної організації робочого місця й праці робітника залежить його продуктивність й якість виконаної роботи. На робочому місці повинні перебувати тільки ті інструменти, пристосування й заготовки, які необхідні для виконання даної роботи. Всі інші предмети необхідно зберігати на стелажах або в інструментальній шафі з полками й окремими комірками.

Інструмент, що зберігається в інструментальній шафі, повинен бути розкладений за типорозмірами. Дрібний інструмент варто поміщати у верхніх комірках, більший і рідко застосовуваний – у нижніх.

Вимірювальний інструмент потрібно зберігати окремо від ріжучого, виділивши для нього спеціальне місце в інструментальній шафі. Обтиральний матеріал, щітки, шкребки рекомендується зберігати в окремому ящику. Інструменти й пристрої, якими робітник користується частіше, варто класти ближче, якими користується рідше – далі.

У спеціалізованому відділенні для діагностування та ремонту елементів електрообладнання автомобілів розташовується пост діагностики систем двигуна на автомобілі, для цього підібране наступне обладнання – підйомник, шафа для приладів, автомобільний осцилограф мотор-тестер, інструмент слюсаря-електрика, прилад для діагностування працездатності та якості регулювання фар, також передбачені стіл зі стільцем для оформлення документації.

Працездатність свічок запалювання або свічок накали перевіряється на спеціальному приладі, де попередньо вони очищуються, стартер та генератор знімаються з автомобіля та випробуються на стенді, ремонтні роботи проводяться з використанням стенда для розбирання та очищування деталей вузлів, верстата, прилаштованого до ремонту електрообладнання, а також прилади та пристосування для діагностування та ремонту складових електрообладнання. Культура праці на посту діагностики забезпечується скринею для дрантя, а також скринею для використаного дрантя. Для пожежної безпеки передбачено застосування ящика з піском та вогнегасника. На робочому місці діагноста повинні бути забезпечені раціональне освітлення, нормальна температура, вологість, чистота повітря й ін.

У подальших розрахунках організуємо робоче місце діагноста-

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

електрика, що спеціалізується наступними роботами: діагностування та ремонт елементів систем двигуна (70%), діагностування та ремонт елементів системи пуску двигуна (генератор, стартер), 10%), діагностування та ремонт приладів освітлення (фари, сигналізація, у салоні), 15%), діагностування та ремонт вимірювальних приладів (5%). У дужках вказано розподіл загального часу роботи діагноста за видами робіт.

4.4. Зміст робіт, що виконуються, з розбивкою на елементи виробничого циклу

Час ділиться на основний, допоміжний, додатковий й підготовчо-заклучний. Нормативи витрат робочого часу залежать від характеру виконуваних технологічних операцій і типу виробництва.

1) Знаходимо оперативний час:

Оперативний час складається з основного та допоміжного часу. У відповідності з КЗпП тривалість робочої зміни без врахування перерви на обід та відпочинок складає 480 хв. Час на перерву для обіду та відпочинку приймаємо 30 хв. Тривалість робочої зміни $T_{зм} = 510$ хв, оперативний час складає 82...87% від загального часу, тобто попередньо:

$$T_{оп} = 0,86 \cdot T_{зм} = 0,86 \cdot 510 = 438 \text{ хв.} \quad (4.1)$$

2) Знаходимо основний та допоміжний час:

На діагностування систем ДВЗ автомобіля час розподіляється наступним чином: допоміжний час, що доводиться на один автомобіль складає – 13 хв.; основний час, пов'язаний з діагностуванням систем ДВЗ: без використання мотор-тестера складає – 53,3 хв., а з використанням – 35,3 хв. Тобто загальний допоміжний час складе: без мотор-тестера – 78 хв., із мотор-тестером – 104 хв., а загальний основний час: без мотор-тестера – 319,8 хв., із мотор-тестером – 282,4 хв. При цьому оперативний час складе: без мотор-тестера – 397,8 хв. при діагностуванні шести автомобілів за зміну, із мотор-тестером – 386,4 хв. при діагностуванні восьми автомобілів за зміну.

3) Знаходимо додатковий час:

для такого виду робіт додатковий час становить 10,8 % від оперативного часу, тобто:

$$\text{– без мотор-тестера: } T_{доод} = 0,11 \cdot T_{оп} = 0,11 \cdot 397,8 = 44,1 \text{ хв;} \quad (4.2)$$

$$\text{– із мотор-тестером: } T_{доод} = 0,14 \cdot T_{оп} = 0,14 \cdot 386,4 = 55,8 \text{ хв;} \quad (4.3)$$

4) Знаходимо час регламентованих перерв:

час регламентованих перерв знаходиться у розмірі 1,5...4,5% від тривалості робочої зміни, залежно від категорії важкості праці:

$$\text{– без мотор-тестера: } T_{рег} = 0,018 \cdot T_{зм} = 0,016 \cdot 510 = 8,1 \text{ хв.} \quad (4.4)$$

$$\text{– із мотор-тестером: } T_{рег} = 0,018 \cdot T_{зм} = 0,015 \cdot 510 = 7,8 \text{ хв.} \quad (4.5)$$

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

5) Знаходимо час організаційно-технічного обслуговування:
 час організаційно-технічного обслуговування знаходиться як різниця між додатковим часом і часом регламентованих перерв:

$$- \text{ без мотор-тестера: } T_{ото} = T_{доп} - T_{рег} = 44,1 - 8,1 = 36 \text{ хв.} \quad (4.6)$$

$$- \text{ із мотор-тестером: } T_{ото} = T_{доп} - T_{рег} = 55,8 - 7,8 = 48 \text{ хв.} \quad (4.7)$$

6) Знаходимо підготовчо-заключний час:
 підготовчо-заключний час становить $4 \div 10\%$ від тривалості робочої зміни
 $T_{п-з} = 0,059 \cdot T_{зм} = 0,059 \cdot 510 = 30 \text{ хв.}$ (4.8)

Сума оперативного, допоміжного часу, часу організаційно-технічного обслуговування, часу регламентованих перерв і підготовчо-заключного часу повинна скласти тривалість робочої зміни на даному посту.

4.5. Визначення параметрів поста діагностики

1. Вихідні дані

СТО «CAR FIX» працює 305 днів на рік, тривалість робочої зміни – 8,2 години, робота в одну зміну. Середньостатистичне значення річної трудомісткості робіт сервісного центру склала 36000 люд.-год., з них 5% доводиться на роботи поста діагноста.

2. Трудомісткість, що доводиться на діагностичні роботи:

$$T_d = T_{СТО} \cdot 0,05 = 36000 \cdot 0,05 = 1800 \text{ чол. – год.} \quad (4.9)$$

3. Явочна кількість робітників:

$$m_{яв} = \frac{T_p}{\Phi_{нр} \cdot K_{пв}} = \frac{1800}{2140 \cdot 1,15} = 0,73, \quad (4.10)$$

де $T_{p(i)}$ – річний об'єм робіт по відповідних зонах і ділянкам;

$\Phi_{н.р.}$ – річний номінальний фонд робочого часу (у годинниках);

$K_{пв} = 1,15$ – коефіцієнт перевиконання норм виробітку.

$$\Phi_{нр} = [K - (B + П)] \cdot t_{зм} - П_p = [365 - (8 + 94)] \cdot 8,2 - 1 = 2140 \quad (4.11)$$

де K – кількість календарних днів у році;

$П$ – кількість святкових днів у році;

B – кількість вихідних днів;

$t_{зм}$ – тривалість робочої зміни;

$П_p$ – кількість годин за рік, на які скорочується робочий день у передсвяткові дні;

$t_{зм} = 8.2 \text{ год}$ – для всіх робітників;

3) Облікова кількість робочих

$$m_{сп1} = \frac{T_p}{\Phi_{др} \cdot K_{пв}} = \frac{1800}{1935 \cdot 1,15} = 0,81, \quad (4.12)$$

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

де. $\Phi_{\partial, p}$ – річний дійсний фонд робочого часу.

$$\Phi_{\text{др}} = (\Phi_{\text{нр}} - t_o \cdot t_{\text{зм}}) \cdot \beta = (2140 - 18 \cdot 8,2) \cdot 0,97 = 1932 \quad (4.13)$$

де $t_o = 18$ днів – кількість днів відпочинку для робітників всіх професій, крім малярів, акумуляторщик, зварників, ковалів, вулканізаторщик;
 $\beta = 0,97$ – коефіцієнт, що враховує втрати робочого часу за поважними причинами;

Остаточню приймаємо явочну та облікову кількість робітників 1.

4) Так як для потреб СТО за похідними даними для обслуговування електротехнічної ділянки необхідна одна людина, то вибираємо один пост, який обладнаний підйомником для здійснення поглибленого діагностування та ремонту елементів електрообладнання та діагностування систем ДВЗ.

5) Визначення номінального річного фонду часу роботи устаткування.

$$\Phi_{\text{нр}} = [K - (B + П)] \cdot t_{\text{зм}} \cdot y - П_p = [365 - (104 + 11)] \cdot 8,2 \cdot 1 = 2040 \quad (4.14)$$

де $y = 1$ – кількість змін роботи устаткування.

6) Визначення мінімальної кількості одиниць основного устаткування:

$$X_d = \frac{T_{\text{ді}}}{\Phi_{\text{п}} \cdot m_{\text{п}}} = \frac{1800}{2040 \cdot 1} = 0,88, \quad (4.15)$$

де m – кількість робочих, що працюють на даному устаткуванні.

При виборі устаткування використовуємо «Табель технологічного устаткування і спеціалізованого інструменту» та джерела у вигляді інтернет-ресурсу.

7) Визначення площі поста діагноста:

$$F = f \cdot X \cdot K = 67,1 \cdot 1,2 = 80,05 \text{ м}^2, \quad (4.16)$$

де f_a – площа, яку займає автомобіль у плані, м²;

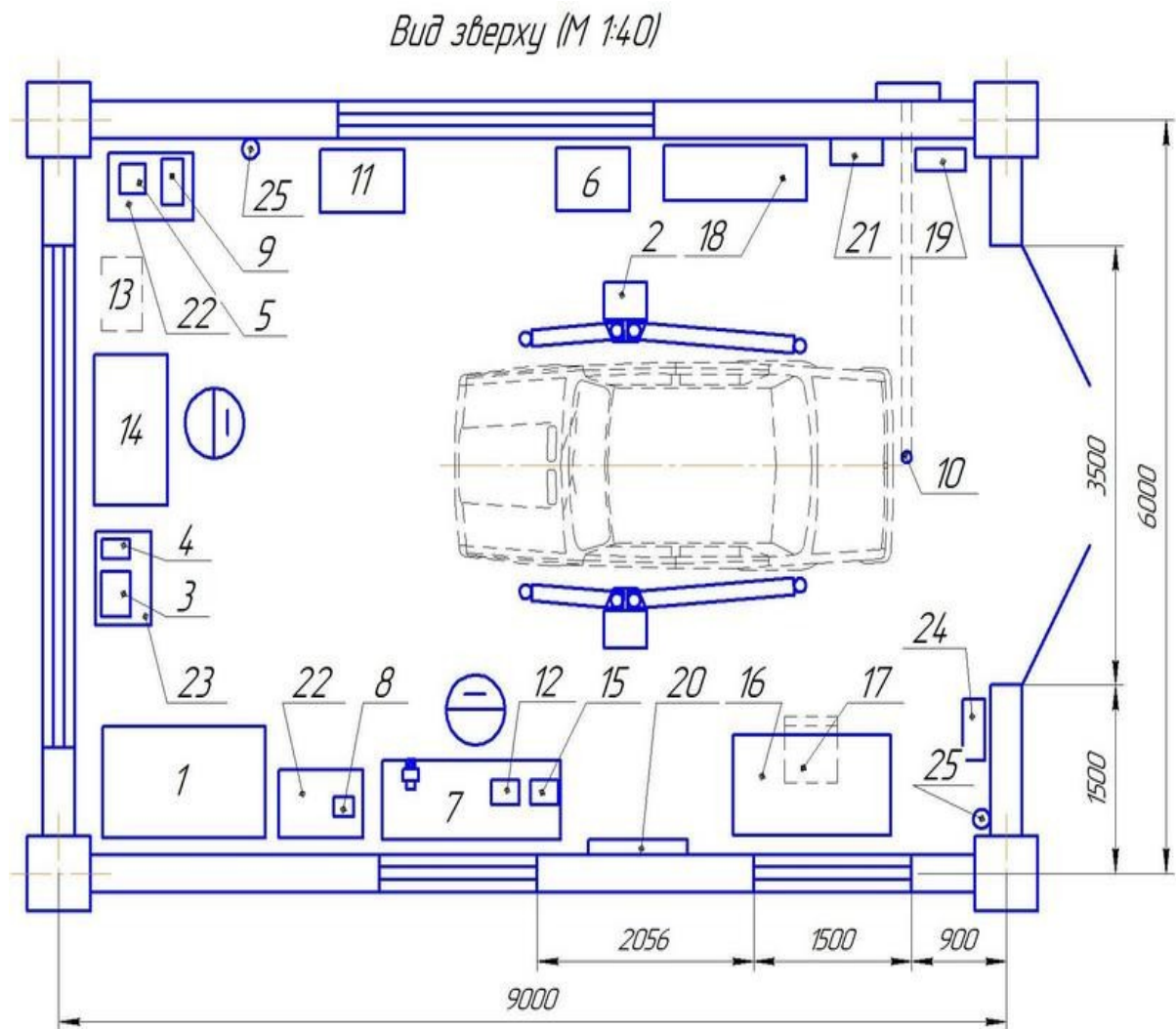
$X_{3,i}$ – кількість постів;

K_n – коефіцієнт щільності розстановки постів (одностороннє розташування).

