

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему:

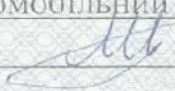
«Підвищення ефективності витрати палива легкових автомобілів з
дизельними двигунами оснащеними системою впорскування палива
Common Rail при обслуговуванні на станції технічного обслуговування
«Інжектор-Дизель Сервіс» місто Вінниця»

Виконав: студент 2-го курсу, групи
2АТ-23м спеціальності 274 –

Автомобільний транспорт

Освітньо-професійна програма –

Автомобільний транспорт

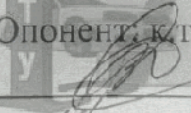
 Антонов В.М.

Керівник: к.т.н., доцент каф. АТМ

 Цимбал С.В.

« 12 » 12 2024 р.

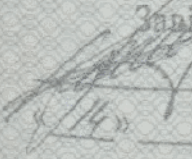
Опонент: к.т.н., доцент каф. ТАМ

 Савуляк В.В.

« 14 » 12 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри АТМ

 к.т.н., доц. Цимбал С.В.

« 14 » 12 2024 р.

Вінниця ВНТУ – 2024 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань – 27 – Транспорт
Спеціальність – 274 – Автомобільний транспорт
Освітньо-професійна програма – Автомобільний транспорт

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри АТМ
к.т.н., доцент Цимбал С.В.

«18» 09 2024 року

**ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ**

Антоноку Володимиру Миколайовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення ефективності витрати палива легкових автомобілів з дизельними двигунами оснащеними системою впорскування палива Common Rail при обслуговуванні на станції технічного обслуговування «Інжектор-Дизель Сервіс» місто Вінниця,

керівник роботи Цимбал Сергій Володимирович, к.т.н., доцент,
затверджені наказом ВНТУ від «17» вересня 2024 року № 310.

2. Строк подання здобувачем роботи: 06.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: Вимоги до конструкції та експлуатації автотранспортних засобів (діючі міжнародні, державні, галузеві стандарти та технічні умови заводів-виробників автомобільної техніки); структура автопарку України; район експлуатації автомобілів – Україна; досліджувані моделі АТЗ з системою Common Rail; об'єкт дослідження – економічні та екологічні показники роботи дизельного двигуна легкового автомобіля обладнаного системою Common Rail; похибка прогнозування досліджуваних показників не більше – 10%.

4. Зміст текстової частини:

1 Аналіз діяльності станції технічного обслуговування.

2 Визначення параметрів функціонування зони технічного обслуговування і поточного ремонту станції.

3 Аналіз системи живлення автомобілів обладнаних системою живлення Common Rail.

4 Екологічні показники дизельних автомобілів обладнаних системою живлення Common Rail.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1-2 Тема, мета та завдання дослідження.

3 Призначення та організаційна структура підприємства.

4 Організаційна структура СТО «Інжектор-дизель сервіс».

5 Схема технологічного процесу ТО і ПР автомобілів на СТО.

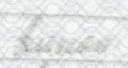
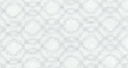
6. Основні розрахунки та проекти показники робіт ТО і ТР на СТО.
7. Характеристики тиску випресування в традиційних паливних системах.
8. Характеристики тиску випресування в паливній системі Common Rail.
9. Фізичні характеристики процесу згорання в дизелі.
- 10-15. Методика процесу відпалювання свічки запалювання мультиспінкатора.
16. Види токсичних речовин виходять з двигуна при згоранні газів на 1 кг палива.
17. Сервістандарт по виходом токсичних речовин.
- 18-20. Порівняння індикаторного КД, вуглецю, окислів азоту і максимальної температури швидкості з різними законами подачі палива.
21. Висновки.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ/підрозділ	Прізвище, ім'я та по батькові консультанта	Підпис, дата	
		завдання видат	завдання прийняти
Розв'язання основної задачі	Цимбал С.В. доцент кафедри АТМ		
Визначення ефективності запропонованих рішень	Гуретський Ю.Ю. доцент кафедри АТМ		

7. Дата видачі завдання «18» вересня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів майстерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вивчення об'єкта та предмету дослідження	18.09-22.09.2024	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задачі	23.09-20.10.2024	
3	Обґрунтування методів досліджень	23.09-20.10.2024	
4	Розв'язання поставлених задач	21.10-03.11.2024	
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	04.11-17.11.2024	
6	Виконання розділу/підрозділу «Визначення ефективності запропонованих рішень»	18.11-01.12.2024	
7	Нормоконтроль МКР	02.12-06.12.2024	
8	Попередній захист МКР	09.12-11.12.2024	
9	Рецензування МКР	12.12-16.12.2024	
10	Захист МКР	17.12.2024-20.12.2024	

Здобувач

Керівник роботи

Антонюк В.М.

Цимбал С.В.

АНОТАЦІЯ

УДК 629.113

Антонюк В.М. Підвищення ефективності витрати палива легкових автомобілів з дизельними двигунами оснащеними системою впорскування палива Common Rail при обслуговуванні на станції технічного обслуговування «Інжектор-Дизель Сервіс» місто Вінниця. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 274 – Автомобільний транспорт, освітня програма – Автомобільний транспорт. Вінниця: ВНТУ, 2024. 104 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 26 назв; рис.: 55; табл. 11.

Предметом магістерської кваліфікаційної роботи є робочий процес дизеля з системою подачі палива CR. Процеси, що формують економічні та екологічні характеристики.

Робота складається з чотирьох частин: аналіз діяльності існуючого підприємства - станції технічного обслуговування «Інжектор-дизель сервіс»; визначення параметрів функціонування робочої зони технічного обслуговування і поточного ремонту станції; аналіз системи живлення дизельних автомобілів обладнаних системою живлення Common Rail; екологічні показники дизельних автомобілів обладнаних системою живлення Common Rail.

Об'єкт дослідження – економічні та екологічні показники роботи дизельного двигуна легкового автомобіля обладнаного системою Common Rail.

Головною метою кваліфікаційної роботи є покращення паливної економічності та екологічних показників легкових автомобілів з дизельними двигунами обладнаними системою живлення Common Rail шляхом притирання (реставрації) конструктивного елемента паливної форсунки – зношеного сідла клапана мультиплікатора.

Графічна частина складається з 21 слайда.

Ключові слова: витрата палива, дизельний двигун, система впорскування палива, станція технічного обслуговування, Common Rail.

ABSTRACT

UDC 629.113

Antonyuk V.M. Increasing the fuel efficiency of passenger cars with diesel engines equipped with a Common Rail fuel injection system when servicing at the Injector-Diesel Service technical service station in Vinnytsia. Master's qualification work in the specialty 274 - Motor transport, educational program - Motor transport. Vinnytsia: VNTU, 2024. 104 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 26 titles; Fig.: 55; table 11.

The subject of the master's qualification work is the working process of a diesel engine with a CR fuel supply system. Processes that form economic and environmental characteristics.

The work consists of four parts: analysis of the activities of an existing enterprise - the service station "Injector-diesel service"; determination of the parameters of the functioning of the service and maintenance work area of the station; analysis of the power supply system of diesel cars equipped with a Common Rail power supply system; environmental performance of diesel cars equipped with a Common Rail power supply system.

The object of the study is the economic and environmental performance of a diesel engine of a passenger car equipped with a Common Rail system.

The main goal of the qualification work is to improve fuel economy and environmental performance of passenger cars with diesel engines equipped with a Common Rail power supply system by grinding (restoring) a structural element of the fuel injector - a worn multiplier valve seat.

The graphic part consists of 21 slides.

Keywords: fuel consumption, diesel engine, fuel injection system, service station, Common Rail.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1 АНАЛІЗ ДІЯЛЬНОСТІ СТАНЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ.....	6
1.1 Аналіз діяльності підприємства та системи сервісного обслуговування автомобілів.....	6
1.2 Дослідження ринку послуг СТО.....	12
1.3 Аналіз стану виробничо-технічної бази СТО.....	14
1.4 Аналіз існуючої системи і організації ТО і ПР.....	16
2 ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗОНИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І ПОТОЧНОГО РЕМОНТУ СТАНЦІЇ.....	19
2.1 Вибір і обґрунтування вихідних даних.....	19
2.2 Розрахунок виробничої програми ТО і ремонту ДТЗ.....	21
2.3 Розрахунок чисельності робітників.....	28
2.4 Розрахунок кількості постів ТО, ПР і діагностики ДТЗ.....	30
2.5 Організація виробничих підрозділів на СТО.....	32
2.6 Організація робочих місць в зоні ТО і ПР.....	34
3 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ АВТОМОБІЛІВ ОБЛАДНАНИХ СИСТЕМОЮ ЖИВЛЕННЯ COMMON RAIL.....	37
3.1 Акумуляторна паливна система Common Rail.....	37
3.2 Характеристики впорскування палива.....	41
3.3 Утворення паливо-повітряної суміші і процес згоряння.....	47
3.4 Фазові характеристики процесу згоряння.....	52
4 ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ДИЗЕЛЬНИХ АВТОМОБІЛІВ ОБЛАДНАНИХ СИСТЕМОЮ ЖИВЛЕННЯ COMMON RAIL.....	61
4.1 Покращення паливної економічності легкових автомобілів з дизельними двигунами обладнаними системою живлення Common Rail.....	61
4.2 Склад і вплив відпрацьованих газів.....	79
4.3 Особливості зміни процесу горіння та догорання продуктів згоряння палива після пригнітання сидла клапана мультиплікатора форсунки.....	84

ВИСНОВКИ.....	99
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	101
ДОДАТКИ.....	104

Додаток А. Ілюстративна частина

Додаток Б. Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність
текстових запозичень



ВСТУП

Актуальність теми. Розвиток автомобільного транспорту є однією з головних рис сучасного суспільства. Постійні модернізації та розвиток, важливі для своєчасної та достатньої роботи підприємств, а також для задоволення потреб населення в пасажирських та вантажних перевезеннях.

Особливої уваги та обов'язкового контролю потребують силові установки автомобільного транспорту, адже рух починається з двигуна.

Двигун внутрішнього згорання є одним з основних джерел енергії в сфері транспорту, та людства в цілому. В даний момент ДВЗ є основним перетворювачем енергії хімічних зв'язків вуглеводневого палива в механічну роботу і, отже, основним споживачем нафтопродуктів. Постійна модернізація існуючих і новостворених дизелів представляється найважливішою складовою комплексної програми науково-технічного прогресу в енергетиці кожної країни. Сучасна модернізація дизелів - це завдання, спрямовані на підвищення потужностей, економічних показників двигунів, а також на зниження токсичності відпрацьованих газів. Показники дизеля багато в чому залежать від якості роботи паливоподаючої апаратури. Одним з ефективних способів рішення проблем модернізацій - це застосування паливоподаючої системи з електронним управлінням типу Common Rail, що забезпечує високу якість сумішоутворення за рахунок підвищеного тиску впорскування і гнучке управління законом паливоподачі. Проте система CR має і вразливі сторони, вони стосуються механічної складової – ПНВТ та паливні форсунки. Робота даних елементів напряду залежить від якості та чистоти палива яке поступає в систему.

Враховуючи середню якість палива в місцевих регіонах, не складно припустити, що з часом автомобілі з дизельними силовими агрегатами обладнаними системами Common Rail, потребуватимуть ремонту та періодичного регулювання.

Найбільш зношуваним елементом в системі CR є клапан мультиплікатор, його основна функція підтримування тиску в робочій камері форсунки.

Зношення клапана мультиплікатора призводить до падіння робочого тиску в паливній форсунці, що в свою чергу погіршує якість розпилення пального в камері згорання і відповідно згорання паливо повітряної суміші відбувається неповністю. Наслідками цього є суттєве підвищення викидів CO , NO_x , CH , які забруднюють навколишнє середовище.

Проблема забезпечення та контролю екологічності дизельних двигунів по сьогоднішній день є актуальною. Зменшення негативного впливу викидів на довкілля потребує спільних зусиль фахівців різних галузей: автовиробників, приладобудівників, метрологів, спеціалістів по технічному обслуговуванню і ремонту автомобілів, екологів. Зазначеній проблемі присвячені роботи Н.А. Іващенко, В.А. Вагнера, Л.В. Грехова В.С. Мурзіна, А.Л. Маслова, Е.А. Лазарева, М.В. Мазінга, О.В. Олісевичу, В.В. Курманова, Г.В. Мельника, В. М. Славущького, Ю. В. Белозубова, З. В. Канигіна та ін.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана у відповідності з планом науково-дослідницької роботи кафедри «Автомобілі та транспортний менеджмент» Вінницького національного транспортного університету.

Мета дослідження – покращення паливної економічності та екологічних показників легкових автомобілів з дизельними двигунами обладнаними системою живлення Common Rail шляхом притирання (реставрації) конструктивного елемента паливної форсунки – зношеного сидла клапана мультиплікатора в дільниці по ремонту дизельних систем на базі СТО «Інжектор-дизель сервіс»

Для досягнення мети необхідно виконати наступні завдання:

- аналіз діяльності підприємства СТО «Інжектор-Дизель сервіс»;
- вибір раціональної структури технічної служби підприємства;
- обґрунтування економічних та екологічних показників легкових автомобілів, шляхом дослідження процесу горіння в камері згорання дизельного двигуна з системою живлення Common Rail;

- оцінка впливу токсичних компонентів відпрацьованих газів дизельних автомобілів на людину, екологічні стандарти по викидам шкідливих речовин для транспортних засобів.

Об'єкт дослідження – економічні та екологічні показники роботи дизельного двигуна легкового автомобіля обладнаного системою Common Rail

Предмет дослідження – робочий процес дизеля з системою подачі палива CR. Процеси, що формують економічні та екологічні характеристики.

Методи дослідження. Дослідження проведені на основі використання методів теорії двигунів і математичного моделювання. Методика дослідження полягає у чисельному експерименті, та аналізі механічної складової дизельних систем.

Новизна одержаних результатів полягає в застосуванні спеціального обладнання, дешевшого в виготовленні у порівнянні з заводськими аналогами, для реставрації конструктивного елемента паливної форсунки з метою забезпечення справної роботи системи живлення і відповідно покращення екологічності дизельного двигуна після вказаних робіт.

Апробація результатів роботи на наукових конференціях. Основні положення магістерської роботи доповідалися і обговорювалися на Міжнародні науково-практичні інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (м. Вінниця, 2024 р.) [26]

Публікації. Матеріали магістерської роботи висвітлені у 1 опублікованій науковій праці апробаційного характеру.



1 АНАЛІЗ ДІЯЛЬНОСТІ СТАНЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

1.1 Аналіз діяльності підприємства та системи сервісного обслуговування автомобілів

СТО «Інжектор дизель сервіс», яке знаходиться за адресою м. Вінниця, провулок Костя Широцького, 7А пропонує наступні послуги:

- комп'ютерна діагностика автомобілів вітчизняного та закордонного виробництва;
- діагностика, ремонт і обслуговування інжекторних систем;
- діагностика, ремонт і обслуговування дизельних систем Common Rail;
- діагностика, ремонт і обслуговування електромобілів;
- чіп тюнінг
- ремонт електрообладнання, встановлення авто звуку, сигналізації та іншого додаткового обладнання;
- ремонт стартерів та генераторів;
- ремонт, заправка, обслуговування автомобільних кондиціонерів;
- ультразвукова чистка форсунок;
- ремонт автомобільного електрообладнання;
- повний об'єм технічного обслуговування.

Підприємство надає послуги по проведенню технічного обслуговування і ремонту легкових та вантажних автомобілів малої вантажопідйомності (до 3,5 т), а також продаж запасних частин і додаткового обладнання до них.

СТО оснащене сучасним технологічним обладнанням і приладами для надання якісних послуг по проведенню ТО і ПР. На базі СТО розміщені адміністративно-виробничий корпус та невиробничі приміщення:

- стоянка для автомобільного транспорту де зберігаються автомобілі, які потребують ремонту або вже відремонтовані та обслужені автомобілі;
- пост діагностики(обладнаний оглядовою канавою)

- два пости для ремонту автомобілів один з яких обладнаний двох стійковим підйомником;
- автомагазин з підбором та продажем запасних частин та додаткового обладнання для автомобілів;
- дільниця ремонту дизельних систем;
- санітарно-побутові приміщення.

Підприємство працює за 6-ти денним робочим графіком з 9:30 до 18:30.

Основною метою діяльності СТО є отримання доходу та надання якісних послуг по ремонту та обслуговуванню транспортних засобів.

Ефективність діяльності підприємства в великій мірі залежить від принципів його побудови, організаційної структури та його постійного удосконалення.

Нижче наведені існуючі організаційні структури та виконано вибір раціональної організаційної схеми (рис. 1.1).

Під організаційною структурою управління підприємством розуміється характер і порядок відносин та зв'язків між формально-відокремленими підрозділами і рівнями управління. Тому характерними рисами організаційної структури управління є сукупність підрозділів, окремих посадових осіб і взаємозв'язки між ними, що виникають у результаті виконання завдань для досягнення цілей підприємства. Необхідність формування, організаційної структури зумовлено процесом розподілу праці на підприємстві та здійснення процесу управління і реалізація визначених функцій. Підприємство самостійно визначає структуру управління, встановлює штати.

В лінійно-функціональній структурі, найпоширенішій структурі ієрархічного типу, яка й дотепер широко використовується в усьому світі, функціональні підрозділи можуть самі віддавати розпорядження нижчестоящим ланкам, але не з усіх, а з обмеженого кола питань, які обумовлені їхньою функціональною спеціалізацією.

Структура об'єднує в собі переваги лінійної і функціональної. В цій структурі при лінійному керівництві на кожному рівні управління створюються

спеціальні підрозділи, які мають визначені права по відношенню до нижчестоящих ланок. Лінійні керівники координують діяльність функціональних підрозділів, виробляють рішення для нижчестоящих ланок.

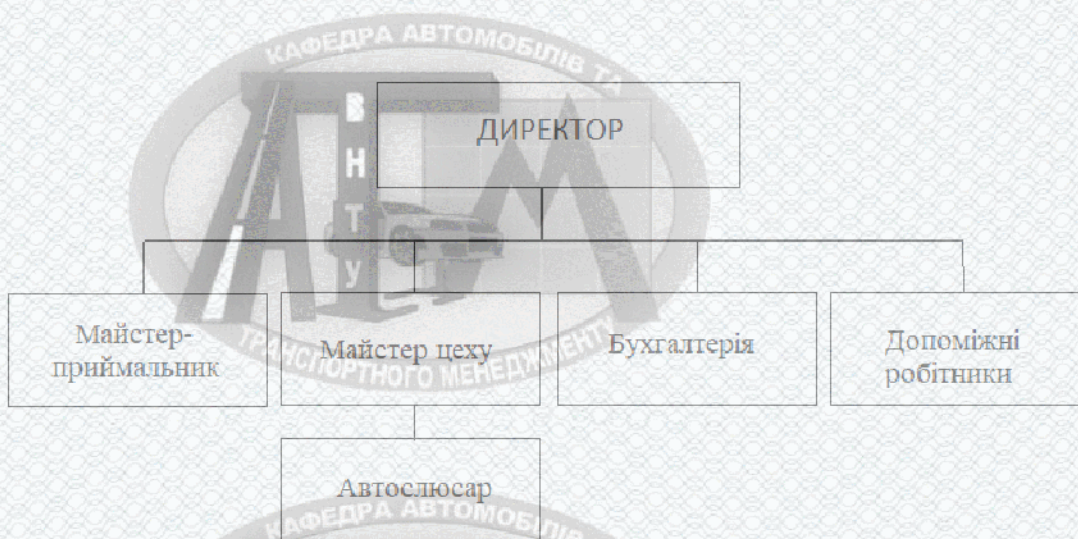


Рисунок 1.1 – Організаційна структура управління СТО «Інжектор-дизель сервіс»

Нижче розглянуто посадові обов'язки працівників, які беруть участь у виробничому процесі станції технічного обслуговування автомобілів. Ці посадові обов'язки будуть об'єднуватися для малих СТО.

Менеджер - керівник автосервісу, складової частини великого об'єднання. Відповідає за роботу всього автосервісу. Підпорядковується директору. Менеджеру підпорядковуються всі інші співробітники автосервісу. Його обов'язками є володіння інформацією що до поточних робіт, координація робіт з іншими підрозділами, дотримання термінів виконання поставлених задач і функцій, корегування і затвердження робочих планів підлеглих, здійснювати розрахунок і аналіз показників роботи, вивчення потреб ринку та ін.

Майстер-приймальник – співробітник, який відповідає за роботу з клієнтами і завантаження цеху. Підпорядковується менеджеру. Майстер-приймальник - єдина людина, що спілкується з клієнтом. Він є особою фірми. Тому пред'являються високі вимоги до стилю одягу і спілкування. Майстер-приймальник є відповідальною особою, яка укладає з клієнтом договір і повинен бути достатньо компетентним, щоб зрозуміти скаргу клієнта і

пояснити її майстру цеху. Майстер-приймальник повинен бути досить наполегливим, щоб продавати клієнту послуги, але досить акуратним, щоб клієнт з радістю залишав гроші в сервісі. Майстер-приймальник - це зв'язок між клієнтом і механіком, це довірена особа клієнта в сервісі, це продавець послуг для клієнта, це виконавець для клієнта і замовник для майстра-приймальника (цеху).

Приблизний перелік посадових обов'язків майстра-приймальника: планування роботи відповідно до попередніх заявок клієнтів, оформлення їх, перевірка наявності несправності автомобіля, підбір та замовлення запасних частин, консультування клієнтів з технічних питань, пояснення клієнту причин поломки та необхідності її усунення а також терміни виконання робіт по ремонту і їх вартість, розподіл завантаженості майстрів, надходження автомобілів в ремонт без запису, виставлення рахунку клієнту з поясненням витрат, повернення автомобіля клієнту, допомога клієнту при заяві рекламачії і приймання мір щодо її усунення.

Майстер цеху - співробітник, який відповідає за правильність виконання ремонту автомобіля. Підпорядковується менеджеру.

Майстер цеху - це керівник цеху, відповідальний за правильність виконання діагностики і ремонту автомобіля, справність і наявність технологічного обладнання та інструменту, виконання вимог техніки безпеки. Тому майстер цеху підключається при складній діагностиці або діагностиці дорогих деталей, підтверджує правильність проведеної діагностики і необхідність заміни додаткових деталей на підставі керівництва по ремонту, особистого досвіду і стану автомобіля. А після узгодження ремонту стежить за виконанням механіком вказівок керівництва по ремонту автомобіля і майстра цеху.

Майстер цеху є виконавцем для майстра-приймальника і відповідає перед ним як перед клієнтом за якість проведеної діагностики та виконаних робіт, а також за терміни виконання робіт.

Приблизний перелік посадових обов'язків майстра цеху: постійний контроль за дотриманням технології діагностики поточного ремонту автомобіля; проведення випробувальних поїздок; контроль якості та вчасності виконання робіт; контроль стану технологічного обладнання і його оновлення або збільшення номенклатури;

Автослюсар (механік) - співробітник ремонтує автомобілі і безпосередньо заробляє гроші для автосервісу. Всі інші співробітники автосервісу працюють для того, щоб автослюсар міг виробляти якомога більше або втрачав якомога менше.

Можливо поділ слюсарів за фахом - автоелектрик, арматурник, маляр, бляхар і т.д., за рівнем знань і досвіду - розрядна сітка (з 1-го по 6-ий розряд), діагност. Діагностом може бути найбільш навчений або найбільш досвідчений слюсар. Але в деяких сервісах, особливо невеликих, всю діагностику автомобіля виконує звичайний автослюсар. Це добре для клієнта - під час ремонту досвідчений механік може відкоригувати результати діагностики. При цьому досвідчений механік, бачачи особливості зносу або поломки, може рекомендувати додаткові роботи або додаткову діагностику для повного усунення несправності.

Приблизний перелік посадових обов'язків автослюсаря: проведення діагностики і ремонту; використання необхідного інструменту при ремонті та діагностиці; контроль виконання обсягу робіт, заявленого клієнтом; постійна самоосвіта - вивчення нових моделей виробника, методик діагностики та ремонту.

Всі перераховані вище посадові обов'язки є орієнтовними і можуть коригуватися, замінюватися і об'єднуватися в залежності від величини автосервісу, його завантаженості, місця розташування і досвіду персоналу. Чим менший сервіс, тим більше обов'язків буде у кожного зі співробітників.

На підприємстві працює 9 чоловік. Це директор, майстер-приймальник, майстер цеху, бухгалтер, один допоміжний працівник, 4 автослюсарі IV-го розряду.

Послідовність технологічного процесу на СТО наступна.

Всі замовлення можна індивідуально обговорити та узгодити з майстром, щоб той урахував усі побажання та вимоги власника автомобіля. На СТО виконують гарантійний ремонт і заміну за необхідністю несправного компонента. На СТО також є мастильні матеріали, елементи світлової сигналізації, дилерські прилади для діагностики та ремонту авто від провідних компаній.

Основним критерієм, за яким проводиться оцінка діяльності підприємства, є об'єм наданих послуг з ТО і ремонту автомобілів, що належить населенню.

Під обсягом реалізації послуг з ТО і ремонту автомобілів, що належать населенню, розуміється вартість:

- всіх робіт з обслуговування і ремонту автомобілів;
- послуг по виконанню шиноремонтних робіт;
- послуг по діагностуванню автомобілів;
- послуг по збереженню транспортних засобів на відкритій стоянці;
- послуг по транспортуванню автомобілів з лінії;
- технічних консультацій;
- робіт по виготовленню і ремонту автоприладів;
- робіт по зарядці акумуляторних батарей;
- робіт по перевірці загального технічного стану легкових автомобілів.

При виконанні підприємством одноразових замовлень сторонніх організацій, що розраховуються по безготівковому рахунку, об'єми виконаних робіт не включаються в загальний об'єм реалізації побутових послуг.

Сервісне обслуговування – комплекс операцій або одна операція, необхідні для підтримання працездатності чи справності автомобілів під час їх експлуатації.

Основним сучасним документом (на основі закону України “Про автомобільний транспорт” [1]), який регламентує проведення профілактичних

робіт сервісного обслуговування автомобілів в Україні є "Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту" ("Положення-98") [2], який передбачає наступні їх різновиди: підготовку до продажу; технічне обслуговування в період обкатки; щоденне обслуговування (ЩО); перше технічне обслуговування (ТО-1); друге технічне обслуговування (ТО-2); сезонне технічне обслуговування (СО); поточний ремонт (ПР); капітальний ремонт (КР); технічне обслуговування під час консервації АТЗ; ТО та ремонт АТЗ на лінії.

Під час експлуатації автомобілів проходять порушення регулювань їх систем, вузлів та агрегатів, тобто змінюються значення структурних параметрів, безпосередньо тих, які характеризують їх працездатність чи справність. До цих параметрів належать зазори у спраженнях, зноси поверхонь деталей та інші, вимірювання яких пов'язане з потребою проведення розбиральних робіт. Це підвищує трудомісткість контролю та істотно знижує (інколи до 10%) ресурс агрегату, що контролюється. Останнє пояснюється появою додаткового циклу припрацювань поверхонь спражень деталей агрегату. Тому важливо правильно визначити періодичність втручань для того, щоб забезпечити достатню надійність автомобілів (його агрегатів) і одночасно зменшити кількість таких втручань.

Якщо у сервісній документації заводу-виробника автомобілів вказані інші періодичності, ніж зазначені у Положенні-98, то, необхідно керуватися інструкцією заводу-виробника. Наведені нормативні значення періодичності обслуговування можуть бути зменшені до 20%, залежно від умов їх експлуатації.

1.2 Дослідження ринку послуг СТО

За результатами статистичних даних та даних Департаменту МВС України про парк автомобілів в країні можна спрогнозувати швидкість зростання і приросту не лише на парк автомобілів, а й їх власників і обсяги

звернень на підприємства автосервісу. Переміна кількості ринку легкових автомобілів на пряму відзначиться на зміні кількості запропонованих послуг автосервісу. Якщо при збільшенні кількості автомобілів кількість авторемонтних підприємств залишається таким самим, то безумовним є зростання обсягів послуг на діючих автосервісних підприємствах.

Для більш детального дослідження конкурентного середовища і формування конкурентних переваг необхідно здійснювати постійний моніторинг внутрішнього та зовнішнього середовища.

Аналіз попиту на послуги автосервісу та дослідження потреб споживачів проводиться за допомогою опитування, анкетування та інтерв'ю. Клієнти у першу чергу розподіляються за рівнем доходу на три категорії: високий, середній і низький рівень. В залежності від своїх виробничих потужностей, потреб споживачів та їх можливостей, автосервісне підприємство повинно розробляти оптимальну цінову, маркетингову та сервісну стратегії. Високе за вартістю та рівнем сервісу, зручне у розташуванні обслуговування можуть дозволити собі не всі автовласники.

Найзаможніші клієнти автосервісу у більшості випадків відвідують великі фірмові автосервіси з високим рівнем цін, а автовласники з меншим достатком є клієнтами середніх та маленьких сервісів або здійснюють ремонт та обслуговування автомобіля власними силами.

В умовах поступового насичення ринку автодилерів постала проблема гарантованого залучення бажаної кількості нових споживачів. Ця проблема значно загострилася за умов економічної кризи, коли попит на автомобілі різко скоротився. Підраховано, що залучення одного нового покупця обходиться компанії в 5 - 10 разів більше, ніж утримання існуючого, тому концентрація стратегічних зусиль компанії на побудові лояльності клієнтів приносить їй безперечні вигоди.



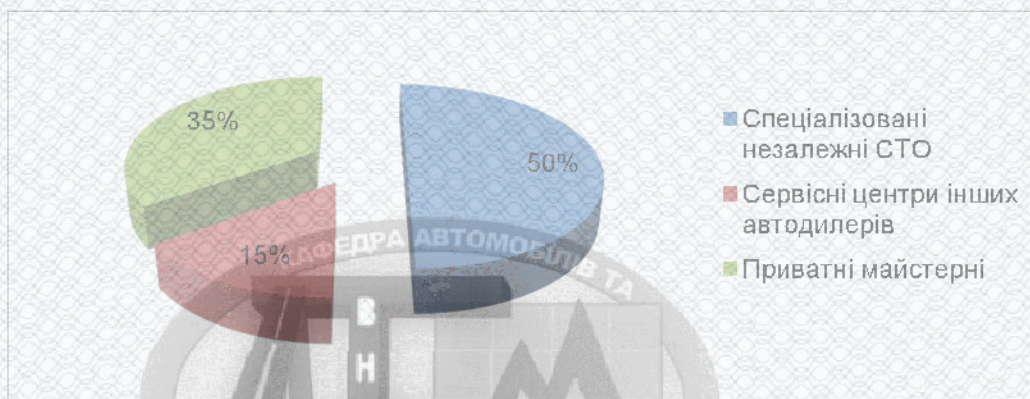


Рисунок 1.2 – Розподіл переваг споживачів автосервісних послуг

Якщо при збільшенні автомобільного парку кількість підприємств з технічного обслуговування та ремонту автомобілів залишається такою ж, то безперечним є зростання обсягів послуг на діючих автосервісних підприємствах. Таким чином, створюються сприятливі умови для тих, хто працює на цьому ринку, через те, що збільшення автотранспортних засобів є об'єктивною передумовою розширення виробництва автомобільного сервісу. Така ситуація не може бути постійною на ринку автосервісу через можливість перевищення попиту над пропозицією таких послуг, зниження якості, зростання термінів виконання робіт та низки негативних чинників.

1.3 Аналіз стану виробничо-технічної бази СТО

Аналіз стану виробничо-технічної бази СТО може бути виконаний різними способами, одним з яких є комплексний підхід.

В якості основної вимоги комплексний підхід висуває системність показників, що характеризують стан виробничо-технічної бази. Показники стану виробничо-технічної бази повинні відображати значні сторони сучасної будівельної промисловості, ознаки нововведень обладнання та оснащення, вдосконалення технологічних процесів. Ці показники повинні дозволяти встановлювати необхідне значення чи змінювати його в необхідному напрямі.

