

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

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему:

«Вдосконалення ефективності робіт з відновлювання пропускної спроможності газових форсунок в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «CARS SERVICE» місто Вінниця»

Виконав: студент 2-го курсу, групи 1АТ-22м  
спеціальності 274 – Автомобільний транспорт

Матусевич М.В.

Керівник: к.т.н., доцент каф. АТМ  
Кужель В.П.

«16» 12 2023 р.

Оponent: к.т.н., доц. каф. АТМ  
Генісевич С.В.

«08» 12 2023 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри АТМ

к.т.н., доц. Цимбал С.В.

«18» з грудня 2023 р.

Вінниця ВНТУ – 2023 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.

«19» 2023 року

## ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Матусевичу Михайлу Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Вдосконалення ефективності робіт з відновлювання пропускної спроможності газових форсунок в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «CARS SERVICE» місто Вінниця,

керівник роботи Кужель Володимир Петрович, к.т.н., доцент,

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

затверджені наказом ВНТУ від «18» вересня 2023 року № 247.

2. Строк подання студентом роботи: 04.12.2023 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); законодавство України в галузі безпеки руху, охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях; структура автопарку України; район експлуатації автомобілів – Україна; досліджувані моделі АТЗ – категорії М1; об'єкт дослідження – робочі процеси системи живлення бензинового двигуна з мікропроцесорним керуванням, переобладнаного для роботи на газовому паливі; похибка прогнозування досліджуваних показників не більше – 10%. Показники роботи станції технічного обслуговування «CARS SERVICE».

4. Зміст текстової частини:

1 Обґрунтування необхідності відновлення пропускної спроможності газових форсунок в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «CARS SERVICE».

2 Дослідження характеристик та методів розрахунку електромагнітної форсунки.

3 Запропоновані методи і засоби відновлювання пропускної спроможності газових форсунок.

4 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.



5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
- 1-3 Тема, актуальність, мета роботи, об'єкт та предмет дослідження, завдання та новизна дослідження, практичне значення одержаних результатів.
  - 4 Апробація результатів роботи та публікації.
  - 5 Розташування СТО «CARS SERVICE», заїзд на територію та виробничі площі.
  - 6 SWOT – аналіз діяльності СТО «CARS SERVICE».
  - 7 Схема двигуна з мікропроцесорним керуванням процесу впорскуванням бензину і запалювання.
  - 8 Схема розподіленого впорскування газу.
  - 9 Розрахунок параметрів і показників електромагнітної газової форсунки.
  - 10 Конструкція електромагнітних форсунок.
  - 11 Зовнішній вигляд запропонованого комплексу обладнання.
  - 12 Засоби визначення пропускної здатності електромагнітних форсунок.
  - 13 Вибір датчиків для вимірювання інформативних параметрів.
  - 14 Приклад одержаної осцилограми параметрів форсунки.
  - 15 Висновки.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ/підрозділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розв'язання основної задачі	Кужель В.П., доцент кафедри АТМ	<i>[Підпис]</i> 19.09.23	<i>[Підпис]</i> 6.12.23
Визначення ефективності запропонованих рішень	Огневий В.О., доцент кафедри АТМ	<i>[Підпис]</i> 07.11.23	<i>[Підпис]</i> 27.11.23
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Березюк О.В., професор кафедри БЖДПБ	<i>[Підпис]</i> 7.11.23	<i>[Підпис]</i> 07.11.23

7. Дата видачі завдання « 19 » вересня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вивчення об'єкту та предмету дослідження	19.09-02.10.2023	<i>вик.</i>
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	19.09-02.10.2023	<i>вик.</i>
3	Обґрунтування методів досліджень	19.09-02.10.2023	<i>вик.</i>
4	Розв'язання поставлених задач	03.10-20.11.2023	<i>вик.</i>
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	21.11-29.11.2023	<i>вик.</i>
6	Виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»	07.11-27.11.2023	<i>вик.</i>
7	Виконання розділу/підрозділу «Визначення ефективності запропонованих рішень»	07.11-27.11.2023	<i>вик.</i>
8	Нормоконтроль МКР	30.11-04.12.2023	<i>вик.</i>
9	Попередній захист МКР	05.12-07.12.2023	<i>вик.</i>
10	Рецензування МКР	08.12-11.12.2023	<i>вик.</i>
11	Захист МКР	12.12-22.12.2023	<i>вик.</i>

Студент

Керівник роботи

Матусевич М.В.

Кужель В.П.



## АНОТАЦІЯ

УДК 621.431

Матусевич М.В. Вдосконалення ефективності робіт з відновлювання пропускної спроможності газових форсунок в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «CARS SERVICE» місто Вінниця. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 274 –Автомобільний транспорт, освітня програма – Автомобільний транспорт. Вінниця: ВНТУ, 2023. 90с.

На укр. мові. Бібліогр.: 26 назви; рис.: 26; табл. 13.