Остаточну площі зони діагностики за результатами розробки схеми приймаємо 200 м² (20м x 10м).

На рис. 4.1 представлено робоче місце діагноста. Планувальне рішення і розміри поста діагноста залежить від обраної будівельної сітки колон (кроку колон і ширини прольотів, облаштування поста.

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59



1 – універсальний контрольно-випробувальний стенд УКС-60; 2 – підйомник Guangle GL-3,2-2E; 3 – ноутбук; 4 – осцилограф мотор-тестер; 5 – верстат свердлильний; 6 – верстат для проточки колекторів; 7 – верстак слюсарний; 8 – прилад для очищення та перевірки свічок запалювання; 9 – рейковий ручний прес; 10 – прилад для відведення відпрацьованих газів ВП-3; 11 – токарний верстат; 12 – прилад для перевірки генераторів; 13 – прилад для перевірки фар; 14 - установка для розбирання деталей; 15 – прилад для перевірки КВП; 16 – стіл для документації; 17 – стілець; 18 – інструментальна шафа; 19 – скриня для дрантя; 20 – планшет для операційних карт; 21 – розподільча щитова; 22 – стіл під обладнання та деталі; 23 – стійка під ноутбук з мотор-тестером; 24 – ящик з піском; 25 – вогнегасник ОП5.

Рис. 4.1 Робоче місце діагноста (вид зверху)

За взаємним розташуванням вибираємо тупикові пости – для одиночних автомобілів як легкових, так і вантажних особливо малого класу. Пост розташований під прямим кутом до сітки колон. Розміри приміщення діагностичного відділення залежать від максимального параметру довжини і

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

ширина автомобіля, та площі, яку займає обладнання.

4.6. Безпека праці при визначенні технічного стану високовольтних дротів

Діагностування високовольтних (ВВ) дротів системи запалювання двигуна, не використовуючи спеціального обладнання, здійснюється шляхом перевірки виникнення іскри, але ця дія не є небезпечною. Тому необхідно для цієї мети використовувати спеціальні пристосування. Розглянемо один з них.

Як відомо, іскровий проміжок свічки запалювання складає близько 1 мм (від 0,7 до 1,2 мм). Прийнемо тиск в циліндрі в кінці такту стиснення рівним 10 атм. Напруга пробою 1 см повітря при тиску 1 атм складає приблизно 30 кВ і росте приблизно пропорційно тиску повітря. Таким чином, отримуємо, що для нормального іскроутворення в циліндрі при зазорі в свічці 1мм і тиску 10 атм напруга, що виробляється котушкою запалювання повинна бути не менше 30 кВ.

Реальна напруга іскроутворення на системах електронного запалювання складає близько 45 кВ.

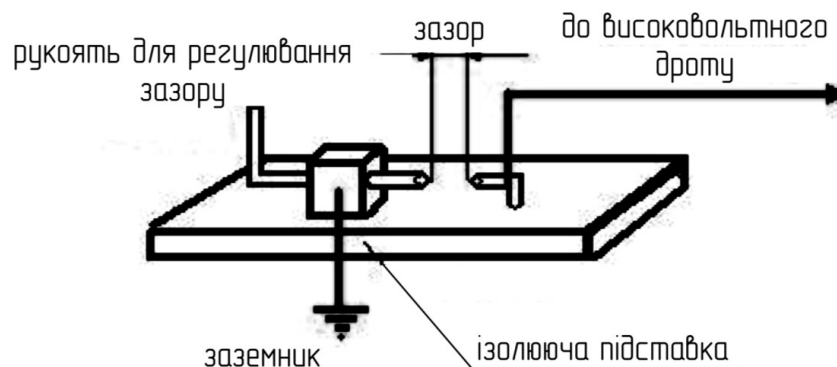


Рис. 4.2. Іскровий розрядник.

Відключивши високовольтний дріт від свічки запалювання і підключивши його до розрядника, заздалегідь виставивши зазор рівний 10 мм, ми повністю імітуємо роботу свічки в двигуні в реальних умовах. Нагадую, що напруга іскроутворення при цьому виходить не менше 30 кВ.

Методика перевірки

1. Відключаємо ВВ дріт від 1-го циліндра і підключаємо його до розрядника. Запускаємо двигун (оскільки один циліндр відключений, двигун «троїть»). Поступово збільшуючи зазор в розряднику, дивимось, при якому зазорі іскра в ньому стає нестабільною (з'являються пропуски). Даний зазор (у перерахунку на кВ) і є напругою іскроутворення на даному циліндрі (мінімальне значення повинне бути не менше 30 кВ, що відповідає 10 мм зазору в пробійнику).

2. Повторюємо вимірювання для інших циліндрів.
3. Проводимо аналіз:

А. Напруга по всіх циліндрах рівномірна і дорівнює 40...45 кВ (15 мм).
Справна система запалювання.

Б. Напруга по всіх циліндрах менше 30 кВ (10 мм). Але на центральному високовольтному дроту напруга більше 40 кВ – несправність розподільника (бігунок, кришка)

В. На центральному високовольтному дроту напруга менше 30 кВ (10 мм). Несправна котушка, комутатор.

Г. На окремих циліндрах напруга значно менше 30 кВ, хоча на інших вона перевищує 40...45 кВ. Несправність високовольтного дрота даного циліндра (або дефект кришки розподільника).

Звичайний наконечник високовольтного дроту на більшості автомобілів має наступний вигляд (рис. 4.3).



Рис. 4.3. Конструкція високовольтного дроту.

Наприклад, на автомобілях МЕРСЕДЕС наконечник має ще додатковий металевий захисний кожух (рис. 4.4).

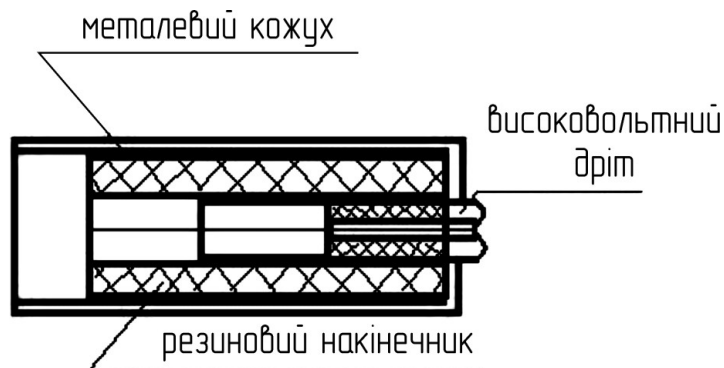


Рис. 4.4. Високовольтний дріт з металевим кожухом.

Можливий внутрішній пробій між ВВ дротом і металевим кожухом, що не виявляється візуальним оглядом.

Висновки до четвертого розділу

Результат розробки технологічного процесу діагностування ДВЗ та раціонального робочого місця діагноста дозволив сформулювати наступні

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

ВИСНОВКИ:

1. Вдосконалення технології проведення діагностування ДВЗ автомобілів в межах СТО «CAR FIX» дозволило скоротити час на діагностування ДВЗ одного автомобіля на 25 %.

2. Запропоноване раціональне робоче місце діагноста з урахуванням специфіки автомобілів, які переважно обслуговуються на підприємстві, та завантаженості поста діагностики з урахуванням виконання вимог охорони праці.

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

РОЗДІЛ 5

БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ. ВПЛИВ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

Атмосферне повітря - це найважливіше, багатокомпонентне і життєзабезпечуюче для людини природне середовище. Забруднення атмосфери є потужним, активним і постійновпливаючим чинником, що безпосередньо впливає як на здоров'я людини, так і на стан навколишнього середовища. Рівень забруднення атмосферного повітря тісно взаємопов'язаний з впливом і підвищеним вмістом в ньому забруднюючих речовин, що надходять від різних антропогенних джерел викидів шкідливих речовин: промислових підприємств, автотранспорту та інших елементів техносфери.

В останні роки в Україні фіксується інтенсивне зростання кількості автотранспортних засобів і висока концентрація їх в містах. Таким чином, забруднення атмосферного повітря та інших складових біосфери вихлопами автотранспорту в даний час розглядається як повсюдна і гостра проблема. Аналіз кількісних характеристик викидів шкідливих речовин в атмосферу показує, що в великих містах викиди від автотранспорту становлять до 80% валових викидів.

Проблема істотно ускладнюється тим, що автотранспортні забруднення, потрапляючи в приземний шар атмосфери, розсіюються надто повільно. В умовах вузьких міських вулиць і висотних будівель активно відбувається процес накопичення шкідливих речовин в повітрі, і протікає це небезпечне явище саме в зоні безпосереднього дихання пішоходів.

Автомобільний парк зростає набагато швидше, ніж населення. Щорічно близько 60 млн. автомобілів сходять з конвеєрів провідних підприємств автомобільної промисловості.

Альтернатива автомобілю з двигуном внутрішнього згоряння поки не знайдена, тому необхідно звести до мінімуму шкідливі викиди. Протягом значного періоду часу в зазначеному напрямку ведеться активний науково-практичний пошук, що має на сучасному етапі певні позитивні результати. Сучасні автомобілі, що випускаються на початку XXI століття в промислово розвинених країнах, в середньому виробляють відпрацьованих газів в 10...15 разів менше, ніж 15...20 років тому. При цьому в розвинених країнах постійно посилюють екологічні нормативи на шкідливі викиди при роботі двигуна внутрішнього згоряння. Жорсткість носить як кількісний, так і якісний характер. Поряд з обмеженням по димності і вмісту в викидах оксиду вуглецю, введені норми щодо вмісту в транспортних викидах твердих

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

частинок, спроможних адсорбувати на своїй поверхні небезпечний для здоров'я людини канцерогенний бензопірен. Постійно розширюється список речовин, вміст яких знаходиться під жорстким екологічним контролем.

Процес глобальної автомобілізації, крім забруднення повітря, підніс сучасному людству ще одну серйозну екологічну проблему - проблему утилізації після закінчення терміну експлуатації автомобілів.

Для України екологічні проблеми автомобільного транспорту стали актуальними в останні 10...15 років. У річному сумарному обсязі викидів від різних антропогенних джерел забруднення навколишнього середовища на частку автотранспортних засобів в 2018 році припадало 91,7%. Результатом цієї ситуації є те, що на найбільш жвавих міських магістралях міст в години пікового навантаження вміст шкідливих речовин перевищує ГДК більш ніж у 10 разів.

Значна кількість автомобілів, що знаходяться в експлуатації у жителів України, не відповідають європейським екологічним нормам і обмеженням за рівнем токсичності, викидаючи в атмосферу шкідливих домішок значно більше, ніж їх європейські аналоги. Перерахуємо причини цього негативного явища.

- Досить низький рівень культури експлуатації автотранспорту.
- В умовах відсутності жорстких законодавчих норм екологічної безпеки автотранспорту, споживач не зацікавлений в придбанні, а виробник у випуску більш дорогих і безпечних для навколишнього середовища автомобілів.
- Відсутність підготовленої інфраструктури експлуатації автотранспортних засобів, оснащених відповідно до сучасних екологічних вимог.

До складу відпрацьованих газів (ВГ) автомобіля входить понад 200 різних хімічних речовин і з'єднань. До них відносять продукти неповного згоряння у вигляді чадного газу, альдегідів, кетонів, вуглеводні (в т.ч. і канцерогенні) і ін.