Стан стаціонарної виробничої бази характеризують такі показники: забезпеченість виробничими площами для ТО та ремонту; фондоозброєність

підприємства; придатність приміщень для ремонту; об'ємно-планувальні рішення; придатність споруд та приміщень.

Технологічне обладнання та рівень технології характеризують такі показники: структура фондів ВТБ; фондоозброєність та механоозброєність ремонтних працівників; середній вік обладнання і величина його використання; рівень механізації виробничих процесів; ступінь поточності і конвеєризації виробництва; рівень типізації технології.

Рівень організації і управління характеризують такі показники: кооперування виробничих підрозділів; концентрація об'єму робіт по технічного обслуговування і ремонту; спеціалізація по видах ТО і ремонту; продуктивність праці ремонтно-обслуговуючого персоналу.

Для визначення стану виробничо-технічної бази необхідно використовувати початкові дані, представлені в статистичній звітності автопідприємств.

Для аналізу стану ВТБ використовують багаточисельні показники: структуру фондів ВТБ, ступінь забезпеченості СТО виробничою базою, стан ВТБ в частині її фізичного і морального зношення. До показників в натуральному та вартісному виразах відносяться: забезпеченість виробничими потужностями для виконання ТО і ремонту; коефіцієнт придатності основних фондів; питома вага вартості ВТБ в загальній вартості фондів; питома вага вартості активної частини фондів в загальній вартості ВТБ; фондоозброєність та ін.

Всі приміщення СТО можна розділити на кілька груп. По перше, це виробничі приміщення. Вони призначені безпосередньо для надання послуг ТО і ремонту автомобілів клієнтам СТО. До цих приміщень відноситься зона ТО і ПР, пост приймання автомобілів а також ремонтно-механічна дільниця. Друге – складське приміщення, призначене для зберігання запасних частин, інструменту, матеріалів та ін. Третє – допоміжні та побутові приміщення, це два санвузли, душова, побутова кімната для робітників СТО, кімната для клієнтів СТО, яка розташована біля поста приймання автомобілів. Четверте –

адміністративне приміщення, в якому розміщені адміністрація СТО та бухгалтерія. Також на даному СТО є невеликий автомагазин, де продають запасні частини, та автомобільні аксесуари, які користуються найбільшим попитом.

У виробничих приміщеннях СТО розташоване технологічне обладнання, яке забезпечує технологічні процеси ТО і ремонту автомобілів. Все обладнання виробничих підрозділів СТО поділяється на чотири групи. Підйомно-оглядове обладнання – це електромеханічні підіймачі, яким обладнані пости ТО і ПР.

1.4 Аналіз існуючої системи і організації ТО і ПР

Експлуатація та організація технічного обслуговування і ремонту приватних автомобілів має специфічні особливості, які необхідно враховувати при визначенні необхідного комплексу профілактичних та ремонтних робіт для підтримки їх в технічно справному стані.

Система обслуговування приватних автомобілів має такі особливості:

- ТО і ПР автомобілів в більшості випадків здійснюються на СТО на основі заявки власника. Застосовується самообслуговування;
- СТО не має визначеної сфери обслуговування і закріпленої клієнтури;
- планово-попереджувальна система обслуговування рекомендує та частково регламентує власникам автомобілів періодичність ТО, але не передбачає відповідальність за невиконання цих вказівок. ТО частково здійснюється завдяки застосуванню сервісних книжок;
- власник користується правом на вибіркове проведення операцій по ТО і ПР;
- капітальний ремонт автомобілів не виконується. Виконується тільки капітальний ремонт вузлів та агрегатів.

Метою СТО є одержання максимального прибутку від своєї діяльності.

Клієнтами СТО є власники приватних автомобілів і підприємства. Розрахунок зі станцією ведеться як готівкою, так і по безготівковому розрахунку. Підприємство укладає угоди на планове технічне обслуговування

та ремонт легкових автомобілів з колективними господарствами та автотранспортними підприємствами.

Пости ТО і ПР споряджені відповідним технологічним обладнанням, пристроями та інструментом. Пости ТО і ПР тупикові. В'їзд на пости може здійснюватися через ворота розташовані навпроти постів. При зайнятому посту автомобіль встановлюється на відкриту стоянку на місце очікування. Після виконання запланованих робіт автомобіль з'їжджає з поста заднім ходом.

Основна частина робіт з ТО і ремонту автомобіля виконується на робочих постах виробничої зони ТО і ПР. Крім того, роботи з обслуговування та ремонту приладів системи живлення, електротехнічні, слюсарно-механічні та інші роботи частково виконуються у спеціалізованій виробничій дільниці після зняття відповідних вузлів і агрегатів з автомобіля. В основу організації технологічного процесу покладена єдина функціональна схема (рис. 1.4): автомобілі, що прибувають на СТОА для проведення ТО і ремонту, проходять огляд і діагностування, а потім направляються в зону ТО і ПР.

Під раціонально організованим технологічним процесом розуміється певна послідовність робіт, що забезпечує високу якість їх виконання при мінімальних витратах.

При звертанні на СТО враховується право власника автомобіля замовити на СТО виконання робіт будь-якого виду або вибіркового комплексу робіт.

Організація виробничого процесу технічного обслуговування на постах СТО визначається технологічними особливостями кожного виду робіт та виробничою програмою СТО.

Враховуючи нерівномірний характер надходження автомобілів на СТО, а також необхідність вибіркового проведення окремих видів робіт, для СТО доцільніше вибирати одиничний метод ТО на універсальних і спеціалізованих постах.

Підставою для виконання робіт ПР на СТО є заявка власника автомобіля, дані діагностування або несправності, виявлені при виконанні ТО.

Роботи ПР поділяються на розбірно-складальні і ремонтно-відновні. По

характеру і місцю виробництва весь обсяг робіт ПР поділяється на дві частини: постові (розбірно-складальні, регульовально-кріпильні, усунення несправностей гальмівної та інших систем, усунення незначних пошкоджень кузова, агрегатів і вузлів без їх зняття і розбирання) та дільничні (цехові), які виконуються в спеціалізованих дільницях (агрегатні, електротехнічні, кузовні та ін.).

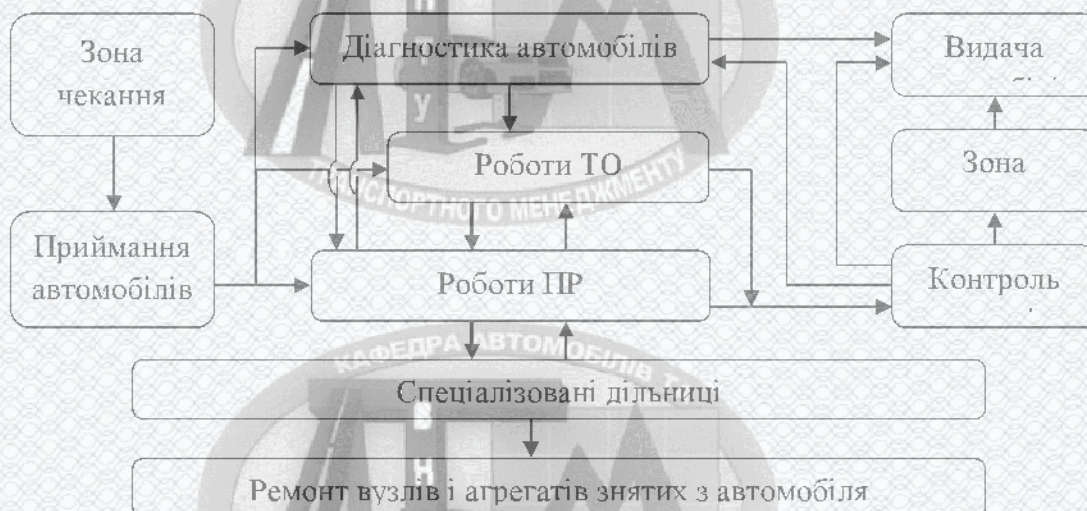


Рисунок 1.3 – Схема технологічного процесу ТО і ПР автомобілів на СТО

Ремонт автомобілів на СТО, як правило, виконується індивідуальним методом, але можливе також застосування агрегатного методу. Для організації ремонту агрегатним методом необхідно створити достатній обмінний фонд.

Висновки за розділом.

СТО характеризується стабільністю своєї роботи та високою якістю виконуваних робіт. Підприємство постійно оновлює матеріально-технічну базу, зокрема за попередній рік було придбано велику кількість діагностичного обладнання. Всі працівники мають відповідну освіту, проходять курси підвищення кваліфікації.



2 ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗОНИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І ПОТОЧНОГО РЕМОНТУ СТАНЦІЇ

2.1 Вибір і обґрунтування вихідних даних

Визначимо параметри функціонування зони ТО і ПР міської СТО із загальною кількістю постів 3 і кількістю автомобіле-заїздів в рік – 1550.

Особливістю розрахунку виробничої програми станцій технічного обслуговування є те, що заїзди автомобілів на СТО для виконання всіх видів робіт носять імовірнісний характер.

Середньорічний пробіг $L_{с-р}$ автомобілів індивідуального користування залежить від кліматичного району, в якому експлуатуються автомобілі. Для районів, в яких середньорічна кількість днів із плюсовою температурою становить 230 днів: $L_{с-р} = 10000 \text{ км}$ [3].

Виробнича програма як міської так і дорожньої СТО характеризується трудомісткістю ТО і ПР автомобілів. Для міської СТО трудомісткість ТО і ПР залежить від марки автомобіля. Оскільки парк індивідуальних автомобілів, що експлуатуються на даний час в Україні, досить різноманітний, то рекомендується всі автомобілі, що обслуговуються на міській СТО, поділити на три групи: особливо малого класу, малого класу і середнього класу.

Розподіл автомобілів на групи виконується згідно із статистичними даними, зібраними за минулі роки.

Тип СТО – міська, універсальна.

Існуюча загальна кількість постів на СТО: $X_{п-існ}^{СТО} = 3$.

Визначимо кількість автомобілів, що обслуговуються на СТО, статистичним способом. Згідно з статистичними даними за минулий рік було зареєстровано $M_{ТО і ПР}^P = 1828$ (авт./рік) автомобілів на СТО для виконання робіт ТО і ПР.

Згідно з ОНТП-01-91[4] частота заїздів одного автомобіля для виконання ТО і ПР: $n_{ТО і ПР}^P = 2$ (рази/рік).

Кількість обслуговуваних автомобілів $A_{\text{авт}}$ буде меншою, оскільки один автомобіль заїжджає на СТО кілька разів:

$$A_{\text{авт}} = \frac{N_{\text{ТО і ПР}}^p}{n_{\text{ТО і ПР}}^p}, \quad (2.1)$$

де $n_{\text{ТО і ПР}}^p$ – частота заїздів одного автомобіля на СТО для виконання ТО і ПР на протязі року.

$$A_{\text{авт}} = \frac{1528}{2} = 764(\text{од.}).$$

Для міської СТО необхідно виконати розподіл автомобілів на групи. Згідно з середньостатистичними даними за минулий рік та даними інших однотипних СТО міста, розподіл автомобілів може бути виконаний таким чином:

автомобілі особливо малого класу – 24 %;

автомобілі малого класу – 40 %;

автомобілі середнього класу – 36 %.

Середньорічний пробіг автомобілів приймаємо $L_{c-p} = 10000$ (км), як для регіону в якому середньорічна кількість днів із плюсовою температурою становить 230 днів[3]. Вихідні дані до розрахунку виробничої програми зводимо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані до розрахунку виробничої програми міської СТО

Параметр	Ум. позн.	Од. вим.	Значення
1	2	3	4
Існуюча кількість постів	$X_{\text{п-існ}}^{\text{СТО}}$	од.	3
Кількість заїздів для виконання ТО і ПР на СТО за рік	$N_{\text{ТО і ПР}}^p$	Заїздів	1528
Частота заїздів одного автомобіля для виконання ТО і ПР	$n_{\text{ТО і ПР}}^p$	заїздів в рік	2
Частота заїздів одного автомобіля для виконання антикорозійної обробки	$n_{\text{а-к}}^p$	заїздів в рік	1

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
Кількість автомобілів, що обслуговуються на СТО:	$A_{\text{авт}}$	од.	764
в тому числі:			
- автомобілів І групи:	$A_{\text{авт}}^I$	авт. (%)	183
- автомобілів ІІ групи:	$A_{\text{авт}}^{II}$	авт. (%)	306
- автомобілів ІІІ групи:	$A_{\text{авт}}^{III}$	авт. (%)	275
Середньорічний пробіг автомобілів	$L_{\text{с-р}}$	Км	10000
Спосіб миття автомобілів	-	-	Ручний
Кліматичний район	ПКЗ	-	Помірно-теплий
Режим роботи СТО			
Кількість робочих днів СТО	D_r	дні	305
Тривалість зміни	$\tau_{\text{зм}}$	год.	7
Кількість робочих змін	ТО і ПР	с	1
	миття і прибирання	с	1
	приймання і видачі	с	1

2.2 Розрахунок виробничої програми ТО і ремонту ДТЗ

Нормативи трудомісткості ТО і ПР автомобілів індивідуального користування вибираються в залежності від типу СТО, класу автомобілів та виду робіт, що виконуються на СТО.

Розрізняють два види нормативів ТО і ПР на СТО. Це питома трудомісткість на 1000 км пробігу, люд-год/1000 та разова трудомісткість на один заїзд автомобіля на СТО, люд-год.

Для міських СТО характерні як перший так і другий види нормативів ТО і ПР, для дорожніх – тільки разова трудомісткість на один заїзд автомобіля на

СТО.

Питома трудомісткість ТО і ПР коректується з використанням коефіцієнтів коректування:

$$t_{\text{ТО і ПР}} = t_{\text{ТО і ПР}}^{\text{н}} \cdot K_{\text{п}} \cdot K_{\text{з}}, \quad (2.2)$$

де $K_{\text{п}}$ – коефіцієнт коректування в залежності від кількості робочих постів (потужності) СТО. При проектуванні нового СТО кількість робочих постів приймається орієнтовно на основі планової потужності СТО;

$K_{\text{з}}$ – коефіцієнт коректування в залежності від природно-кліматичних умов.

Разова трудомісткість на один заїзд автомобіля на СТО не коректується.

Нормативи ТО і ПР та інших видів робіт для міської СТО вибираємо згідно ОНТП-01-91[4].

Нормативи питомої трудомісткості ТО і ПР необхідно скоректувати за допомогою коефіцієнтів коректування:

– в залежності від кількості робочих постів СТО. На СТО 3 робочих пости. $K_{\text{п}} = 0,95$;

– в залежності від природно-кліматичних умов. СТО знаходиться в помірно-теплій кліматичній зоні. $K_{\text{з}} = 0,90$

Визначаємо питому трудомісткість для кожної групи автомобілів за формулою (2.2):

для 1 групи: $t_{\text{ТО і ПР}}^{\text{I}} = 2 \cdot 1,05 \cdot 0,9 = 1,89$ (люд – год/1000);

для 2 групи: $t_{\text{ТО і ПР}}^{\text{II}} = 2,3 \cdot 1,05 \cdot 0,9 = 2,17$ (люд – год/1000);

для 3 групи: $t_{\text{ТО і ПР}}^{\text{III}} = 2,7 \cdot 1,05 \cdot 0,9 = 2,55$ (люд – год/1000).

Результати розрахунків трудомісткості ТО і ПР зводимо в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Нормативи трудомісткості ТО і ПР для міської СТО

Нормативи трудомісткості та коефіцієнти коригування		Ум. позн.	Один. вим.	Для автомобілів:		
				1 групи	2 групи	3 групи
Коефіцієнт коригування в залежності від кількості постів СТО		$K_{\text{п}}$	—	1,05	1,05	1,05
Коефіцієнт коригування в залежності від природно-кліматичних умов		$K_{\text{з}}$	—	0,9	0,9	0,9
Питома ТО і ПР на 1000 км пробігу (нормативна)		$t_{\text{ТО і ПР}}^{\text{н}}$	люд- год/1000	2	2,3	2,7
Питома ТО і ПР на 1000 км пробігу (скоректована)		$t_{\text{ТО і ПР}}$	люд- год/1000	1,89	2,17	2,55
Разова на один заїзд:	миття і прибирання	$t_{\text{п-м}}$	люд-год	0,15	0,20	0,25
	приймання і видачі	$t_{\text{п-в}}$	люд-год	0,15	0,20	0,25
	передпродажної підготовки	$t_{\text{п-п}}$	люд-год	3,5	3,5	3,5
	антикорозійної обробки	$t_{\text{а-к}}$	люд-год	3,0	3,0	3,0

Річний обсяг робіт, що виконуються на міській СТО, визначається окремо для кожної групи легкових автомобілів і складається з таких видів робіт:

$T_{\text{ТО і ПР}}$ – роботи ТО і ПР автомобілів;

$T_{\text{п-м(ТО)}}$ – роботи прибирання і миття перед виконанням ТО і ПР;

$T_{\text{п-м}}$ – роботи косметичного прибирання і миття, як окремої послуги;

$T_{\text{а-к}}$ – роботи антикорозійної обробки автомобілів;

$T_{\text{п-в}}$ – роботи приймання і видачі автомобілів;

$T_{\text{доп}}$ – допоміжні роботи.

На даному СТО не передбачені роботи прибирання і миття автомобілів, тому трудомісткість робіт прибирання і миття автомобілів перед виконанням

ТО і ПР та трудомісткість косметичного прибирання і миття автомобілів, як окремої послуги не розраховуються і в загальну трудомісткість робіт на СТО не включаються.

Річний обсяг робіт ТО і ПР для однієї групи автомобілів визначається по питомій трудомісткості ТО і ПР автомобілів цієї групи на 1000 км пробігу:

$$T_{\text{ТО і ПР}}^i = \frac{A_{\text{авт}}^i \cdot L_{\text{с-р}} \cdot t_{\text{ТО і ПР}}^i}{1000}, \quad (2.3)$$

де $A_{\text{авт}}^i$ – кількість автомобілів даної групи;

$L_{\text{с-р}}$ – середньорічний пробіг автомобілів, км;

$t_{\text{ТО і ПР}}^i$ – скоректована питома трудомісткість ТО і ПР автомобілів даної групи, люд·год/1000.

$$T_{\text{ТО і ПР}}^I = \frac{183 \cdot 10000 \cdot 1,89}{1000} = 3458,7 \text{ (люд – год);}$$

$$T_{\text{ТО і ПР}}^{II} = \frac{306 \cdot 10000 \cdot 2,17}{1000} = 6640,2 \text{ (люд – год);}$$

$$T_{\text{ТО і ПР}}^{III} = \frac{275 \cdot 10000 \cdot 2,55}{1000} = 7012,5 \text{ (люд – год).}$$

Річний обсяг прибирально-мийних робіт для однієї групи визначається на основі разової трудомісткості цього виду робіт за один заїзд на СТО. Трудомісткість прибирально-мийних робіт перед виконанням ТО і ПР ($t_{\text{п-м(ТО)}}^i$) визна-ається за формулою:

$$T_{\text{п-м(ТО)}}^i = A_{\text{авт}}^i \cdot n_{\text{ТО і ПР}}^p \cdot t_{\text{п-м}}^i \quad (2.4)$$

де $n_{\text{ТО і ПР}}^p$ – частота заїздів одного автомобіля, що обслуговується на СТО, відповідно для виконання робіт ТО і ПР;

$t_{\text{п-м}}^i$ – разова трудомісткість прибирально-мийних робіт одного автомобіля даної групи, люд·-год.

$$T_{п-м(ТО)}^I = 183 \cdot 2 \cdot 0,15 = 54,9 \text{ (люд - год);}$$

$$T_{п-м(ТО)}^{II} = 306 \cdot 2 \cdot 0,2 = 122,4 \text{ (люд - год);}$$

$$T_{п-м(ТО)}^{III} = 275 \cdot 2 \cdot 0,25 = 137,5 \text{ (люд - год).}$$

Річний обсяг робіт приймання і видачі для однієї групи визначається на основі загальної кількості заїздів автомобілів на СТО для виконання різних видів робіт:

$$T_{п-в}^i = A_{авт}^i \cdot (n_{ТО і пр}^p + n_{а-к}^p) \cdot t_{п-в}^i, \quad (2.5)$$

де $t_{п-в}^i$ – разова трудомісткість робіт приймання-видачі одного автомобіля даної групи, люд-год.

$$T_{п-в}^I = 183 \cdot (2 + 1) \cdot 0,15 = 82,35 \text{ (люд. - год);}$$

$$T_{п-в}^{II} = 306 \cdot (2 + 1) \cdot 0,2 = 183,6 \text{ (люд. - год);}$$

$$T_{п-в}^{III} = 275 \cdot (2 + 1) \cdot 0,25 = 206,25 \text{ (люд. - год).}$$

Річна трудомісткість робіт T_i кожного виду для всіх груп автомобілів, що обслуговуються на СТО, визначається як сума трудомісткості робіт кожної окремої групи:

$$T_i = T_i^I + T_i^{II} + T_i^{III}. \quad (2.6)$$

$$T_{ТО і пр} = 3458,7 + 6640,2 + 7012,5 = 17111,4 \text{ (люд - год);}$$

$$T_{п-м(ТО)} = 54,3 + 122,4 + 137,5 = 314,2 \text{ (люд - год);}$$

$$T_{п-в} = 82,35 + 183,6 + 206,25 = 472,2 \text{ (люд - год).}$$

Річний обсяг допоміжних робіт на СТО визначається як частина від

загального обсягу робіт на СТО:

$$T_{\text{доп}} = (T_{\text{ТО і ПР}} + T_{\text{п-м(ТО)}} + T_{\text{п-в}}) \cdot \frac{C_{\text{доп}}}{100}, \quad (2.7)$$

де $C_{\text{доп}}$ – доля (%) допоміжних робіт від загальної трудомісткості (приймається рівним 15...20);

$T_{\text{ТО і ПР}}, T_{\text{п-м(ТО)}}, T_{\text{п-в}}$ – річна трудомісткість відповідно робіт ТО і ПР, прибирально-мийних робіт перед ТО і ПР, приймання-видачі автомобілів;

$$T_{\text{доп}} = (17111,4 + 314,2 + 472,2) \cdot \frac{15}{100} = 2684,67 \text{ (люд-год)}.$$

Орієнтовна трудомісткість всіх постових робіт на СТО:

$$T_{\text{пост}} = T_{\text{ТО і ПР}} \cdot \frac{C_{\text{ПР}}^{\text{пост}}}{100} + T_{\text{пм(ТО)}} + T_{\text{пм}} + T_{\text{пв}} \quad (2.8)$$

де $C_{\text{ПР}}^{\text{пост}}$ – частка (%) постових робіт від загальної трудомісткості робіт ТО і ПР. Орієнтовно для попередніх розрахунків приймається рівною: 74% – для СТО, в яких існуюча або планова кількість робочих постів менше п'яти.

$$T_{\text{пост}} = 17111,4 \cdot \frac{74}{100} + 314,2 + 472,2 = 13448,8 \text{ (люд-год)}$$

Орієнтовна кількість робочих постів, яка залежить від трудомісткості постових робіт:

$$X_{\text{п}}^{\text{СТО}} = \frac{T_{\text{пост}} \cdot K_{\text{н}}}{D_{\text{р}} \cdot c \cdot \tau_{\text{зм}} \cdot P_{\text{п}} \cdot \eta_{\text{п}}}, \quad (2.9)$$

де $T_{\text{пост}}$ – річна трудомісткість постових робіт, люд.-год;

K_n – коефіцієнт нерівномірності завантаження постів (приймається рівним 1,15);

D_p – число днів роботи СТО;

c – число робочих змін протягом доби;

$\tau_{зм}$ – тривалість робочої зміни, год;

P_n – середнє число робітників, що одночасно працюють на посту (приймається рівним 1,6...1,9);

η_n – коефіцієнт використання робочого часу поста (приймається рівним: при однозмінній роботі – 0,95; при двозмінній – 0,94).

$$X_n^{СТО} = \frac{13448,8 \cdot 1,15}{305 \cdot 1 \cdot 7 \cdot 1,9 \cdot 0,95} = 4,01 \approx 4 \text{ (пости)}$$

Результати розрахунків зводимо в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Річна трудомісткість робіт на СТО

Вид робіт	Ум. позн.	Один. вим.	Для автомобілів:			Всього
			1-ої групи	2-ої групи	3-ьої групи	
Роботи ТО і ПР автомобілів	$T_{ТО \text{ і ПР}}$	люд.- год	3458,7	6640,2	7012,5	17111,4
Роботи приймання і видачі	$T_{пв}$	люд.- год	82,35	183,6	206,25	472,2
Роботи прибирання і миття перед виконанням ТО і ПР	$T_{п-м(ТО)}$	люд.- год	54,3	122,4	137,5	314,2
Всього робіт СТО	T_{Σ}	люд.- год	-	-	-	17897,8

Більшу частину загальної трудомісткості робіт на СТО займають роботи ТО і ПР автомобілів $T_{ТО \text{ і ПР}}$, які можуть виконуватись як на постах ТО і ПР так і у виробничих дільницях. Річний обсяг цих робіт необхідно додатково розділити за видами робіт ТО і ПР. Розподіл трудомісткості ТО і ПР виконується згідно ОНТП-01-91 в відсотковому відношенні:

$$T_{в.р} = T_{ТО і ПР} \cdot \frac{C_{в.р}}{100}, \quad (2.10)$$

де $T_{в.р}$ – розрахункова трудомісткість окремого виду робіт, люд·год;

$T_{ТО і ПР}$ – річна трудомісткість робіт ТО і ПР, люд·год;

$C_{в.р}$ – відсоткова доля окремого виду робіт від річної трудомісткості робіт ТО і ПР, %.

Величина $C_{в.р}$ залежить від кількості робочих постів (потужності) СТО. Для існуючих СТО може бути прийнята наявна кількість робочих постів.

Результати розподілу зводимо в таблицю 2.6.

2.3 Розрахунок чисельності робітників

Розрізняють явочну чисельність виконавців робіт $P_{я}$, потрібну для виконання добової виробничої програми, і штатну чисельність $P_{ш}$, потрібну для виконання річної виробничої програми.

Явочна і штатна чисельність ремонтно-обслуговуючих робітників залежить від обсягу робіт на даній ділянці (зоні, посту) і фонду робочого часу:

$$P_{я} = \frac{T_i}{\Phi_{р.м.}}; \quad P_{ш} = \frac{T_i}{\Phi_{в.р.}}, \quad (2.11)$$

де T_i – річний обсяг робіт на ділянці (зоні, посту), люд·год;

$\Phi_{р.м.}$ – річний фонд часу робочого місця ремонтно-обслуговуючих робітників, год;

$\Phi_{в.р.}$ – річний ефективний фонд часу робітника з урахуванням трудових втрат, спричинених хворобою, виконанням державних обов'язків, відпусткою тощо, год.

Фонд часу робочого місця $\Phi_{р.м.}$ залежить від кількості вихідних і святкових днів у році і визначається за формулою:

- при 5-ти денному робочому тижні:

$$\Phi_{p.m.} = D_{p.z.} \cdot \tau_{зм} - D_{nc}, \quad (2.12)$$

де $D_{p.z.}$ – кількість робочих днів у році відповідної зони чи дільниці, дні;

$\tau_{зм}$ – тривалість робочої зміни, год;

D_{nc} – кількість передсвяткових днів, в які тривалість робочої зміни скорочується на одну годину (D_{nc} рівна кількості святкових днів $D_{св}$);

Річний ефективний фонд часу робітника $\Phi_{в.р.}$ залежить від кількості днів основної та додаткової відпусток та кількості пропусків по хворобі та інших поважних причинах:

$$\Phi_{в.р.} = \Phi_{p.m.} - (D_{від}^{осн} + D_{від}^{дод} + D_{пов}) \cdot \tau_{зм}, \quad (2.13)$$

де $D_{від}^{осн}$, $D_{від}^{дод}$ – кількість днів основної та додаткової відпусток;

$D_{пов}$ – кількість пропусків по хворобі та інших поважних причинах.

Чисельність виробничих робітників визначаємо для кожного виду дільничних робіт ПР. Вихідні дані для розрахунку чисельності робітників зводимо в таблицю 2.4.

Фонд робочого часу робочого місця та ефективний фонд часу робітника:

$$\Phi_{p.m.} = (365 - 52 - 10) \cdot 7 - 10 \cdot 1 = 2111 \text{ (год)};$$

$$\Phi_{в.р.} = 2111 - (18 + 6 + 5) \cdot 7 = 1908 \text{ (год)}.$$

Для всіх видів робіт і груп ДТЗ розрахунки виконуються однаково. Результати визначення чисельності робітників для кожного виду робіт ТО і ПР зводимо в таблицю 2.7.

Таблиця 2.4 – Вихідні дані для розрахунку чисельності робітників

Професія робітників	Основна відпустка, дні $D_{\text{осн}}^{\text{від}}$	Додаткова відпустка, дні $D_{\text{дод}}^{\text{від}}$	Пропуски з хвороби та ін. причин, дні $D_{\text{пов}}$	при 5-ти денному робочому тижню	
				Фонд часу робочого місяця, год $\Phi_{\text{р.м.}}$	Фонд часу робітника, год $\Phi_{\text{в.р.}}$
Мийники і прибиральники рухомого складу	15	4	6	1998	1798
Слюсарі з ТО і поточного ремо- нту агрегатів, вузлів, устаткування, мотористи, елект- рики, шиномонтажники, слюсарі-верстатники, столяри, оббивальники, арматурники, жерстяники	18	5	5		1774
Слюсарі з ремонту приладів системи живлення, аккумуляторники, ковалі, мідники, зварювальники, вулканізаторники	24	6	4		1726
Маляри	24	6	4		1726

2.4 Розрахунок кількості постів ТО, ПР і діагностики ДТЗ

Розрахункова мінімальна кількість постів ТО і ПР (діагностування, ТО, регулювальних, розбирально-складальних, кузовних, фарбувальних та ін.), прибирально-мийних постів без застосування механізованих мийних установок, постів приймання-видачі, антикорозійної обробки та передпродажної підготовки автомобілів визначається за формулою:

$$X_i = \frac{T_i \cdot K_n}{D_p \cdot c \cdot \tau_{\text{зм}} \cdot P_{\text{п}} \cdot \eta_{\text{п}}}, \quad (2.14)$$

де T_i – річна трудомісткість робіт відповідного виду, люд.-год;

K_H – коефіцієнт нерівномірності завантаження постів;

D_p – число днів роботи СТО, дні;

c – число робочих змін протягом доби;

$\tau_{зм}$ – тривалість робочої зміни, год;

P_{Π} – середнє число робітників, що одночасно працюють на посту;

η_{Π} – коефіцієнт використання робочого часу.

Таблиця 2.5 – Вихідні дані для розрахунку кількості постів СТО

Показник	Ум. позн.	Вид робіт		
		ТО і ПР	прибирання і миття	приймання- видачі
Коефіцієнт нерівномірності завантаження постів	K_H	1,15	1,15	1,15
Одночасно працюють на посту, чел	P_{Π}	2	2	1
Коефіцієнт використання робочого часу	η_{Π}	0,95	0,95	0,95

Кількість постів робіт технічного обслуговування в повному обсязі:

$$X_i = \frac{5988,99 \cdot 1,15}{305 \cdot 1 \cdot 7 \cdot 2 \cdot 0,95} = 1,69$$

Для інших робіт кількість постів визначається аналогічно.