В магістерській кваліфікаційній роботі пророблено питання вдосконалення ефективності робіт з відновлювання пропускної спроможності газових форсунок в умовах станції технічного обслуговування автомобілів. У розділі 1 обґрунтовано необхідності відновлення пропускної спроможності газових форсунок в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «CARS SERVICE». В розділі 2 виконано дослідження характеристик та методів розрахунку електромагнітної форсунки. В розділі 3 запропоновані методи і засоби відновлювання пропускної спроможності газових форсунок. В розділі 4 охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях розроблено технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії, технічні рішення з безпеки під час проведення вдосконалення ефективності робіт з відновлювання пропускної спроможності газових форсунок в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «CARS SERVICE», безпека в надзвичайних ситуаціях.

Графічна частина складається з 15 слайдів.

Ключові слова: пропускна спроможності; форсунка газова; форсунка електромагнітна; станція технічного обслуговування автомобілів; ефективність.



## ABSTRACT

UDC 621.431

Matusevich M.V. Improving the efficiency of work on restoring the throughput of gas nozzles in the conditions of the "CARS SERVICE" car service station, Vinnytsia. Master's thesis on the specialty 274 - Motor transport, educational program - Motor transport. Vinnytsia: VNTU, 2023. 90 p.

In Ukrainian languages. Bibliography: 26 titles; fig.: 26; table 13.

In the master's qualification work, the issue of improving the efficiency of work on restoring the throughput of gas nozzles in the conditions of a car service station was developed. Chapter 1 substantiates the need to restore the throughput of gas injectors in the conditions of the "CARS SERVICE" car service station. Chapter 2 examines the characteristics and methods of calculating the electromagnetic nozzle. Chapter 3 offers methods and means of restoring the throughput of gas nozzles. In section 4 of labor protection and safety in emergency situations, technical solutions for occupational hygiene and industrial sanitation are developed, technical solutions for safety during the improvement of work efficiency to restore the throughput of gas nozzles in the conditions of the "CARS SERVICE" car service station, safety in emergency situations . situations

The graphic part consists of 15 slides.

Keywords: bandwidth; gas nozzle; electromagnetic nozzle; car service station; efficiency.





## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. ОБГРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ГАЗОВИХ ФОРСУНОК В УМОВАХ СТАНЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ «CARS SERVICE» .....	7
1.1 Характеристика станції технічного обслуговування автомобілів «CARS SERVICE».....	7
1.2 Можливості застосування газового палива. Види газових палив та їх характеристики.....	12
1.3 Дослідження функціонування автомобільних двигунів, які працюють на бензині та газі .....	17
1.4 Висновки до розділу та постановка завдань досліджень.....	27
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТА МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ФОРСУНКИ .....	28
2.1 Типи автомобільних двигунів, що працюють на двох видах палива.....	28
2.2 Аналіз сучасного газового обладнання.....	32
2.3 Аналіз характеристик та пропускної спроможності електромагнітних форсунок.....	39
2.4 Дозування палива в системі впорскування з електронним керуванням.....	44
2.5 Вимоги до електромагнітних форсунок .....	45
2.6 Методика розрахунків електромагнітної форсунки.....	48
2.7 Висновки до розділу 2.....	53
РОЗДІЛ 3. ЗАПРОПОНОВАНІ МЕТОДИ І ЗАСОБИ ВІДНОВЛЮВАННЯ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ГАЗОВИХ ФОРСУНОК.....	54
3.1 Застосування методів і засобів визначення пропускної спроможності електромагнітних форсунок.....	54
3.2 Вибір параметрів, що характеризують пропускну спроможність електромагнітних форсунок.....	56



3.3 Вибір датчиків для вимірювання інформативних параметрів.....	62
3.4 Розробка структурної схеми пристрою, що забезпечує визначення пропускну спроможності електромагнітних форсунок.....	68
3.5 Визначення ефективності запропонованих рішень.....	71
3.6 Висновки до розділу 3.....	74
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	75
4.1 Технічні рішення з виробничої санітарії та гігієни праці .....	76
4.2 Технічні рішення щодо безпеки під час проведення вдосконалення ефективності робіт з відновлювання пропускну спроможності газових форсунок в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «CARS SERVICE».....	81
4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях .....	82
4.4 Висновки до розділу 4.....	84
ВИСНОВКИ.....	85
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	87
ДОДАТКИ.....	90
Додаток А. Ілюстративна частина	
Додаток Б. Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень	





## ВСТУП

**Актуальність теми.** В Україні як і в більшості інших країнах Європейського союзу вже на протязі багатьох років спостерігається значна різниця в ціні на такі види палива, як бензин і газ, тому за умови великих пробігів рухомого складу компанії-перевізники та приватні власники автомобілів встановлюють системи газобалонного обладнання (ГБО) в яких використовуються електромагнітні форсунки для впорскування газу. Зазначимо, що одним із головних показників газової, як і бензинової, форсунки є точність дозування палива та рівномірність його подачі через кожну форсунку. Ці умови є обов'язковими для стабільної та правильної роботи двигуна. В процесі експлуатації газобалонного обладнання, нажалі через бруд, що накопичується в паливі, форсунки можуть змінювати свої характеристики, а саме пропускну здатність і безвідмовність роботи. Це може позначитися на поганому переході з бензинового на газове паливо, може відбуватися «жорсткіша», ніж на бензині, робота двигуна (особливо поки двигун не прогрітий). Ця проблема звісно посилюється і з настанням холодів. Вже коли форсунки повністю забиті або вийшли з ладу, може виявлятися індикатор "Check engine" на панелі приладів.