Серйозну екологічну загрозу представляє високий вміст свинцю, який додається для підвищення октанового числа бензину в якості антидетонаційної добавки. З цією метою частіше використовується тетраетилсвинець, який згодом, при роботі двигуна внутрішнього згоряння розпадається, що неминуче призводить до процесу освіти частинок твердого оксиду свинцю.

Кількість і хімічний склад відпрацьованих газів визначається цілою низкою таких взаємопов'язаних факторів:

- конструктивними особливостями автомашин;

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

- технічним станом і режимом роботи двигунів автомобілів;
- якістю дорожніх покриттів;
- метеоумовами.

Характерними особливостями роботи ДВЗ є постійно змінюючи навантаження, яке виникає в процесі руху автомобіля зміни режиму роботи двигуна (холостий хід, розгін, усталений рух і процес гальмування). У зазначених умовах і при пікових навантаженнях фіксується максимальна концентрація оксиду вуглецю у ВГ, що викидаються автомобілем в навколишнє середовище.

Більш наочну картину може дати нескладний розрахунок. Як правило, при русі по місту протягом 1 години автомобіль майже 40% часу (за 1 годину приблизно 24...26 хвилин) простоює перед світлофорами або в транспортних пробках. Весь цей час двигун працює на холостих обертах. Витрата палива за цей час складе 15% від сумарної витрати цього часу. За цей час в повітря потрапляє приблизно 10% від загального обсягу викидів відпрацьованих газів, до складу яких входить 20% оксиду вуглецю і близько 17% ароматичних вуглеводнів, що володіють активним канцерогенним ефектом.

Кількість забруднюючих речовин, що потрапляють в повітря з ВГ автомобілів, в даний час перевищує 19 млн. тонн на рік. До складу цих забруднень входить понад 15 млн. тонн оксиду вуглецю, 6 млн. тонн вуглеводнів, 1,5 млн. тонн оксидів азоту, а також понад 5,5 тис. тон свинцю. У перерахунку на одного жителя України припадає приблизно 95 кг забруднюючих речовин на рік, причому це усереднені показники. Значить, за рахунок істотно меншої частки, що припадає на одного сільського жителя, міський житель, поряд з благами цивілізації, отримує значно більшу частку забруднюючих речовин.

Характерною особливістю міських транспортних потоків є їх імпульсивний характер. Збільшення кількості транспортних засобів в потоці, веде до скорочення тривалості усталеного руху. Так, в Києві на частку усталеного руху припадає 12% загального часу поїздки (в містах США - 18%), в той час як на холостий хід відповідно - 22% і 15%, розгін - 37% і 36,7%, уповільнення - 29% і 32,3%.

В останні роки ситуація почалася змінюватися на краще. Незважаючи на те, що введення жорстких екологічних норм і відбувається досить повільно, практично з запізненням на 10 років, безумовно, важливий сам факт початку цього надзвичайно важливого для нашої країни процесу. Однак при всьому цьому екологічна ситуація, що склалася в містах України оцінюється як неблагополучна внаслідок масованої емісії забруднюючих речовин в навколишнє середовище.

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Автотранспорт є також значним джерелом шуму і займає в загальному шумовому потоці найбільшу питому вагу - до 80%. Рівні шуму на основних магістралях міста досягають 78...88 дБ. В цілому в Києві за минуле десятиліття рівень шуму зріс на 5...6 дБ.

У більшій частині житлових будинків допустимі рівні шуму значно перевищені, а в будинках, розташованих на міських магістралях вони досягають 65 дБ і більше. За експертними оцінками, 70-80% киян проживають в зонах акустичного дискомфорту, створюваного транспортом.

Тривала дія шуму на організм людини призводить до розвитку втоми, нерідко переходить в перевтома, викликає порушення нервово-психічної сфери, порушенням сну, ослабленням пам'яті. Імовірність появи неспецифічних реакцій при рівні шуму 50 дБ становить 35%, при рівнях шуму 70 дБ - 40%, 80 дБ - 72%.

Однією з характерних особливостей автотранспортних викидів є їх дратуюча складова, що виникає унаслідок підвищеного вмісту в повітрі таких високотоксичних сполук як, кетони і альдегіди. Саме вони відіграють істотну роль у розвитку в населення міста як гострих, так і хронічних захворювань органів дихання. Не виключено, що збільшення захворюваності населення хворобами органів дихання алергічної природи - бронхіальної астми і алергічний риніт, також обумовлені впливом забруднюючих речовин, що містяться в автотранспортних викидах, оскільки простежується чітка залежність між рівнем захворюваності і зростаючим значенням індексу забруднення атмосферного повітря.

Підвищену чутливість до впливу несприятливих факторів навколишнього середовища, в т.ч. до забруднення атмосферного повітря, мають вагітні жінки.

Наслідки забруднення навколишнього середовища автотранспортом, з якими зіткнулися великі міста світу, вже пережиті ними 30-40 років тому, проте, незважаючи на введені захисні заходи, до теперішнього часу проблема автотранспорту продовжує залишатися актуальною. У більшості країн прийняті закони, що обмежують забруднення навколишнього середовища автотранспортом, виділені державні дотації виробникам екологічно чистих автомобілів. Таким самим шляхом доцільно йти і українським містам. Необхідно вдосконалювати нормативно-законодавче забезпечення, розробити ефективні економічні механізми, провести нормування викидів транспортних засобів та інші попереджувальні заходи.

Таким чином, наведені дані переконливо свідчать про несприятливу дію автотранспорту на здоров'я населення міст і підтверджують, що критерієм санітарно-епідеміологічного благополуччя населення є здоров'я

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

його різних категорій, що має в першу чергу братися до уваги при розробці профілактичних заходів і прийнятті державних рішень в області охорони навколишнього середовища.

В цілому ряді країн Європейського Співтовариства ведеться науково-практичний експеримент з використання водневих двигунів. Перевага використання подібного типу двигунів в їх безперечною екологічності. ВГ, що утворюються водневим двигуном, нетоксичні - вони являють собою пари води. Однак широке і повсюдне впровадження водневих двигунів, швидше за все, має віддалену перспективу, в той час як турбота про здоров'я людини і про стан навколишнього середовища - справа сьогоднішнього дня. І поки цей принципово новий вид двигуна не отримав широкого поширення, з метою зниження кількості і токсичності автотранспортних забруднень водіям варто більш уважно стежити за якістю регулювання двигуна, використовувати нейтралізатори відпрацьованих газів, вибирати раціональний режим роботи двигуна.

Проблема здоров'я людини в сучасному світі стає все більш актуальною. Хімічні елементи, які у зв'язку з інтенсивним зростанням і розвитком промисловості, автотранспорту, потрапляють в атмосферу і завдають шкоди організму людини.

Зміна навколишнього середовища негативно впливає на організм, якщо фізичні та хімічні параметри перевищують гранично допустимі концентрації (ГДК). Особливо схильні до небезпеки водії, таксисти, водії маршруток, люди, які часто потрапляють в годину пік в автомобільну пробку.

Як відомо, автотранспорт є постійним джерелом забруднення навколишнього середовища з далекосяжними наслідками. Більше шкоди завдає автотранспорт на дизельному паливі. Потенційними пацієнтами і людьми, що страждають різними захворюваннями в результаті дії ВГ є водії автотранспорту, таксисти, водії маршруток.

Внаслідок постійної дії хімічних елементів виникають захворювання як гострі, так і хронічні. Виникають такі захворювання з боку дихальних шляхів: астма, алергія, бронхіт, гайморит, подразнення дихальних шляхів, пухлини, емфізема легенів, алергічні реакції, задишка, запаморочення, частіше симптомів стенокардії, розвиток інфаркту міокарда, призводять до тромбозів.

Зменшення доставки кисню до серця, за рахунок того, що через дії чадного газу карбоксигемоглобін не може захопити кисень, призводить до гіпоксії тканин (киснєве голодування).

Деякі хімічні елементи мають властивість осідати в організмі, особливо важкі метали. Накопичуючись поступово в організмі, ці речовини

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

зашлаковують організм і природно згодом це призводить до серйозних захворювань. Особливо небезпечно це тим, що різко збільшуються випадки появи у людей ракових пухлин. З боку шкіри: дерматит, кон'юнктивіт.

Найбільш небезпечні для людини: оксид вуглецю, діоксид азоту, які впливають на серцево-судинну і дихальну систему. Протягом доби автомобіль викидає до 1 кг вихлопних газів. Хімічний склад ВГ небезпечний не тільки для здоров'я людини, але і тварин, рослин, ґрунту, води. З'єднання діоксиду азоту, вуглеводнів призводить до утворення органічних сполук, які утворюють смог. Вони підвищують рівень кислотності атмосферних опадів.

Смог - викликає запалення очей, слизових оболонок, симптоми задухи, загострює захворювання з боку нервової системи. У головному мозку починаються процеси, які легко можуть привести до паралічу.

Чадний газ – найнебезпечніша хімічна сполука. Утворюється в результаті неповного згоряння бензину.

Людина при вдиханні страждає від різкого дефіциту кисню. Це може викликати запаморочення, нудоту, головний біль, мігрень, непритомність, а при тривалому вдиханні може стати причиною смерті, особливо в закритих приміщеннях.

Діоксид азоту - затуманює прозорість повітря, відрізняється високою токсичністю. Він і є причиною захворювань дихальної системи.

Формальдегід - різкопахнучий газ, дуже токсичний. Є причиною подразнення очей, легенів, носоглотки, викликає алергічні реакції, впливає на центральну нервову систему (ЦНС).

Пил - частинки пилу так само шкідливі для організму людини і є причиною хвороби дихальної системи, дерматитів, кон'юнктивітів.

Свинець - впливає на розумовий розвиток, особливо згубний для дітей, тому що діти більш чутливі до впливу токсичного металу. Він небезпечний ще тим, що накопичується в організмі.

Бензопірен – ця органічна речовина містить вуглець і входить до групи поліциклічних вуглеводнів. Бензопірен високотоксичний, є канцерогеном, осідає в великих кількостях уздовж автомобільних доріг і на об'єктах поруч з ними. З атмосферними опадами потрапляє в ґрунт, воду, звідки в процесі випаровування піднімається в повітря. У момент виділення з ВГ, особливо в пробках, потрапляє в дихальні шляхи людини. Проникає в рослини. Відбувається кругообіг в природі і таким чином знову потрапляє в організм людини. В організмі має властивості, як і всі хімічні речовини, біоакумулюватись.

Згідно з гігієнічними нормативами гранично допустима середньодобова кількість бензопірену в повітрі (ГДК) - 0.1мг/100 м³ або 10-9

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

г/м. У воді - не більше 0,000001 мг/л, в питній воді - не більше 0,000005 мг/л. В середньому рівень забруднення в великих містах вище в 10-20 разів гранично допустимих концентрацій. Бензопірен у високій концентрації викликає захворювання кровоносної системи, надає мутагенну, гематотоксичну, ембріотоксичну дію. Мутагенну дію обумовлено тим, що бензопірен проникає в ДНК, викликаючи незворотні процеси, які впливають на потомство.

Оксид азоту - в нормі бере участь у фізіологічних процесах організму. Він становить небезпеку, коли перетворюється в діоксид азоту NO_2 - більш небезпечне з'єднання. Це бурий, що володіє неприємним запахом газ. Діоксид азоту сильно дратує слизисті оболонки дихальних шляхів. Він викликає функціональні, сенсорні і патологічні зміни.

Сенсорні зміни - зорові і нюхові - реакції організму на діоксид азоту. Навіть в малих концентраціях NO_2 (біля 0,23 мг/м) людина відчуває цей газ. Від NO_2 з'являється першіння і сухість в горлі. Якщо газ діє тривало у людини пропадає здатність виявляти NO_2 так, як він послаблює нюх. Впливає на адаптацію очей в темряві - послаблює нічний зір. Збільшує зусилля, які витрачаються на дихання, тобто ускладнює дихання. А люди з хронічними захворюваннями легенів відчувають утруднення дихання навіть при невеликих концентраціях 0,038 мг/м. При потраплянні в організм людини NO_2 при контакті з вологою утворює азот і азотну кислоту, які роз'їдають стінки альвеоли легенів. Кровоносні капіляри стають проникними, це веде до пропускання сироватки крові в порожнину легенів. Порушується газообмін.

Діоксид азоту являє собою небезпеку, навіть якщо його концентрація не перевищує ГДК, але діє тривало.