Трудомісткість робіт ТО і ПР автомобілів розподіляємо за видами робіт. Кожний вид робіт у свою чергу поділяється за місцем їх виконання на постові і дільничні. Розрахункові показники для кожного виду робіт ТО і ПР зводимо в таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 – Розрахункові показники робіт ТО і ПР автомобілів на СТО

Вид робіт	Розподіл за місцем виконання										
	Розподіл за видами робіт, люд.-год		Постові роботи						Дільничні роботи		
			Трудо-місткість, люд.-год		Чисельність робітників, чол.		К-сть постів	Трудо-місткість, люд.-год		Чисельність робітників, чол.	
	%	$T_{ТОіПР}^i$	%	$T_{ТОіПР}^i$	P_{ji}	P_{ji}	$X_{ТОіПР}^i$	%	$T_{ТОіПР}^i$	P_{ji}	P_{ji}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Роботи ТО і ПР автомобілів:											
контрольно-діагностичні (двигун, гальма, електроустаткування, аналіз вихлопних газів)	6	1026,68	100	1026,68	0,5	0,56	0,29	—	—	—	—
технічне обслуговування в повному обсязі	35	5988,99	100	5988,99	3	3,27	1,70	—	—	—	—
мастильні	5	855,57	100	855,57	0,4	0,47	0,24	—	—	—	—
регулювання кутів керованих коліс	10	1711,14	100	1711,14	0,9	0,94	0,49	—	—	—	—
ремонт і регулювання гальм	10	1711,14	100	1711,14	0,9	0,94	0,49	—	—	—	—
електротехнічні роботи за системою живлення	5	855,57	80	648,45	0,32	0,35	0,18	20	171,12	0,09	0,09
аккумуляторні	5	855,57	70	598,89	0,3	0,33	0,17	30	256,68	0,13	0,14
шинні	1	171,11	10	17,11	0,01	0,01	0,00	90	153	0,08	0,08
ремонт вузлів, систем і агрегатів	7	1197,83	30	359,34	0,18	0,2	0,10	70	383,46	0,19	0,21
Разом робіт ТО і ПР	16	2737,82	50	1368,91	0,68	0,75	0,39	50	1368,91	0,68	0,75
Прибирання і миття автомобілів	100	1711,14	76	14286,2	7,12	7,81	4,05	—	2333,17	1,16	1,27
Приймання і видачі автомобілів	100	314,2	0,16	0,17	—	—	—	—	—	—	—
Всього робіт СТО	100	15072,62	7,52	7,81	4,05	—	—	—	—	—	—

2.5 Організація виробничих підрозділів на СТО

Технологічну організацію виробничих підрозділів проведемо на основі розрахункових показників кожного виду робіт ТО і ПР в такій послідовності:

- визначаємо види постових і дільничних робіт ТО і ПР;

- проведемо об'єднання різних видів дільничних робіт ПР, які схожі за технологією виконання та доцільні для виконання в одному приміщенні в одній дільниці;

- проведемо об'єднання постів ТО і ПР автомобілів в виробничі підрозділи за призначенням;

- визначаємо загальний перелік необхідних підрозділів для виконання всіх видів дільничних і постових робіт ПР;

- визначимо загальну схему виконання робіт по ТО і ПР автомобілів на підприємстві, методи виконання технічного обслуговування та поточного ремонту та загальний технологічний процес виконання робіт в зоні ТО і ПР.

Результати формування виробничих підрозділів дільничних і постових робіт ТО і ПР заносимо в таблицю 2.7.

Таблиця 2.7 – Виробничі підрозділи СТО

Виробниче приміщення	Перелік робіт	Трудо- місткість, люд.-год	Чисельність робітників, чол.		К-сть постів
		$T_{\text{ТО і ПР}}$	$P_{\text{н}}$	$P_{\text{п}}$	$X_{\text{ТО і ПР}}^i$
Зона ТО і ПР	Постові роботи: контрольно-діагностичні; ТО в повному обсязі; мастильні роботи; регулювальні роботи; ремонт і регулювання гальм електротехнічні	12152	6	7	3
Пост прибирання і миття автомобілів	- прибирання і миття автомобілів	314,2	1	1	1
Ремонтно- механічна дільниця	Дільничні роботи: ремонт вузлів, систем і агрегатів; електротехнічні роботи; роботи за системою живлення акумуляторні роботи;	2333,17	1	1	-

В зоні ТО і ПР розташовано 3 пости, на яких виконуються всі передбачені роботи з обслуговування та ремонту автомобілів.

2.6 Організація робочих місць в зоні ТО і ПР

Організація робочих місць у зоні ТО і ПР проводиться на основі прийнятої кількості постів ТО і ПР, вибраної форми організації і методу виконання робіт та загального виробничого процесу у цьому підрозділі. Послідовність організації робочих місць постових робіт ТО і ПР описана нижче.

1. Кількість постів у зоні ТО і ПР становить вісім постів. Необхідно розділити весь обсяг робіт ТО і ПР між постами. В зоні ТО і ПР п'ять постів прийняті як універсальні (однотипні). Всі роботи, незалежно від їх видів, розподіляються порівну між цими постами. Ще один пост спеціалізований як діагностичний та для обслуговування автомобільного двигуна. Хоча цей пост також обладнаний електромеханічним підйомачем і на ньому можуть виконуватись різні роботи. Один пост обладнаний короткоходовим підйомачем та обладнанням для регулювання кутів керованих коліс автомобіля та діагностування геометрії кузова автомобіля. Один пост, який розташований в зоні ТО і ПР має окремий заїзд. На цьому посту виконуються роботи з огляду та приймання автомобілів від власників, а також роботи антикорозійної обробки автомобілів, як окремої послуги. Таким чином в зоні ТО і ПР прийнятий змішаний спосіб розподілу, частина постів – універсальні і один пост спеціалізований.

2. Попередньо скласти відомість технологічного обладнання і виконати попереднє планування зони ТО і ПР.

3. Визначити кількість і розташування робочих місць, а саме:

- робочі місця у межах кожного поста (зверху, знизу і збоку автомобіля), на яких виконують роботи безпосередньо з автомобілем. На цих робочих місцях можуть застосовувати пересувне технологічне обладнання, тому, безпосередньо біля кожної одиниці такого обладнання, робочі місця не передбачають і воно може використовуватись на декількох постах;
- робочих місць поза межами постів в зоні ТО і ПР не має.

Приміщення зони ТО і ПР з'єднане з ремонтно-механічною дільницею, де виконуються ремонтні роботи з розташуванням відповідних робочих місць.

4. Визначити перелік і обсяги робіт, які планується виконувати на кожному робочому місці (у межах кожного поста і поза ними). При цьому можна користуватись розробленими типажми зон ТО і ПР.

5. Визначити розрахункову кількість робітників на кожне робоче місце. Виходячи з обсягу робіт. При розподілі робітників між постами і робочими місцями необхідно врахувати, що один робітник може бути закріпленим як за одним постом, так і виконувати окремий вид робіт на декількох постах. У випадку, коли один робітник працює на декількох постах, число робітників, закріплених за одним постом, може бути не цілим, а загальна кількість робітників у відповідній зоні повинна бути цілою.

Таблиця 2.8 – Організація робочих місць ТО і ПР

Номер поста	Номер робочого місця	Місце виконання	Вид робіт на робочому місці, агрегати і системи, які обслуговуються
1	2	3	4
1-5	1	Зверху автомобіля	ТО і ПР системи живлення. Електротехнічні роботи. ТО і ПР двигуна та його систем.
	2	Знизу автомобіля	ТО і ПР двигуна, трансмісії, рульового керування. ПР ходової частини, гальмівної системи. Додатково роботи з обслуговування інших систем.
	3	Збоку автомобіля	ТО і ПР гальмівної системи, ходової частини, шинні роботи. Додатково роботи з обслуговування інших систем.
6			Діагностування автомобіля із застосуванням комп'ютерного діагностичного обладнання. При необхідності виконання робіт ТО і ПР, аналогічних постам 1-5.
7			Приймання і видача автомобілів

Отже, в даному розділі здійснено технологічний розрахунок СТО, зокрема отримано наступні результати:

- чисельність працівників – 8 осіб на постах та 2 особи на ділянках;
- розрахункова кількість постів – 4;
- річна трудомісткість: постових робіт 15072,62 люд./год, ділянних – 233,17 люд./год.



3 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ АВТОМОБІЛІВ ОБЛАДНАНИХ СИСТЕМОЮ ЖИВЛЕННЯ COMMON RAIL

3.1 Акумуляторна паливна система Common Rail

3.1.1 Огляд паливних систем. Області застосування

Створення в 1927 році першого серійного багатоплунжерного рядного ПНВТ визначило початок промислового виробництва дизельних паливних систем фірмою Bosch. Основною областю застосування рядних багатоплунжерних ПНВТ до тепер залишаються дизелі різних розмірностей для комерційних автомобілів, стаціонарні, тепловози і суднові дизелі. Паливні системи, що забезпечують тиск впорскування палива до 1350 бар, використовуються для досягнення циліндрової потужності близько 160 кВт / циліндр. З часом широкий спектр вимог, пов'язаних, зокрема, з установкою дизелів з безпосереднім впорскуванням палива (DI) на невеликі комерційні та легкові автомобілі, привів до створення різних дизельних паливних систем, що відповідають вимогам конкретного застосування. Найбільш важливими досягненнями, пов'язаними зі створенням таких систем, є не тільки збільшення питомої потужності двигунів, але також зниження витрати палива, рівня шуму та вмісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах. У порівнянні зі звичайними паливними системами (ПНВТ з кулачковим приводом), паливна система Bosch "Common Rail" (CR) для дизелів з безпосереднім впорскуванням палива забезпечує значно вищу гнучкість при адаптації паливної системи до двигуна, як наприклад:

- широка область застосування (легкові і легкі комерційні автомобілі з циліндричною потужністю до 30 кВт / циліндр, як і форсовані автомобільні, тепловозні та суднові дизелі циліндричною потужністю до 200 кВт / циліндр);
- високий тиск впорскування до 1400 бар;
- змінний кут випередження впорскування;

- можливість формування процесу двофазного і багатofазного впорскування;
- відповідність тиску впорскування швидкісному і навантажувальних режимів.

3.1.2 Принцип роботи

Створення тиску і процес безпосереднього впорскування в акумуляторній паливній системі CR повністю розділені. Високий тиск в паливній системі створюється незалежно від частоти обертання колінчастого вала двигуна і кількості палива, що впорскується. Паливо, готове для впорскування, знаходиться під високим тиском в акумуляторі(паливній рейці). Кількість палива, що впорскується (циклова подача) визначається діями водія, а кут випередження і тиск впорскування визначаються електронним блоком управління (ЕБУ) на основі програмованих матриць характеристик, що зберігаються в пам'яті мікропроцесора. ЕБУ видає керуючий пусковий сигнал на відповідні електромагнітні клапани, в результаті чого здійснюється впорскування форсункою в кожен циліндр. Акумуляторна паливна система CR включає в себе наступні елементи електронного управління:

- ЕБУ;
- датчик частоти обертання колінчастого вала;
- датчик частоти обертання розподільного вала;
- датчик положення педалі акселератора;
- датчик тиску наддуву;
- датчик тиску в акумуляторі(паливній рейці);
- датчик температури охолоджуючої рідини;
- масовий витратомір повітря.

Використовуючи вхідні сигнали вказаних вище датчиків, ЕБУ реєструє положення педалі акселератора і визначає на даний момент часу робочу характеристику двигуна і автомобіля як єдиного цілого. На основі отриманої інформації ЕБУ може через розімкнені і замкнуті контури здійснювати

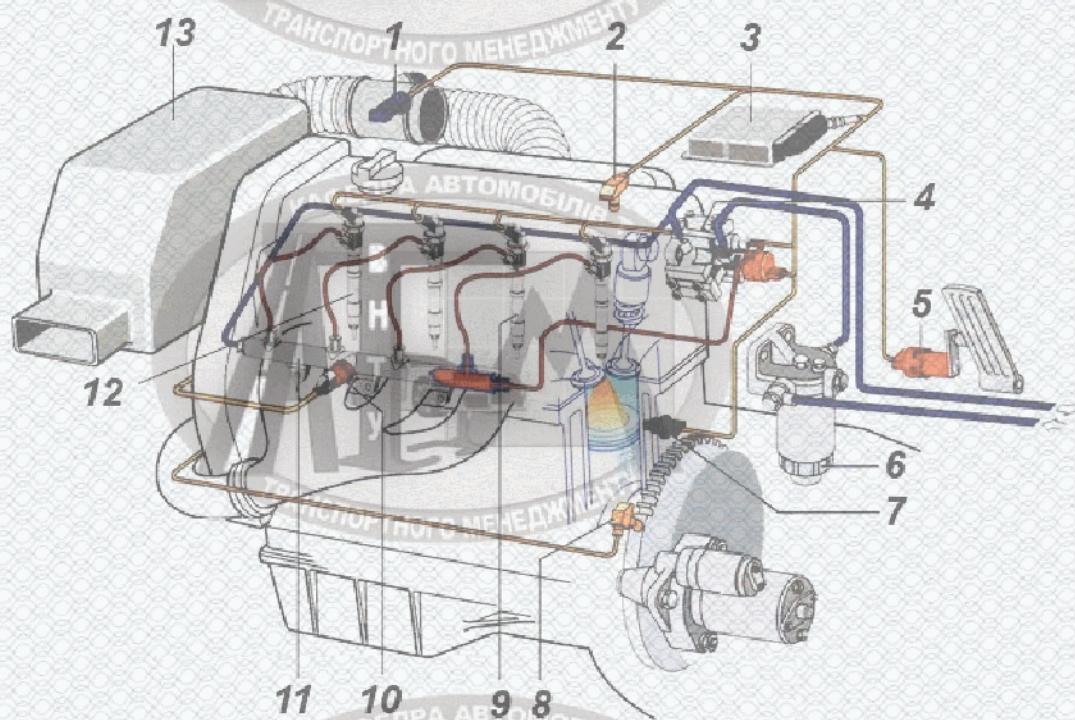
керуючі дії з автомобілем і, особливо, з двигуном. Частота обертання двигуна вимірюється датчиком частоти обертання колінчастого вала, а порядок чергування спалахів – датчиком частоти обертання (положення) розподільного вала. Електричний сигнал, що утворюється на потенціометрі педалі акселератора, інформує ЕБУ про те, як сильно водій натиснув на педаль, іншими словами по його вимозі до величини крутного моменту. Масовий витратомір повітря забезпечує ЕБУ даними про миттєву витрату повітря, щоб адаптувати процес згорання відповідності нормам вмісту шкідливих речовин в відпрацьованих газах. Якщо на двигуні з турбонаддувом встановлений турбокомпресор з регульованим тиском наддуву, то вимір останнього здійснюється датчиком тиску наддуву. При низьких температурах навколишнього середовища і при холодному двигуні ЕБУ використовує інформацію датчиків температури охолоджуючої рідини і температури повітря, щоб адаптувати отримані дані для установки кута випередження впорскування, використання додаткового впорскування (після основного) і інших параметрів в залежності від експлуатаційних умов. Залежно від конкретного автомобіля, для того щоб задовольняти підвищеним вимогам до безпеки і комфорту, можуть використовуватися інші датчики, що посилають сигнали в ЕБУ. На рисунку 1 показана схема чотирициліндрового дизеля, оснащеного акумуляторною паливною системою CR.

3.1.3 Основні функції

Основні функції системи полягають в правильному управлінні процесом впорскування дизельного палива в потрібний момент і в необхідній кількості, а також при необхідному тиску впорскування. Це забезпечує плавну і економічну роботу дизеля.

Додаткові функції керування з урахуванням і без урахування зворотного зв'язку служать для поліпшення характеристик по зниженню вмісту шкідливих речовин в відпрацьованих газах і витрати палива або використовуються для підвищення безпеки, комфорту та зручності керування. Як приклади можна

привести систему рециркуляції відпрацьованих газів, регулювання тиску наддуву, систему підтримки постійної швидкості автомобіля (Cruise Control), електронний іммобілайзер. Система передачі даних CAN дозволяє проводити обмін даними між різними електронними системами автомобіля (наприклад, антиблокувальною системою гальм (ABS), системою управління коробкою передач). При перевірці автомобіля в автосервісі діагностичний інтерфейс дозволяє проводити оцінку даних, що зберігаються в пам'яті електронної системи управління.



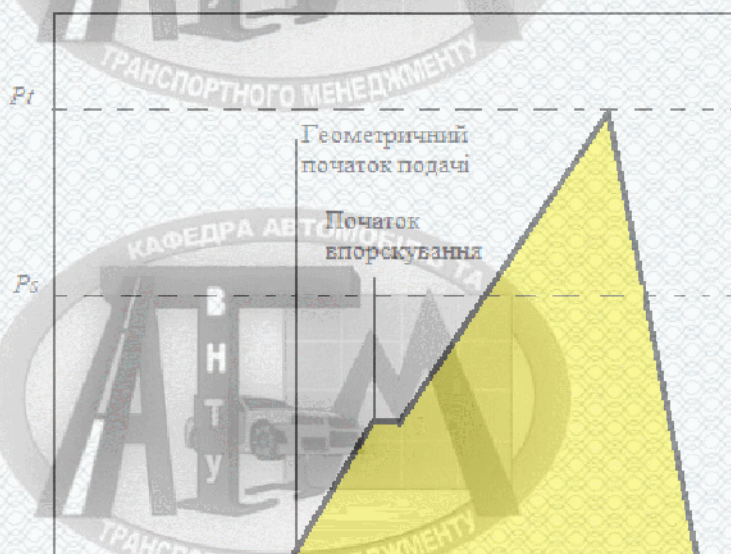
1 - масовий витратомір повітря, 2 - датчик положення розподільчого валу, 3 - ЕБУ, 4 - ПНВТ, 5 - датчик положення педалі газу, 6 - паливний фільтр, 7 - датчик температури охолоджуючої рідини, 8 - датчик частоти обертання колінчастого валу, 9 - електрично-керовані форсунки, 10 - датчик тиску палива, 11 - акумулятор палива (паливна рейка), 12 - форсунка, 13 - повітряний фільтр.

Рисунок 3.1 – Схема розміщення акумуляторної паливної системи Common Rail на чотирьохциліндровому дизелі

3.2 Характеристики впорскування палива

3.2.1 Характеристики впорскування в традиційних паливних системах

У традиційних паливних системах, які використовують багатоплунжерні рядні або ПНВТ розподільного типу, характеристика впорскування палива включає в себе тільки одне головне впорскування, без попереднього і вторинного, тобто є однофазним (рис. 3.2).



P_t - середній тиск впорскування, P_s - максимальний тиск впорскування

Рисунок 3.2 – Характеристика тиску впорскування в традиційних паливних системах

У ПНВТ розподільного типу з електромагнітним клапаном керування подачею може бути забезпечено організацію двухфазного впорскування з фазою попереднього впорскування. У традиційних паливних системах дизелів процеси створення високого тиску і забезпечення необхідної подачі палива пов'язані між собою роботою кулачкового приводу і плунжера (плунжерів) ПНВТ. Це відповідно впливає на характеристики впорскування наступним чином:

- тиск впорскування збільшується з збільшенням частоти обертання і циклової подачі;

- в період процесу впорскування тиск впорскування збільшується і потім падає при посадці голки форсунки в сидло.

Наслідками такого процесу є:

- менша кількість палива впорскується при меншому тиску, в порівнянні з вприском великої кількості палива (рис. 3.2)
- максимальна величина тиску (пік кривої тиску) більш ніж в два рази перевищує середній тиск впорскування;
- відповідно до вимог для ефективного згоряння палива крива тиску впорскування є практично трикутною.

Максимальна величина тиску впорскування є вирішальним фактором, що визначає навантаження на ПНВТ і його компоненти. Для паливної системи в цілому це важливо з точки зору якості паливо-повітряної суміші, що утворюється в камері згоряння.

3.2.2 Характеристики впорскування в паливній системі Common Rail

У порівнянні з традиційними паливними системами, для отримання ідеальних характеристик впорскування до паливної системи CR ставляться такі вимоги:

- незалежно один від одного величина подачі (кількість палива, що впорскується) і тиск впорскування палива повинні визначатися для всіх експлуатаційних умов роботи двигуна (що забезпечує свободу досягнення ідеального складу паливо-повітряної суміші);
- на початку процесу впорскування величина подачі повинна бути по можливості мінімальною (попереднє впорскування в період затримки запалення між початком впорскування і початком згоряння). Ці вимоги виконуються акумуляторній паливній системі CR з двофазним впорскуванням (рис. 3.3 і 3.5).



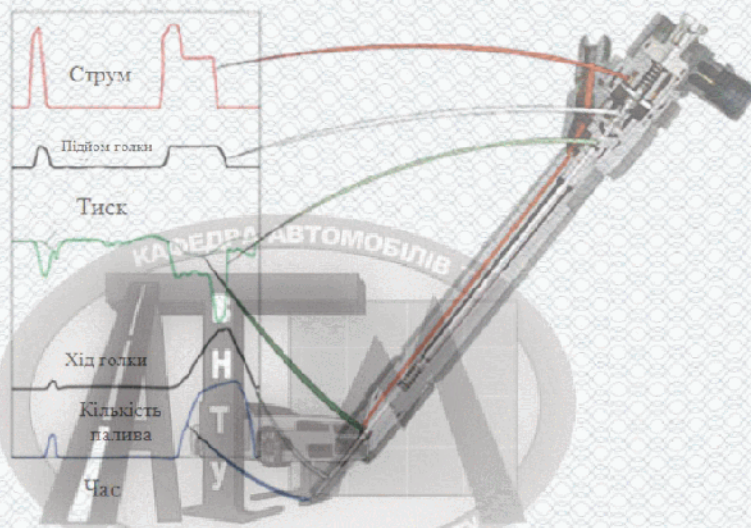


Рисунок 3.3 – Характеристика тиску впорскування в паливній системі Common Rail

Паливна система Common Rail є модульною системою, і відповідальними компонентами за забезпечення характеристики впорскування є:

- форсунки з електромагнітним керуванням, встановлені в головці блоку циліндрів;
- паливна рейка;
- ПНВТ.

Для забезпечення роботи паливної системи також потрібні наступні компоненти:

- електронний блок управління (ЕБУ);
- датчик частоти обертання колінчастого вала;
- датчик частоти обертання розподільного валу (фазовий датчик).

У паливних системах дизелів легкових автомобілів для створення високого тиску палива використовуються радіально-плунжерні ПНВТ. Процес створення високого тиску в системі CR здійснюється незалежно від процесу впорскування. Привід вала ПНВТ здійснюється безпосередньо від колінчастого вала двигуна з постійним передаточним відношенням. Той факт, що подача палива в паливну рейку є рівномірною, означає, що в порівнянні зі звичайними паливними системами, ПНВТ в системі Common Rail має значно менші розміри, а також те, що його пристрій не піддається високим навантаженням від сил тиску. Форсунки з'єднуються з паливною рейкою короткими трубками

лінії високого тиску і, що особливо важливо, включають в себе електромагнітний клапан, який включається в роботу за сигналом ЕБУ в момент початку впорскування. Впорскування припиняється при знеструмленні електромагнітного клапана за сигналом ЕБУ. Оскільки в паливній системі підтримується постійний високий тиск палива в акумуляторі, величина подачі є прямо пропорційною періоду часу роботи електромагнітного клапана (дозування часом відкриття форсунки). Цей процес абсолютно не залежить від частоти обертання валу двигуна або ПНВТ. Необхідна швидкість спрацьовування електромагнітного клапана досягається використанням електроживлення з високими напругами і струмами. Це означає, що фаза пуску електромагнітного клапана повинна бути відповідним чином спроектована в ЕБУ. Величина кута випередження впорскування контролюється відповідною системою, передбаченою в системі електронного управління дизелів (EDC). Для цього в системі використовуються датчики частоти обертання колінчастого вала і положення розподільного вала.

3.2.3 Попереднє впорскування палива

Кут випередження попереднього впорскування (запальної порції палива) може складати 90° по куту повороту колінчастого вала (п.к.в.) до ВМТ. Якщо кут випередження впорскування виявляється менше 40° п.к.в. до ВМТ, то краплі палива можуть осідати на поверхні поршнів і стінках циліндра, що може привести до розрідження моторного масла. При наявності попереднього впорскування в камеру згоряння впорскується невелика кількість дизельного палива ($1 \dots 4 \text{ мм}^3$), що призводить в результаті до поліпшення ефективності згоряння, а також до досягнення наступних показників:

- завдяки початку реакцій горіння тиск стиснення трохи збільшується, що, в свою чергу, призводить до зменшення періоду затримки запалення після основного впорскування;
- процес згоряння протікає більш м'яко як результат зменшення максимального тиску згоряння (зменшується жорсткість процесу згоряння). Таке протікання робочого процесу знижує шум процесу згоряння, зменшує

витрату палива і в багатьох випадках знижує вміст шкідливих речовин в відпрацьованих газах. У разі однофазного впорскування, без використання попереднього впорскування, крива тиску має плавний підйом впорскування безпосередньо перед ВМТ і щодо різкого підйому, максимальний пік тиску після ВМТ (рис. 3.4). Такий різкий підйом тиску в циліндрі сприяє появі значного шуму згоряння дизеля. Як показано на характеристиці зміни тиску в циліндрі (рис. 3.5), використання попереднього впорскування палива призводить до того, що тиск поблизу ВМТ досягає більш високого значення, і подальше підвищення тиску згоряння виявляється більш плавним, ніж в попередньому випадку.

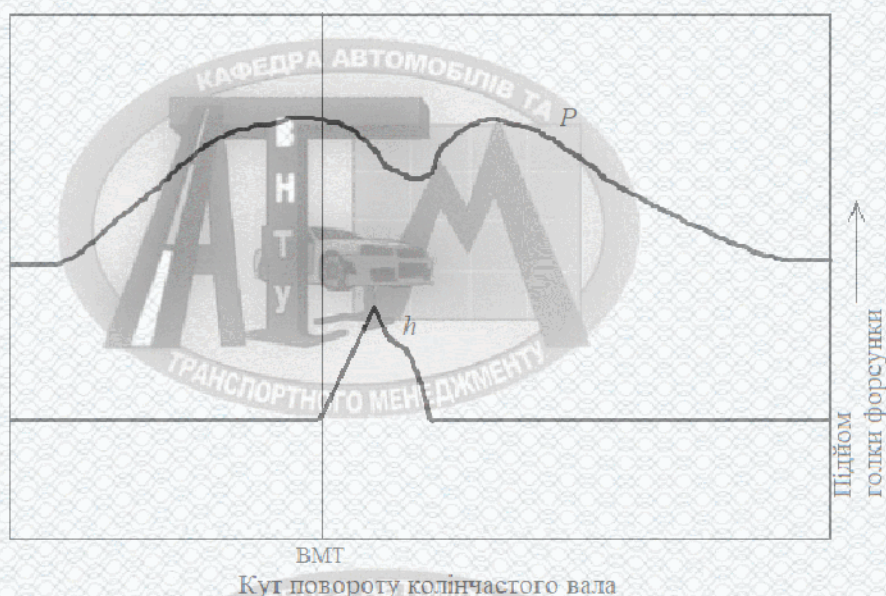


Рисунок 3.4 – Характеристика зміни тиску в циліндрі двигуна і підйому голки форсунки по частоті обертання колінчастого вала при відсутності попереднього уприскування палива

Оскільки при двофазному впорскуванні палива зменшується період затримки запалення, то можна сказати, що попереднє впорскування робить непряний внесок у формування кривої крутного моменту двигуна. При цьому питома ефективна витрата палива може збільшуватися або зменшуватися в залежності від величини кута випередження основного впорскування і від періоду між попереднім і основним вприсками.

3.2.4 Основний вприск

Енергія для отримання потужності двигуна походить від основного впорскування палива. Це також означає, що виключно основне впорскування забезпечує розвиток крутного моменту двигуна. В акумулятивній паливній системі CR тиск упорскування протягом всього процесу впорскування залишається практично постійним.

3.2.5 Вторинний вприск палива

Вторинний вприск палива може застосовуватися для зниження вмісту NOx в вихлопних газах при установці на двигун деяких версій каталітичних нейтралізаторів. Цей вприск слідує за основним і відбувається під час процесу розширення з інтервалом до 200 градусів п.к.в. після ВМТ. При вторинному впорскуванні в циліндр, вже при наявності ВГ, вводиться точно дозована кількість палива. На відміну від процесів попереднього і основного вприсків, додатково впорскується паливо на лінії розширення не запалюється, але, завдяки теплу ВГ, добре в них випаровується.

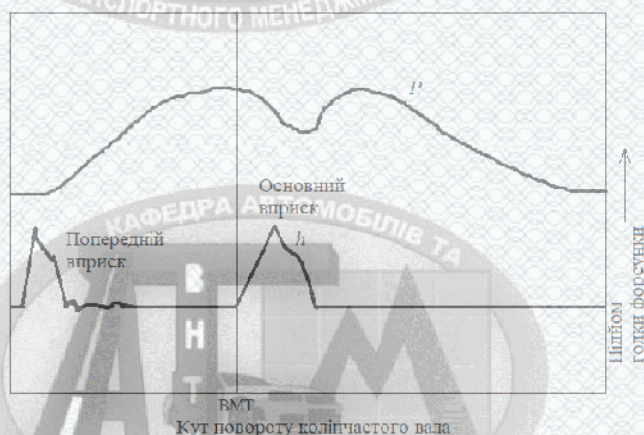


Рисунок 3.5 — Характеристика зміни тиску в циліндрі двигуна і підйому голки форсунки по частоті обертання колінчастого вала при наявності попереднього впорскування палива

Під час такту випуску утворилася суміш ВГ і паливо видаляється з циліндра через випускний клапан в випускну систему, при цьому частина палива повертається в циліндр через систему рециркуляції ВГ і виробляє, таким чином, ефект, подібний попередньому впорскуванню. За умови встановлення

відповідного каталітичного нейтралізатора NO_x додаткова доза палива використовується в ВГ як агент, що знижує вміст NO_x в ВГ.

Оскільки занадто пізні вторинні впорскування може призводити до розведення масла, такий процес впорскування повинен бути схвалений виробником двигуна.

3.3 Утворення паливо-повітряної суміші і процес згорання

У порівнянні з бензиновими двигунами, в дизелях відбувається згорання палива з низькою випаровуваністю (високою температурою кипіння), а процес утворення паливо-повітряної суміші відбувається не тільки в період затримки запалення, але також під час протікання процесу згорання. В результаті паливо-повітряна суміш не є повністю гомогенною. Робочий процес дизелів протікає при значеннях коефіцієнта надлишку повітря більше одиниці, а при нестачі надлишкового повітря збільшуються витрати палива і вміст частинок сажі, CO і CH . Утворення паливо-повітряної суміші визначається наступними факторами:

- тиском впорскування;
- тривалістю процесу впорскування;
- факелом розпилювання палива (числом соплових отворів, розміром факелів розпилювання, напрямком струменя палива);
- кутом випередження впорскування;
- структурою потоку повітря в камері згорання;
- масою повітря.

Зазначені фактори впливають на вміст шкідливих речовин в ВГ і на витрату палива. Висока температура згорання і високий рівень концентрації кисню призводять до збільшення утворення NO_x . Збільшення вмісту сажі, навпаки, відбувається при нестачі кисню і поганому перемішуванні палива з повітрям.

3.3.1 Вимірювання на двигуні

Позитивний ефект на зниження вмісту шкідливих речовин в ВГ дають правильний вибір форми камери згоряння і впускного каналу. Якщо газодинамічна структура потоку в камері згоряння ретельно підібрана і відповідає формі факела розпилювання палива, то відбувається ефективне перемішування повітря і палива і, отже, повне згоряння палива, що впорскується. Крім того, позитивний ефект досягається при гомогенному змішуванні повітря з ВГ і охолодженні тракту рециркуляції ВГ. Двигуни з чотирма клапанами на циліндр і турбонаддувом з регульованою геометрією турбіни (VTG - Variable-turbine geometry) також вносять свій внесок у зниження емісії шкідливих речовин і підвищення потужності двигуна.

3.3.2 Кінетика горіння розпиленого палива

Горіння розпиленого рідкого палива являє собою складний фізико-хімічний процес його окислення, що протікає з інтенсивним виділенням теплоти і характеризується значним підвищенням температури продуктів окислення.