Експлуатація автомобіля з брудними газовими форсунками, крім поганої роботи на газовому паливі, може призвести до збою адаптації бензинового комп'ютера, що призведе до неправильної роботи двигуна. На бензині, у свою чергу, може спричинити: важкий запуск автомобіля; втрату потужності; підвищення витрати пального; нестабільність холостого ходу.

Тому в роботі поставлена задача обґрунтування комплексу для вимірювання та відновлення пропускну спроможності газових форсунок та технічних заходів для їх регулювання, це підтверджує актуальність роботи.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Слід відзначити, що представлена робота виконувалась відповідно до науково-дослідної тематики кафедри автомобілів та транспортного менеджменту Вінницького



національного технічного університету і являється невід'ємною частиною досліджень пов'язаних з підвищенням експлуатаційної надійності легкових автомобілів, які працюють на декількох видах палива.

#### **Мета і завдання дослідження.**

Мета роботи – підвищення експлуатаційної надійності системи живлення двигуна автомобіля, який працює на двох видах палива, шляхом вдосконалення ефективності робіт з відновлювання пропускної спроможності газових форсунок.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити такі завдання:

- обґрунтування необхідності відновлення пропускної спроможності газових форсунок в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «CARS SERVICE»;
- дослідження характеристик та методів розрахунку електромагнітної форсунки;
- запропоновані методи і засоби відновлювання пропускної спроможності газових форсунок;
- розробка заходів з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

**Об'єкт дослідження** – робочі процеси системи живлення бензинового двигуна з мікропроцесорним керуванням, переобладнаного для роботи на газовому паливі.

**Предметом дослідження** є залежність режимів роботи, конструктивних особливостей і діагностичних параметрів від пропускної спроможності газової форсунки.

**Методи дослідження** – у роботі використовуються як аналітичні (моделювання) так і експериментальні (вимірювання фізичних величин) методи досліджень.

#### **Новизна одержаних результатів.**

Дістали подальшого розвитку як підходи, так і принципи вдосконалення засобів відновлення пропускної спроможності газових форсунок за рахунок застосування скомп'юнованого апаратного комплексу так і методи розрахунків електромагнітної форсунки та дослідження її основних характеристик.



**Практичне значення одержаних результатів.** Сформовано рекомендації з підбору та налаштування газових форсунок, застосування при практичному налаштуванні систем подачі палива двигуна легкового автомобіля, який працює на газовій суміші, з застосуванням запропонованого комплексу обладнання як протипагу доргим закордонним аналогам в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «CARS SERVICE».

**Особистий внесок здобувача.** Здобувачем проаналізовано показники функціонування автомобільних двигунів, які працюють на бензині та газі, обгрунтовано підходи та принципи удосконалення засобів відновлювання пропускної спроможності газових форсунок, запропоновано застосування обраного комплексу обладнання.

**Апробація результатів роботи.** Проміжні результати досліджень доповідалися й обговорювалися на міжнародній науково-практичній конференції «AutoTRAK-2023. Explore» 26–27 жовтня 2023 р., м. Київ (Національний університет біоресурсів і природокористування України, Механіко-технологічний факультет, кафедра тракторів, автомобілів та біоенергоресурсів).

**Публікації.** Проміжні результати досліджень були частково викладенні і опубліковані в 1 науковій праці: Кужель В.П. Розвиток мультибрендового технічного сервісу на території України у післявоєнний період / Кужель В.П., Зелінський Б.В., Матусевич М.В., Костюк О.О. // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «AutoTRAK-2023. Explore» 26–27 жовтня 2023 р.: Київ: Національний університет біоресурсів і природокористування України, 2023. – С. 195 – 197 [7].





# РОЗДІЛ 1

## ОБГРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ

### ВІДНОВЛЕННЯ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ГАЗОВИХ

### ФОРСУНОК В УМОВАХ СТАНЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

### АВТОМОБІЛІВ «CARS SERVICE»

#### 1.1 Характеристика станції технічного обслуговування автомобілів «CARS SERVICE»

Станція технічного обслуговування автомобілів «CARS SERVICE» розташована за адресою м. Вінниця, вулиця Політехнічна, 2ж (рис. 1.1), контактний телефон 0675039326.