Вуглеводні - їх більше 200 речовин, вони високотоксичні, з'являються в відпрацьованих газах двигунів внутрішнього згорання. У зонах з інтенсивним рухом вони не приносять шкоди здоров'ю. Але можуть викликати реакції, які ведуть до утворення шкідливих сполук навіть у незначній концентрації. Це група небезпечних і високотоксичних речовин, утворюються в результаті піролізу різних фракцій палива. Поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ) це канцерогенні речовини, вони мають властивість накопичуватися в організмі і не виводяться з організму, ведуть до утворення злоякісних захворювань.

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

ВИСНОВКИ

Основні результати, що отримані в процесі досліджень, полягають у наступному.

1. Досліджено екологічні проблеми сучасних поршневих ДВЗ та розглянуто методів поліпшення екологічних показників ДВЗ. Проаналізовано конструкції систем РВГ різних автовиробників та застосування нейтралізації і фільтрування відпрацьованих газів.

2. Обґрунтований вибір об'єкта діагностування, метода та засобів діагностування. Встановлено, що класичні методи діагностування систем рециркуляції ВГ займають значний час для встановлення місця виникнення несправностей. В результаті запропоновано метод діагностування, який заснований на аналізі осцилограм мотор-тестером.

3. За допомогою реальних автомобілів, власники яких звертались до СТО «CAR FIX» за час проходження практик, згідно з навчальним планом, отриманні результати діагностування систем рециркуляції ВГ ДВЗ різних автомобілів запропонованим методом з метою встановлення місця знаходження несправності і після усунення її.

4. Після проведення достатньої кількості реальних досліджень стосовно визначення працездатного стану ДВЗ легкових автомобілів розроблено алгоритм діагностування систем рециркуляції ВГ ДВЗ запропонованим методом. Алгоритм діагностування систем ДВЗ запропонованим методом передбачає застосування діагностичних параметрів за кількістю на 15 % меншою у порівнянні з класичною методикою діагностування систем ДВЗ.

5. Вдосконалення технології проведення діагностування ДВЗ легкових автомобілів в межах СТО «CAR FIX» дозволило скоротити час на діагностування ДВЗ одного автомобіля на 25 %.

Отримані висновки вказують на перспективу застосування запропонованого методу діагностування систем рециркуляції ВГ ДВЗ легкових автомобілів.

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Офіційний сайт компанії MLab.org.ua (2009). Призначення автомобільного осцилографа мотор-тестера [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mlab.org.ua/mtpro/mtpro-manual.html>. – Назва з екрану.
2. Hyundai Accent. Design, operation, maintenance, repair. Illustrated guide. – М.: LLC “Book Publishing House, 2022. – 368 p.: ill. – (Series “With Your Own Hands”). – ISBN 978-5-9698-0250- 6 (2).
3. Основи технічної діагностики колісних транспортних засобів: навчальний посібник / В. В. Біліченко, В. Л. Крещенецький, Ю. Ю. Кукурудзяк, С. В. Цимбал. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 118 с.
4. Борщенко Я. А., Васильєв В. І. Електронні та мікропроцесорні системи автомобілів: Навчальний посібник. – К.: 2017. – 207 с.
5. Соснін Д. А. Нові автомобільні електронні системи: Навчальний посібник для фахівців з ремонту автомобілів, студентів та викладачів вузів та коледжів / Д. А. Соснін, В. Ф. Яковлев. – К.: СОЛОН-Прес, 2015. – 240 с: ил.
6. AutoDiagnos [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.autodiagnos.com.ua/MYDIAGNOS.html>.
7. Пат. UA 2545253, МПК G 01M 15/05 G 01M 15/00. Спосіб діагностики по енергії шумів у робочому обсязі циліндра газорозподільного, циліндропоршневого, кривошипно-шатунного та інших механізмів двигуна внутрішнього згоряння (варіанти) / В. В. Горидько; заявл. 30.07.2013 ; опубл. 27.03.2015, Бюл. № 9.
8. Пат. UA 194297, МПК G 01M 15/04. Пристрій оцінки технічного стану циліндропоршневої групи двигуна внутрішнього згоряння / Д. В. Варнаков, В. В. Варнаков, Д. Н. Яшин, С. А. Симачков, Є. А. Варнакова, І. М.; заявл. 17.05.2019 ; опубл. 05.12.2019, Бюл. № 34.
9. Пат. UA 2681695, МПК G 01M 15/04. Пристрій для визначення технічного стану циліндропоршневої групи двигуна внутрішнього згоряння / В. В. Нечаєв, К. В. Головка; заявл. 08.11.2017 ; опубл. 12.03.2019, Бюл. № 8.
10. Пат. UA 2715132, МПК G 01M 15/00 G 01M 15/04. Спосіб діагностування циліндропоршневої групи та газорозподільного механізму двигуна / В. В. Нечаєв; заявл. 23.10.2019 ; опубл. 25.02.2020, Бюл. № 6.
11. ДСТУ 3649-2010. Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання. – К.: «Держспоживстандарт України», 2011. – 32 с.
12. Хасанов Р. Х. Основи технічної експлуатації автомобілів: Навчальний посібник. – Херсон: ГОУ ОГУ, 2003. – 193 с.
13. КД 03112178-1023-99. Збірник норм часу на технічне

					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

обслуговування та ремонт легкових, вантажних автомобілів та автобусів. - М.: ГУЛ «Центроргавтотранс», 2001. – Т.1. – 417 с.

14. Сафонов В.В. Інженерні рішення з охорони праці при розробці дипломних проектів інженерно-будівельних спеціальностей: Навчальний посібник, К.: Основа, 2021, – 480 с. – ISBN 978-966-699-615-3.

15. Мірошников Л. В. та ін. Діагностування технічного стану автомобілів на автотранспортних підприємствах / Л. В. Мірошников. – К.: Транспорт, 1997, – 263 с.

16. Арінін, І. Н. Діагностування технічного стану автомобілів / І. Н. Арінін. – К.: Транспорт, 2011. – 275 с.

17. Макушин А. А. Аналітичні дослідження впливу конструкції ГРМ на показники ДВС / А. А. Макушин. – Автомобільна промисловість. – 2012. – № 3. – С. 12-16

18. Лотін Г. Н. Аналіз вібраційних властивостей двигуна щодо систем вібродіагностики механізму газорозподілу / Г. Н. Злотін, К. І. Лютін // Вісник НТУ. – 2008. – № 6(44). – С. 8-11.

19. Кузнецов В. Н. Вплив фаз газорозподілу на зміну тиску у впускному колекторі багатociліндрового двигуна / В. Н. Кузнецов, В. І. Беляєв, Ф. П. Мельников // Вісник ХНАДУ. – 2014. – № 12(122). – С. 137-141.

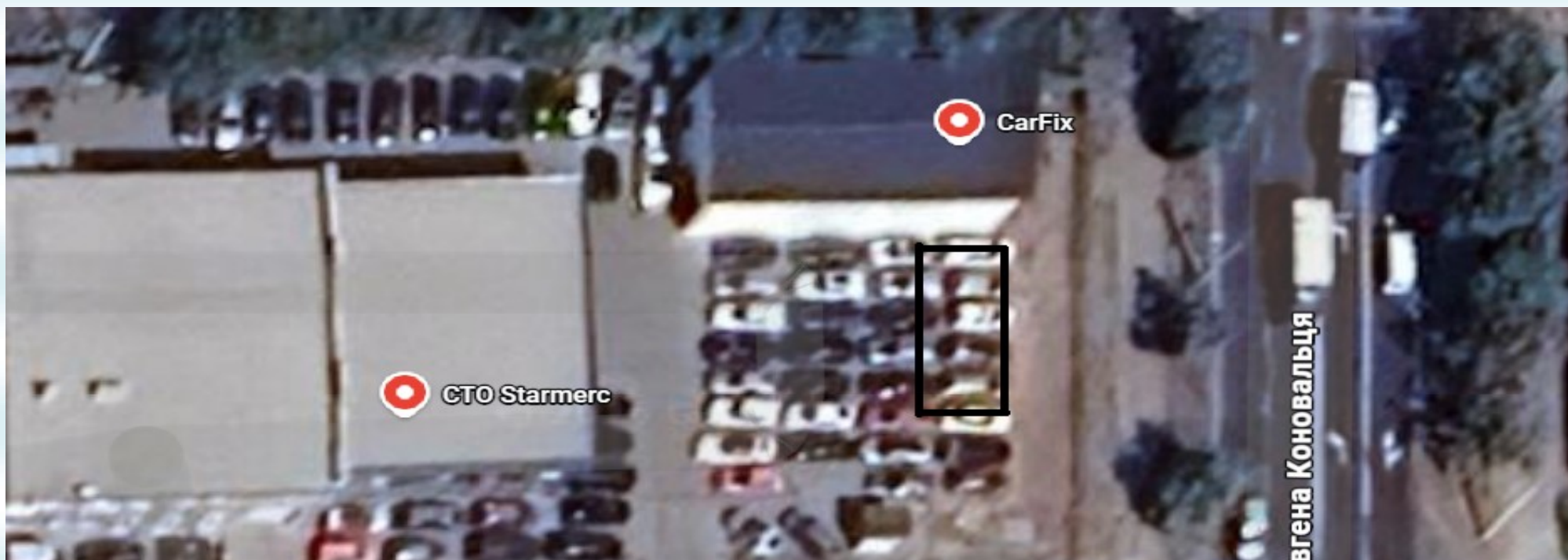
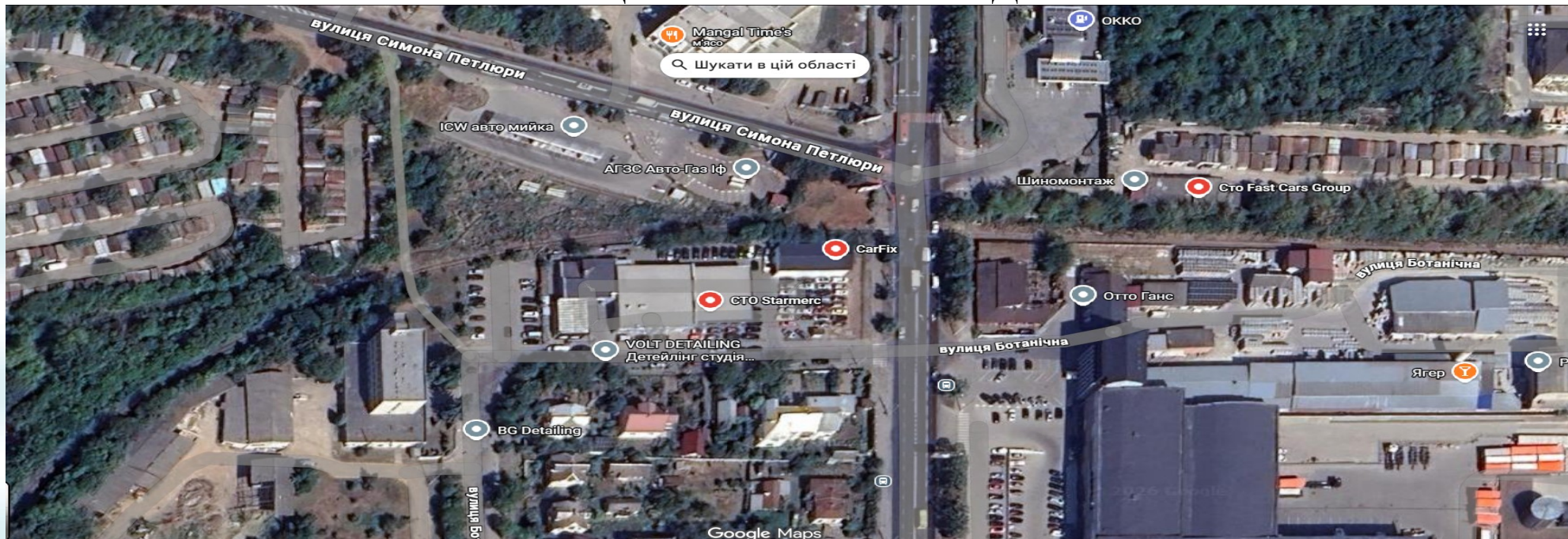
					БР.АТ-23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