Горіння рідких палив відбувається в парогазовій фазі, так як температура кипіння рідких палив нижче температури їх самозаймання, тобто енергія хімічних зв'язків більше енергії необхідної на випаровування.

Процес горіння в дизелі – це складний за своєю природою процес, так як він нестаціонарний, швидкоплинний з великою кількістю етапів горіння та з накладанням один на одного таких процесів як випаровування палива, сумішоутворення і поширення полум'я. У впорскуванні рідких палив в нагріте повітря в вигляді дрібних крапель, які випаровуються і перемішуються з окислювачем, не дає однорідну суміш у всьому обсязі камери згоряння (як за складом, так і по температурі), так як час, що відводиться на процес сумішоутворення дуже малий. У центрі розпиленого струменя суміш виходить дуже багатогою, а поблизу зовнішніх кордонів струменя – збідненою. Необхідно враховувати той факт, що теплота, що витрачається на випаровування рідкого

палива і нагрівання його парів до рівноважної з повітрям температури, забирається з того ж повітря. Наприклад, при початковій температурі повітря 600°C рівноважна температура стехіометричної суміші дизельного палива складає близько 510°C , а при $\alpha = 0,5$ - близько 460°C [14].

Отже, температура суміші в перезбагачених зонах значно нижче, тому первинні осередки займання зазвичай виникають поблизу зовнішніх кордонів факела розпиленого палива в зонах, що відповідають місцевим значенням $\alpha = 1$, де охолоджуючий вплив випаровування менше, а питоме тепловиділення на одиницю маси суміші максимально [14]. Далі від первинних осередків полум'я поширюється на сусідні об'єми менш підготовленої суміші.

Отже, її швидкість поширення залежить від готовності суміші в загальній своїй масі до самозаймання.

3.3.3 Передвогневі етапи згоряння

У дизелях процес самозаймання палива починається з предвогневого періоду, з моменту надходження палива в камеру згоряння.

Цей етап пов'язаний з процесами розвитку струменя, сумішоутворення і активації палива. Для початку реакції самозаймання необхідні умови, які полягають у створенні такого енергетичного стану заряду, щоб утворилася мінімальна концентрація активних молекул кисню з підвищеною енергією, яка забезпечила б початок ланцюгових реакцій і наявність вуглеводнів в газоподібній фазі з достатньою температурою нагріву. Хімічне перетворення здійснюється в умовах обов'язково супутніх йому фізичних процесів тепло- і масообміну.

Предвогневий процес відбувається в три етапи [15, 18, 19]:

- створення молекулярного контакту між паливом та окиснювачем – фізичний етап (пов'язаний з передачею енергії від гарячих молекул повітря до холодних молекул вуглеводнів);
- другий етап (проміжний), пов'язаний з активацією вуглеводнів;
- взаємодія молекул з утворенням продуктів реакції – хімічний етап.

Таким чином, тривалість предвогневого процесу (затримку самозаймання) можна розрахувати за формулою:

$$\tau_i = \tau_{i\phi} + \tau_{iA} + \tau_{iX}, \quad (3.1)$$

де $\tau_{i\phi}$ — фізична складова затримки запалення,

τ_{iA} — складова активації затримки запалення,

τ_{iX} — хімічна складова, пов'язана з накопиченням активних центрів для утворення теплового вибуху.

3.3.4 Фізичний етап процесу горіння

Цей етап починається від надходження палива в камеру згорання до змішання палива з окиснювачем. Фізичний етап є підготовчим і характеризується прогріванням, випаровуванням і перемішуванням парів палива з окиснювачем. Швидкість даного етапу залежить від швидкості витрачання рідкої фази, тобто від швидкості випаровування палива, яка в свою чергу залежить від кількості тепла, що підводиться до палива [17].

Розпилювання палива, тобто дроблення струменя на дрібні краплі, швидко збільшує поверхню рідини, що прискорює процеси тепло- і масообміну між нагрітим повітрям (окиснювачем) і паливом. Зниження розмірів частинок забезпечує їх нагрівання і випаровування в короткі проміжки часу.

3.3.5 Активація процесу горіння

У момент активації процеси дисоціації і окислення незначні.

Початок цього процесу відраховують від моменту повного перемішування палива і окиснювача до збудження і окислення молекул вуглеводнів, до появи «холодного» полум'я [17]. Зміна температури при

утворенні «холодного» полум'я має локальний характер, тому зміни тиску щодо основного процесу невеликі. Таким чином.

$$\tau_{iA} = \tau_{iBM} + \tau_{iOM}, \quad (3.2)$$

де τ_{iBM} — час, витрачений на збудження молекул вуглеводнів;

τ_{iOM} — час, витрачений на окислення молекул вуглеводнів.

Збудження молекул відбувається, коли при зближенні молекул азоту або кисню з молекулами вуглеводнів відбувається деформація потенційного поля, енергія якого трансформується в коливальну енергію атома водню або вуглецю, в залежності від точки дотику молекул які зіштовхуються, тобто поступальна енергія однієї молекули переходить в коливальну енергію іншої молекули. Причому якщо молекула азоту або кисню володіє коливальною енергією, то додатково здійснюється коливально-коливальний перехід.

Окислювальні процеси протікають за іншим механізмом. Молекула кисню з високою кінетичною енергією, подолавши пружність потенційного поля, наближається до атому водню на необхідну відстань, і їх електронні оболонки взаємодіють. В результаті перестроювання електронної щільності і атомів молекули утворюється перехідною (збуджений) комплекс, або нова молекула оксидів чи перекисів, яка при наступному зіткненні з будь-якою розпадається на активні радикали. Такий комплекс або новостворена молекула може руйнуватися при одному ефективному зіткненні, в цьому випадку для руйнування молекул потрібна енергія значно менша, ніж енергія зв'язку [18].

Процес активації дуже швидкий, протікає зі швидкостями $10^8 \dots 10^{10} \text{ c}^{-1}$, він залежить від енергетичного стану заряду і від структури і складу вуглеводневої молекули (від сорту палива), тобто від властивостей вуглеводнів. Величина τ_{iA} дуже мала, на чотири-п'ять порядків менше $\tau_{i\Phi}$ і τ_{iX} тому в розрахунках нею нехтують [18].

3.3.6 Хімічний етап процесу горіння

Даний етап пов'язаний з накопиченням активних центрів для утворення теплового вибуху. Тривалість цього етапу характеризується як час до появи «гарячого» полум'я після появи «холодного» полум'я [17].

Швидкість хімічного етапу визначається зміною в часі концентрації реагуючих речовин або продуктів, що утворюються в реакції. Концентрація вимірюється числом молей даної речовини ν в одиниці об'єму V , тобто $C = \nu / V$, або числом молекул в одиниці об'єму $Z = CN_A$, де $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ число Авогардо. Згідно із законом діючих мас:

$$dC/d\tau = -KC, \quad (3.3)$$

де K – константа швидкості реакції, яка обчислюється за законом Арреніуса:

$$K = \text{const} e^{-E/RT}, \quad (3.4)$$

де E – енергія активації; $R = 8,314$ Дж/(г/моль $^{\circ}$ С) – газова постійна, T – температура. З вище представленого видно, що швидкість хімічної реакції залежить від температури і властивостей палива.

3.4 Фазові характеристики процесу згоряння

У робочому процесі дизеля після періоду затримки запалення, полум'я розпадається на окремі осередки навколо локальних скупчень палива, а також навколо парових оболонок окремих крапель які випаровуються. Місцеві щільні скупчення крапельно-рідкого палива утворюються в ядрі струменя, в її передньому фронті, а також поблизу бічних стінок камери згоряння при великій дальності струменів.

Зі сказаного випливає, що в дизелях значну роль відіграють процеси розвитку полум'я в двофазній системі [8]. Можна виділити наступні основні особливості дифузійного полум'я в двофазній суміші.

Термохімічне перетворення парів палива, дифундуючих від поверхні краплі або локального скупчення рідкого палива в світлу зону полум'я, відбувається при швидкому і значному зміні температури вздовж траєкторії руху частинок, що визначає складність і швидкоплинність хімічних процесів, їх нерівномірність. Оскільки тиск газів в циліндрі дизеля набагато перевищує критичний тиск фазового переходу рідкого палива в пар (див. Таблицю 3.1), поверхневий шар палаючої краплі швидко прогрівається до температури, близької до критичної (близько 700 К). На стінках камери згоряння температура паливної плівки може бути і нижчою, ніж зазначена. Температур зони полум'я що світиться досягає 2500-2700 К, така зона встановлюється на відстані 3 – 5 радіусів краплі від її поверхні [7]. Все це і обумовлює те, що в зазорі між фронтом полум'я і поверхнею рідкого палива виникає великий градієнт температури.

Таблиця 3.1 - Характеристика літнього та зимового палива

Паливо	$d^{20/4}$	m_f	T_m	T_M	T_{kr}	p_{kr}	A	B
ДП літ.	0,846	200	537	527	718	1,5	2636	5356
ДП зим.	0,848	190	525	515	709	1,6	2523	5220

На механізм хімічного перетворення вуглеводнів, дифундуючих від поверхні краплі, визначальний вплив робить кисень, здатний проникати через фронт полум'я до поверхні краплі. Це підтверджується, зокрема, дослідженнями І. В. Беспалова, який вивчав горіння пропану, поданого під тиском через пористі (перфоровані) стінки в потік атмосферного повітря [9]. Було встановлено, що кисень не витрачається повністю в зоні з коефіцієнтом надлишку повітря $\alpha = 1$, а частина його проникає через цю зону до стінки і залишається у вільному стані навіть біля самої стінки. Проникнення кисню через фронт полум'я автор пояснює тим, що при великих градієнтах

концентрацій і температур у фронті полум'я окиснювач і пальне можуть взаємно продифундувати через поверхню $\alpha = 1$, частково або цілком не прореагувавши. В умовах дизеля проникнення кисню до поверхні рідкого палива, охопленого полум'ям, стає тим більш імовірним, якщо врахувати малу частку парціального тиску парів палива (не більше $p_{kr} \approx 1,5 - 1,6$ МПа) в загальному тиску газів, малі відстань і тривалість дифузії парів палива в зону горіння, суміжність швидкостей дифузії і складного багатостадійного хімічного перетворення важких вуглеводнів.

Завдяки високій початковій температурі парів палива, їх швидкому прогріванню і контакту з киснем відбувається інтенсивна деструкція молекул палива (розкладання, полімеризація, дегідрогенізація) і багатостадійне окислення вуглеводнів, що рухаються до фронту полум'я.

На першій стадії швидко зменшується концентрація вуглеводнів C_nH_m і інтенсивно утворюються CO , H_2 , концентрація яких досягає максимуму поблизу високотемпературного фронту полум'я. Потім у фронті полум'я відбувається інтенсивне вигорання CO , H_2 . Концентрація CO_2 сягає максимуму, після чого вона знову зменшується внаслідок дифузії вуглекислого газу в навколишнє середовище. Багатостадійне окислення вуглеводнів в полум'я підтверджується також іншими дослідженнями [16].

Високотемпературна зона полум'я, що світиться, розташовується в області багатогорючої суміші, в якій досягається максимальна швидкість вигорання CO , H_2 , а також інших продуктів термічного розпаду і окислення вуглеводнів. Як встановлено в дослідженні [9], при спалюванні пропану зона максимального тепловиділення, тобто фронт дифузійного полум'я, розташовується в області середніх значень коефіцієнта надлишку повітря ($\alpha \approx 0,6$). Експериментальні дослідження горіння однорідних гомогенних сумішей показують, що саме при $\alpha = 0,5 \dots 0,6$ досягається максимальна швидкість поширення полум'я в сумішах з CO , H_2 , а в сумішах з вуглеводнями максимум швидкості спостерігається при $\alpha = 0,8 \dots 0,9$ [14]. Тому ймовірною областю розташування високотемпературного фронту полум'я, що світиться, навколо

локальних вогнищ дифузійного горіння рідких вуглеводневих палив є шар суміші з $\alpha = 0,6 \dots 0,9$.

Вигорання CO, H₂ в високотемпературній зоні полум'я не може бути повним. Тому, як випливає з малюнка 1.1, в момент досягнення максимальної температури полум'я в силу нестачі кисню при $\alpha = 0,6$ вигоряє близько 35% CO, а із зони стехіометричного складу суміші ($\alpha = 1$), де теоретично повинно закінчуватися дифузійне горіння, в навколишнє середовище надходить ще близько 30% не згорівшого окису вуглецю. Все це пояснюється швидкоплинністю дифузії і хімічних процесів, нерівномірністю хімічних реакцій. Встановлено [10], що в полум'ї, багатому вуглеводнями або воднем, концентрація вільних атомів і радикалів OH, H, O в тисячі разів може перевищувати рівноважну;

За межі фронту полум'я, що освітлюється, в навколишнє середовище дифундує значна частка CO (зв'язує до 40% вуглецю та палива), не згорівший водень (в кількості, що дорівнює приблизно половині мольної кількості CO), деяка кількість вуглеводнів і вуглецевих частинок, а також активні частинки – вільні атоми і радикали. Догорання CO, H₂, вуглеводнів і вуглецевих частинок за межами фронту полум'я відбувається значно повільніше, ніж в полум'ї. У зв'язку з цим продукти неповного згорання палива можуть тривалий час бути присутнім в об'ємі циліндра. До таких продуктів тут додаються також продукти термічних перетворень і часткового окислення вуглеводнів, що утворилися при випаровуванні палива без горіння в зонах з підвищеною концентрацією продуктів згорання або з недостатньою для горіння концентрацією парів, а також в низькотемпературних пристінкових зонах камери згорання.

Таким чином, дифузійне горіння неоднорідної двофазної суміші являє складний комплекс фізико-хімічних процесів, причому швидкість дифузійного згорання розпиленого палива в дизелях лімітується в основному випаровуванням (фазовим перетворенням) палива, тепло- і масопереносом, динамікою вимірювання полів концентрацій і температур в паливному факелі і циліндрі [14].

У зв'язку з концентраційною неоднорідністю і гетерогенністю суміші швидкість згоряння палива на різних стадіях процесу горіння і в різних зонах циліндра лімітується в основному швидкістю будь-якого з трьох процесів: випаровування, дифузії або хімічного реагування. Вплив цих фізичних і хімічних процесів на швидкість розвитку ланцюгових реакцій можна врахувати через концентрацію в зоні горіння лімітуючого компонента – парів палива, кисню або активних центрів. Для цього необхідно визначити граничні і додаткові умови, що відображають специфіку різних стадій згоряння палива в циліндрі дизеля. З цією метою процес згоряння розділений на чотири періоди, що розрізняються фізико-хімічними умовами (рисунок 3.6):

- I – затримку займання,
- II – згоряння в процесі подачі палива,
- III – розвинене дифузійне горіння після закінчення впорскування палива,
- IV – догорання парів палива і продуктів неповного згоряння після випаровування всього палива.

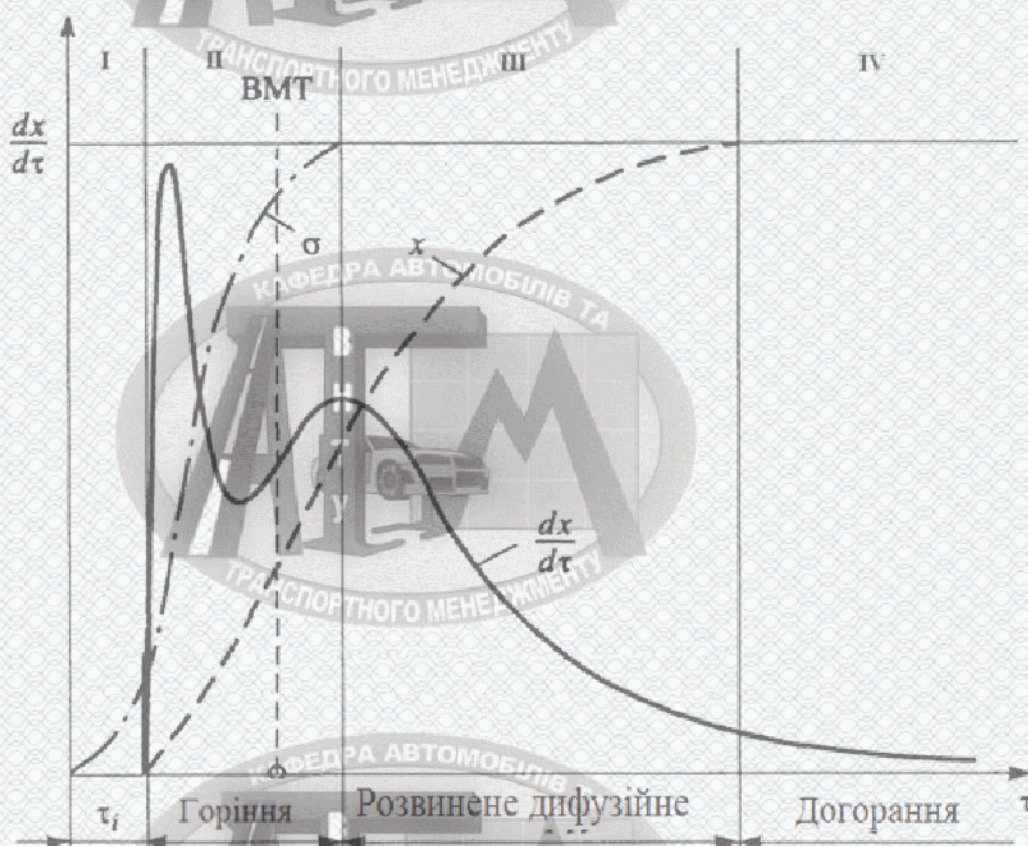


Рисунок 3.6 – Фазові характеристики процесу згоряння в дизелі

3.4.1 Період затримки займання

Характерні особливості цього періоду - початок розвитку струменя розпиленого палива, початок його прогріву і випаровування, предвогнєві хімічні перетворення, накопичення в відстаючій хмарі на периферії струменя дрібних крапель і парів палива з підвищеною концентрацією активних центрів – продуктів предвогнєвих процесів.

Кожному періоду затримки запалення, незалежно від типу двигуна, відповідають певні значення швидкості наростання тиску ($dp/d\phi$) і максимального тиску циклу (P_z). Від затримки запалення залежать ці параметри, і, як наслідок, робота двигуна [6].

3.4.2 Період згоряння в процесі подачі палива

Він відрізняється спалахом парів палива, які утворилися за період індукції, швидким прогріванням і активацією зони навколо паливних струменів, наявністю в системі загальмованих крапель які випаровуються, охоплених полум'ям, а також рухомих крапель, що знаходяться в стадії прогріву і початкового випаровування, безперервним відновленням зазначених умов в результаті триваючого впорскування палива, накопиченням в системі продуктів неповного згоряння.

Механізм початкового спалаху парів палива в дизелях представляють наступним [19]. При розвитку паливного струменя формується його оболонка, в яку зносяться загальмовані краплі і пари палива, зірвані з летючих крапель. У міру випаровування крапель в цій зоні струменя збільшується концентрація парів палива і відбувається їх початкове термохімічне перетворення. Навколо крапель деякого оптимального діаметру, вкраплених в периферійний шар оболонки струменя, утворюється парова хмара, температурно-концентраційне поле якої змінюється найбільш сприятливо для швидкого розвитку і завершення багатостадійних предвогнєвих реакцій. Оскільки в оболонці паливного струменя кількість крапель такого діаметру велика, одночасно виникає безліч точок займання, які підпалюють активовану парову оболонку

струменя. В результаті швидко вигорає основна маса парів палива, які утворилися за період індукції, і спостерігається значне і різке зростання швидкості тепловиділення.

Після досягнення свого першого максимуму швидкість тепловиділення починає швидко падати до деякого мінімуму внаслідок вигорання парів, що накопичилися за період індукції. Цей мінімум обмежений швидкістю вигорання парів палива, що утворюються в кінці спалаху. Рівень першого максимуму швидкості тепловиділення залежить від тривалості затримки запалення і кількості палива, яке випарувалось за цей період.

Після початкового спалаху полум'я локалізується навколо окремих загальмованих крапель, скупчень крапель або обсягів з великою концентрацією парів палива. В іншому об'ємі циліндра відбувається вигорання парів палива, зірваних з швидко летючими краплями, і догорання продуктів неповного згорання, що надійшли з локальних зон горіння, а також із зон, де склад горючої суміші виходить за концентраційні межі поширення полум'я.

У загальному вигляді рівняння згорання (тепловиділення) в період паливоподачі має вигляд

$$dx / d\tau = (dx / d\tau)_0 + (dx / d\tau)_1 + (dx / d\tau)_2, \quad (3.5)$$

де індексами 0, 1, 2 позначені відповідно відносна швидкість вигорання парів палива, які утворились за період індукції, швидкість вигорання палива, що випаровується після займання і швидкість догорання продуктів неповного згорання. Позначення x - це частка вигорілого палива. В даному випадку x позначає відносне тепловиділення, тобто частку виділеної теплоти згорання палива. Оскільки при хімічному реагуванні палива утворюються продукти повного і неповного згорання, то відносне тепловиділення x в загальному випадку менше частки молекул палива x_s , що вступили в хімічні реакції [8].

Цей етап характеризується зародженням первинних центрів – вільних радикалів і відбувається, в основному, в результаті розпаду молекул

вуглеводнів. Зміна швидкості зародження ланцюгів w_0 погано впливає на затримку займання і практично зовсім не впливає на швидкість реакції після нього [10]. Оскільки в міру розвитку ланцюгової лавини кількість активних центрів, що з'являються в результаті реакцій розгалуження, незрівнянно більше, ніж швидкість їх спонтанного зародження з вихідних молекул. Тому вважають, що в період початкового спалаху активованої горючої суміші швидкість зміни концентрації активних центрів практично не залежить від w_0 . Разом з тим враховують значне ініціювання ланцюгів продуктами згоряння, оскільки процес не рівноважний (аналогічний вибуху), і в цих продуктах є надмірна концентрація активних частинок. Вибуховий характер запалення палива в дизелях свідчить також про те, що в кінці затримки запалення швидкість розгалуження ланцюгів значно перевищує швидкість їх обриву [10].

Швидкість вигорання палива після спалаху, залежить перш за все від швидкості випаровування палива $d_{\text{св}}/v_{\text{ч}}$ [19]. Як зазначалося вище, вигорання палива в високотемпературному фронті полум'я неповне, догорання продуктів неповного згоряння за межами фронту полум'я різко сповільнюється, тому ці продукти можуть накопичуватися і тривалий час бути присутнім в об'ємі циліндра.

Вихід продуктів неповного згоряння пов'язаний в основному з дефіцитом кисню в зонах горіння, особливо в зонах з підвищеною концентрацією продуктів згоряння. Тому приймають, що прискорення обриву ланцюгів залежить від відношення необхідного припливу кисню для згоряння палива при стехіометричному співвідношенні ($\alpha = 1$) до фактичного припливу кисню в зону горіння з навколишнього середовища внаслідок молекулярної (D_m) і турбулентної (D_t) дифузії.

У квазістаціонарних умовах дифузний потік пропорційний коефіцієнту дифузії, а також різниці концентрацій кисню в навколишньому середовищі і в зоні горіння.

На початкових стадіях процесу окислення вуглеводнів утворюються і накопичуються продукти неповного згоряння, в тому числі CO , H_2 , C_x , C_xH_y .

В їх окисленні на завершальних стадіях основну роль грає гідроксильний радикал OH , лімітуючою реакцією утворення якого є $\text{H} + \text{O}_2 = \text{OH} + \text{O}$ з енергією активації $E = 66900 \text{ кДж / кмоль}$ [90]. Молекули палива зазнають хімічні перетворення на всьому шляху дифузії парів від поверхні рідкого палива до фронту полум'я, тобто в діапазоні від температури насичених парів біля поверхні рідини T_s до температури полум'я (2500-2700 К).

Підведення кисню в підстінкову зону відбувається з обмеженого стінкою півпростору. Тому приймають, що тут дифузний потік кисню удвічі менший, ніж біля зон горіння в об'ємі камери.



4 ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ДИЗЕЛЬНИХ АВТОМОБІЛІВ ОБЛАДНАНИХ СИСТЕМОЮ ЖИВЛЕННЯ COMMON RAIL

4.1 Покращення паливної економічності легкових автомобілів з дизельними двигунами обладнаними системою живлення Common Rail

Проблеми екологічного контролю АТЗ, зменшення негативного впливу викидів на довкілля потребують спільних зусиль фахівців різних галузей: автовиробників, приладобудівників, метрологів, спеціалістів по технічному обслуговуванню і ремонту автомобілів, екологів. Враховуючи напрям по гармонізації європейського законодавства в Україні стандарти ДСТУ 4276-04 і ДСТУ 4277-04 потребують модернізації і корегування.

З урахуванням досвіду країн з значним рівнем автомобілізації і відповідного існуючого у цих країнах нормативно-методичного забезпечення, в Україні бажано створити низку нормативних стандартів і керівних документів. Зокрема мова може йти про: нормування рівнів викидів забруднювальних речовин у відпрацьованих газах АТЗ; вимоги до метрологічних характеристик засобів вимірювання, методик вимірювання, сфери їх використання, форми протоколів; зміни в Правила дорожнього руху України і проведення технічного огляду та контролю стану АТЗ, в частині методики перевірки екологічних параметрів АТЗ, заборони експлуатації АТЗ при екологічній невідповідності та переліку приладів, які застосовуються для цих перевірок.

Останнім часом дизельним автомобілям забороняють в'їзд в великі міста, посиляючись на їхню малу екологічність, це свідчить про те, що поступово дизель буде зникати з автомобільного ринку. А ті транспортні засоби які ще експлуатуватимуться в період витіснення дизельних агрегатів, суворо контролюватимуться відповідними екологічними органами.

Навіть незначне зношування механічної складової дизельних форсунок системи Common Rail призводить до зниження робочого тиску в паливній рейці. Через низький тиск впорскування відбувається затримка запалення

палива, що призводить до підвищеної токсичності вихлопних газів в дизелі. Причиною цього є зменшення тонкості розпилювання палива (зменшення середнього діаметра крапель), що призводить до збільшення фізичної складової затримки запалення палива. Внаслідок чого характер сумарної затримки запалення палива подібний характеру зміни фізичної затримки запалення, так як хімічна затримка займання залежить від температури, властивостей і тонкості розпилення палива.

З врахуванням нинішніх умов експлуатації автомобільного транспорту з дизельними агрегатами необхідно суворо контролювати стан елементів живлення двигуна, особливої уваги потребують саме паливні форсунки і відповідальний за їхню роботу елемент – клапан мультиплікатор. Зрозуміло що звичайний автовласник, чи підприємство яке має в своєму складі дизельну техніку, ніяк не в змозі оцінювати стан цих елементів. В цьому випадку необхідно періодично перевіряти автомобілі в спеціалізованих сервісних центрах на предмет виявлення дефектів в системі живлення.

СТО що розглядається в даній дипломній роботі, надає послуги по ремонту та обслуговуванню дизельних систем а тому числі і системи Common rail.

Після перевірки системи Common rail та двигуна в цілому, за допомогою комп'ютерної діагностики, у випадку виявлення дефектів в роботі форсунки, приймається рішення щодо її демонтажу та подальшої діагностики і ремонту.

В даному випадку форсунка демонтується з двигуна автомобіля та поступає в дільницю ремонту паливної апаратури.

4.1.1 Зовнішнє миття форсунки

Проводиться мийка зовнішньої частини форсунки в ультразвуковій ванні, при цьому електромагніт в ванну не занурюється щоб уникнути його пошкодження. (рис.4.1) У випадку сильного забруднення крпусу його необхідно попередньо кілька годин потримати в ванні з хімічним очищувачем (рис.4.2), а потім відмити водою під високим тиском (рис. 4.3)

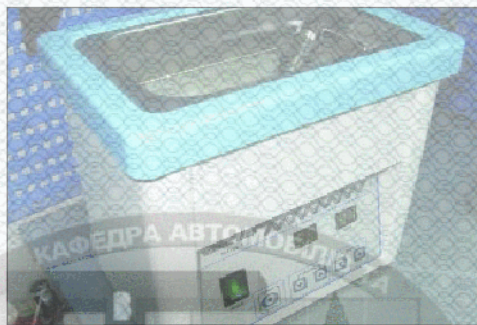


Рисунок 4.1 – Ультразвукова ванна



Рисунок 4.2 – Ванна з хімічним очищувачем

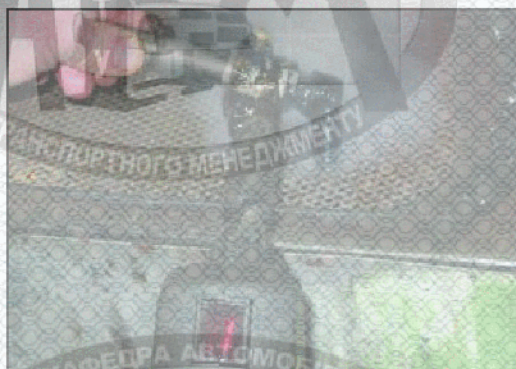


Рисунок 4.3 – Мийка форсунок під високим тиском

4.1.2 Вхідний контроль

В першу чергу візуально оцінюємо стан корпусу форсунки і обов'язково штуцерів високого тиску на предмет тріщин, прогорівших стінок, пошкодженої різьбової частини і т.п.

При візуальному вхідному контролі дуже добре видно форсунки, які ремонтувались некваліфікованими спеціалістами. Дефектовці таких форсунок необхідно приділяти особливу увагу, так як найчастіше після такого «сервісу» форсунки стають не ремонтпридатними. В якості прикладу – при демонтажі

корпуса форсунок були деформовані на стільки сильно, що полопали від згину гайки розпилювачів (рис. 4.4) в іншому прикладі хтось намагався усунути прорив газів з камери згорання за допомогою сантехнічної патлі (рис. 4.5)

Після візуальної оцінки проводимо вхідний контроль форсунки на стенді, який використовуємо для створення тиску, а сигнал на електромагнітний клапан інжектора подаємо від приладу Common Rail Tester (рис 4.6). Підбираємо необхідний адаптер і встановлюємо на нього форсунку. Для стандартної перевірки гідроплотності форсунки задаємо середню тривалість сигналу і високу частоту спрацьовування форсунки, а для контролю стану розпилювача, стану забитості або навпаки розмитості розпилюючих отворів необхідно вибрати довгий сигнал з низькою частотою спрацьовування форсунки. (рис.4.7)



Рисунок 4.4 – Погнуті під час демонтажу корпусу форсунок



Рисунок 4.5 – Наслідки неправильного встановлення форсунок



Рисунок 4.6 – Прилад для перевірки форсунок Common Rail Tester



Рисунок 4.7 – Common Rail Tester в роботі

4.1.3 Розбирання форсунки, контроль заводських параметрів

Розбираємо форсунку. Для проведення цієї операції використовується спеціально спроектований зажимний пристрій, який дозволяє розбирати і складати будьяку форсунку дизельних двигунів з безпосереднім впорскуванням палива (рис 4.8,9).

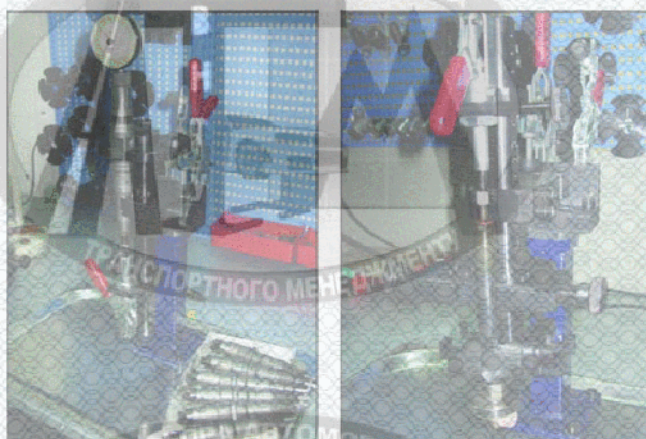


Рисунок 4.8,9 – Зажимний пристрій для ремонту дизельних форсунок

Після встановлення форсунки на стенд відкручуємо гайку розпилювача (рис 4.10), знімаємо з вертикальної стійки осьовий зажим, встановлюємо на місце розпилювача адаптер з індикатором і контролюємо хід голки розпилювача (рис 4.11)

Розвертаємо на 180° і фіксуємо вертикальну стійку плитою адаптером вверх (рис 4.12), при цьому електромагніт інжектора знаходиться в зручному для подальшого розбирання положенні, сама форсунка надійно зафіксована радіальною струбицею.