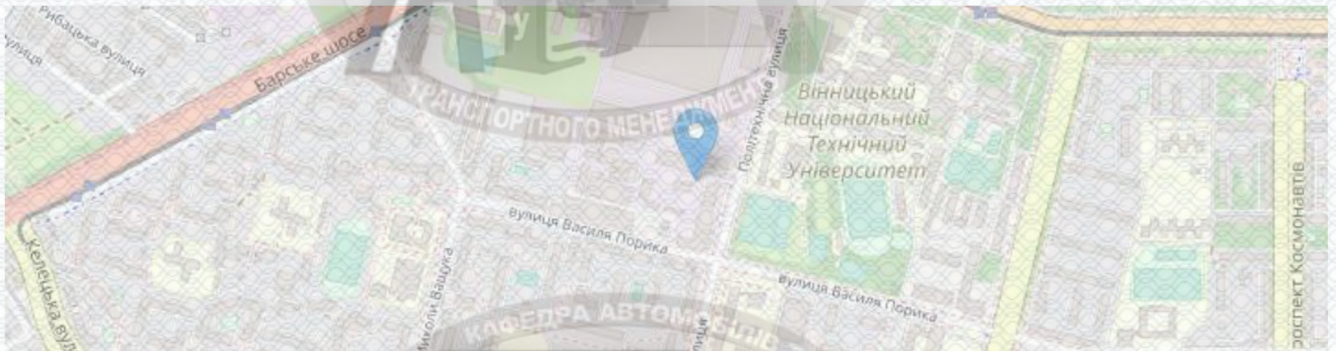


Рисунок 1.1 – Розташування СТО «CARS SERVICE» в м. Вінниця

СТО «CARS SERVICE» займається технічним обслуговуванням та ремонтом автомобілів, спеціалізується також на ремонті рульових рейок та колонок, насосів гідропідсилювачів керма, та діагностуванні гальмівних систем, ГБО. Станція технічного обслуговування розпочала свою діяльність в 2015 році.

СТО надає такі послуги:

- комп'ютерна діагностика, діагностика гальмівних систем на стенді;
- заміна мастил і технічних рідин;
- діагностика і чистка систем живлення, елементів і систем ГБО;





Рисунок 1.2 – Заїзд на територію СТО «CARS SERVICE»

- обслуговування паливної системи (бензин, дизель), системи ГБО;
- ремонт рульових рейок та колонок, насосів гідропідсилювачів керма;
- обслуговування та ремонт ходової частини;
- ремонт двигунів, вузлів і агрегатів;
- перевірка електрообладнання;
- шиномонтажні та шиноремонтні роботи.

Для оцінки можливостей подальшого розвитку СТО виконаємо SWOT – аналіз діяльності СТО «CARS SERVICE» – аналіз являє собою групування факторів маркетингового середовища на зовнішні та внутрішні (відносно фірми) та їх аналіз



з позиції визначення позитивного чи негативного впливу на маркетингову діяльність фірми. Для встановлення взаємозв'язків будується матриця SWOT-аналізу у вигляді таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Базова матриця SWOT – аналізу СТО «CARS SERVICE»

Сильні сторони (S)	Слабкі сторони (W)
S1. СТО має матеріально – технічну базу і виробничі площі S2. Якість виконуваних робіт, гарантія, позитивні відгуки клієнтів S3. Спеціалізація СТО на ремонті рульових рейок та колонок, діагностуванні гальмівних систем на стенді S4. Наявність складу-магазину з широким вибором автомобільних товарів S5. Сучасне спеціалізоване обладнання, стенди, сканери, програмне забезпечення S6. Досвід роботи на ринку S7. Гарантія якості запасних частин, S8. Досвід, висока кваліфікація персоналу	W1. Рівень заробітних план, мотивація персоналу W2. Відсутність повного комплексу послуг (капітальний ремонт, фарбування і т.д.) W3. Недостатня кваліфікація управлінського персоналу W4. Наявність конкурентів поруч (Бош Сервіс Автодром, АТЛ і інші) W5. Низька платоспроможність громадян W6. Слабке уявлення про конкурентів W7. Розташування поза містом W8. Власники нових автомобілів, як правило, обслуговують автомобілі на фірмових СТО в гарантійний період
Можливості (O)	Загрози (T)
O1. Зростання числа клієнтів, зростання рівня доходу населення O2. Зниження вартості розмитнення автомобілів, які ввозяться в Україну, необхідність їх обслуговування O3. Вихід на нові сегменти ринку O4. Збільшення номенклатури послуг, що надаються O5. Відсутність суттєвих конкурентів які мають потужну матеріально – технічну базу і виробничі площі O6. Введення в експлуатацію нових зон та ділянок з обладнанням O7. Закінчення військових дій O8. Відновлення кредитування населення	T1. Погіршення платоспроможності громадян, призов співробітників до лав ЗСУ T2. Зростання вартості автомобілів та запасних частин до них T3. Відтік кваліфікованих кадрів T4. Низькі бар'єри виходу на ринок потенційних конкурентів (можливість появи нових конкурентів) T5. Несприятлива політика уряду T6. Несприятливі економічні, демографічні зміни спричинені військовими діями T7. Стрибки курсів валют T8. Ріст цін на паливно-мастильні матеріали

На основі даних таблиці 1.1 розробляються стратегії (табл. 1.2), які визначають взаємозв'язки сильних і слабких сторін СТО із можливостями та загрозами ринку, на основі якої формуються найбільш доцільні стратегії розвитку СТО та розробляються заходи з мінімізації загроз для господарської діяльності.