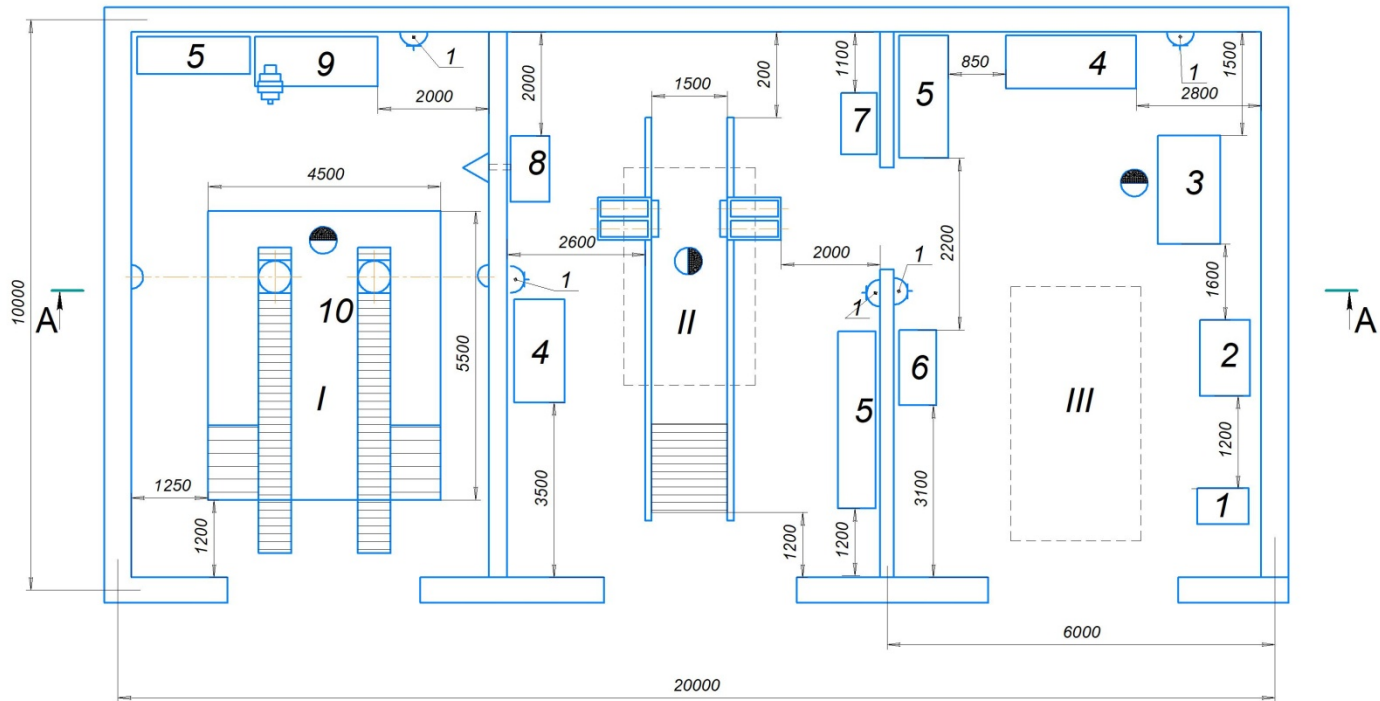
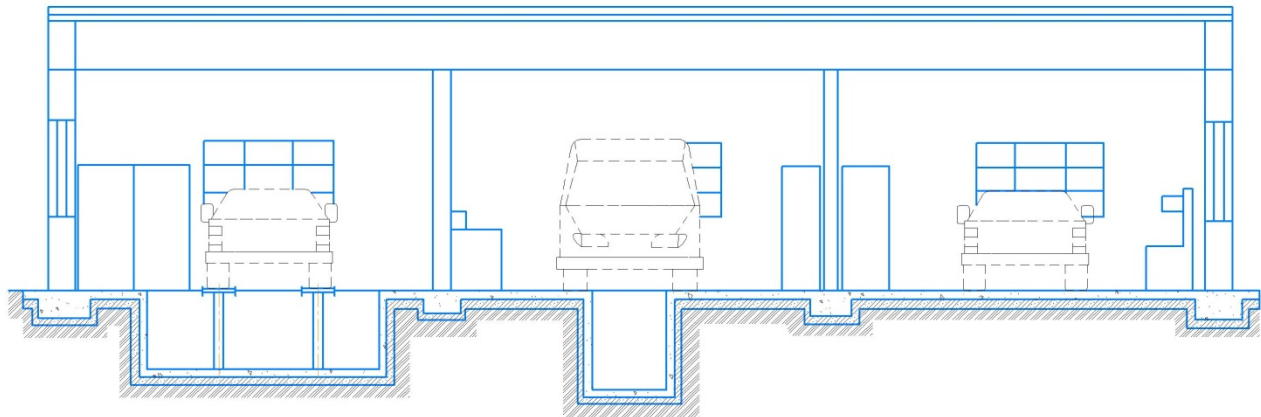
Тема бакалаврської роботи:

**«Розробка технологічного процесу
поглибленої діагностики системи
EGR ДВЗ в умовах СТО «CAR
FIX»**

Мосейчук Назарій Дмитрович

СХЕМА РОЗМІЩЕННЯ ЗЕМЕЛЬНОЇ ДІЛЯНКИ СТО





Умовні позначення

- робоче місце;
- розетка однофазна змінного струму;
- підвід стиснутого повітря;

Поз.	Назва посту
I	Розвал-сходження
II	Діагностика двигунів і тягових властивостей
III	Ремонт двигунів

Поз.	Назва обладнання	К-сть	Тип.
1	Сканер	1	Бош KTC-570
2	Стенд для перевірки форсунок	1	Бош РМ-300
3	Стенд для ремонту двигунів	1	Марелли ВС 224
4	Стіл	1	Власного виготовлення
5	Стелаж	3	Власного виготовлення
6	Мотор-тестер	1	Бош D12A
7	Тягово-гальмівний стенд	1	МАНА IW 2 PROF
8	Компресор	1	-
9	Верстат слюсарний	1	Власного виготовлення
10	Лазерний стенд для перевірки розвалу сходження	1	МАНА 23У

БР.АТ-23.00.00.000 ТП				Пітера		Маса	Масит.
Технологічний план зони діагностики				У			1:50
Зм.	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата	Архив		
Кресля	Мосейчук Н.				ЮФНТУНГ		
Лександр	Криштопа С.				АТ-22-2		
Г. контр.							
Н. контр.	Криштопа С.						
Валеріо	Гриш М.М.						

ЗМІНА ЕКОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВГ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ ВІД ПАРАМЕТРІВ ДВИГУНА 4

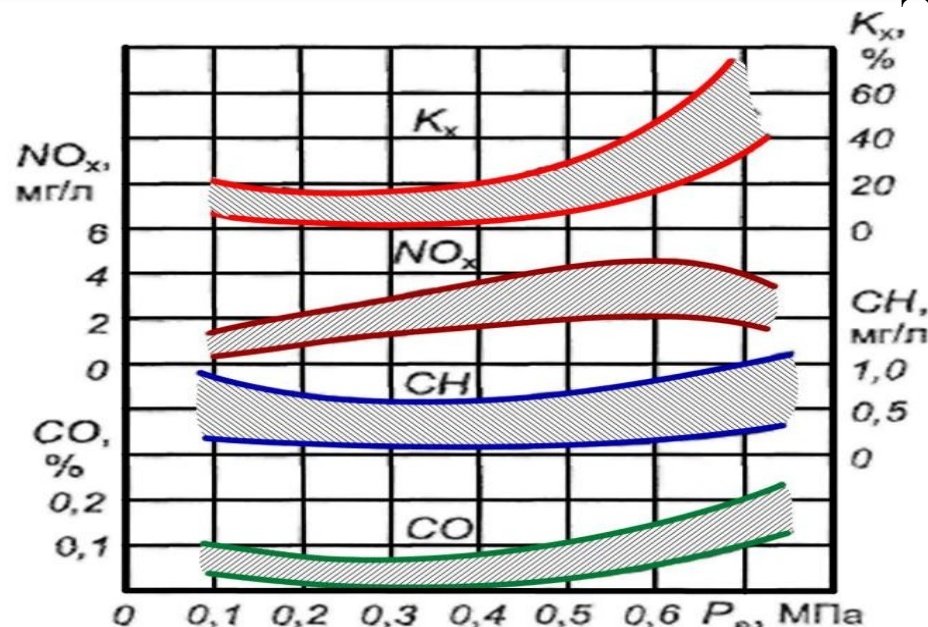


Рисунок 4.1 - Залежність вмісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах дизеля від навантаження

ивання топлива и усилением вихрево

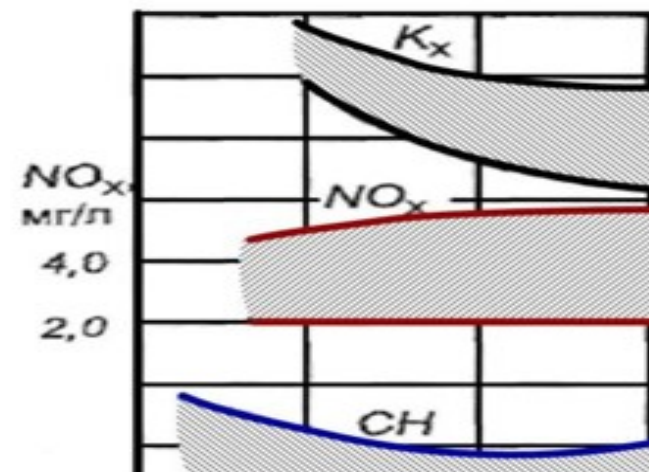


Рисунок 4.2 - Залежність вмісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах дизеля від частоти обертання колінчастого вала

Залежність викиду твердих частинок
впорскування палива

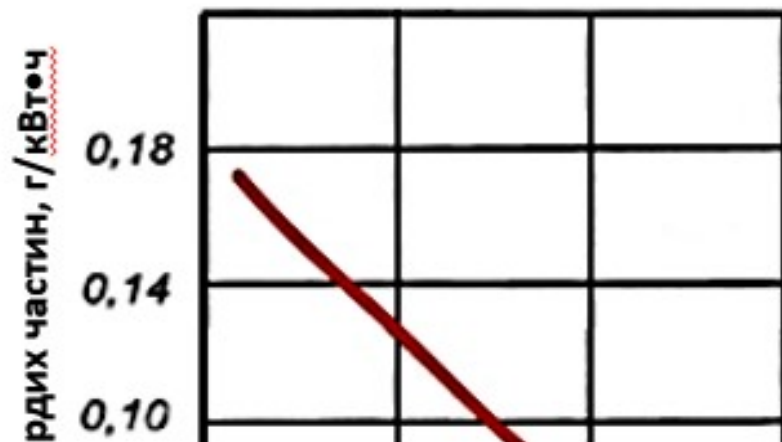


Рисунок 4.3 - Залежність викиду твердих частинок від тиску впорскування палива

— 90 % и 75–80 % (рисунок 1.10).