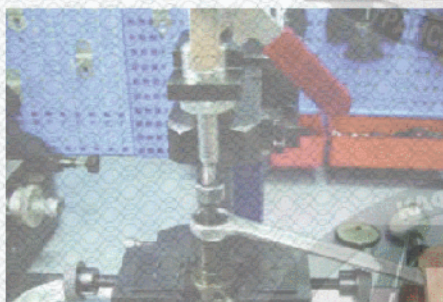


Рисунок 4.10



Рисунок 4.11



Рисунок 4.12

Відкручуємо гайку і демонтуємо керуючий електромагніт (рис 4.13). Вимірюємо магнітний зазор між електромагнітом і якорем (рис 4.14). Встановлюємо на місце електромагніта адаптер з індикатором (рис 4.15) і вимірюємо хід шарикового клапана (рис 4.16). Відкручуємо спеціальним шестигранним ключем (рис 4.17) з осьовим отвором гайку клапана мультиплікатора (рис 4.18). За допомогою цангового зйомника (рис 4.19) демонтуємо клапан-мультиплікатор і пілотний плунжер з корпусу форсунки (рис 4.20), достаємо з корпусу ущільнюючі кільця і прокладки. Форсунка повністю розібрана і готова до ремонту (рис 4.21) та діагностики всіх конструктивних елементів.

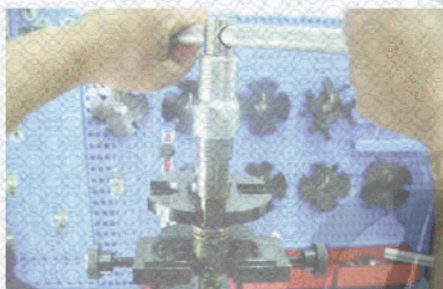


Рисунок 4.13

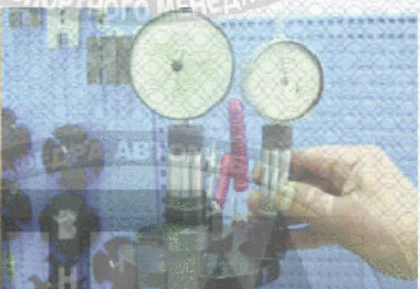


Рисунок 4.14

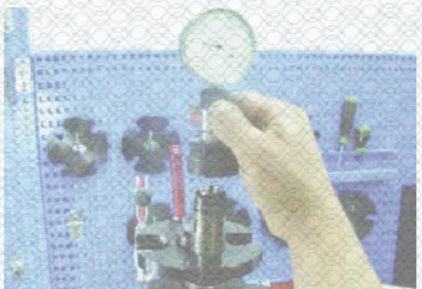


Рисунок 4.15

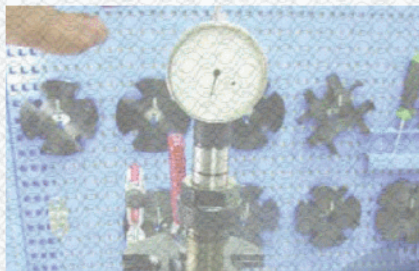


Рисунок 4.16



Рисунок 4.17



Рисунок 4.18



Рисунок 4.19



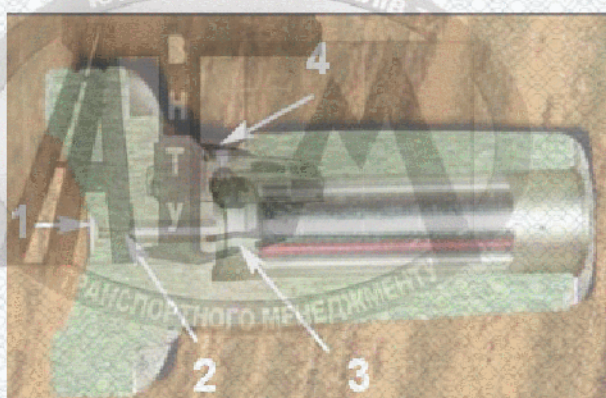
Рисунок 4.20



Рисунок 4.21

4.1.4 Контроль износа деталей форсунки

Стан основных внутренних деталей форсунки – розпиловача, клапана мультипликатора, пилотного плунжера – необходимо контролировать з метою визначення можливості їх подальшого використання. Головною але не єдиною причиною підвищеного витoku палива з корпусу форсунки в зворотній злив є негерметичність з'єднання «кулька – сідло» клапана мультипликатора. На рисунку 4. 22 показаний клапан мультипликатор в розрізі



- 1 – сідло шарикового клапана; 2 – керуючий жиклерний отвір;
3 – контрольна камера; 4 – наповнюючий жиклерний отвір

Рисунок 4.22 – Клапан мультипликатор в розрізі

Проводимо перевірку цих деталей в кілька етапів. Спочатку для контролю стану сідла клапан мультиплікатор з новим шариком встановлюємо в пневматичний тестер, подаємо під тиском стиснене повітря і оцінюємо зношення сідла по інтенсивності виникнення повітряних бульбашок в контрольній камері приладу (рисунок 4.23).



Рисунок 4.23 – Пневматичний тестер для контролю стану сідла клапана мультиплікатора

Стан конічного сідла клапана мультиплікатора оцінюємо візуально. Для цього використовуємо тринокулярний стереомікроскоп з необхідним збільшенням, зображення від підсидної камери виводимо на екран комп'ютера (рис 4.24)



1 – конусне сідло при необхідному збільшенні; 2 – клапан мультиплікатор.

Рисунок 4.24 – Визначення стану конічного сідла клапана

Для прикладу нижче показані :

Новий клапан мультиплікатор в парі з пілотним плунжером. На рисунку 4. 25 фото конічного сидла цього клапана мультиплікатора при необхідному збільшенні (рис 4.26);



Рисунок 4.25



Рисунок 4.26



Звичайне зношення конічних сідел клапана мультипликатора при довготривалій експлуатації (рис 4.27,4.28)

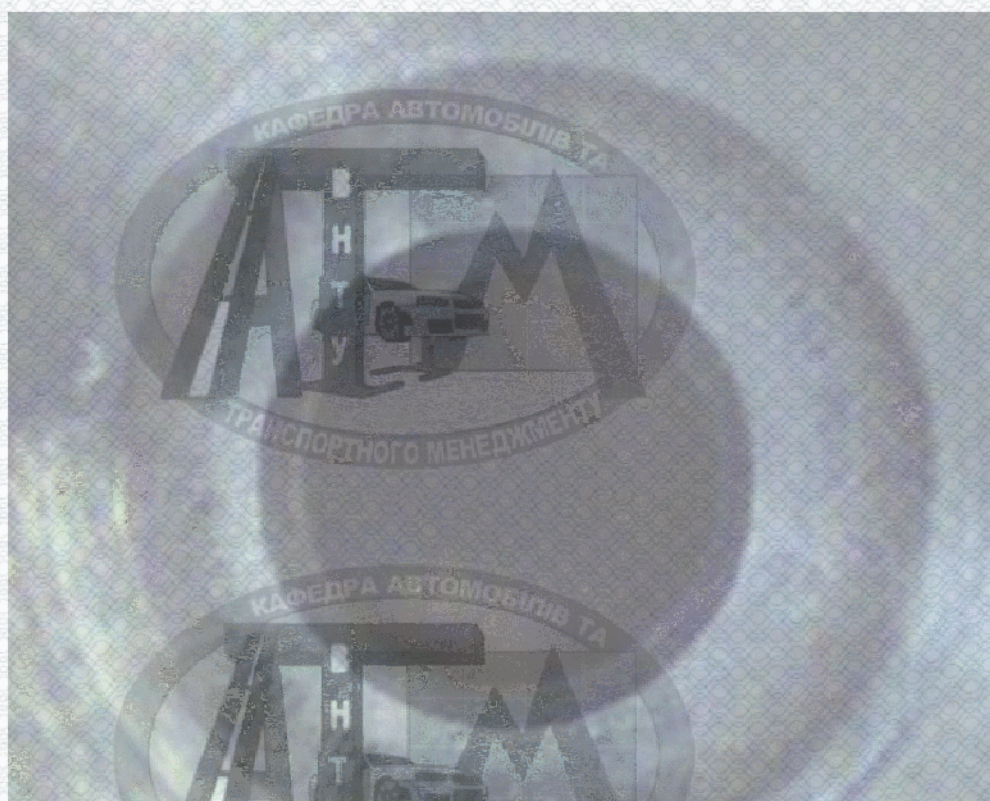


Рисунок 4.27



Рисунок 4.28

Сідла клапана мультипликатора промиті в зв'язку з попаданням в паливо твердих частинок бруду (рис 4.29,4.30)

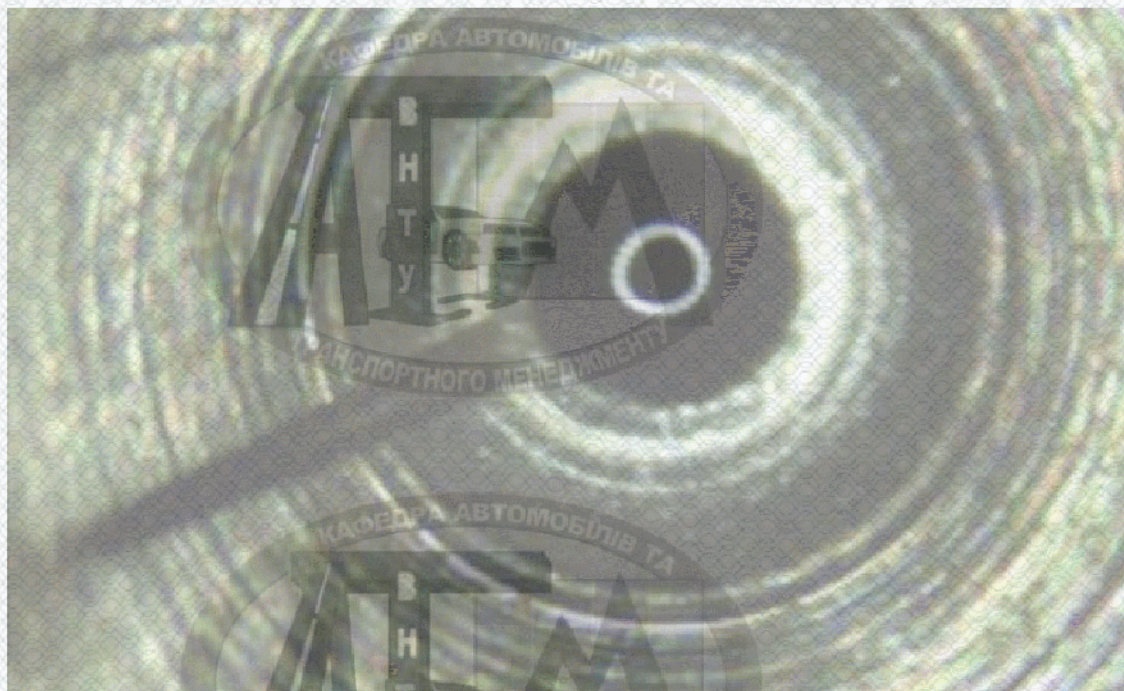


Рисунок 4.29



Рисунок 4.30

Сідла клапана мультиплікатора після інтенсивного неякісного притирання (рис 4.30, 4.31)



Рисунок 4.30

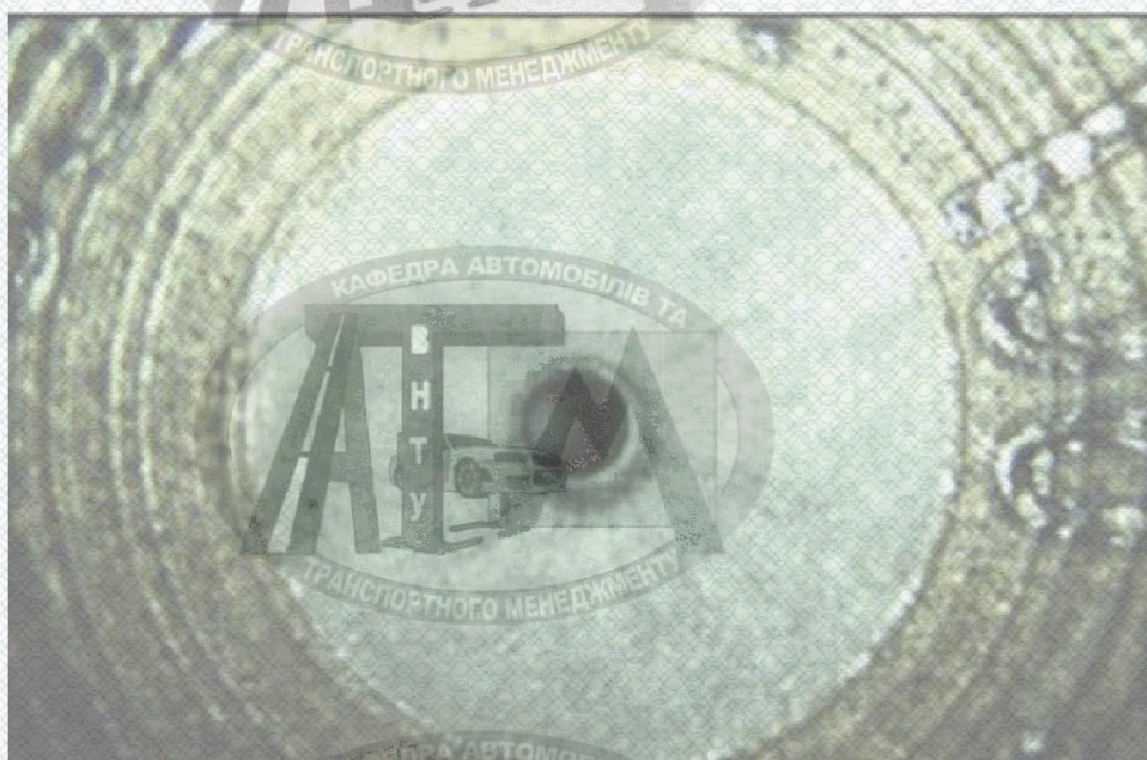


Рисунок 4.31

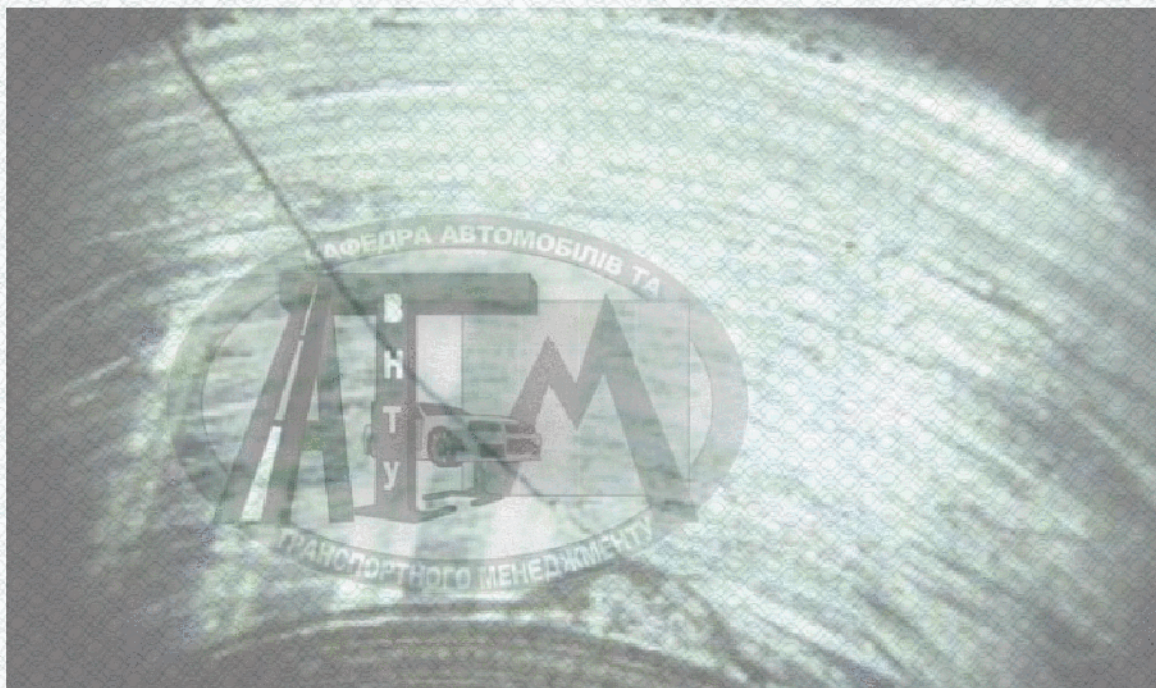


Рисунок 4.32 – Тріщина на корпусі клапана мультиплікатора

На цьому етапі дуже важливо оцінити ступінь зносу сідла і прийняти рішення чи можна притерти конус, відновивши робочу поверхню сідла, чи клапан мультиплікатор необхідно замінити.

Частіше, з метою спроби «врятування» цю деталь від заміни, притирають конус, в місці зношеної робочої поверхні.

4.1.5 Притирання сідла клапана мультиплікатора

Для притирання сідла мультиплікатора використовується спеціальний «Станок для притирання» (рис. 4.33) який складається з двох горизонтально розташованих станин. Основою станка служить нижня нерухома станина розміщена на трьох опорних ніжках. В станині розміщений електродвигун з прямим приводом до відцентрового патрону, на підшипниках кочення, в який вставляється сідло мультиплікатора. Для роботи станка необхідне джерело живлення з межами регулювання від 10 до 30 вольт, струм споживаний притиром знаходиться в межах 2-4 ампера, тому в якості джерела живлення, можна використовувати недорогий зарядний пристрій для автомобільних акумуляторів. Верхня станина рухається вниз по двох вертикально

розташованих салазках, для обмеження ходу притира на салазках встановлені обмежуючі пружини. В верхній станині розміщений шпindel для закріплення притира мультиплікатора.



Рисунок 4.33 – Станок для притирання сидла мультиплікатора

4.1.6 Аналіз існуючих заводських аналогів станка для притирання

Основною перевагою даного станка є його дешевизна у випадку самостійного виготовлення (5-7 тис. грн.) та водночас функціональність на рівні з заводськими аналогами. Для порівняння наведено приклад заводського станка Adduswin T0030 вартістю 32 тис. грн.[36] та станка MP-250 вартістю 55 тис.грн.[38]

Процес притирання клапана сидла мультиплікатора полягає в шліфуванні конусної зношеної робочої поверхні за допомогою спеціальних конусних притирів для сидел форсунок Common Rail(рис 4.34). Діаметр притира 6 мм, довжина 32 мм. Кут заточування 120° - для сидел форсунок легкових автомобілів і 124° - для сидел вантажних автомобілів(рис 4.35). Притири заточені з двох сторін, такого притира вистачає для відновлення 6 – 10 сидел.



Рисунок 4.34 Конусні притири для сідел форсунок Common Rail

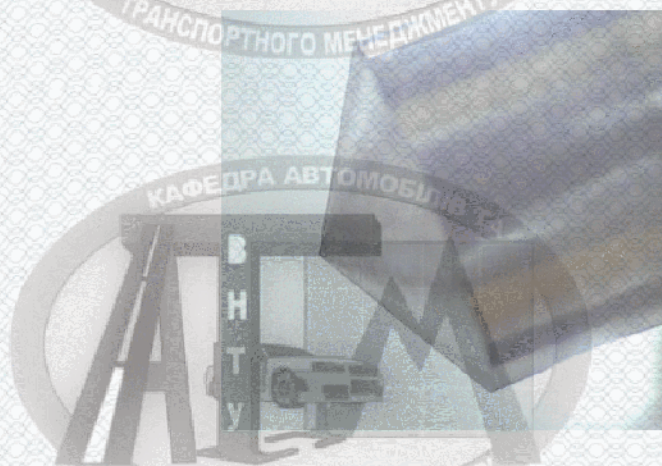


Рисунок 4.35 – Робоча зона конусного притира (кут заточування 120°)

Перед початком притирання клапан мультиплікатор вимивається в ультразвуковій ванні, з метою видалення мілких абразивних частинок в зоні притирання. Клапан мультиплікатор встановлюють в відцентровий патрон. На поверхню яка притиратиметься наноситься спеціальна абразивна паста.

Під час роботи необхідно додатково розводити пасту маслом або дизпаливом. Особливістю цієї пасту є те, що в процесі роботи фракція поступово зменшується і до закінчення процесу виходить поверхня яка не вимагає додаткової обробки пастами більш мілких фракцій. Початкова зернистість підібрана для роботи з притирами і складає – 400 мікрон. Крім того на відміну від алмазних паст вона легко вимивається і не відається в сідло, що збільшує ресурс відновленого сидла.

Після запуску станка для притирання і набору робочих обертів відцентровим патроном, на сідло клапана мультиплікатора, яке було

попередньо змащене пастою для притирання, з невеликим зусиллям притискається притир. В результаті цього процесу - нанесена паста та притир поступово в декілька етапів, з візуальним контролем стану сидла під мікроскопом, відновлюють та полірують робочу поверхню сидла клапана мультипликатора. Для порівняння наведено зношене сидло мультипликатора (рис 4.36) яке підлягає відновленню, та результат після притирання робочої поверхні сидла мультипликатора (рис 4.37).



Рисунок 4.36 – Зношене сидло мультипликатора

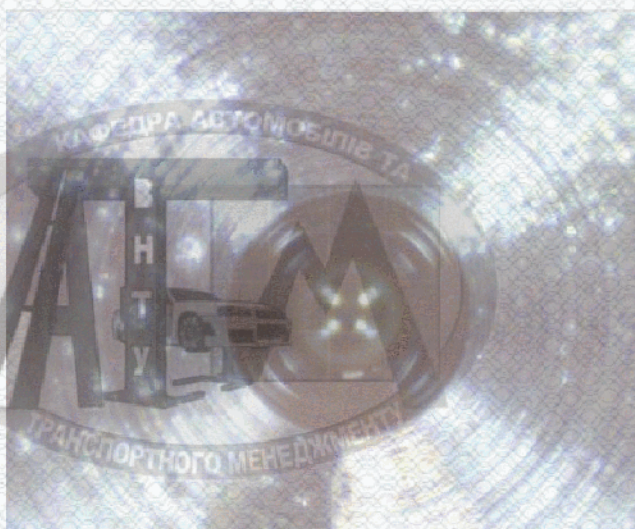


Рисунок 4.37 – Притерта поверхня сидла мультипликатора

Після притирання сидла мультипликатора оцінюємо стан пілотного плунжера. Якщо форсунка вже була в ремонті, і поверхня цієї деталі

піддавалась «відновленню» за допомогою нанесення хрому, то повторно використовувати пілотний плунжер неможна, так як саме хром, частіше ніж паливо, є причиною виходу з ладу і заклинювання пілотного плунжера в клапані мультиплікаторі. Приклади хромованих пілотних плунжерів з «посипаним» хромом на кутах кільцевих канавок показані на рисунках (4.38,4.39)



Рисунок 4.38



Рисунок 4.39

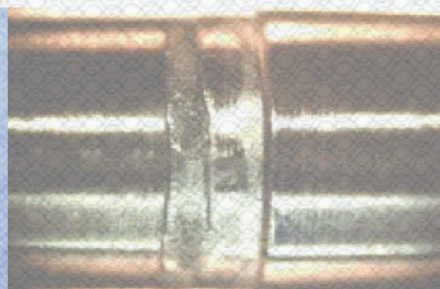


Рисунок 4.40

При збільшенні добре видно «напливи хрому» в канавках, нерівномірне нанесення покриття, що привело до відривання частинок металу і до виходу з ладу форсунки зразу після «ремонті з відновленням» (рис 4.40)

Перевіряємо стан розпилювача візуально на наявність слідів зносу на циліндричній поверхні. Оскільки зношення цієї поверхні є другою причиною підвищеного зворотнього витoku палива з форсунки. Приклад зношеної циліндричної частини голки (рис 4.41)



Рисунок 4.41

Рисунок 4.42

Не менш важливо перевіряти стан запорного конуса голки. Приклад сильно зношеної голки розпилювача. Запорний конус виглядає, як після

обробки наждачною бумагою. Причина – попадання в паливо твердого абразиву. Такий розпилювач буде не герметичний на стику «сідло розпилювача – запорний конус голки»(рис 4.42)

4.1.7 Складання та тестування форсунок

Після очищення корпусу і внутрішніх деталей в ультразвуковій мийці, проводимо збирання форсунки в зворотньому порядку, починаючи з сторони електромагніту (рис 4.43)

Під час процесу збирання проводимо всі регулювання встановлених розмірів і зазорів, які для даної форсунки регулюються в діапазонах:

- тисячна доля міліметра – для ходу шарикового клапана і магнітного зазору;
- сотих долях міліметра – для ходу голки розпилювача.

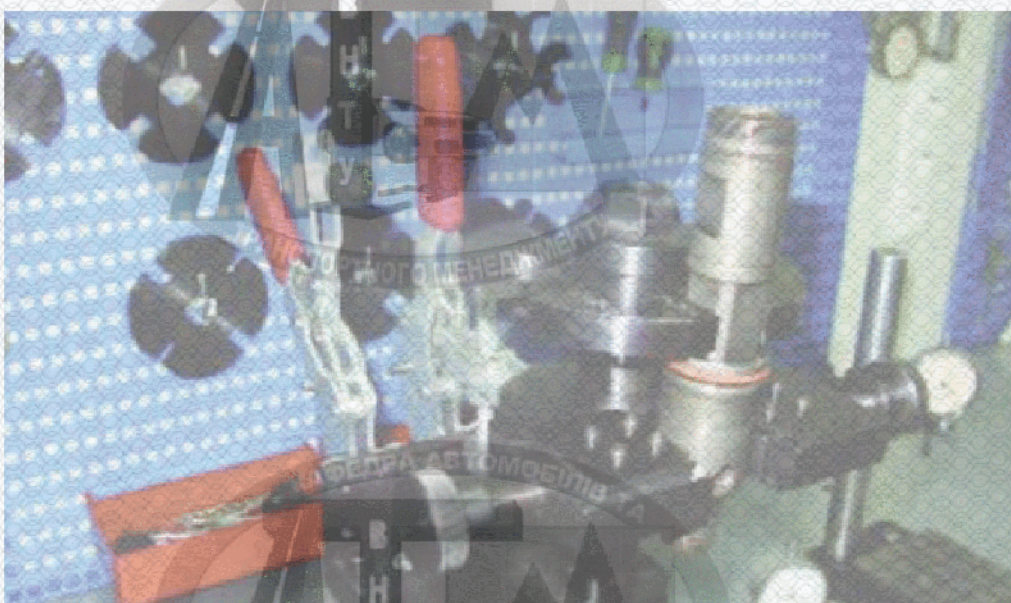


Рисунок 4.43 – Збирання форсунки починають з сторони електромагніту

Після збирання проводимо перевірку роботоздатності форсунки за допомогою стану для перевірки форсунок і модулятора сигналів Common rail tester. Мета перевірки впевнитись, що форсунка справна, працює на всіх тестових режимах і при збиранні не було допущено ніяких помилок.

4.2 Склад і вплив відпрацьованих газів

Величина викиду шкідливих речовин з відпрацьованими газами залежить від багатьох факторів: процеси підготовки і згоряння суміші, режиму роботи двигуна, його технічного стану, якості палива. Токсичні викиди у відпрацьованих газах складають: оксид вуглецю (CO), вуглеводні (CH) та оксиди азоту (NO_x). Ці токсичні гази утворюються при спалюванні палива двигунами внутрішнього згоряння (як з іскровим запалюванням, так дизельних), таким чином кількість токсичних викидів на пряму залежить від спожитого двигуном палива. В табл. 1 наведено дані про кількість токсичних компонентів при згорянні 1 кг палива в бензиновому двигуні легкового автомобіля середнього класу.

Таблиця 4.1 – Викид токсичних компонентів відпрацьованих газів на 1 кг палива, з урахуванням середньої величини коефіцієнта надлишку повітря ($\alpha=1,0$)

Компонент	Вид палива	
	Бензин, г	Дизельне паливо, г
Окис вуглецю (CO)	400–465	20
Вуглеводні (C_nH_m)	20–23,1	4,2
Окисли азоту (NO_x)	14–15,2	18,1
Ангідрид сірчаної кислоти	2	7,8
Альдегіди	1	0,7
Сажа	1	5
Свинец	0,5	—
Всього	508	51

При усередненому щорічному пробігу 10000 км автомобіль класу «Opel», ВАЗ, використовує 1000 кг бензину і 14000 кг повітря. В середньому легковий автомобіль протягом року виділяє таку кількість токсичних компонентів: окису вуглецю – 378 кг, вуглеводнів 110 кг, оксидів азоту і сірки 20 кг, сажі 2 кг.

Забруднення навколишнього середовища викидами автомобілів відбувається, не тільки від вихлопних газів, а й від випарів безпосередньо палива з паливної системи автомобіля, через порушення герметичності паливної системи. З 200 млн. автомобілів США або 40 млн. у ФРН щодня випаровується 1 г палива (а реально ця цифра значно більше), відповідно в атмосферу цих країн щорічно надходить 200 і 40 тонн парів моторного палива. Вид палива, який використовується в автомобілі буде визначати склад та концентрації токсичних компонентів.

Вміст і властивості токсичних компонентів відпрацьованих газів. Окис вуглецю – CO чадний газ, (концентрація в викидах 2–10 %) утворюється в результаті неповного згоряння вуглецю в пальному. При вдиханні CO зв'язується з гемоглобіном крові, витісняючи з неї кисень, у результаті чого настає кисневе голодування. Висока концентрація оксиду вуглецю навіть при короткочасному впливі може призвести до смерті, невеликі дози викликають запаморочення, головний біль, відчуття втоми і вповільнення реакції у водія. В одномісному гаражі смертельна концентрація CO виникає вже через дві-три хвилини після вмикання двигуна]. Токсичні й вуглеводні – C_nH_m (концентрація 0,1–1,0%) — незгорілі хімічні складники палива. Викиди цих речовин на перехрестях і біля світлофорів у кілька разів більші, ніж при русі на магістралі. Це причина багатьох хронічних захворювань. Найнебезпечнішим вважається бенз-а-пірен, у якого вкрай активні канцерогенні властивості. Оксиди азоту – NO_x (концентрація 0,1–0,5%) утворюються при згорянні будь-яких видів палива — природного газу, вугілля, бензину чи мазуту. Найбільш небезпечний диоксид азоту NO_2 , який при наявності взаємодії з парами води в атмосфері утворює азотисту й азотну кислоти. Надходячи у верхні шари атмосфери, диоксид азоту сприяє появі кислотовмісних хмар і кислотних опадів. За критичної його концентрації, наприклад, у закритих приміщеннях (гаражах), виникає набряк легенів, що призводить до смерті. Вплив оксидів азоту не можна послабити жодними нейтралізуючими засобами. У поєднанні з

вуглеводнями вони утворюють токсичні нітроолефіни, які у літню спеку сприяють утворенню фотохімічних смогів.

Доцільно сказати також про Європейські нормативи викидів автотранспортних засобів, особливості застосування.