Таблиця 1.2 – Стратегії, розроблені на основі даних SWOT-аналізу

Стратегії виду SO	Стратегії виду WO
<p>SO1: S1 S2 O1 O2 – За умови зростання рівня доходу населення зросте і число клієнтів СТО, цьому сприятиме достатня відомість СТО, якість виконуваних робіт, гарантія, позитивні відгуки клієнтів</p> <p>SO2: S2 S3 S4 O2 O3 O4– Спеціалізація СТО на ремонті рульових рейок та колонок, систем живлення, в тому числі ГБО, дозволить вийти на нові сегменти ринку з збільшеною номенклатурою послуг.</p> <p>SO3: S5 S6 S7 S8 O5 O6 O8– Досвід роботи на ринку та сучасне спеціалізоване обладнання готові відреагувати на відновлення кредитування населення, зниження вартості розмитнення автомобілів, які ввозяться в Україну, тобто збільшення числа клієнтів</p>	<p>WO1: W2 O1 O2 – зростання рівня доходу населення, закінчення війни, розвиток програми кредитування на нові і бувші у користування автомобілі дозволить працювати на ринку та нарощувати власні темпи спеціалізованій СТО за рахунок збільшення послуг з ТО і Р.</p> <p>WO2: W3 W4 – Недостатня кваліфікація управлінського персоналу та слабкий маркетинг компенсуються якістю виконуваних робіт, позитивними відгуками клієнтів, гарантійними зобов'язаннями.</p>
Стратегії виду ST	Стратегії виду WT
<p>ST1: S1 S2 T1 T2 –Проведення ТО і ПР постійними клієнтами на станції збереже існуючих клієнтів навіть при погіршення платоспроможності громадян. Професіоналізм роботи, низькі ціни СТО, допоможуть знизити негативний вплив від зростання вартості автомобілів та запасних частин до них</p> <p>ST2: S7 S8 T3 T6 – Висока кваліфікація та підняття мотивації персоналу ростом заробітної плати та соціальні гарантії, значно знижують ризики відтоку кваліфікованих кадрів та вплив несприятливих економічних змін</p>	<p>WT1: W1 W2 T2 – Вибір вірного курсу на конкурентний рівень цін, реклама, розширення спеціалізації СТО, модернізація існуючого обладнання дозволить працювати в період погіршення платоспроможності громадян, зростання вартості автомобілів та запасних частин до них</p>

На основі створеної матриці спроектуємо стратегії чотирьох типів (табл. 1.3): стратегії виду SO – сили-можливості; стратегії виду ST – сили-загрози; стратегії виду WO – слабкості-можливості; стратегії виду WT – слабкості-загрози.

В таблиці 1.2 представлені розроблені стратегії, для кожної з них вказаний скорочений запис параметрів, з яких утворена стратегія. При цьому використані найбільш значимі фактори. Станція займається технічним обслуговуванням та ремонтом автомобілів. Виконується діагностика, ТО-1, ТО-2, поточний ремонт, капітальний ремонт вузлів та агрегатів агрегатів. Отже на території СТО розташовані: виробничий корпус; площадка для стоянки автомобілів, тимчасова стоянка автомобілів клієнтів.



На СТО встановлено наступне обладнання (рис 1.3). Підймальне: двохстійковий підйомник 3,0 тон, 4 шт; стійка гідравлічна для обслуговування трансмісії та ходової частини 300 кг., 1 шт.; траверси гідравлічні 3 шт; прес – 20 т. – 1 шт. Діагностичне: Сканери мультимарочні: BOSCH; Carman Scan; обладнання для відновлення пропускної спроможності форсунок (газових).



Рисунок 1.3 – Фрагмент виробничого приміщення

Проаналізувавши стан ВТБ СТО можна зазначити, що ВТБ придатна для виконання якісного ремонту, ТО і діагностування автомобілів, але їй необхідно



вдосконалити діагностичну дільницю, так як часто у процесі експлуатації газобалонного обладнання, через бруд, що накопичується в паливі, форсунки можуть змінювати свої характеристики, а саме пропускну здатність і стабільність роботи, яку можна відновити вірно підібраним комплексом обладнання.

## **1.2 Можливості застосування газового палива. Види газових палив та їх характеристики**

Розпочнемо зі створення двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ), які працюють на газі, вже в 1866 році німецькі інженери – Е. Ланген і Н. Отто створили ефективний газовий двигун, і в 1876 році Н. Отто побудував чотиритактний двигун, що являється прототипом так званого ДВЗ із циклом Отто, що дотепер є найпоширенішим ДВЗ. У двигунах Отто використалися різні гази: світильний, генераторний, доменний, природний, нафтові гази.