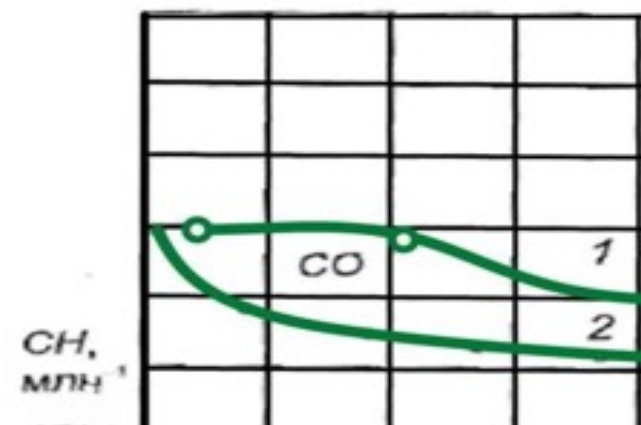


Рисунок 4.4 - Вплив нейтралізатора на вміст шкідливих речовин у відпрацьованих газах дизеля:
1 - без нейтралізатора; 2 - з нейтралізатором

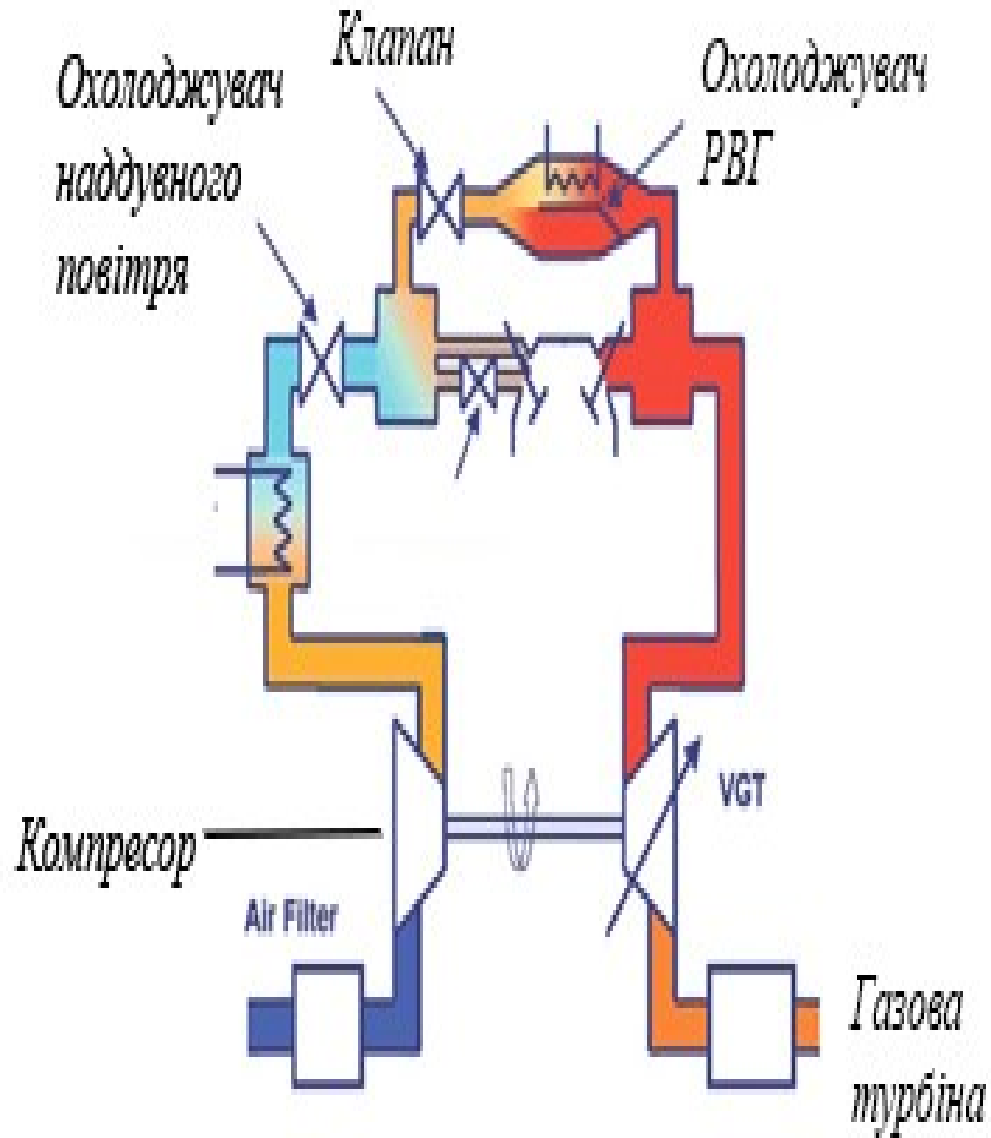


Рисунок 5.1 – Принципова схема системи рециркуляції відпрацьованих газів автомобільного дизельного двигуна

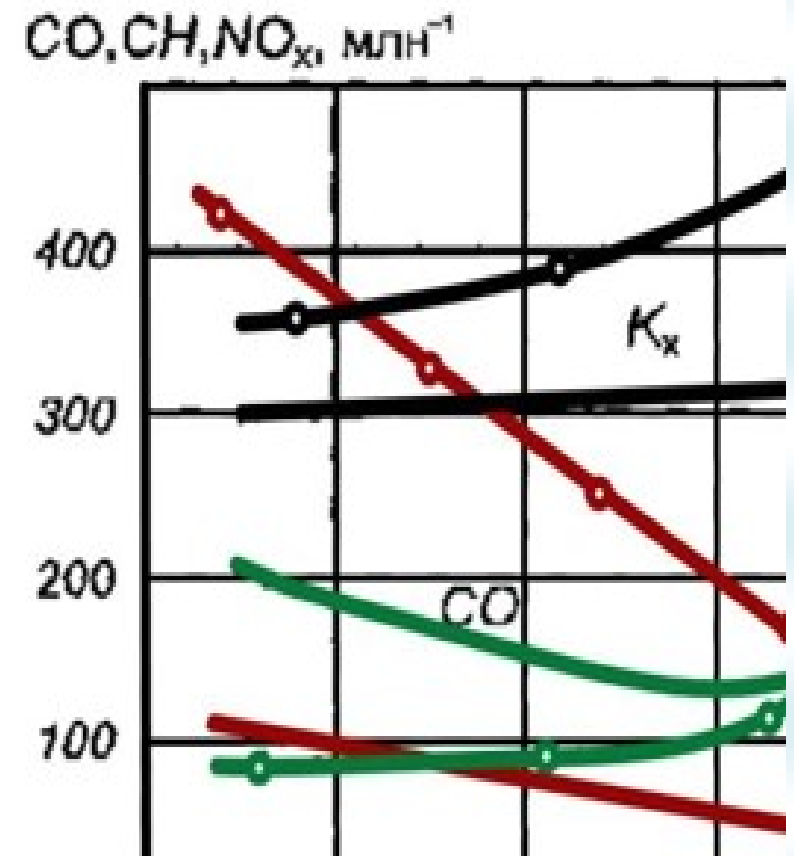


Рисунок 5.2 - Вміст шкідливих речовин у відпрацьованих газах дизеля в залежності від ступеня рециркуляції відпрацьованих газів (p):
1 - при максимальному крутному моменті;
2 - холостий хід



Рисунок 6.1 - Рециркуляція відпрацьованих газів дизелів BMW з технологією ACERT (система CGI)

Common Rail» (давление впрыскивания до 240



Рисунок 6.3 - Двоступінчате охолодження рециркулюючих газів в системі рециркуляції відпрацьованих газів дизелів «Рено»: 1 - рідинний охолоджувач, 2 - повітряний охолоджувач

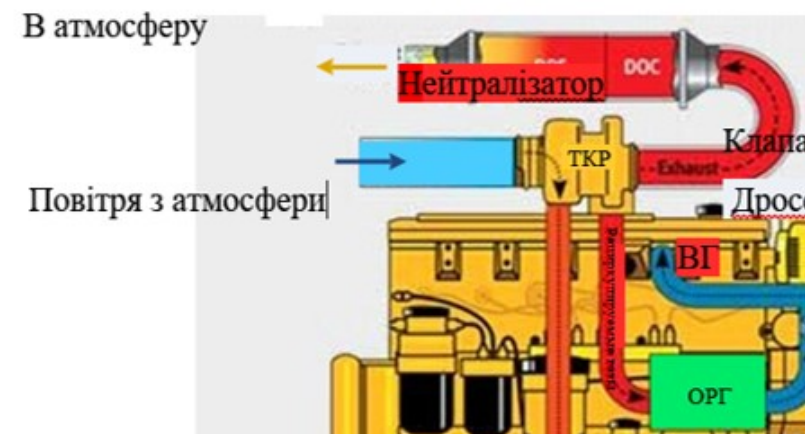


Рисунок 6.2 - Система рециркуляції відпрацьованих газів дизелів Пежо

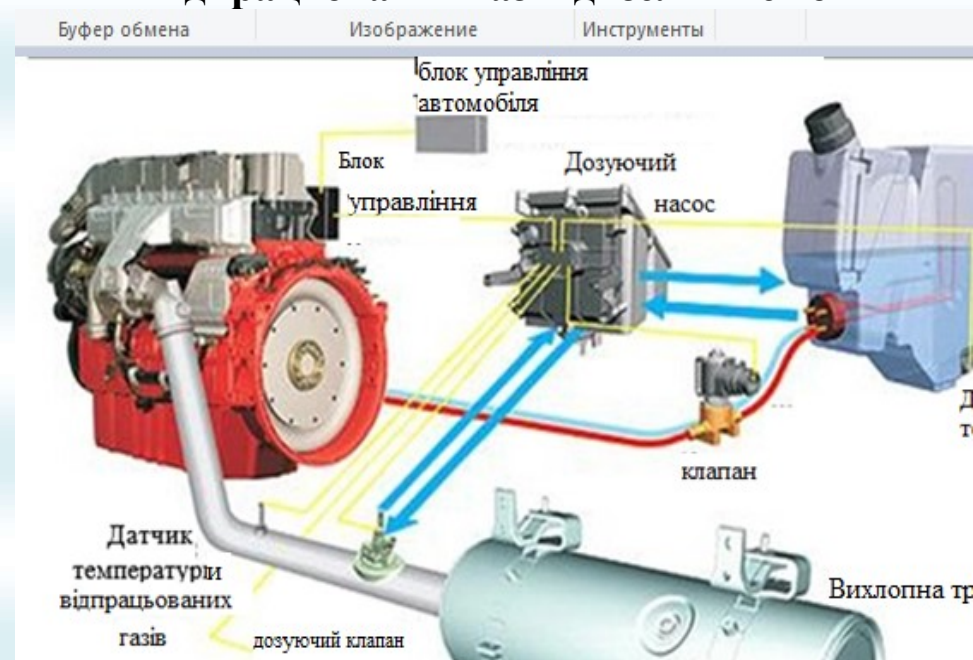


Рисунок 6.4 - Принципова схема селективного каталітичного нейтралізатора дизелів «Фіат-Івеко» на основі впорскування сечовини з системою EGR