В даний час у європейських країнах нормування викидів автотранспортних засобів (АТЗ) здійснюється згідно з Правилами ЄЕК ООН та директивами ЄС. Нормування екологічних показників відбувається як на стадії виробництва так і експлуатації АТЗ. Перші європейські нормативи викидів АТЗ були прийняті у 1970. Ці нормативи і випробування по ним встановлюються Правилами ЄЕК ООН і Директивами ЄС. Є важлива особливість вказаних нормативів. Правила ЄЕК ООН регламентують методику випробувань, деталізують технічну процедуру, метрологічне забезпечення, але в них не вказують дату введення норм викидів. Конкретні норми викидів і час їх введення в дію вказані в Директивах ЄС, і вони є обов'язковими для країн ЄС.

Випробування за Правилами ЄЕК ООН здійснюється на стенді з біговими барабанами при умовному русі транспортних засобів за чотирма міськими їздовим циклами. Цикл має такі основні характеристики: довжина умовного шляху – 4,052 км, тривалість виконання циклу – 820 с, максимальна швидкість – 50 км/год, середня умовна швидкість – 18,7 км/год. Їздовий цикл імітує чотири звичайних міських циклу і один додатковий, що імітує рух автомобіля за містом.

У 1998 р. Директивами ЄС введені перспективні норми, так звані норми «Євро». Європейські стандарти відіграють важливу роль у зниженні так званих регульованих речовин. До них відносяться оксид вуглецю (CO), оксиди азоту (NO_x), вуглеводні (CH) і тверді частинки (сажа) – розміром до 10 мкм (PM10). Стандарти «Євро» послідовно ставали жорсткішими із року в рік. На теперішній час обмеження для нових автомобілів і легких фургонів повинні відповідати стандартам «Євро V».

Стандарти «Євро» нормують викиди (масу) токсичних речовин автомобілів на км пробігу (аналогічні стандарти США нормують масу викиду

на мілю пробігу). На кожний вид палива встановлено норми викидів для легкових автомобілів (у г/км)

Ефект застосування стандартів «Євро» полягає у послідовному, поетапному в часі, зниженні видів викиди транспортних засобів в тому, щоб прискорити впровадження інноваційних рішень в конструкцію автомобіля, які зменшують викиди відпрацьованих газів. Для бензинових автомобілів, це було досягнуто, зокрема за рахунок використання трикомпонентного каталітичного нейтралізатору і переходу на інжекторні системи уприскування палива. Для дизелів, концентрації NO_x і твердих частинок були знижені за рахунок розвитку двигунів з прямим уприскуванням і дизельних фільтрів твердих частинок (DPF). Ці технологічні досягнення, а також більш чисті види палива, привели до різкого зниження рівня регульованих забруднюючих речовин, причому настільки, що автомобіль, який зроблений сьогодні виробляє в двадцять разів менше викидів, ніж автомобіль, зроблений в 1970 році. Вимоги нормативів «Євро» створюють вітчизняним автовласникам і перевізникам значні проблеми — за кордоном забороняється рух українських транспортних засобів і накладаються штрафи за невідповідність екологічним стандартам європейських країн.

Таблиця 4.2 – Стандарти Євро по викидам токсичних речовин

Євро стандарт	Дата виконання*	CO (г/км)	THC (г/км)	NMHC (г/км)	NO _x (г/км)	HC+NO _x (г/км)	PM (г/км)
Дизель							
Euro I	Липень 1993	2.72	—	—	—	0.97	0.14
Euro II	Січень 1997	1.00	—	—	—	0.70	0.08
Euro III	Січень 2001	0.64	—	—	0.50	0.56	0.05
Euro IV	Січень 2006	0.50	—	—	0.25	0.30	0.025
Euro V	Вересень 2010	0.500	—	—	0.180	0.230	0.005
Euro VI	Вересень 2015	0.500	—	—	0.180	0.230	0.005
Бензин							
Euro I	Липень 1993	2.72	—	—	—	0.97	—
Euro II	Січень 1997	2.20	—	—	—	0.50	—
Euro III	Січень 2001	2.30	0.20	—	0.15	—	—
Euro IV	Січень 2006	1.00	0.10	—	0.08	—	—
Euro V	Вересень 2010	1.000	100.00	0.68	0.60	—	0.005**
Euro VI	Вересень 2015	1.000	100.00	0.68	0.60	—	0.005**

* Дата, після якої всі нові двигуни на ринку повинні відповідати стандарту.

**Застосовується тільки для автомобілів з двигунами з безпосереднім впорскуванням.

«Євро V» вступив в силу в 2010 р., ще більш жорсткі стандарти вступлять в силу в 2015 р. («Євро VI»). На додаток до нормування токсичних компонентів відпрацьованих газів (CO , NO_x , CH) ЄС встановило принципово нові обмеження для концентрації парникового вуглекислого газу CO_2 в викидах, автомобілів в 2009 р.

Європейський парламент прийняв новий закон про CO_2 який встановлює, що викиди CO_2 не повинні перевищувати 130 г/км пробігу для всіх нових автомобілів, зроблених в 2015 р. 130 г/км еквівалентно пробігу 58 миль або 93,3 км на 3,6 л для дизельних двигунів і 83,6 км на 3,6 л для бензинових двигунів. Досягнення цієї мети здійснювалось поетапно протягом трьох років, з 2012 року 65 % нових зареєстрованих автомобілів кожного виробника повинні відповідати нормативу викиду CO_2 – 130 г/км, 75 % автомобілів з 2013 р. і 80 % в 2014 році і 100 % до 2015 року. Розширена задача поставлена, щоб досягти значень викиду CO_2 95 г/км до 2020 р.

Виробникам, які перевищують нормативи з 2012 р. платять штраф за кожен автомобіль зареєстрований, який не відповідає нормативу. Норми «Євро» регламентують також рівні випаровування паливно-мастильних матеріалів з автомобілів, що стоять з вимкненим двигуном, і тверді частинки (сажа) у відпрацьованих газах автомобілів з дизельними двигунами. Нормативи випаровувань і твердих частинок наведені в табл. 2. В Україні діє закон № 2134-III від 07.12.2000 «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо регулювання ринку автомобілів в Україні». В одному з його пунктів зазначено, що до нашої країни забороняється ввозити автомобілі без каталізаторів, які забезпечують склад шкідливих речовин у відпрацьованих газах на рівні «Євро 2».

4.3 Особливості зміни процесу горіння та догорання продуктів згоряння палива після притирання сідла клапана мультиплікатора форсунки

Горючі краплі або локальні скупчення палаючого палива представляють як відкриті термодинамічні системи, з яких в навколишнє середовище надходять продукти повного і неповного згоряння палива. Загальний обсяг цих локальних зон у порівнянні з об'ємом циліндра невеликий, тому наближено можна вважати, що навколишнє середовище займає весь останній обсяг. У продуктах неповного згоряння, дифундуючих з локальних зон полум'я в обсяг циліндра, в основному містяться CO , H_2 . Механізм їх окислення ланцюговий, як вихідної речовини і активних центрів тут розглядають O_2 , H .

В процесі інтенсивного ланцюгового розпаду і окислення вуглеводнів, дифундуючих від поверхні краплі або локального скупчення палива в високотемпературний фронт полум'я, утворюється значна надлишкова концентрація атомів і радикалів. У навколишнє середовище з локальних зон полум'я дифундують продукти повного і неповного згоряння палива, а також активні частинки. У міру віддалення від фронту полум'я температура цих продуктів швидко падає, наближаючись до середньої температури заряду циліндра. Відповідно зменшується швидкість догорання продуктів неповного згоряння.

Я. Б. Зельдович і М. М. Семенов, розглядаючи окислення CO при високих температурах і тисках, прийшли до висновку, що в цих умовах істотним стає обрив ланцюгів в об'ємі в результаті потрійних зіткнень активних частинок з молекулами газу. При цьому швидкості розгалуження і обриву ланцюгів приблизно рівні.

В даному випадку догорання продуктів неповного згоряння початкове ініціювання ланцюгів w_0 обумовлено дифузією активних частинок із зони полум'я, термічним розпадом і окисленням вуглеводнів палива, випаровуваного за межами локальних вогнищ полум'я, а також дисоціацією продуктів згоряння

CO_2 , H_2O . Роль останнього фактора при температурах, менше 2500 К, несуттєва в порівнянні з двома попередніми і нею нехтують. Концентрація активних частинок, що утворюються при розпаді і окисленні вуглеводнів в обсязі циліндра, як і частинок, що дифундують із зони полум'я, пропорційна концентрації продуктів неповного згоряння, до яких відносять не тільки CO , H_2 , але і пари палива за межами локальних вогнищ полум'я.

4.3.1 Період розвинутого дифузійного горіння і догорання продуктів неповного згоряння після закінчення впорскування палива

На початку цього періоду закінчується розвиток паливних струменів, основна маса крапель розпиленого палива загальмована і рухається разом з великомасштабними турбулентними вихорами. Навколо локальних вогнищ полум'я створюється підвищена концентрація продуктів згоряння, частина палива випаровується в хмарі цих продуктів з малим вмістом кисню. Продукти неповного згоряння розподілені в обсязі циліндра нерівномірно. Швидкість вигорання палива в цей період залежить в основному від коефіцієнта надлишку повітря в циліндрі, ступеня розшарування заряду і швидкості перемішування компонентів суміші, тобто від інтенсивності молекулярної і турбулентної дифузії [19]. З огляду на перекриття процесів горіння палива яке випаровується і догорання продуктів неповного згоряння, а також приблизно однакову їх залежність від дифузії компонентів, об'єднують періоди III і IV.

При дослідженні кінетики процесу згоряння в цей період вже не можна оперувати концентрацією кисню, усередненої по всьому об'єму циліндра, а треба враховувати значне розшарування заряду. Полум'я охоплює тільки частину обсягу циліндра. Останній, в даному випадку, являє собою резервуар, з якого вільний кисень надходить в зону горіння в результаті турбулентної та молекулярної дифузії.

У цей період на початку горіння швидко наростає кількість CO_2 і CO , але різко зменшується вміст O_2 . Мінімальні значення O_2 досягаються вже в першій половині періоду згоряння. Фактична зміна α , в зоні горіння різко відрізняється

за характером і величиною від середнього коефіцієнта надлишку повітря в об'ємі циліндра.

Згоряння в дизелях протікає в складних умовах. Спочатку запалюється і швидко згорає паливо на периферії струменя, потім полум'я проникає до її ядра, крім того, виникають локальні вогнища полум'я навколо місцевих скупчень палива що випаровується. Інтенсивність горіння основної порції палива, укладеної всередині вогнища полум'я, в значній мірі залежить від інтенсивності надходження в зону горіння кисню і відведення продуктів згоряння. У той же час продукти згоряння, що утворилися на периферії факела або локального вогнища полум'я, як би ізолюють цей осередок і ускладнюють приплив кисню в зону горіння. У зв'язку з цим, в початковий момент при швидкому розвитку реакцій згоряння, споживання кисню в зоні горіння перевищує приплив вільного кисню з периферії або околиць зони. Горіння при цьому неповне, тому в циліндрі реєструється збільшення об'ємної частки CO і інших продуктів неповного згоряння.

Після вигорання приблизно половини порції палива швидкість згоряння значно зменшується, а приплив кисню в зону горіння збільшується внаслідок збільшення дифузії і турбулентності заряду, викликаной багато точковим згорянням і рухом поршня. В результаті об'ємний вміст кисню в зоні горіння після досягнення деякого мінімуму знову наростає, відбувається догорання CO, причому концентрація O_2 , CO_2 в об'ємі циліндра поступово вирівнюється.

Своєрідна зміна поточного значення коефіцієнта надлишку повітря в зоні горіння відображає вплив турбулентної дифузії на швидкість вирівнювання концентрацій компонентів заряду циліндра.

У період розвиненого дифузійного горіння швидкість початкового зародження ланцюгів w_0 мало впливає на швидкість ланцюгових реакцій. Прискорення реакцій в даному випадку залежить в основному від швидкості надходження і витрачання кисню в локальних обсягах, багатих паливом і продуктами неповного згоряння, тобто від швидкості зміни поточної концентрації кисню в зоні горіння.

Зміна об'єму циліндра V по ходу згоряння (після ВМТ) складно впливає на швидкість випаровування і вигорання палива. При збільшенні V зменшується концентрація компонентів суміші, що має знижувати швидкість згоряння. З іншого боку, при збільшенні швидкості руху поршня зростає турбулізація заряду, що інтенсифікує процеси тепло- і масообміну і підвищує швидкість згоряння.

4.3.2 Інженерний метод розрахунку затримки запалення палива в дизелі з системою подачі палива підвищеного тиску Common Rail

Після початку впорскування палива в циліндр двигуна до початку його горіння в камері згоряння протікають фізичні процеси підготовки паливно-повітряної суміші - перемішування і випаровування крапель палива і накопичення перекисів. В об'ємі камери згоряння дизеля в паливо-повітряної суміші в районі зовнішнього кордону факела виникає велика кількість вогнищ самозаймання - локальних об'ємів (ЛО), один з яких самозаймається раніше інших. Після його самозаймання в режимі теплового вибуху (ТВ) полум'я практично миттєво охоплює весь обсяг факела. Цей період часу від моменту впорскування палива до початку горіння факела називають часом затримки займання.

Час затримки запалення можна розбити на два етапи. 1 - за час фізичної затримки запалення в двигунах відбуваються складні фізичні процеси, такі як розпад струменя палива на краплі, нагрівання і випаровування крапель, дифузія парів палива і повітря. 2 - після цього починається утворення хімічних процесів. В результаті час затримки займання можна уявити як суму часу фізичних та хімічних затримок.

Даний метод розрахунку дозволяє врахувати параметри робочого тіла в момент упорскування палива, температуру і розмір паливної частинки (краплі), час її випаровування. В даному розрахунку передбачається ряд припущень: як в якості запалення виділяється ЛО; в ЛО передбачається одна крапля палива; її випаровування відбувається від внутрішньої енергії ЛО; ЛО не обмінюється

енергією з навколишнім газом і з іншими краплями палива до моменту самозаймання. Повний час затримки займання представляється як сума фізичних і хімічних затримок

$$\tau_i = \tau_{\text{фіз}} + \tau_{\text{хім}} \quad (4.1)$$

Дані для розрахунку. Для розрахунку періоду індукції самозаймання палива в дизелі необхідно задати параметри двигуна: геометричні розміри (D, S, λ), геометричну ступінь стиснення (ϵ), частоту обертання колінчастого вала дизеля (n), параметри повітряного заряду (T_k, p_k), температуру палива (T_f) і його склад, кут закриття впускного клапана (ϕ_a), параметри подачі палива, такі як встановлений кут початку подачі палива (ϕ_1), коефіцієнт наповнення циліндра (η_v), коефіцієнт залишкових газів (γ), а також константи макрокінетики реакції самозаймання палива – енергію активації (E), передекспонент константи швидкості (k) і сумарний порядок хімічної реакції (s), а також ряд інших параметрів.

4.3.3 Розрахунок вихідного складу повітряного заряду і палива

При розрахунку обмежуємося наступними компонентами суміші: $O_2, N_2, C_cH_hO_o$. Парціальний тиск однорідної суміші в будь-який момент часу пов'язаний з числом молей в розглянутому локальному об'ємі (ЛО) рівнянням стану ідеального газу $pV_k = \nu_k RT_k$

Склад повітря: $O_2 = 0,20640$; $N_2 = 0,78084$ [132].

Склад палива: вуглець C - c = 13.5;

водень H - h = 22;

кисень O - o = 0.

Реакція повного згоряння

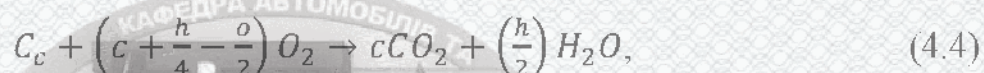


тоді, з використанням атомної ваги елементів [21] $M_c = 0,012$ кг / моль, $M_H = 0,001$ кг / моль і $M_o = 0,016$ кг / моль, на 1 кг палива припадає 0,8797 кг вуглецю C і 0,1203 кг водню H. Тому для його спалювання необхідно 103,08 молей кисню O_2 або 499,36 молей повітря середньої вологості [22].

У локальному об'ємі, що припадає на одну краплю, поточне рівняння стану якого

$$P_W = m_{\text{до}} R \theta / \langle M_{\text{до}} \rangle = m_{\text{до}} R \theta / \sum_{j=1}^6 a_{jk} M_j = v_{\text{до}} R \theta, \quad (4.3)$$

протікає предвзривная брутто-реакція, макрокінетичне рівняння якого для сумішевого палива (в умовну молекулу якого $C_c H_h O_o$ ($j=6$) входить c – атомів вуглецю, h – атомів водню і o – атомів кисню) запишеться у вигляді



Початковий склад суміші в ЛО може бути визначений на основі раніше знайденого складу газу на початку процесу стиснення (з урахуванням заданого $\alpha_{\text{до}}$) [20]:

$$a_{11} = (c + h/4 - o/2) / B, \quad (4.5)$$

$$a_{21} = (a_{2a} / a_{1a}) (c + h/4 - o/2) / B, \quad (4.6)$$

$$a_{31} = 1 / [1 + (c + h/4 - o/2) / a_{1a}] = 1 / B. \quad (4.7)$$

Тут, відповідно $B = 1 + (c + h/4 - o/2) a_{1a}$.

В результаті розрахунку на момент закриття впускного клапана маємо: кисню – v_{1a} , азоту – v_{2a} . Число молей повітряного заряду до моменту початку впорскування палива в циліндр двигуна визначиться з рівняння стану на момент закриття впускного клапана (використовуємо для контролю балансу)

$$v_a = \sum_{j=1}^2 v_{ja} = p_a V_a / R T_a. \quad (4.8)$$

$$M_a = \sum_{j=1}^2 v_{aj} M_j / \sum_{j=1}^5 v_{aj}, \quad (4.9)$$

де M_j молекулярна маса компонента j суміші.

4.3.4 Термодинамічний розрахунок параметрів робочого тіла в момент такту стиснення [5]:

- кут повороту колінчастого вала ($\varphi = \varphi_a$),
- тиск робочого тіла в кінці процесу впуску (для газотурбінного наддуву)
 $p_a = (0.9 \dots 0.95)p_k$, де p_k - тиск наддуву;
- температура кінця впуску (для газотурбінного наддуву)

$$T_a = \frac{T_k + \Delta T + \gamma_r T_r \xi}{1 + \gamma_r}, \quad (4.10)$$

$$\text{де } T_k = T_0 \left(\frac{p_k}{p_0} \right)^{\frac{n_k}{n_k - 1}} \quad (4.11)$$

-температура наддувочного повітря

T_0, p_0 – температура і тиск навколишнього середовища,

$n_k = 1,4 \dots 2$ - показник політропи стиснення,

$\Delta T = 5 \dots 10 K$ - підігрів заряду,

$T_r = 700 \dots 900 K$ - температура залишкових газів,

$\gamma_r = 0 \dots 0,04$ - коефіцієнт залишкових газів,

$\xi = 1,1$ коефіцієнт враховує відмінності в теплоємності свіжого заряду і продуктів згорання.

Параметри робочого тіла в момент початку впорскування палива $\varphi = \varphi_1$:

- обсягу системи та його динаміки (для аксіального механізму)

$$V = V_c \frac{\varepsilon + 1}{2} \left(\frac{\varepsilon + 1}{\varepsilon - 1} - \cos + \frac{1}{\lambda} - \sqrt{\frac{1}{\lambda^2} - \sin^2} \right), \quad (4.12)$$

- тиск p_1 розраховуємо за рівнянням політропи

$$pV^n = const, \quad (4.13)$$

$$p_1 = p_a \left(\frac{V_a}{V_1} \right)^n, \quad (4.14)$$

де $n = 1,35$ показник політропи з урахуванням теплообміну [23]

- температура T_1 розраховується за рівнянням стану

$$T_1 = \frac{p_1 V_1}{\nu_a R}, \quad (4.15)$$

де $R = 8,314$ Дж/(моль К) універсальна газова постійна

4.3.5 Температура суміші в локальному об'ємі

Безпосередньо після моменту початку подачі палива температура локального обсягу O_1 знаходиться з рівняння балансу енергії (ентальпії) для одного моля суміші, з урахуванням процесів прогріву крапель від температури подачі палива з сопла до температури кипіння і повного їх випаровування для заздалегідь заданого для нього коефіцієнта надлишку повітря.

Необхідно задатися $\alpha_{\text{ло}} = 1$ Тоді температуру ЛО визначаємо з рівняння балансу ентальпії в ЛО (при $p = \text{const}$) на 1 моль суміші:

$$T_1 \sum_{j=1}^2 a_j c_{pj} = a_6 [c_f (T_s - T_f) + L] + \theta_1 \left(\sum_{j=1}^3 a_j c_{pj} + a_6 c_{p6} \right), \quad (4.16)$$

тоді

$$\theta_1 = \frac{T_1 \sum_{j=1}^2 a_j C_{pj} + a_{61} [C_f (T_f - T_s) - L]}{\sum_{j=1}^2 a_j C_{pj} + a_{61} C_{p6}}. \quad (4.17)$$

4.3.6 Фізичний час затримки запалення палива

Це відношення маси краплі до її масової швидкості випаровування. Час, витрачений на випаровування, визначаємо по вираженню Д.Б. Сполдинга [99]

$$t_{\text{исп}} = \frac{d_k^2 \rho_{\text{ж}}}{8(\lambda / c_{\text{пар}}) \cdot \ln \left[1 + \frac{c_{\text{пар}} (T_1 - T_f)}{L} \right]} \quad (4.18)$$

де D_m - медіанний діаметр краплі, м;

$\rho_{\text{ж}}$ - щільність палива, кг/м^3 ;

Λ - коефіцієнт теплопровідності, Вт / (м * К)

$c_{\text{пар}}$ - теплоємність пара, Дж/К ;

T_1 - температура повітря в момент вприску, К ;

T_f - початкова температура палива, К ;

L - теплота пароутворення, Дж/кг .

Маса краплі:

$$m = \rho_f V_{\text{краплі}} = \frac{1}{6} \pi \rho_f d_{\text{краплі}}^3, \quad (4.19)$$

де d_m - медіанний діаметр краплі, розрахунок якого проводиться за рівнянням запропонованим В.А. Кутовим [24]:

$$d_k = d_0 \cdot \left[\left(1 + \frac{d_c}{d_2}\right) + 2 \left(1 - \frac{p_{\text{ср}}}{2p_1}\right) \cdot \frac{p_1}{p_{\text{ср}} + \frac{p_1}{\pi} \cdot \frac{d_2}{d_c}} \cdot \left(\frac{l_c}{d_c}\right)^{0,125} \cdot \left(\frac{v}{v_0}\right)^{0,15} \right], \quad (4.20)$$

де $d_0 = 16,5$ мкм - постійний коефіцієнт;

$d_2 = 0,30$ мкм - постійний коефіцієнт;

p_1 - тиск впорскування, МПа;

$v_0 = 5,23$ $\text{мм}^2/\text{с}$ - постійний коефіцієнт (кінематична в'язкість палива в нормальних умовах);

d_c - діаметр соплового отвору форсунки, мкм;

v - кінематична в'язкість в залежності від температури палива, $\text{мм}^2/\text{с}$;

$p_{\text{ср}} = 0,6 p_{\text{мах}}$ - середній тиск упорскування, МПа,

l_c - довжина соплового отвору, мкм.

4.3.7 Хімічна затримка займання палива

Швидкість бруто-реакції в ЛО з урахуванням $A_j = a_j p / (R\theta)$, дорівнює

$$W = k(a_1 a_6)^{s/2} \left(\frac{p}{R\theta} \right)^s \exp \left(- \frac{E}{R\theta} \right). \quad (4.21)$$

Відзначимо, що в емпіричних формулах різних авторів для розрахунку затримки запалення палива в дизелі, які зазвичай мають вигляд формули О.М. Тодеса [17] (отриманої для періоду індукції адіабатичного теплового вибуху)

$$\tau_{\text{хим}} = B p^n \exp(E/RT), \quad (4.22)$$

де $n = 1-s$

згідно роботи [91] приймаємо енергію активації $E = 38000$ Дж/моль і сумарний порядок реакції $s = 2$.

Порівнюючи формулу О.М. Тодеса (4.29) і формулу для швидкості хімічної реакції (4.28), отримаємо розрахункове рівняння для хімічної складової затримки займання

$$\tau_{\text{хим}} = \frac{B_0}{k(a_1 a_6)^{s/2}} \left(\frac{p_1}{R \theta_1} \right)^{1-s} \exp \left(\frac{E}{R \theta_1} \right), \quad (4.23)$$

де B_0 - емпіричний коефіцієнт, що залежить від виду палива (узятий з досвіду).

4.3.8 Алгоритм розрахунку затримки запалення палива

Відповідно до описаної вище методикою з формулами алгоритм розрахунку затримки запалення палива наступний:

$$1) C_c + (c + h/4 - o/2)O_2 \rightarrow cCO_2 + (h/2)H_2O, \quad (4.24)$$

$$a_{11} = (c + h/4 - o/2)/B, \quad (4.25)$$

$$a_{21} = (a_{2a}/a_{1a})(c + h/4 - o/2)/B, \quad (4.26)$$

$$a_{31} = 1/[1 + (c + h/4 - o/2)/a_{1a}] = 1/B; \quad (4.27)$$

$$2) v_a = \sum_{j=1}^2 v_{ja} = p_a V_a / RT_a; \quad (4.28)$$

$$M_a = \sum_{j=1}^2 v_{aj} \cdot M_f / \sum_{j=1}^2 v_{aj},$$

$$p_a = (0.9 \dots 0.95) p_k, \quad (4.29)$$

$$3) T_a = \frac{T_k + \Delta T + \gamma_r T_r \xi}{1 + \gamma_r}, \quad (4.30)$$

$$T_k = T_0 \left(\frac{p_k}{p_0} \right)^{\frac{n_k - 1}{n_k}}; \quad (4.31)$$

$$4) V = V_c \frac{\varepsilon - 1}{2} \left(\frac{\varepsilon + 1}{\varepsilon - 1} \cos + \frac{1}{\lambda} \sqrt{\frac{1}{\lambda^2} \sin^2} \right); \quad (4.32)$$

$$5) p_1 = p_a \left(\frac{V_a}{V_1} \right)^n; \quad (4.33)$$

$$6) \theta_1 = \frac{T_1 \sum_{j=1}^2 a_{jl} C_{pj} + a_{6l} [C_f (T_f - T_s) - L]}{\sum_{j=1}^2 a_{jl} C_{pj} + a_{6l} C_{p6}}; \quad (4.34)$$

$$7) t_{\text{исл}} = \frac{d_k^2 \rho_k}{8(\lambda / c_{\text{нар}}) \cdot \ln \left[1 + \frac{c_{\text{нар}} (T_1 - T_2)}{L} \right]}; \quad (4.35)$$

$$8) d_k = d_0 \cdot \left[\left(1 + \frac{d_c}{d_2} \right) + 2 \left(1 - \frac{p_{cp}}{2p_1} \right) \cdot \frac{p_1}{p_{cp} + p_1} \cdot \frac{d_1}{\pi d_c} \cdot \left(\frac{l_c}{d_1} \right)^{0.125} \cdot \left(\frac{v}{v_0} \right)^{0.15} \right]; \quad (4.36)$$

$$9) \tau_{\text{хлм}} = \frac{B_0}{k(a_1 a_6)^{S/2}} \left(\frac{p_1}{R \theta_1} \right)^{1-S} \exp \left(\frac{E}{R \theta_1} \right); \quad (4.37)$$

$$10) \tau_f = \tau_{\text{физ}} + \tau_{\text{хлм}}. \quad (4.38)$$

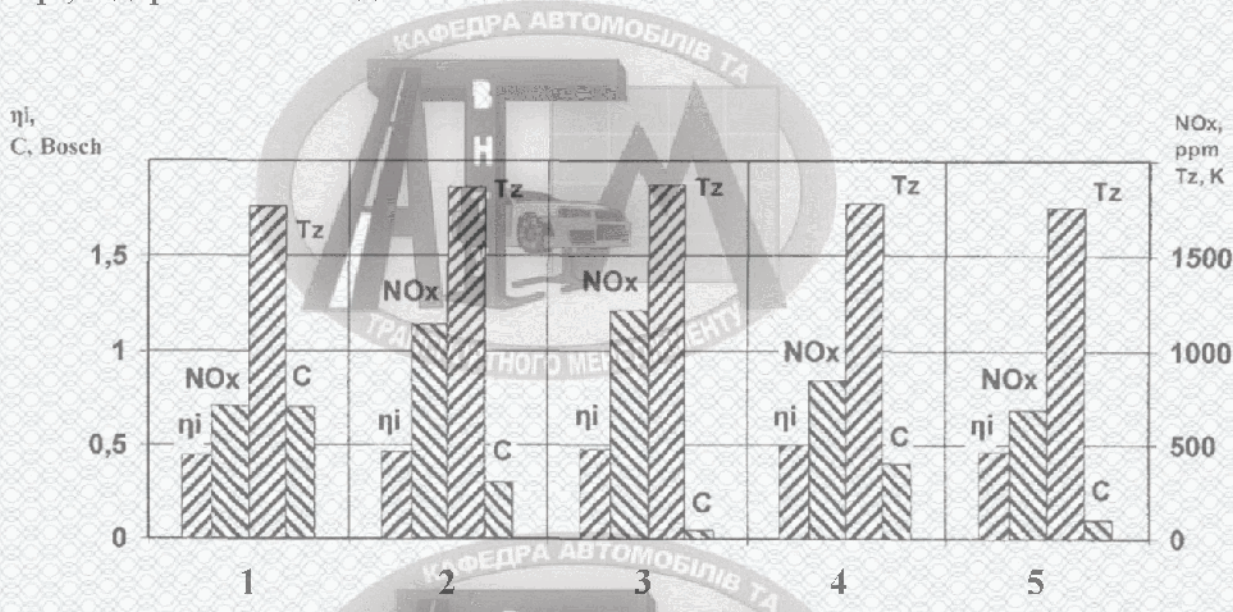
За результатами розрахунку були побудовані графіки зміни затримки займання від тиску впорскування.

4.3.9 Результати розрахунково-теоретичного дослідження

У розрахунково-теоретичному дослідженні використовувалися наступні закони подачі палива:

- основна порція палива подавалася з попередньою порцією (2-х стадійний цикл подачі палива);
- основна порція палива подавалася з двома попередніми порціями (3-х стадійний цикл подачі палива);
- основна порція палива подавалася з двома попередніми порціями і однієї постподачею (4-х стадійний цикл подачі палива).

Результати чисельного моделювання представлені на малюнках 4.44 і 4.45. Графіки зміни затримки займання від тиску впорскування (рисунок 4.46) характеризується тим, що з збільшення тиску впорскування в період індукції зменшується. Причому зміна загальної затримки запалення залежить, в більшій мірі, від фізичної складової.



- 1 – Паливна апаратура безпосередньої дії
- 2 – CR з одно стадійним циклом.
- 3 – CR з двох стадійним циклом. Розрахункове дослідження.
- 4 – CR з трьох стадійним циклом. Розрахункове дослідження.
- 5 – CR з чотирьох стадійним циклом. Розрахункове дослідження.