Німецький інженер Р. Дизель побудував в 1891 році ДВЗ із запаленням суміші від стиску. Столітня історія розвитку ДВЗ у сукупності з досягненнями останніх десятиліть в області нових матеріалів, електроніки й обчислювальної техніки дозволила створити високоефективні газові двигуни, що працюють за циклом Отто. З появою наприкінці минулого століття дизельних двигунів, що досить економічно працюють на важкому нафтовому паливі, і слідом за цим бензинових двигунів, газ як паливо для двигунів був майже повністю витиснутий рідкими нафтовими продуктами.

Проте далі газові двигуни відродилися за рахунок: бурхливого розвитку газової промисловості в деяких країнах; переваги газу як палива перед рідкими й твердими паливами з точки зору меншої кількості шкідливих речовин в відпрацьованих газах; технічного прогресу газових двигунів, що забезпечує повне використання вигідних властивостей газу як палива.

У наш час технологія застосування газових двигунів переживає в Україні своє друге народження. Це пов'язане з їх застосуванням як у системах локальної генерації електроенергії так і тепла. Наша країна має прекрасну можливість



часткового вирішення проблем електропостачання за допомогою газопоршневих електростанцій (ГПЕС) малої потужності. Недоліком поршневих машин є тільки обмежена потужність до 5 Мвт для однієї машини. Багато сучасних газових двигунів можуть використати водень як паливо.

Безперебійне енергопостачання є обов'язковою умовою роботи енергосистем країни особливо в військовий час. А перевантаження та аварії, що трапляються, в енергомережах і внаслідок цього перерви в енергопостачанні вимагають резервного енергопостачання. Газопоршнєві установки для локального виробництва електроенергії дають неймовірно низьку вартість електроенергії в 4-5 разів нижче існуючих тарифів.

Використання ЗПГ (зріджений природний газ) і СНГ (стиснений нафтовий газ) є одним з найважливіших напрямків застосування альтернативних видів палива.

Національні програми багатьох країн (Італії, Нової Зеландії, США, Канади й ін.), що мають власні родовища ПГ (природний газ) або газові палива, що імпортують, з-за кордону, передбачають переведення значної частини автомобільного парку на паливо цього виду. Одна із провідних фірм Італії - «Ланди Ренцо» - випускає газову апаратури для роботи на ЗПГ і СНГ.

У США прийнята програма переобладнання автомобілів на ЗПГ. На ЗПГ переведені в основному автомобілі сфери обслуговування, у тому числі вантажні й легкові автомобілі, таксі. Всі автомобілі виготовлені за універсальною схемою живлення. При використанні ЗПГ вартість експлуатації знижується в 1,6 рази.

У зв'язку із такими обставинами: війною, енергетичною кризою й обмеженістю ресурсів нафти, а також досить значним зниженням токсичності продуктів згоряння підвищився інтерес до можливості використання водню як палива. Ресурси водню, що є у воді, практично невичерпні й не висихають, тому що при згорянні водню утворюється водяна пара, що конденсується й знову перетворюється в джерело одержання водню. Грунтуючись на цих передумовах водень часто називають паливом майбутнього. Також існує концепція застосування біогазу, який одержують із побутових відходів.



Позитивні сторони використання газового палива:

- при роботі двигуна на газовому паливі відбувається більше повне згоряння газоповітряної суміші і поліпшуються умови мащення пари циліндр – поршневі кільця, газове паливо не змиває мастило зі стінок і не розчиняє його;
- через зменшення вуглеводневих сполук не накопичуються відкладення в камері згоряння, зменшується нагароутворення на головці блоку й на поршнях;
- мастило при роботі двигуна на газі допустимо міняти рідше, ніж при заправленні бензином, тому що воно не розріджується, у меншому ступені піддається забрудненню й довше зберігає свої властивості;
- міжремонтний пробіг газового двигуна більш довший у порівнянні з бензиновим, збільшується термін служби свічок запалювання;
- застосування газового палива помітно знижує токсичність відпрацьованих газів, при правильно обраному режимі роботи двигуна на газовому паливі знижується рівень створюваного шуму ДВЗ;
- у жодному режимі не виникає детонація;
- двигун, що працює на газі, вимагає мінімального налаштування;
- газове паливо дешевше бензину, а питома потужність і ККД газових двигунів можуть бути приблизно такими ж, як і дизельних двигунів того ж класу.

Негативні сторони використання газового палива:

- збільшення металоємності автомобіля на 30-40 кг;
- незначне збільшення витрати газу в літрах у порівнянні з бензином;
- утруднення з пуском холодного двигуна;
- зниження потужності двигуна на 5-7%;
- схильність до руйнівного впливу через високий тиск газів, що скорочує довговічність газового редуктора, необхідність зливати конденсат з редуктора;
- необхідність частіше міняти повітряний фільтр;
- зношування направляючих клапанів.