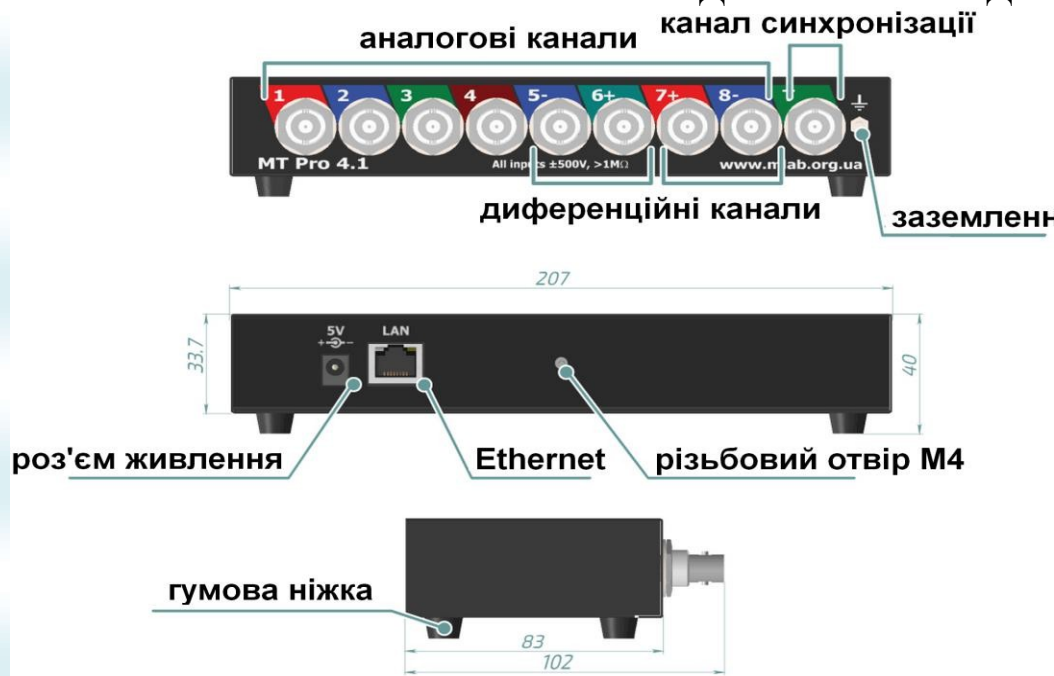


Рис. 7.1. Автомобільний мотор-тестер - осцилограф

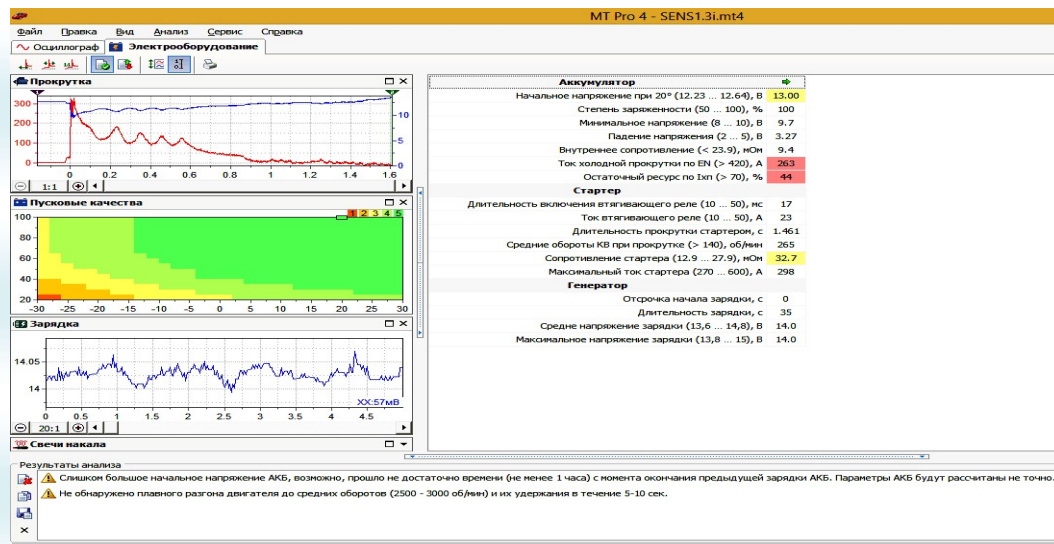


Рис.7.2. Робоче вікно програми мотор-тестера при тестуванні двигуна автомобіля

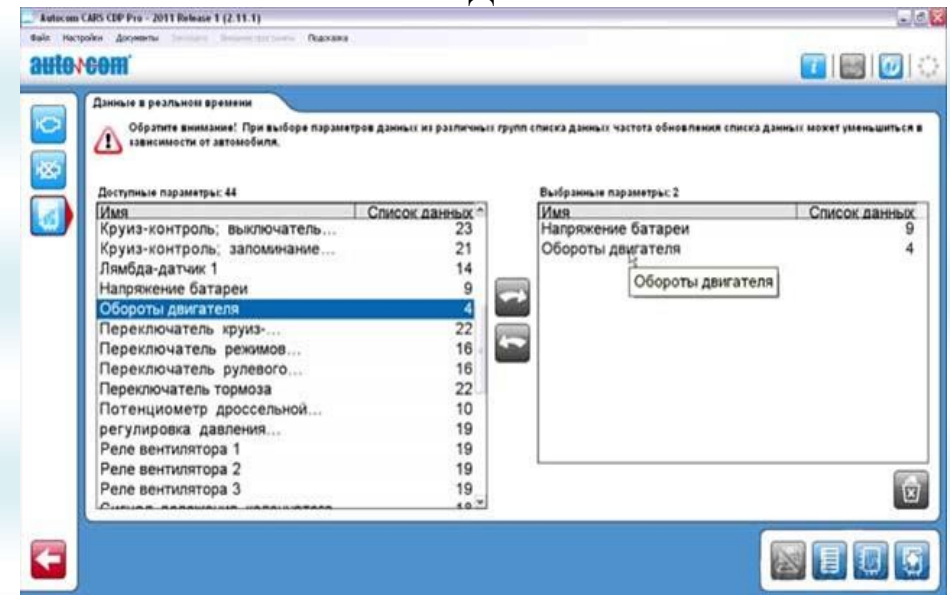


Рис. 7.3. Робоче вікно сканера



Рис. 7.4. Запис осцилограми напруги бортової мережі за допомогою мотор-тестера (двигун зупинений)

ПРИНЦИП ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ДВЗ ЗА ДОПОМОГОЮ ЗАПРОПОНОВАНОГО МЕТОДУ ДІАГНОСТУВАННЯ

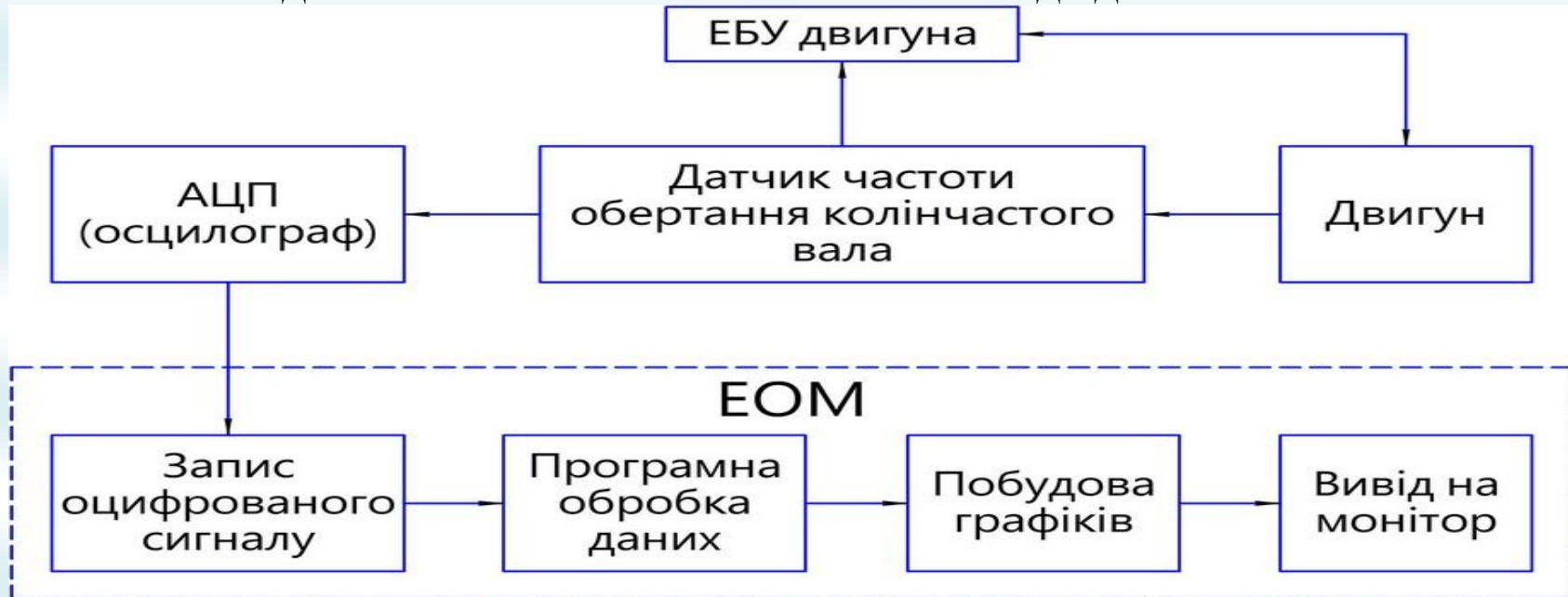


Рис. 8.1. Принципова схема побудови графіків зміни миттєвої частоти обертання колінчастого вала



Рис. 8.2. Приклад графіка зміни миттєвої частоти обертання колінчастого вала через проміжки в 6° ПКВ

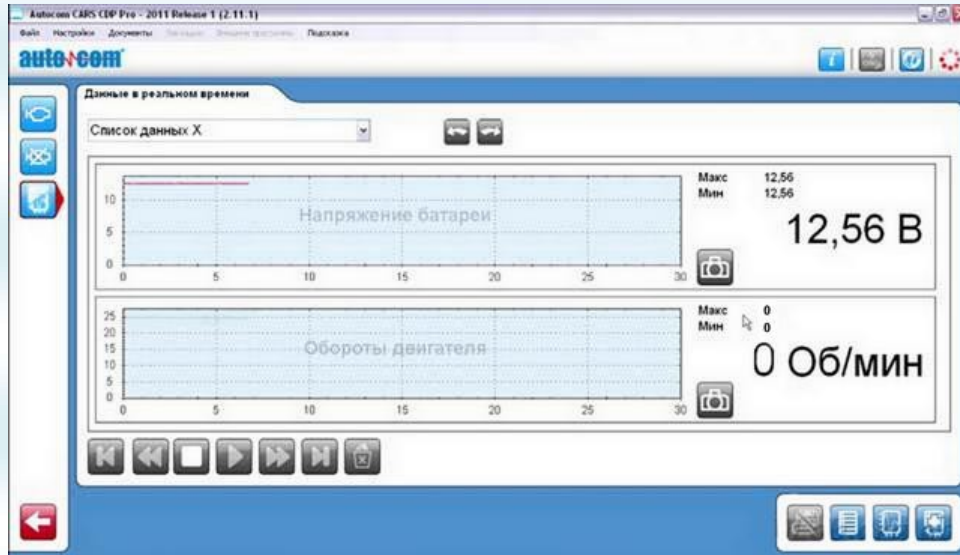


Рис. 9.1. Запис осцилограмми напруги клапану EGR за допомогою сканера (двигун зупинений)



Рис. 9.3. Запис осцилограмми напруги клапану EGR за допомогою мотор-тестера (пуск двигуна і робота на XX)



Рис. 9.2. Запис осцилограмми напруги клапану EGR за допомогою сканера (пуск двигуна і робота на режимі холостого ходу)

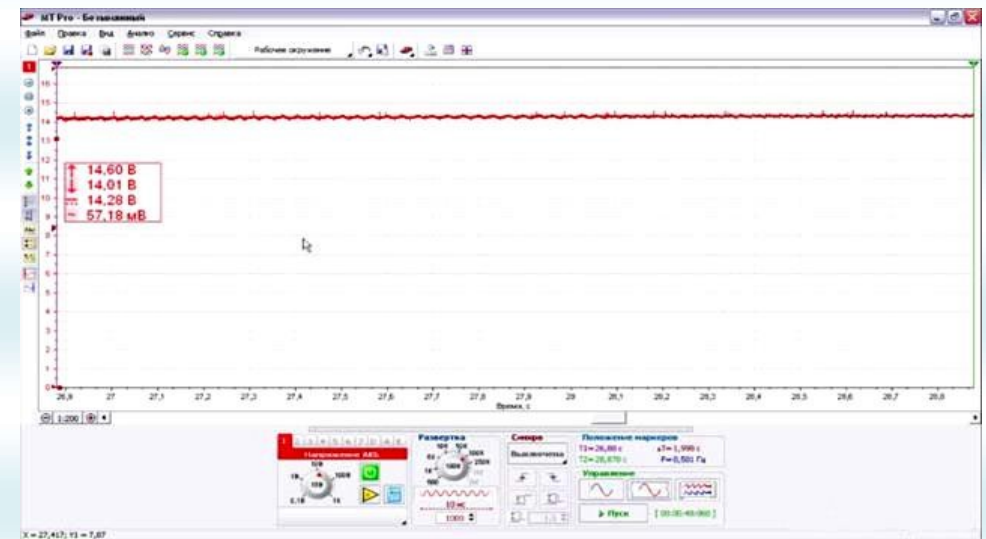


Рис. 9.4. Запис осцилограмми напруги клапану EGR за допомогою мотор-тестера (двигун працює на режимі холостого ходу)

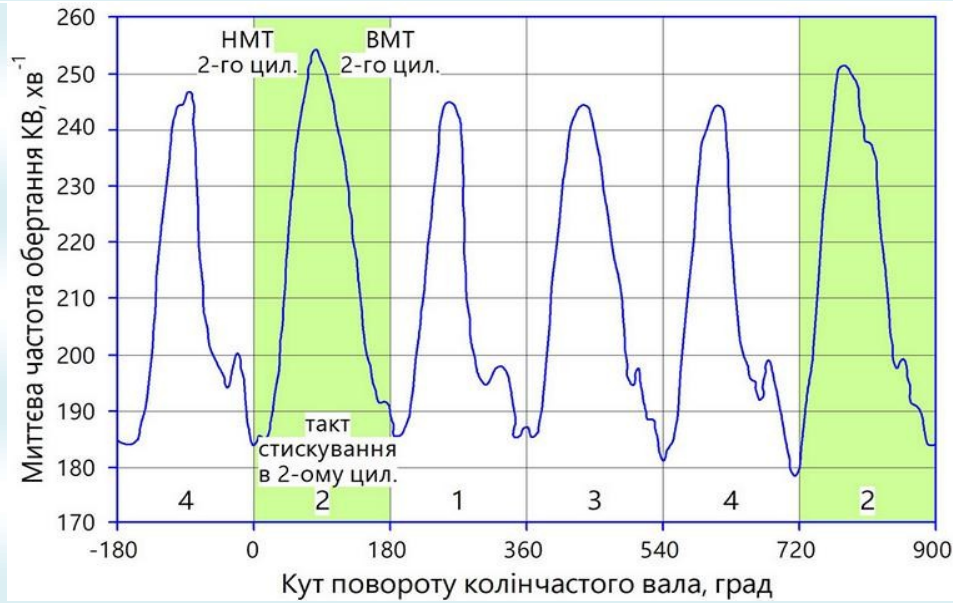


Рис. 10.1. Графік зміни сигналу датчику тиску системи рециркуляції двигуна Ford KGBA при частково негерметичному клапані рециркуляції