Рисунок 4.44 – Порівняння індикаторного ККД, вуглецю, окислів азоту і максимальної температури циклу з різними законами подачі палива при $p_i = 1,3$ МПа, $\theta = 16^\circ$ п.к.в. до ВМТ, $n = 1750$ хв⁻¹

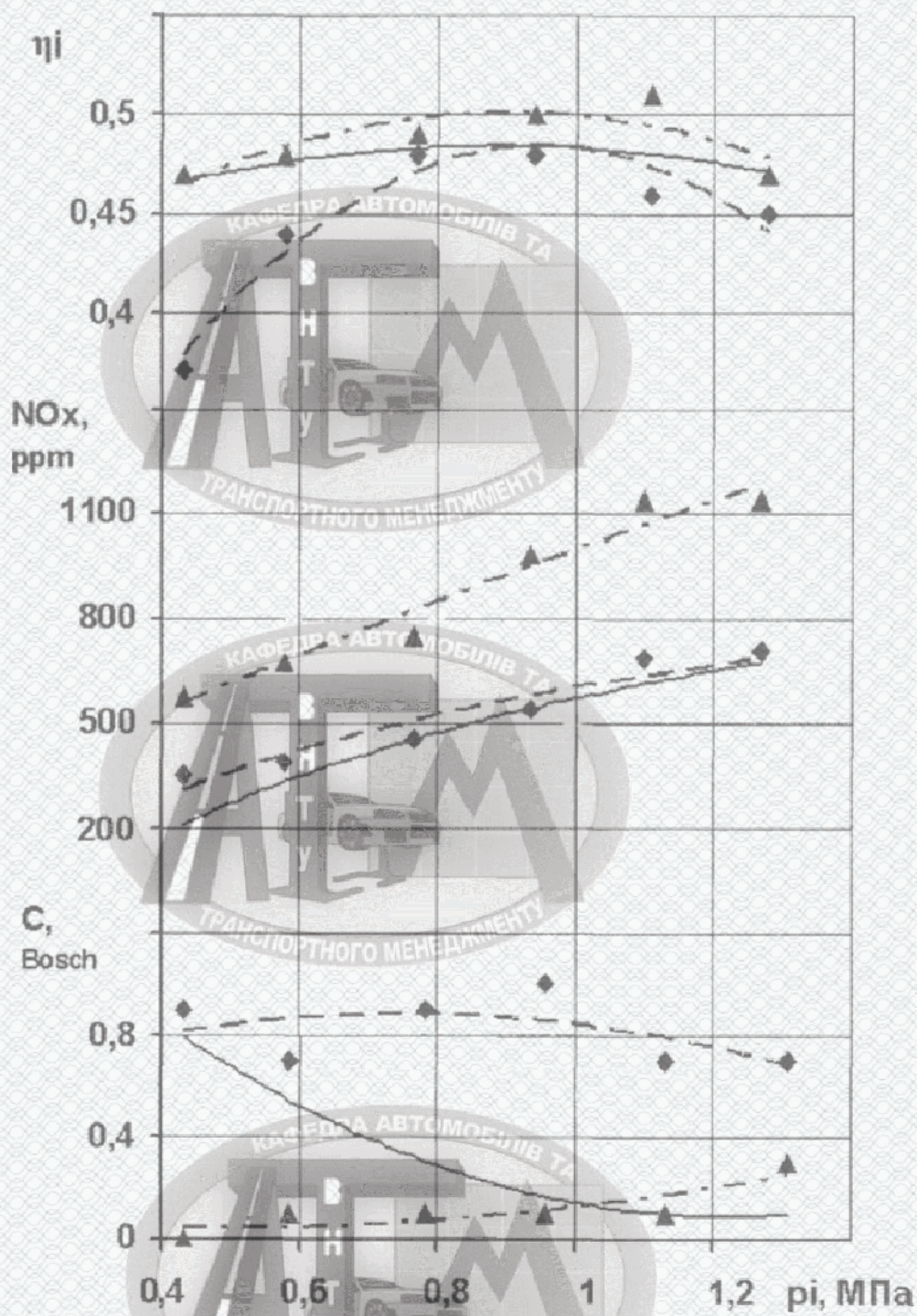


Рисунок 4.45 – Навантажувальна характеристика при $\theta = 16^\circ$ п.к.в. до ВМТ, $n = 1750 \text{ хв}^{-1}$ (експеримент: Δ – ТППА, $---$ – CR з 1-о стадійним циклом подачі палива; розрахункове моделювання: $—$ – CR р 4-х стадійним циклом подачі палива)

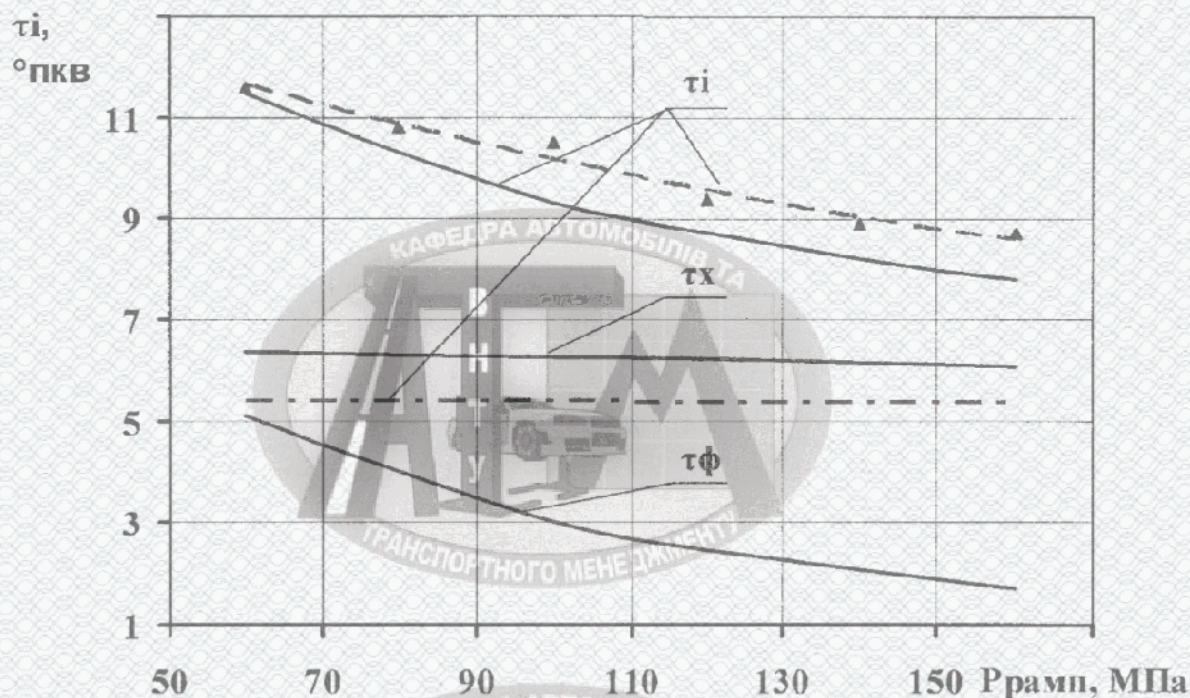


Рисунок 4.46 - Графік зміни затримки займання від тиску впорскування $\theta = 16^\circ$ п.к.в. до ВМТ, $n = 1750 \text{ хв}^{-1}$

(- - - експеримент, - - - - - по Дизелю CR, — за авторською методикою)

4.3.10 Висновки за результатами розрахунково-теоретичного дослідження

1. В результаті чисельного моделювання зниження оксидів азоту можливо із застосуванням 4-х стадійного циклу подачі палива при погіршенні економічності і збільшення продуктів неповного згоряння в ОГ в порівнянні з 1 і 2-х стадійний циклами подачі палива, проте в порівнянні з паливними апаратурами безпосередньої дії економічність і екологічні показники «вище».
2. Затримка запалення палива в дизелі з системою подачі палива підвищеного тиску типу CR, в цілому, менше, ніж при використанні систем подачі палива безпосереднього дії, і зменшується зі зростанням тиску впорскування палива. Причиною цього є збільшення тонкості розпилювання палива (зменшення середнього діаметра крапель), що призводить до зменшення фізичної складової затримки запалення палива.

Внаслідок чого характер сумарної затримки запалення палива подібний характеру зміни фізичної затримки запалення, так як хімічна затримка займання залежить від температури і властивостей палива. Це свідчить про досягнутий

рівень однорідності паливо-повітряної суміші, необхідної для повного окислення палива.

Сучасний етап розвитку паливоподаючої апаратури для дизелів характеризується розробкою і застосуванням акумуляторних систем подачі палива з електронним управлінням. Цьому передувала розробка фірмою Fiat акумуляторної системи «Common Rail» (спільна магістраль) під назвою Unijet [13]. У якості відправної точки була прийнята концепція електрогідравлічної форсунки Швейцарського федерального інституту технології ЕТН з урахуванням результатів досліджень, проведених на автомобільних дизелях компанією Iveco Motorenforschung [13]. Аналіз сучасного стану дизелебудування показує, що галузь з останні 10-15 років перебуває в процесі швидкого розвитку. І для правильного підходу до ремонту чи обслуговування дизеля, дуже важливо розуміти суть і принцип процесів які відбуваються в ньому.

В найближчому майбутньому автомобілі з гібридними установками під капотом та електромобілі витіснять з доріг дизельні автомобілі. Але допоки ці транспортні засоби дозволені законодавствами різних держав, враховуючи вимоги до екологічності місцевості, виникає потреба в їхньому якісному обслуговуванні, і забезпеченні норм токсичності у вихлопних газах, завдяки контролю відповідальних за це елементів, а саме паливного насоса високого тиску та паливних форсунок. В паливних форсунках фірми Bosch найвразливішим елементом являється клапан мультиплікатор, в якого зношення робочої поверхні призводить до зниження робочого тиску в форсунці та погіршенню розпилювання палива, що в свою чергу призводить до підвищення токсичності відпрацьованих газів.



ВИСНОВКИ

Проаналізувавши систему живлення Common Rail, що використовується на двигунах легкових автомобілів встановлено, що унікальність системи живлення Common Rail полягає в принципі безпосереднього впорскування палива в камеру згорання під високим тиском. Основні функції системи полягають в правильному управлінні процесом впорскування дизельного палива в потрібний момент і в необхідній кількості, а також при необхідному тиску впорскування. Це забезпечує плавну, економічну та екологічну роботу дизеля. В акумулятивній паливній системі CR тиск впорскування протягом всього процесу впорскування повинен залишатись практично постійним. Зміна робочого тиску в паливній форсунці впливає на вміст шкідливих речовин в ВГ і на витрату палива.

Вивчивши передвогневий, фізичний і хімічний етапи горіння виявлено, що позитивний ефект на зниження вмісту шкідливих речовин в ВГ дає правильно підібрана газодинамічна структура потоку розпиленого факела палива та кисню в камері згорання. В камері згорання двигуна відбувається ефективне перемішування повітря і повне згорання палива, що впорскується.

Дослідивши процес подачі палива отримано дані щодо процесу створення паливного струменя формування його оболонки, в яку зносяться загальмовані краплі і пари палива, зірвані з летючих крапель. По мірі випаровування крапель в цій зоні струменя збільшується концентрація парів палива і відбувається їх початкове термохімічне перетворення та горіння, що призводить до утворення таких речовин як CO, NO_x, CH. Вміст шкідливих речовин в продуктах горіння на пряму залежить від якості сумішоутворення.

За результатами дефектування та дослідження складових частин паливної форсунки системи Common Rail. Запроваджено спосіб відновлення роботоздатності найвразливішого елемента – клапана мультиплікатора, призначеного для підтримання робочого тиску в паливній форсунці та якісного

розпилення пального. Суть процесу полягає в притиранні сідла клапана мультиплікатора на спеціальному стенді за допомогою конусних притирів з кутом заточування 120° та використанням пасти для притирання з початковою зернистістю в 400 мікрон. Після процедури відновлення робочої поверхні. Робота форсунки повертається до заводських параметрів – що призводить до справної роботи всієї системи в цілому. Аналіз особливостей зміни процесу горіння та догорання продуктів згоряння палива після притирання сідла клапана мультиплікатора форсунки довів, що інтенсивність горіння в значній мірі залежить від інтенсивності надходження якісно розпиленої порції палива в зону горіння паливо повітряної суміші, укладеної всередині вогнища полум'я, і відведення продуктів згоряння.

Шляхом чисельного моделювання визначено, що збільшення тонкості розпилювання палива (зменшення середнього діаметра крапель) шляхом притирання сідла клапана мультиплікатора призводить до зменшення фізичної складової затримки запалення палива і відповідно покращення процесу повного згорання продуктів паливо повітряної суміші в камері згорання.

Запровадження процедури відновлення роботоздатності клапана мультиплікатора призводить до покращення паливної економічності та екологічних показників легкових автомобілів з дизельними двигунами обладнаними системою живлення Common Rail.



СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Біліченко В.В. Методичні вказівки до виконання магістерських кваліфікаційних робіт для студентів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» / Уклад. В.В. Біліченко, С.В. Цимбал, В.П. Кужель. – Вінниця: ВНТУ, 2023. – 90 с.
2. Андрусенко С. І. Організація фірмового обслуговування : навчальний посібник [для студ. спец. "Автомобілі та автомобільне господарство"] / ІСДО; Український транспортний ун-т. / Андрусенко С. І. – К. : ІЗМН, 1996. – 215 с.
3. Андрусенко С. І. Технологічне проектування автотранспортних підприємств : навч. посіб. / Андрусенко С. І., Білецький В. О., Бортницький П. І. ; за ред. проф. С. І. Андрусенка. – К. : Каравела, 2009. – 368 с.
4. Андрусенко С.І. Технології підвищення ефективності виробничо-технічної бази підприємств автомобільного транспорту: [Навчальний посібник] / Андрусенко С.І., Бугайчук О.С. – К.: «Медін-форм», 2017. – 212 с.
5. Волков В.П. Інформаційні системи моніторингу технічного стану автомобілів / В.П. Волков, І.В. Грицук, Ю.В. Волков [та інші]; – Харків: ХНАДУ, 2018. – 300 с.
6. Кукурудзяк Ю. Ю. Розробка та реалізація методу автоматизованого діагностування системи запалювання автомобільного двигуна на основі порівняння спектрів сигналів : дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20 / Ю. Ю. Кукурудзяк. – Харків, 2005. – 205 с.
7. Назар Ф. А. Обґрунтування та реалізація методів автоматизованого діагностування бензинових двигунів на основі аналізу параметрів в їх системах: автореф. дис. на здобуття вчен. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.05.03 / Ф. А. Назар ; Національний технічний ун-т "Харківський політехнічний ін-т". – Х., 2003. – 20 с.

8. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. – К. : Мінтранс України, 1998. – 16 с. – (Нормативний документ Мінтрансу України).

9. Редзюк А. М. Автомобільний транспорт України: стан, проблеми, перспективи розвитку / Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут; монографія за заг. ред. А.М. Редзюка. – К.: ДП «ДержавтотрансНДІпроект», 2005. – 400 с.

10. Субботін С.О. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень: Навчальний посібник.-Запоріжжя: ЗНТУ, 2008.- 341 с.

11. Оперативний контроль технічного стану транспортних засобів : монографія / І.В. Грицук, В.П. Волков, І. В. Худяков, Т.В. Волкова, В.П. Кужель– Харків – Херсон – Вінниця: Едельвейс і К, 2022. – 197 с. ISBN 978-617-7417-00-1.

12. Форнальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. Основи технічного сервісу транспортних засобів. – Львів, Львівська політехніка, 2017. – 324 с.

13. Волошина М.А. Розробка режимів для технічного обслуговування транспортних машин на основі діагностичної інформації – Дис. к.т.н. – Харків 2001 – 151с.

14. Біліченко В.В. Моделювання технологічних процесів підприємств автомобільного транспорту : Навчальний посібник / В.В. Біліченко, В. П. Кужель. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 162 с.

15. Бідняк М. Н. Виробничі системи на транспорті: теорія і практика. Монографія / М. Н. Бідняк, В. В Біліченко. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2006 – 176 с.

16. Редзюк А.М. Вдосконалення управління автомобільним транспортом // Автошляховик України / Редзюк А.М. – К., 2005. - №2.- С.3-8.

17. Буренніков Ю.Ю. Економіка транспорту: навчальний посібник / Ю.Ю. Буренніков – Вінниця: ВНТУ, 2019 – 121 с.

18. Рудзінська О.В. До аналізу застосування статичних методів при визначенні якості послуг в автотранспортній галузі / Рудзінська О.В. // Автошляховик України. – К., 2003. – №5. – С.10-11.
19. Марков О.Д. Шляхи вирішення основних проблем автосервісу в Україні / Марков О.Д., Дубовой В.В. // Автошляховик України. – К., 2005. – №1. – С.19-21.
20. Технологічне проектування підприємств автосервісу: Навчальний посібник / За ред. І. П. Курнжова - К.: Видавництво «Іван Федоров», 2003. – 262с.
21. Організація виробничих процесів на транспорті в ринкових умовах / Канарчук В. Є., Лудченко О. А., Барілович Л. П., Бойко Г. Ф. та ін. – К.: Логос, 1996. – 348 с.
22. Кукурудзяк Ю.Ю. Метод автоматизованого діагностування системи запалювання та системи керування автомобільним двигуном. Монографія / Кукурудзяк Ю.Ю., Ребедайлло В.М. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 143 с.
23. Біліченко В.В. Основи технічної діагностики колісних транспортних засобів: навчальний посібник / В.В. Біліченко, В.Л. Крещенецький, Ю.Ю. Кукурудзяк, С.В. Цимбал. – Вінниця: ВНТУ – 2010. – 132 с.
24. Про автомобільний транспорт : Закон України від 05. 04. 2001 р. № 2344-III // Відомості Верховної Ради України. - 2001. - № 22.
25. Митрофанов О. С. Основи експлуатації, обслуговування та ремонту двигунів внутрішнього згоряння: навч. посіб. / О. С. Митрофанов, А. Ю. Проскурін. — Миколаїв: видавець Торубара В.В., 2018. — 152 с.
26. Цимбал С.В., Дмитрієва А.В., Антонюк В.М. Покращення паливної економічності легкових автомобілів з дизельними двигунами обладнаними системою живлення Common Rail // Міжнародна науково-практична інтернет-конференція студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи», – Вінниця: ВНТУ, 2024, Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2025/schedConf/presentations>





Додаток А
ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Вінницький національний технічний університет
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

**Графічна частина до магістерської кваліфікаційної
роботи на тему: «Підвищення ефективності
витрати палива легкових автомобілів з дизельними
двигунами оснащеними системою впорскування
палива Common Rail при обслуговуванні на станції
технічного обслуговування «Інжектор-Дизель
Сервіс» місто Вінниця»**

Роботу виконав: студент групи 2АТ-23м

Антонюк В.М.

Науковий керівник: к.т.н., доцент

Цимбал С.В.

Вінниця 2024

МЕТА ТА ЗАДАЧІ РОБОТИ

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ – покращення паливної економічності та екологічних показників легкових автомобілів з дизельними двигунами обладнаними системою живлення Common Rail шляхом притирання (реставрації) конструктивного елемента паливної форсунки – зношеного сидла клапана мультиплікатора в дільниці по ремонту дизельних систем на базі СТО «Інжектор-дизель сервіс»

Новизна одержаних результатів полягає в застосуванні спеціального обладнання, дешевшого в виготовленні у порівнянні з заводськими аналогами, для реставрації конструктивного елемента паливної форсунки з метою забезпечення справної роботи системи живлення і відповідно покращення екологічності дизельного двигуна після вказаних робіт.

ДЛЯ ДОСЯГНЕННЯ НЕОБХІДНОЇ МЕТИ НЕОБХІДНО ВИКОНАТИ НАСТУПНІ ЗАВДАННЯ:

- аналіз діяльності підприємства СТО «Інжектор-Дизель сервіс»;
- вибір раціональної структури технічної служби підприємства;
- обґрунтування економічних та екологічних показників легкових автомобілів, шляхом дослідження процесу горіння в камері згорання дизельного двигуна з системою живлення Common Rail;
- оцінка впливу токсичних компонентів відпрацьованих газів дизельних автомобілів на людину, екологічні стандарти по викидам шкідливих речовин для транспортних засобів.

Призначення та організаційна структура підприємства

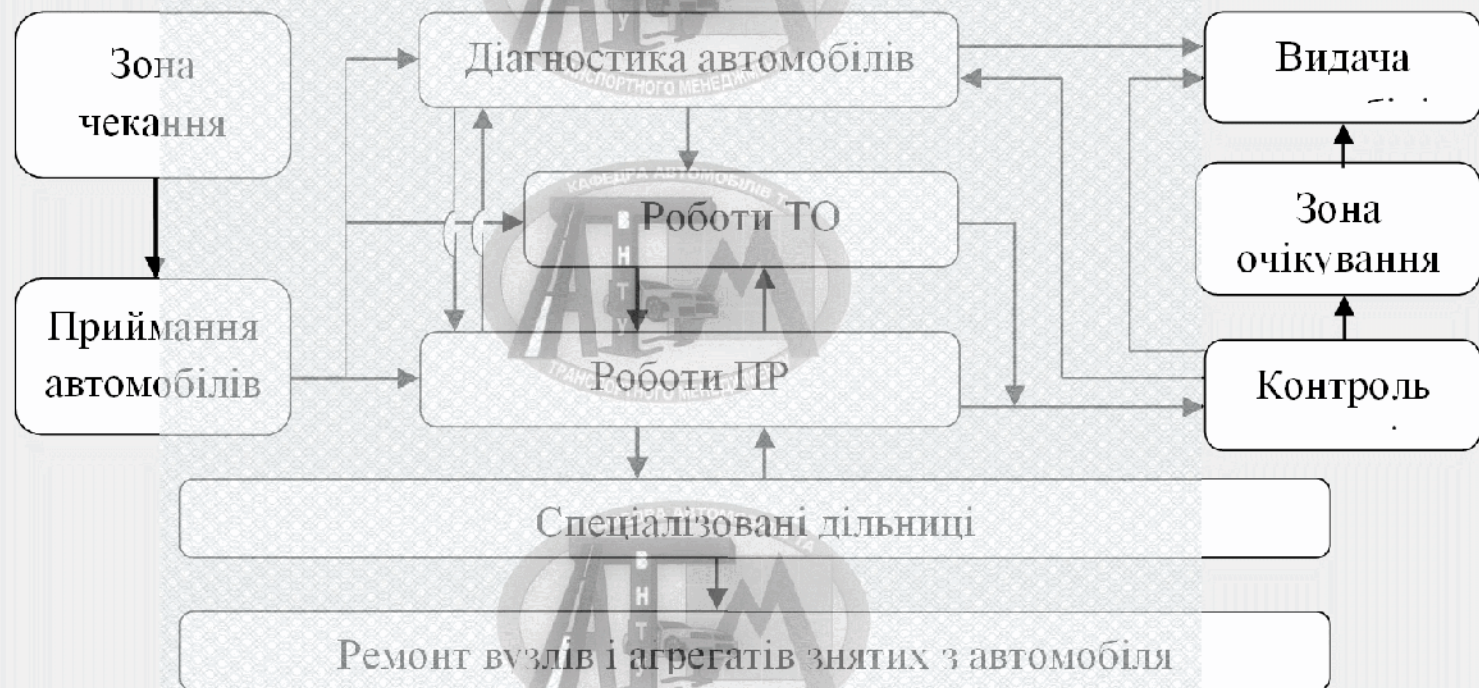
СТО «Інжектор дизель сервіс», яке знаходиться за адресою м. Вінниця, провулок Костя Широцького, 7А пропонує наступні послуги:

- комп'ютерна діагностика автомобілів вітчизняного та закордонного виробництва;
- діагностика, ремонт і обслуговування інжекторних систем;
- діагностика, ремонт і обслуговування дизельних систем COMMON RAIL;
- діагностика, ремонт і обслуговування електромобілів;
- чіп тюнінг
- ремонт електрообладнання, встановлення авто звуку, сигналізації та іншого додаткового обладнання;
- ремонт стартерів та генераторів;
- ремонт, заправка, обслуговування автомобільних кондиціонерів;
- ультразвукова чистка форсунок;
- ремонт автомобільного електрообладнання;
- повний об'єм технічного обслуговування.

Організаційна структура управління СТО «Інжектор-дизель сервіс»



Схема технологічного процесу ТО і ПР автомобілів на СТО

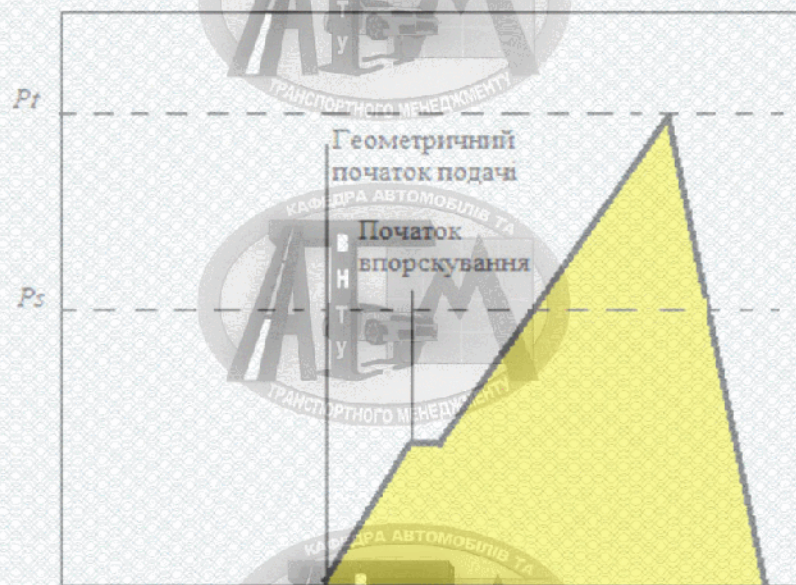


Основні розрахункові та проектні показники робіт ТО і ПР на СТО

- чисельність працівників – 8 осіб на постах та 2 особи на дільницях;
- кількість постів – 4;
- річна трудомісткість: постових робіт 15072,62 люд./год, дільничних – 233,17 люд./год.

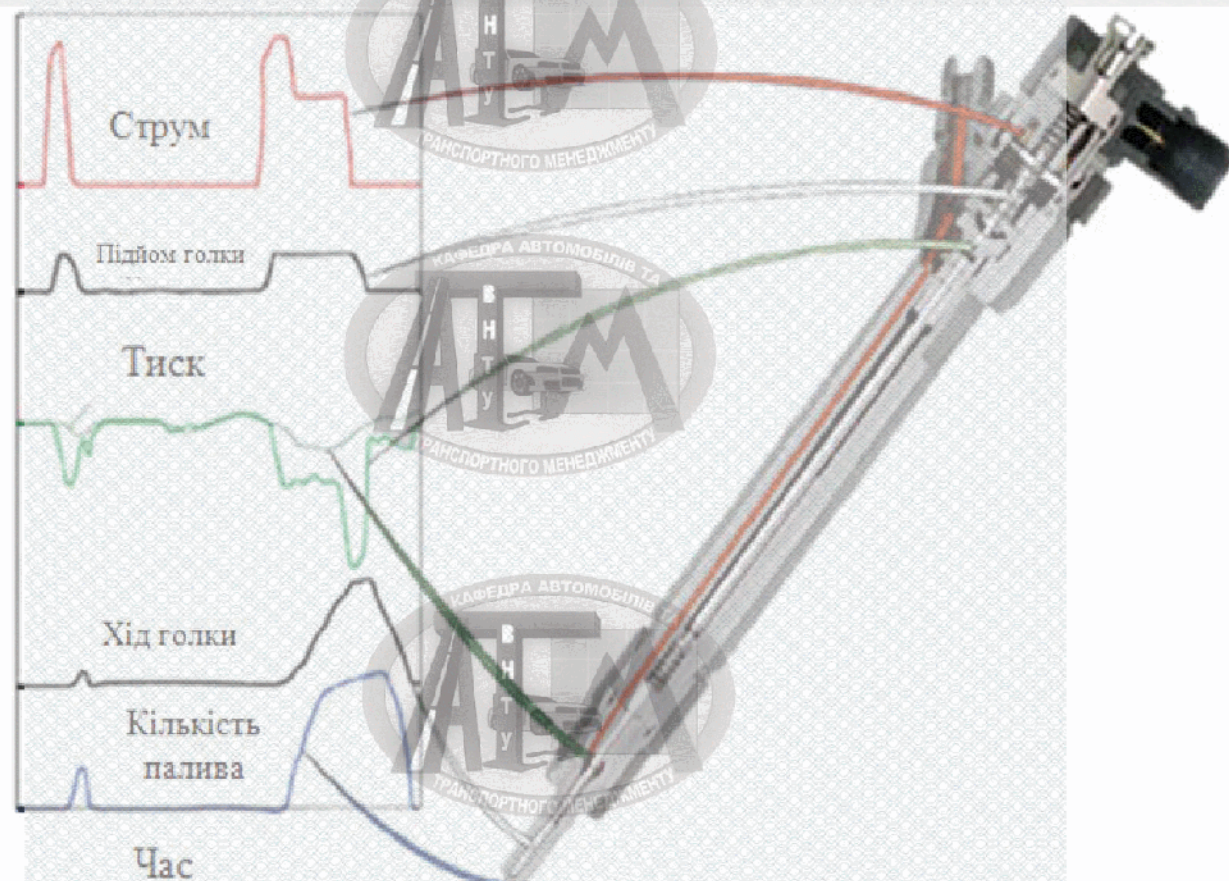
Впроваджується процедура відновлення роботоздатності клапана мультиплікатора, що призводить до покращення паливної економічності та екологічних показників легкових автомобілів з дизельними двигунами обладнаними системою живлення Common Rail