Види газових палив та їх характеристики.

Існують наступні види палив: метан (газ), метан (рідкий), пропан (рідкий), водень(газ), водень (рідкий), біогаз, коксовий (газ), сланцевий (газ).



Газові палива по агрегатному стані в балонах діляться на два класи - стислі й зріджені. Зріджені гази підрозділяються на зріджені вуглеводневі гази нафтового походження (ЗНГ) і зріджені природні гази (ЗПГ).

Моторні властивості ЗНГ і ЗПГ.

До основних властивостей газу (табл. 1.3) відносять детонаційну стійкість і теплоту згоряння в суміші з повітрям і теоретично необхідна кількість повітря для повного згоряння стехіометричної суміші. ЗНГ й особливо ЗПГ по детонаційній стійкості перевершують кращі сорти автомобільних бензинів (табл. 1.4). ЗНГ мають порівняно прості структури молекул, тому мають більше високі октанові числа в порівнянні з рідкими паливами нафтового походження. Октанове число окремих компонентів ЗНГ перебуває в межах 85... 125. Вплив ступеня стиснення на потужнісні й економічні показники двигуна пов'язане з високою антидетонаційною стійкістю газових палив.

Таблиця 1.3 – Властивості різних видів газу

Компонент	Бутан	Пропан	Бензин
Октанове число по дослідницькому (моторному) методу	95(89)	112(96)	93(85)
Теплота згоряння стехіометричної суміші МДж/м	3,470	3,408	3,553
Теоретично необхідний об'єм повітря для згоряння палива, м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup> * (м <sup>3</sup> /кг)	31,08 (12,64)	23,98 (12,81)	56,6 (12,35)
Максимальна швидкість поширення фронту полум'я, м/с	0,825	0,810	0,850
Температура горіння стехіометричної суміші, °С	2057	2043	2100
Коефіцієнт молекулярного змінення при згорянні стехіометричної суміші	1,047	1,042	1,058

Таблиця 1.4 – Детонаційні характеристики газів і бензинів

Паливо	Ступінь стиску	Октанове число*
Пропан	10-12	96(112)
Бутан	7,5-8,5	89
Бензин А-95	6,5	(95)

\* Дані без дужок отримані моторним методом, дані в дужках – дослідницьким



Основними компонентами зрідженого палива є метан (96...97 %) і азот (3...4 %). Інші складові ПП, які є в зрідженому виді, у вкрай незначних кількостях і ними можна знехтувати.

Експлуатаційні вимоги до ЗНГ і ЗПП. Для забезпечення необхідних техніко-експлуатаційних показників газових двигунів, що працюють на ЗНГ або ЗПП, до газового палива висувають спеціальні вимоги (табл. 1.5).

Таблиця 1.5 – Основні фізико-хімічні властивості ЗПП

Молярна маса, кг/моль	16,043
Газова постійна	8,314
Щільність при температурі 0°C и тиску 0,1 МПа, кг/м <sup>3</sup>	0,7
Теплоємність газу при температурі 15°C, кдж/кг	2,24
Температура, °C	
- кипіння	-161,74
- затвердівання	-182,5
Критичний тиск, МПа	4,73
Критична температура, °C	- 82,61
Відносна щільність (щільність повітря прийнята за 1)	0,554

Газ повинен добре змішуватися з повітрям для утворення однорідної горючої суміші, забезпечувати високу теплоту згоряння горючої суміші, не детонувати при згорянні горючої суміші. В сполуки ЗНГ входять переважно пропанові й бутанові фракції, а також етан, етилен й інші компоненти.

ЗНГ важче повітря, що характеризує його здатність накопичуватись в низьких місцях. Останнє необхідно обов'язково враховувати в системі заходів щодо забезпечення безпечної експлуатації двигуна.

У цей час показником якості ЗНГ і ЗПП є октанове число, за допомогою якого оцінюють детонаційну стійкість вуглеводневих газів. Чим вище октанове число газу, тим він більш стійкий до детонації. Для більшості основних компонентів газів октанове число становить 90...120, тобто вище, ніж у кращих сортів автомобільних бензинів. А детонаційну стійкість газових палив можна визначити по метановому числу.



У якості одного з компонентів еталонної суміші використовують метан, що володіє найвищою стійкістю до детонації із всіх застосовуваних на автомобільному транспорті вуглеводнів, як легко детонуючий компонент – водень.

### 1.3 Дослідження функціонування автомобільних двигунів, які працюють на бензині та газі

Функціональна схема двигуна з мікропроцесорним керуванням упорскуванням бензину і запалюванням наведена на рис. 1.4. Зазначимо, що першими, цілком електронними, серійними системами керування двигуном були системи від відомої корпорації General Motors. Вони склалися із двох систем: центрального (GM EFI-4 і ITMS-6F) і розподіленого впорскування палива (GM ISFI-2S) (рис. 1.5). Система розподіленого впорскування палива містить датчик кисню і каталітичний нейтралізатор.