Рис. 10.3. Графік зміни сигналу витратоміру повітря двигуна BMW X5 f15 20D при негерметичному клапані рециркуляції



Рис. 10.2. Графік зміни сигналу датчику тиску системи рециркуляції двигуна Ford KGBA при справному клапані рециркуляції



Рис. 10.4. Графік зміни сигналу витратоміру повітря двигуна BMW X5 f15 20D при справному клапані рециркуляції

РЕЗУЛЬТАТИ ДІАГНОСТУВАННЯ ДВЗ

Результати діагностування форсунок



Рис. 11.1. Графік зміни миттєвої частоти обертання КВ двигуна Опель Z22SE з несправністю паливної форсунки 2-го циліндра на режимі вільного прискорення



Рис. 11.3. Графік зміни миттєвої частоти обертання КВ двигуна Опель Z22SE до та після ультразвукової очистки форсунок з відключеним 1-им циліндром

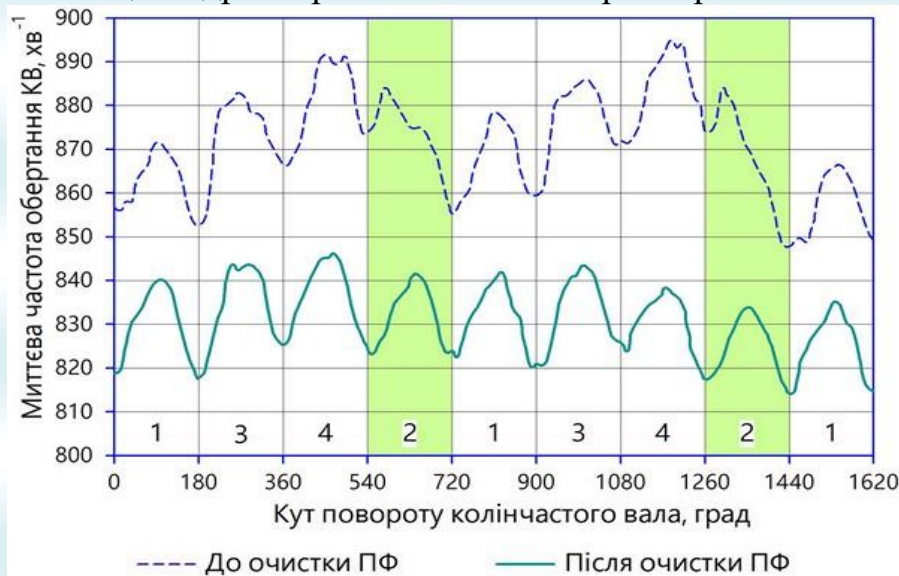


Рис. 11.2. Графік зміни миттєвої частоти обертання КВ двигуна Опель Z22SE на режимі холостого ходу до та після ультразвукової очистки форсунок



Рис. 11.4. Графік зміни миттєвої частоти обертання КВ двигуна Z22SE до та після ультразвукової очистки форсунок з відключеним 2-им циліндром

РЕЗУЛЬТАТИ ДІАГНОСТУВАННЯ ДВЗ

Результати діагностування системи регулювання фаз ГРМ



Рис. 12.1. Графік зміни миттєвої частоти обертання КВ двигуна K4J740 автомобіля Renault Megane II до та після ультразвукової очистки форсунок з відключеним 1-ім циліндром



Рис. 12.2 Графік зміни миттєвої частоти обертання КВ двигуна K4J740 автомобіля Renault Megane II до та після ультразвукової очистки форсунок з відключеним 2-им циліндром

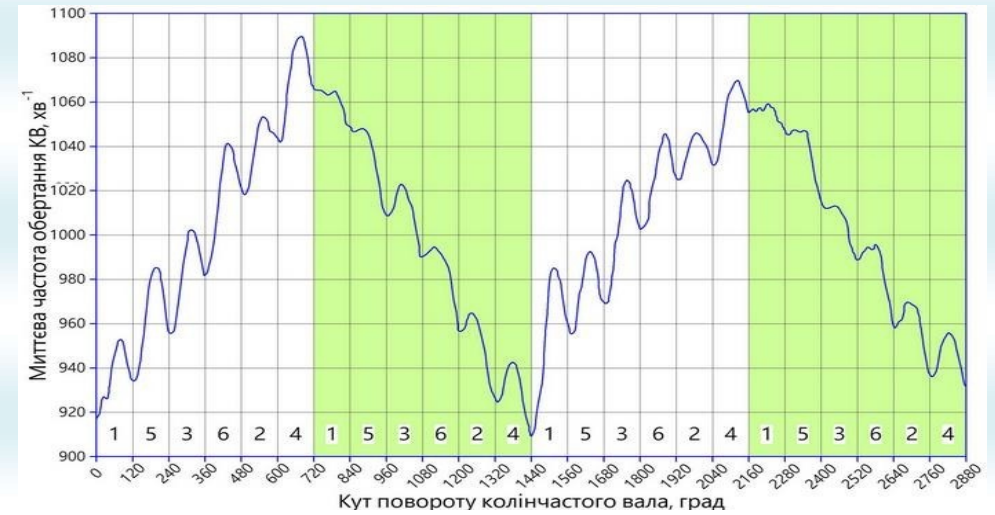


Рис. 12.3. Графік зміни миттєвої частоти обертання КВ двигуна БМВ М50В25ТУ на режимі холостого ходу з несправною системою регулювання фаз ГРМ

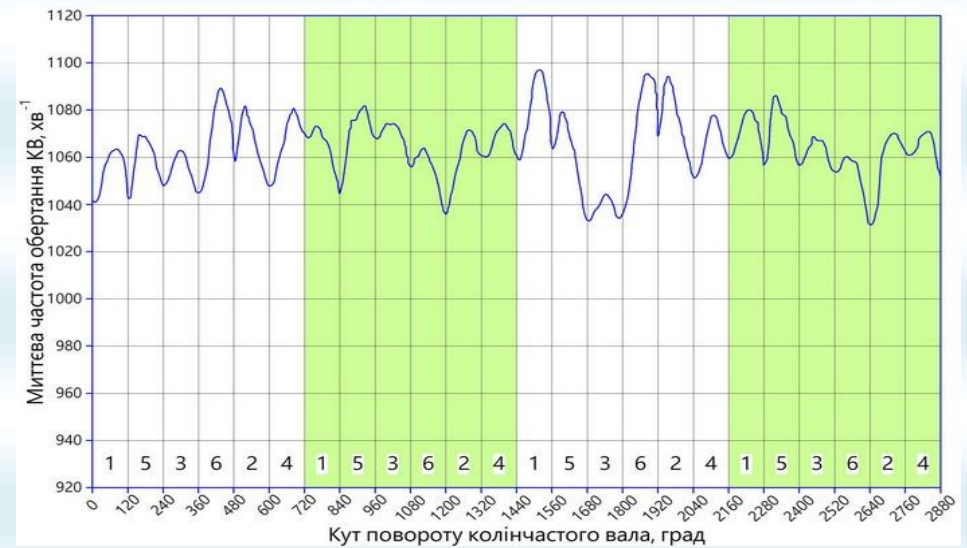


Рис. 12.4. Графік зміни миттєвої частоти обертання КВ двигуна БМВ М50В25ТУ на режимі холостого ходу зі справною системою регулювання фаз ГРМ

Час ділиться на основний, допоміжний, додатковий й підготовчо-заключний. Нормативи витрат робочого часу залежать від характеру виконуваних технологічних операцій і типу виробництва.

1) Знаходимо оперативний час:

Оперативний час складається з основного та допоміжного часу. У відповідності з КЗпП тривалість робочої зміни без врахування перерви на обід та відпочинок складає 480 хв. Час на перерву для обіду та відпочинку приймаємо 30 хв. Тривалість робочої зміни $T_{зм} = 510$ хв, оперативний час складає 82...87% від загального часу, тобто попередньо:

$$T_{оп} = 0,86 \cdot T_{зм} = 0,86 \cdot 510 = 438 \text{ хв.} \quad (13.1)$$

2) Знаходимо основний та допоміжний час:

Зі слів діагноста-електрика СТО «CAR FIX» на діагностування систем ДВЗ автомобіля двигуна K4J740 автомобіля Renault Megane II час розподіляється наступним чином: допоміжний час, що доводиться на один автомобіль складає – 13 хв.; основний час, пов'язаний з діагностуванням систем ДВЗ: без використання мотор-тестера складає – 53,3 хв., а з використанням – 35,3 хв. Тобто загальний допоміжний час складе: без мотор-тестера – 78 хв., із мотор-тестером – 104 хв., а загальний основний час: без мотор-тестера – 319,8 хв., із мотор-тестером – 282,4 хв. При цьому оперативний час складе: без мотор-тестера – 397,8 хв. при діагностуванні шести автомобілів за зміну, із мотор-тестером – 386,4 хв. при діагностуванні восьми автомобілів за зміну.

3) Знаходимо додатковий час, що становить 10,8 % від оперативного часу, тобто:

$$\text{– без мотор-тестера: } T_{дод} = 0,11 \cdot T_{оп} = 0,11 \cdot 397,8 = 44,1 \text{ хв;} \quad (13.2)$$

$$\text{– із мотор-тестером: } T_{дод} = 0,14 \cdot T_{оп} = 0,14 \cdot 386,4 = 55,8 \text{ хв;} \quad (13.3)$$

4) Знаходимо час регламентованих перерв, що знаходиться у розмірі 1,5...4,5 % від тривалості робочої зміни, залежно від категорії важкості праці:

$$\text{– без мотор-тестера: } T_{рег} = 0,018 \cdot T_{зм} = 0,016 \cdot 510 = 8,1 \text{ хв.} \quad (13.4)$$

$$\text{– із мотор-тестером: } T_{рег} = 0,018 \cdot T_{зм} = 0,015 \cdot 510 = 7,8 \text{ хв.} \quad (13.5)$$

5) Знаходимо час організаційно-технічного обслуговування, що знаходиться як різниця між додатковим часом і часом регламентованих перерв:

$$\text{– без мотор-тестера: } T_{ото} = T_{доп} - T_{рег} = 44,1 - 8,1 = 36 \text{ хв.} \quad (13.6)$$

$$\text{– із мотор-тестером: } T_{ото} = T_{доп} - T_{рег} = 55,8 - 7,8 = 48 \text{ хв.} \quad (13.7)$$

6) Знаходимо підготовчо-заключний час, що становить 4÷10% від тривалості робочої зміни

$$T_{п-з} = 0,059 \cdot T_{зм} = 0,059 \cdot 510 = 30 \text{ хв.} \quad (13.8)$$

Основні результати, що отримані в процесі досліджень, полягають у наступному.

1. Досліджено екологічні проблеми сучасних поршневих ДВЗ та розглянуто методів поліпшення екологічних показників ДВЗ. Проаналізовано конструкції систем РВГ різних автовиробників та застосування нейтралізації і фільтрування відпрацьованих газів.

2. Обґрунтований вибір об'єкта діагностування, метода та засобів діагностування. Встановлено, що класичні методи діагностування систем рециркуляції ВГ займають значний час для встановлення місця виникнення несправностей. В результаті запропоновано метод діагностування, який заснований на аналізі осцилограм мотор-тестером.

3. За допомогою реальних автомобілів, власники яких звертались до СТО «CAR FIX» за час проходження практик, згідно з навчальним планом, отриманні результати діагностування систем рециркуляції ВГ ДВЗ різних автомобілів запропонованим методом з метою встановлення місця знаходження несправності і після усунення її.

4. Після проведення достатньої кількості реальних досліджень стосовно визначення працездатного стану ДВЗ легкових автомобілів розроблено алгоритм діагностування систем рециркуляції ВГ ДВЗ запропонованим методом. Алгоритм діагностування систем ДВЗ запропонованим методом передбачає застосування діагностичних параметрів за кількістю на 15 % меншою у порівнянні з класичною методикою діагностування систем ДВЗ.

5. Вдосконалення технології проведення діагностування ДВЗ легкових автомобілів в межах СТО «CAR FIX» дозволило скоротити час на діагностування ДВЗ одного автомобіля на 25 %.

Отримані висновки вказують на перспективу застосування запропонованого методу діагностування систем рециркуляції ВГ ДВЗ легкових автомобілів.