Характеристика тиску впорскування в традиційних паливних системах

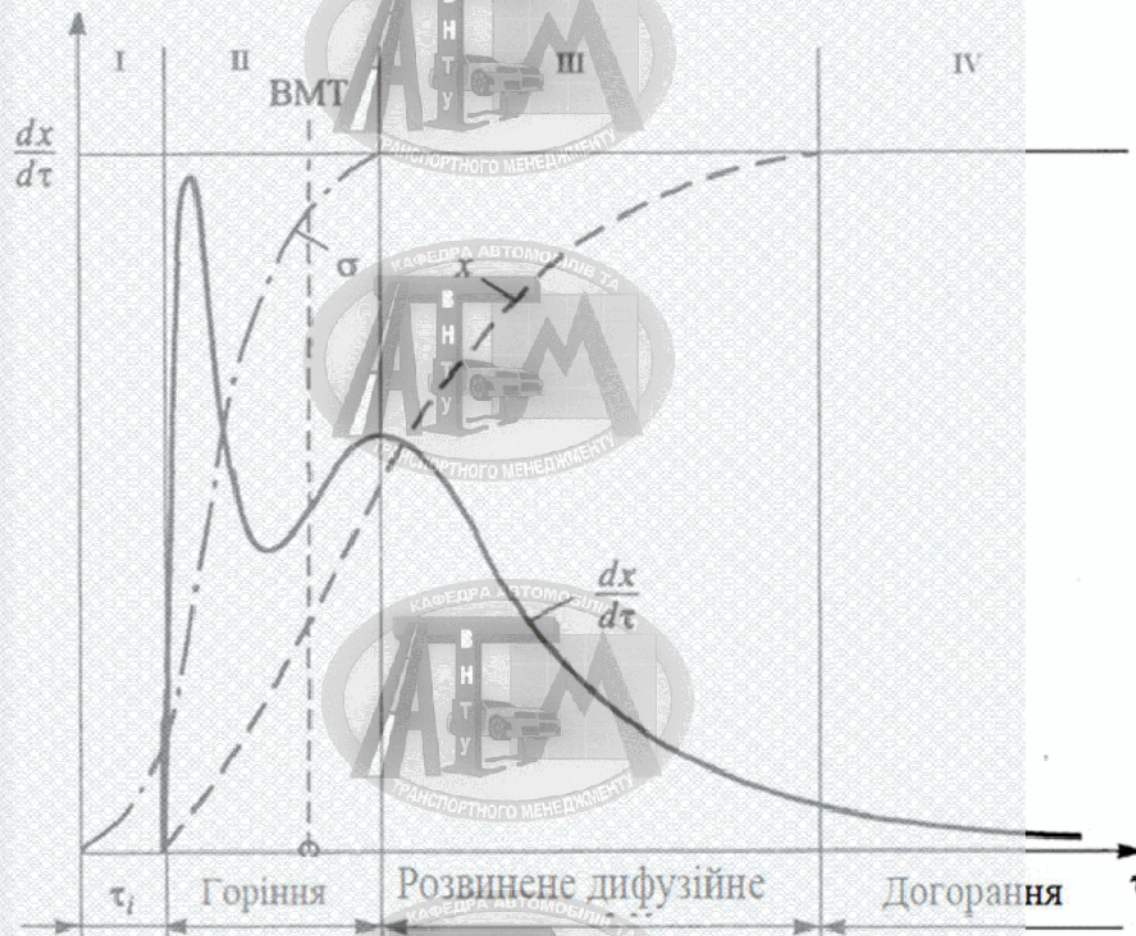


P_t – максимальний тиск впорскування,
 P_s – середній тиск впорскування

Характеристика тиску впорскування в паливній системі Common Rail

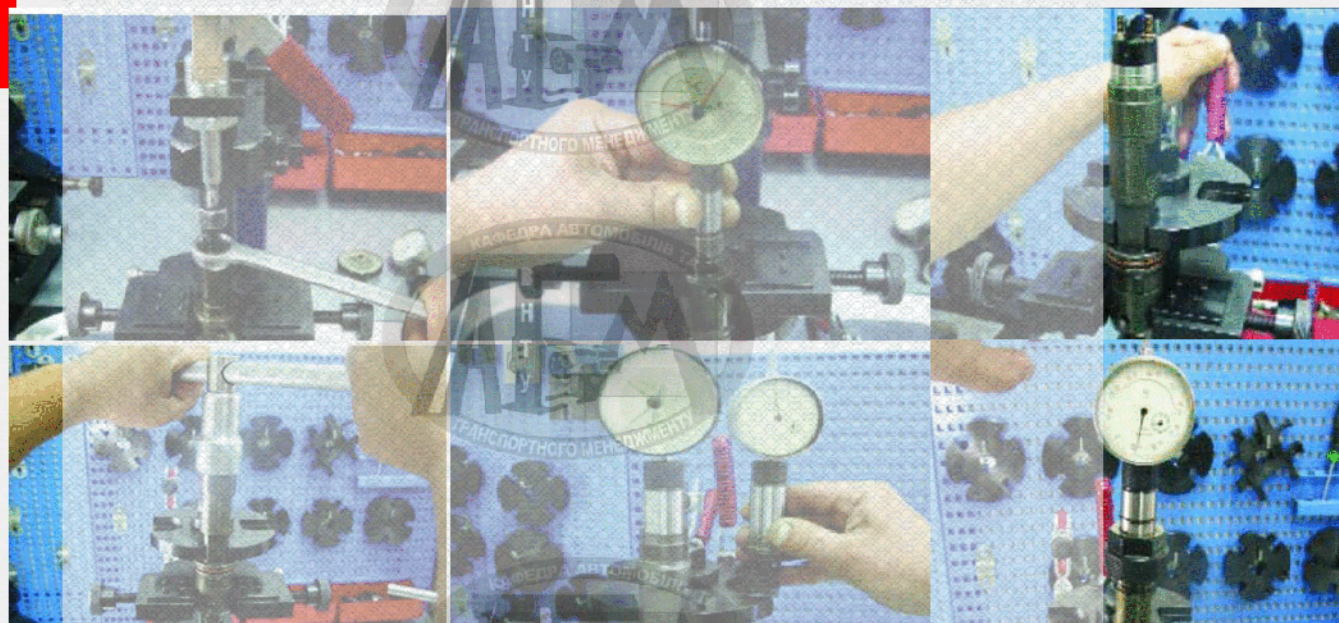


Фазові характеристики процесу згоряння в дизелі



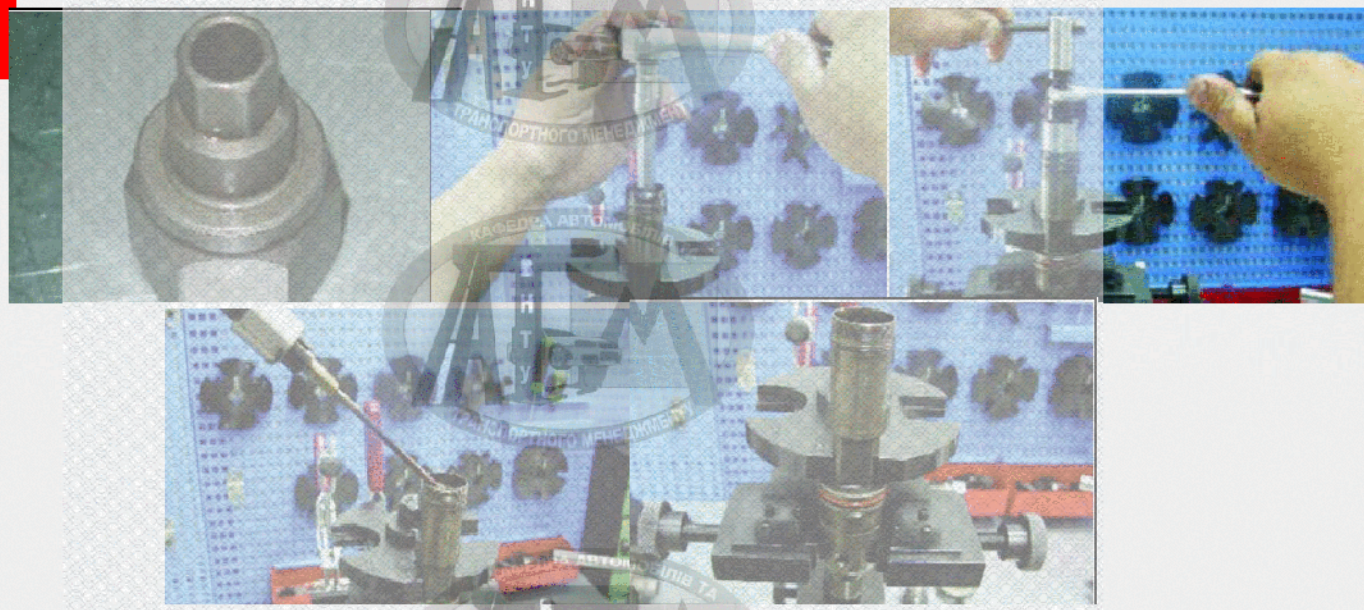
“

Методика процесу відновлення сідла клапана мультиплікатора



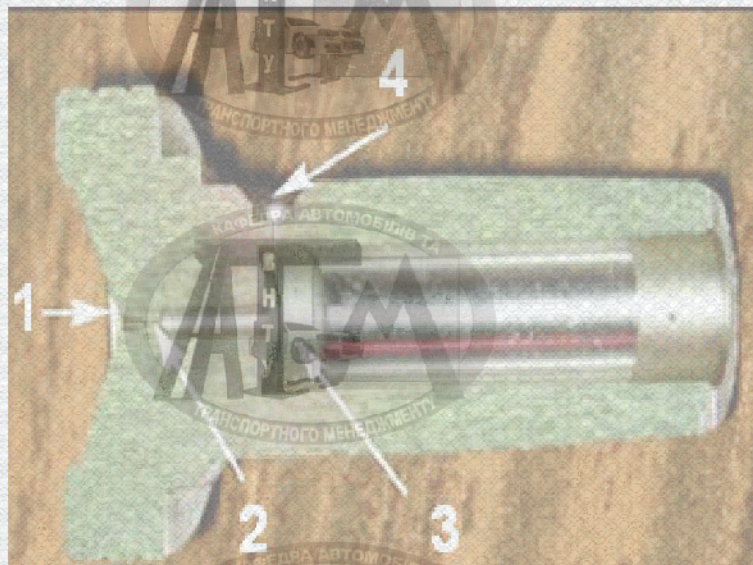
Демонтаж керуючого електромагніту,
Проведення заміру магнітного зазору між електромагнітом і якорем
Вимірювання ходу шарикового клапана

“

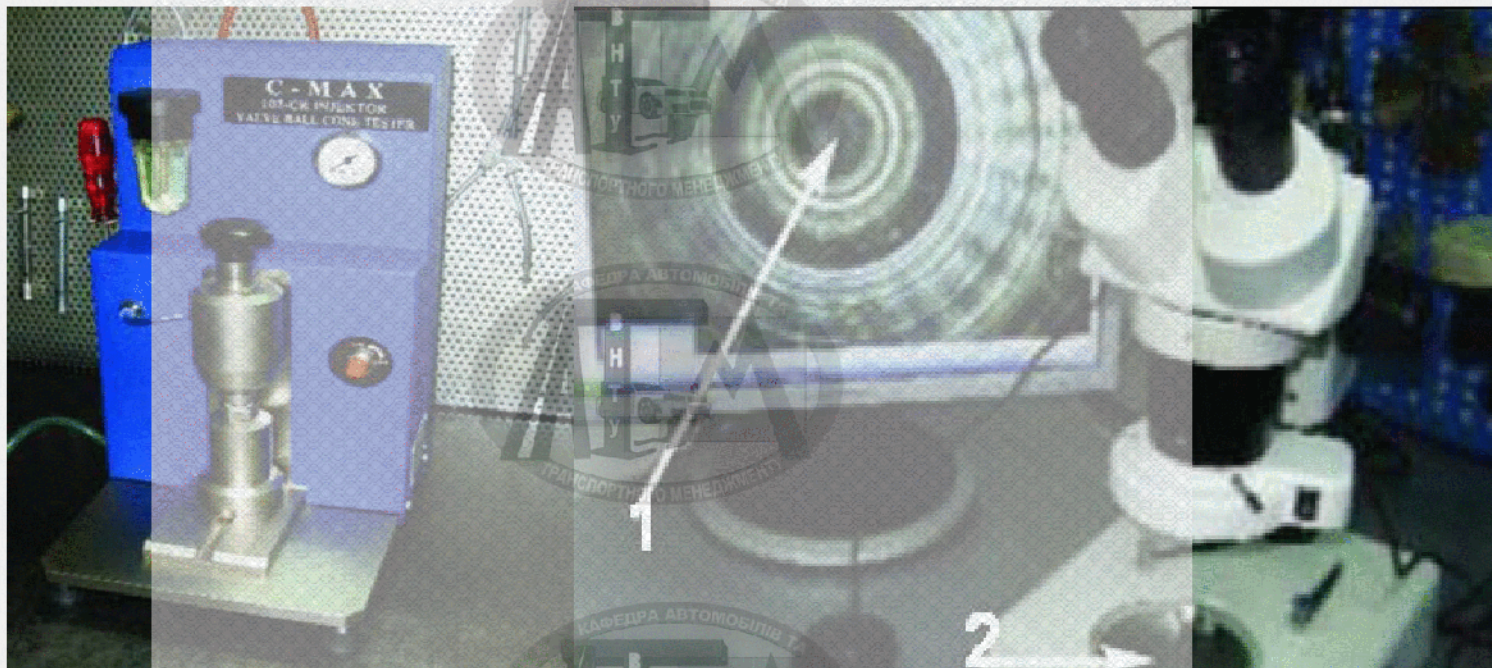


Відкручуємо спеціальним шестигранним ключем з осьовим отвором гайку клапана мультиплікатора.
За допомогою цангового зйомника демонтуємо клапан-мультиплікатор і пілотний плунжер з корпуса форсунки

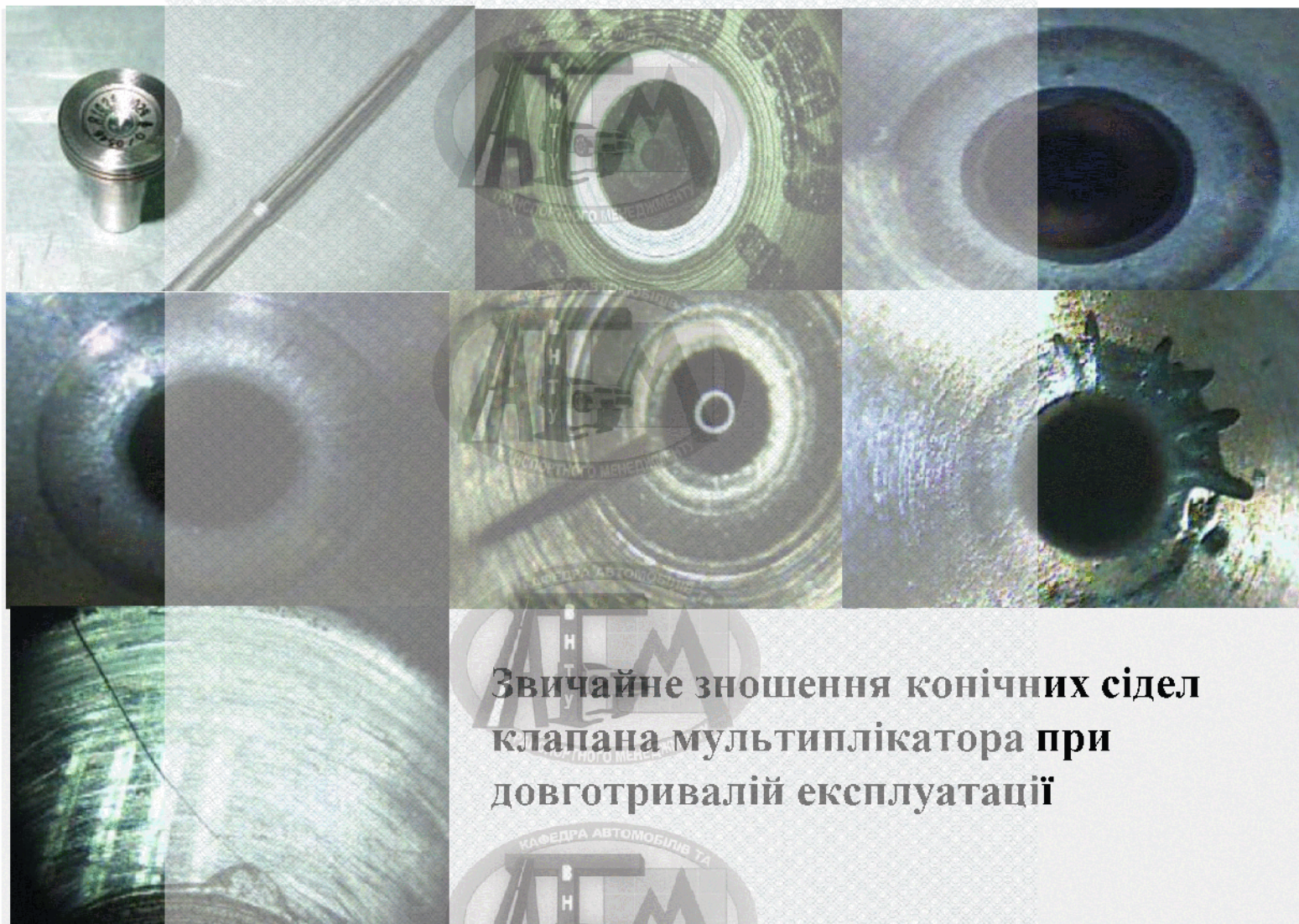
Клапан мультипликатор в розрізі



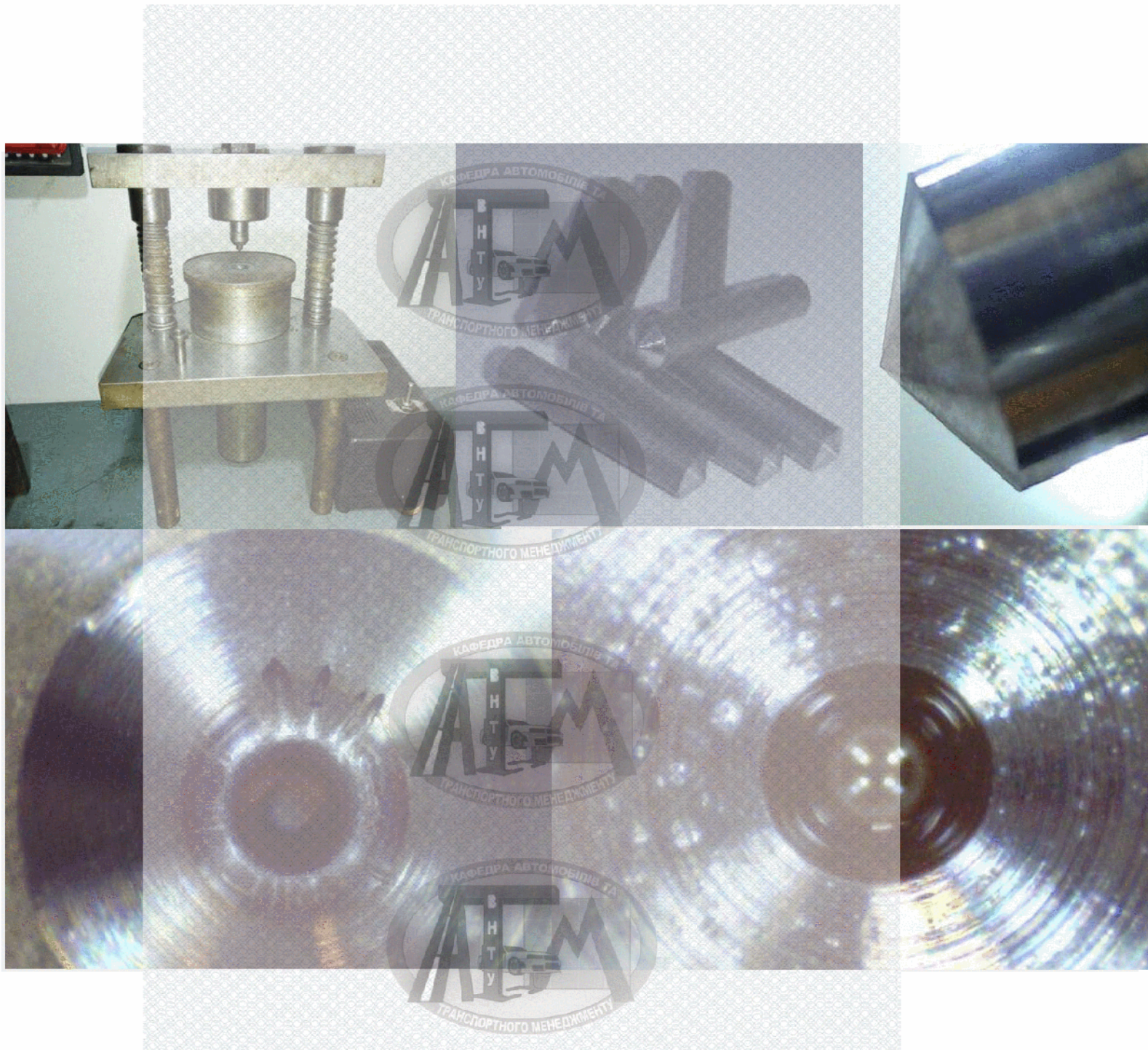
- 1 – сідло шарикового клапана;
- 2 – керуючий жиклерний отвір;
- 3 – контрольна камера;
- 4 – наповнюючий жиклерний отвір



Пневматичний тестер для контролю стану сідла клапана мультиплікатора
1 – конусне сідло при необхідному збільшенні;
2 – клапан мультиплікатор



**Звичайне зношення конічних сідел
клапана мультиплікатора при
довготривалій експлуатації**



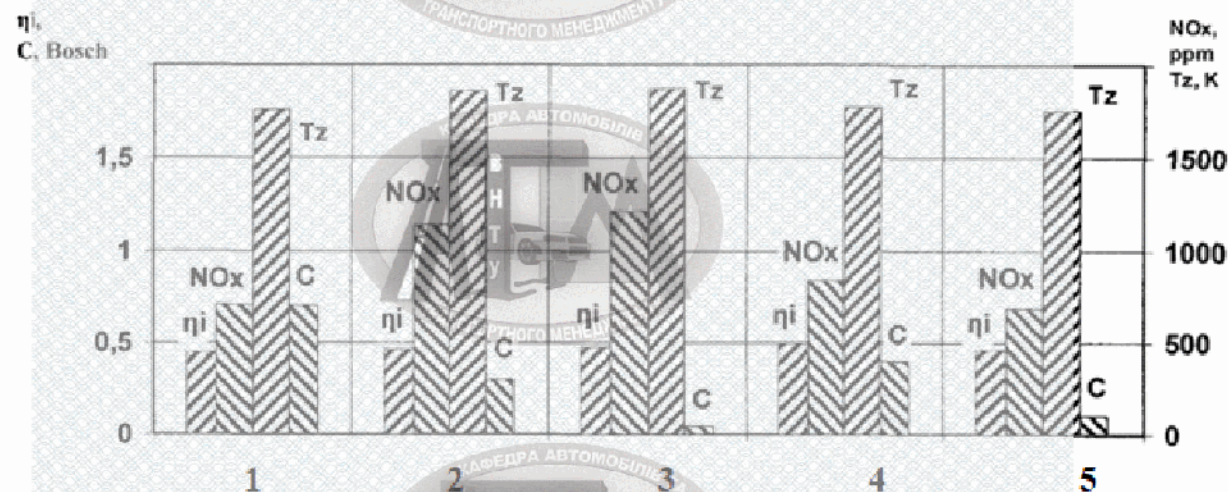
**Викиди токсичних компонентів відпрацьованих газів
на 1 кг палива, з урахуванням середньої величини
коефіцієнта надлишку повітря ($\alpha=1,0$)**

Компонент	Вид палива	
	Бензин, г	Дизельне паливо, г
Окис вуглецю (CO)	400–465	20
Вуглеводні (C _n H _m)	20–23,1	4,2
Окисли азоту (NO _x)	14–15,2	18,1
Ангідрид сірчаної кислоти	2	7,8
Альдегіди	1	0,7
Сажа	1	5
Свинец	0,5	—
Всього	508	51

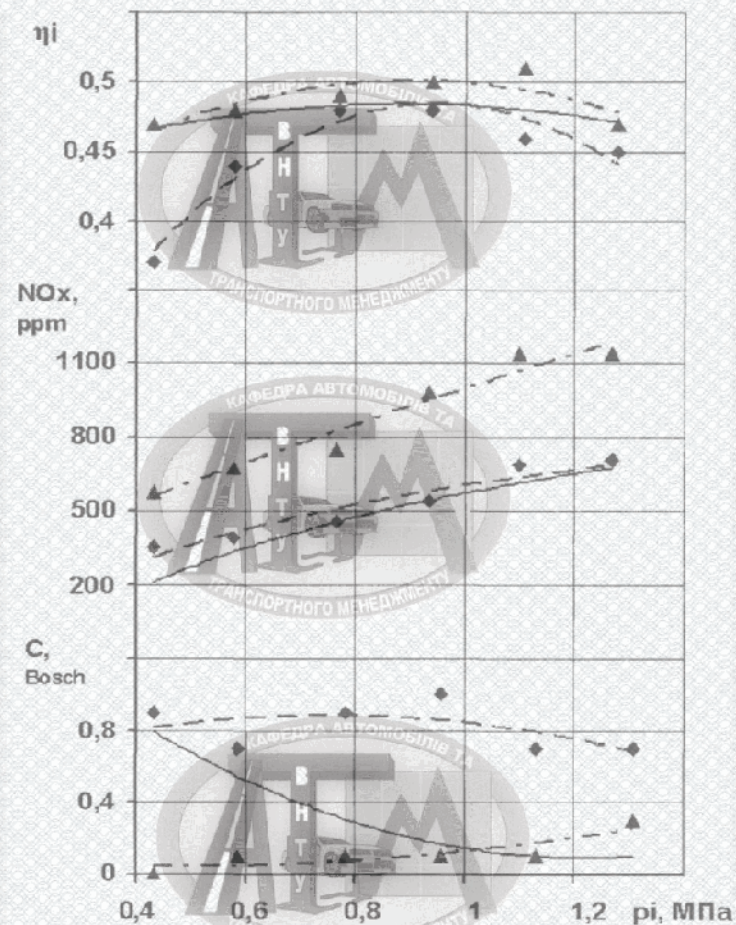
Євростандарти по викидам токсичних речовин.

Євро стандарт	Дата виконання*	CO (г/км)	THC (г/км)	NMHC (г/км)	NOx (г/км)	HC+NOx (г/км)	PM (г/км)
Н Дизель							
Euro I	Липень 1993	2.72	—	—	—	0.97	0.14
Euro II	Січень 1997	1.00	—	—	—	0.70	0.08
Euro III	Січень 2001	0.64	—	—	0.50	0.56	0.05
Euro IV	Січень 2006	0.50	—	—	0.25	0.30	0.025
Euro V	Вересень 2010	0.500	—	—	0.180	0.230	0.005
Euro VI	Вересень 2015	0.500	—	—	0.180	0.230	0.005
Бензин							
Euro I	Липень 1993	2.72	—	—	—	0.97	—
Euro II	Січень 1997	2.20	—	—	—	0.50	—
Euro III	Січень 2001	2.30	0.20	—	0.15	—	—
Euro IV	Січень 2006	1.00	0.10	—	0.08	—	—
Euro V	Вересень 2010	1.000	100.00	0.68	0.60	—	0.005**
Euro VI	Вересень 2015	1.000	100.00	0.68	0.60	—	0.005**

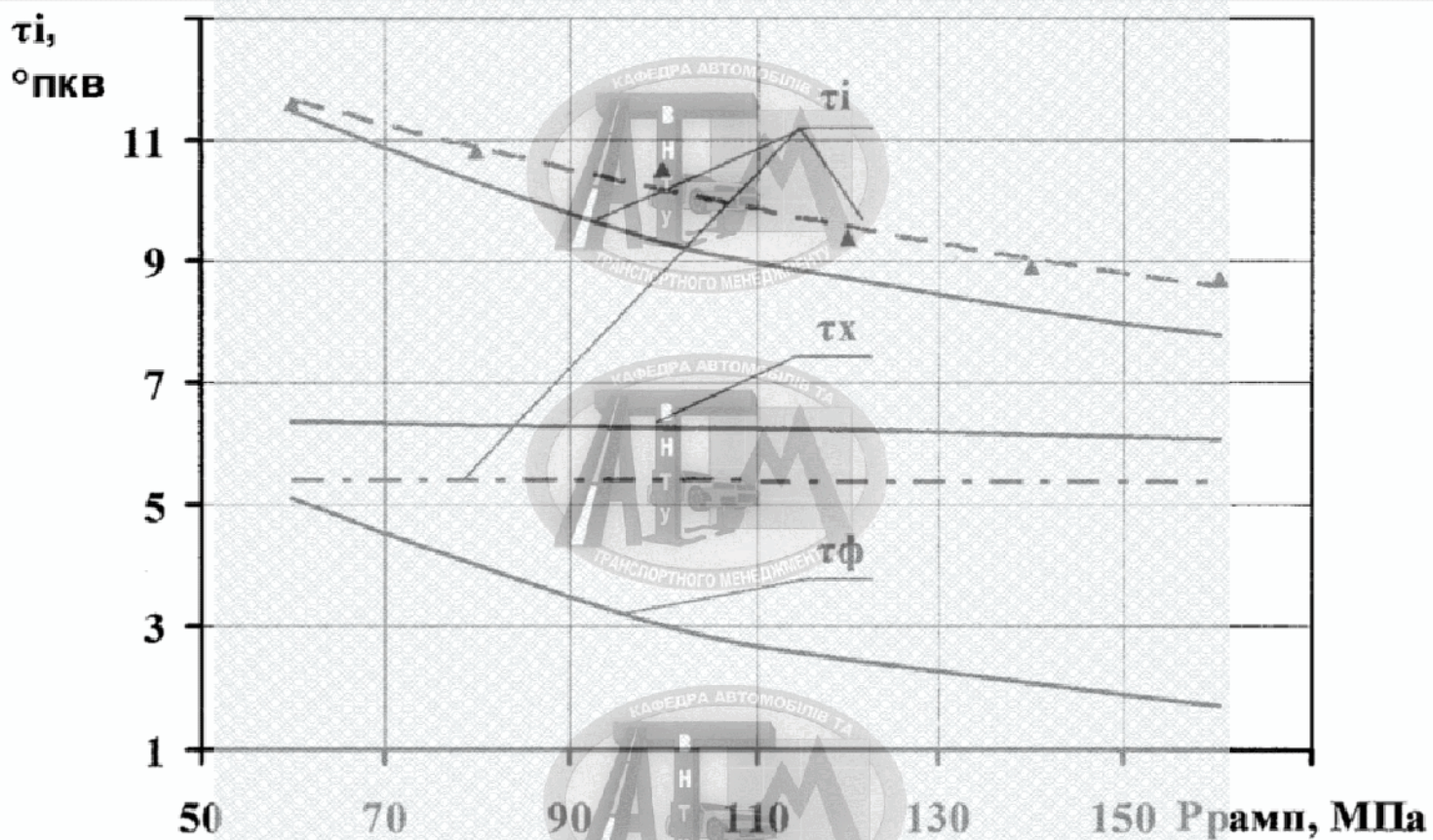
Порівняння індикаторного ККД, вуглецю, окислів азоту і максимальної температури циклу з різними законами подачі палива при $p_i = 1,3$ МПа, $\theta = 16^\circ$ п.к.в. до ВМТ, $n = 1750$ хв-1



- 1 – Паливна апаратура безпосередньої дії
- 2 – CR з одно стадійним циклом.
- 3 – CR з двох стадійним циклом. Розрахункове дослідження.
- 4 – CR з трьох стадійним циклом. Розрахункове дослідження.
- 5 – CR з чотирьох стадійним циклом. Розрахункове дослідження.



Навантажувальна характеристика при $\theta = 16^\circ$ п.к.в. до ВМТ, $n = 1750$ хв⁻¹
 (експеримент:-----ТППА,-----CR з 1-о стадійним циклом подачі палива;
 розрахункове моделювання:-----CR р 4-х стадійним циклом подачі палива)



Графік зміни затримки займання від тиску впорскування $\theta = 16^\circ \text{ п.к.в.}$ до ВМГ, $n = 1750 \text{ хв}^{-1}$

(- - - експеримент, - - - - - по Дизель СР, — розрахунковий метод)

Висновки

Проаналізувавши систему живлення Common Rail, що використовується на двигунах легкових автомобілів встановлено, що унікальність системи живлення Common Rail полягає в принципі безпосереднього впорскування палива в камеру згорання під високим тиском. Впорскування дизельного палива в потрібний момент і в необхідній кількості, а також при необхідному тиску впорскування забезпечує плавну, економічну та екологічну роботу дизеля.

В акумулятивній паливній системі CR тиск впорскування протягом всього процесу впорскування повинен залишатися практично постійним. Зміна робочого тиску в паливній форсунці впливає на вміст шкідливих речовин в ВГ і на витрату палива

За результатами дефектування та дослідження складових частин паливної форсунки системи Common Rail. Запроваджено спосіб відновлення роботоздатності найвразливішого елемента – клапана мультиплікатора, призначеного для підтримання робочого тиску в паливній форсунці та якісного розпилення пального. Суть процесу полягає в притиранні сідла клапана мультиплікатора на спеціальному стенді за допомогою конусних притирів з кутом заточування 120° та використанням пасти для притирання з початковою зернистістю в 400 мікрон. Після процедури відновлення робочої поверхні. Робота форсунки повертається до заводських параметрів – що призводить до справної роботи всієї системи в цілому.

Запровадження процедури відновлення роботоздатності клапана мультиплікатора призводить до покращення паливної економічності та екологічних показників легкових автомобілів з дизельними двигунами обладнаними системою живлення Common Rail.



Додаток Б

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ



ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Підвищення ефективності витрати палива легкових автомобілів з дизельними двигунами оснащеними системою впорскування палива Common Rail при обслуговуванні на станції технічного обслуговування «Інжектор-Дизель Сервіс» місто Вінниця

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра автомобілів та транспортного менеджменту
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Turnitin

Оригінальність 79 % Схожість 21 %

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☒ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку

(підпис)

Цимбал О.В.

(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Turnitin щодо роботи.

Автор роботи

(підпис)

Антонюк В.М.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Цимбал С.В.

(прізвище, ініціали)