Спочатку системи були спроектовані і відкалібровані фірмою General Motors, для задоволення норм токсичності США-83. І в такому виді і було почате виробництво. Системи ж призначені для норм США-83 були модернізовані для задоволення вимог Євро-2. У такому виді вони існують і зараз. Модернізація систем вимагала апаратної доробки блоків керування під розподілене впорскування і заміну блоку керування центральним упорскуванням. Блоки керування для 8-ми і 16-ти клапанних двигунів завжди відрізнялися апаратно.

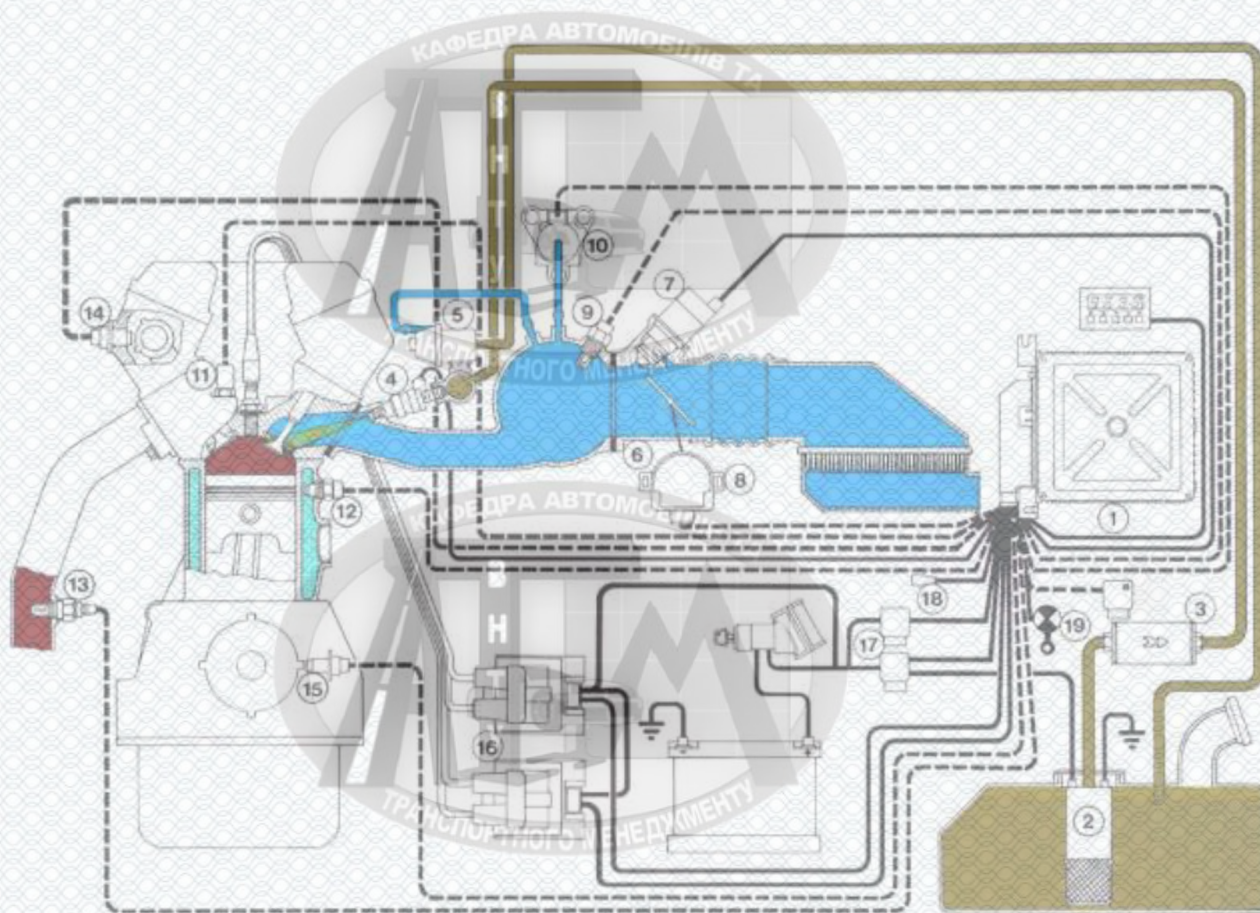
Другими системами були блоки керування від General Motors, які повинні були використовувати той же склад датчиків і виконавчих механізмів.

Далі почали випускати такі електронні блоки керування, як Bosch M1.5.4, Bosch MP7.0, Bosch M7.9.7, M7.9.7, VS-5.1, VS-5.6, Мікас-5.4, Мікас-7.1, Мікас-7.6 (ЗАЗ, Daewoo).

Зауважимо, що блоки GM ISFI-2S з іншими є цілком взаємозамінними, але відрізняються елементною базою й алгоритмами роботи. В остаточному варіанті, системи на основі блоків були призначені для забезпечення норм України, зі складу були виключені датчик кисню, каталітичний нейтралізатор і адсорбер, і введений



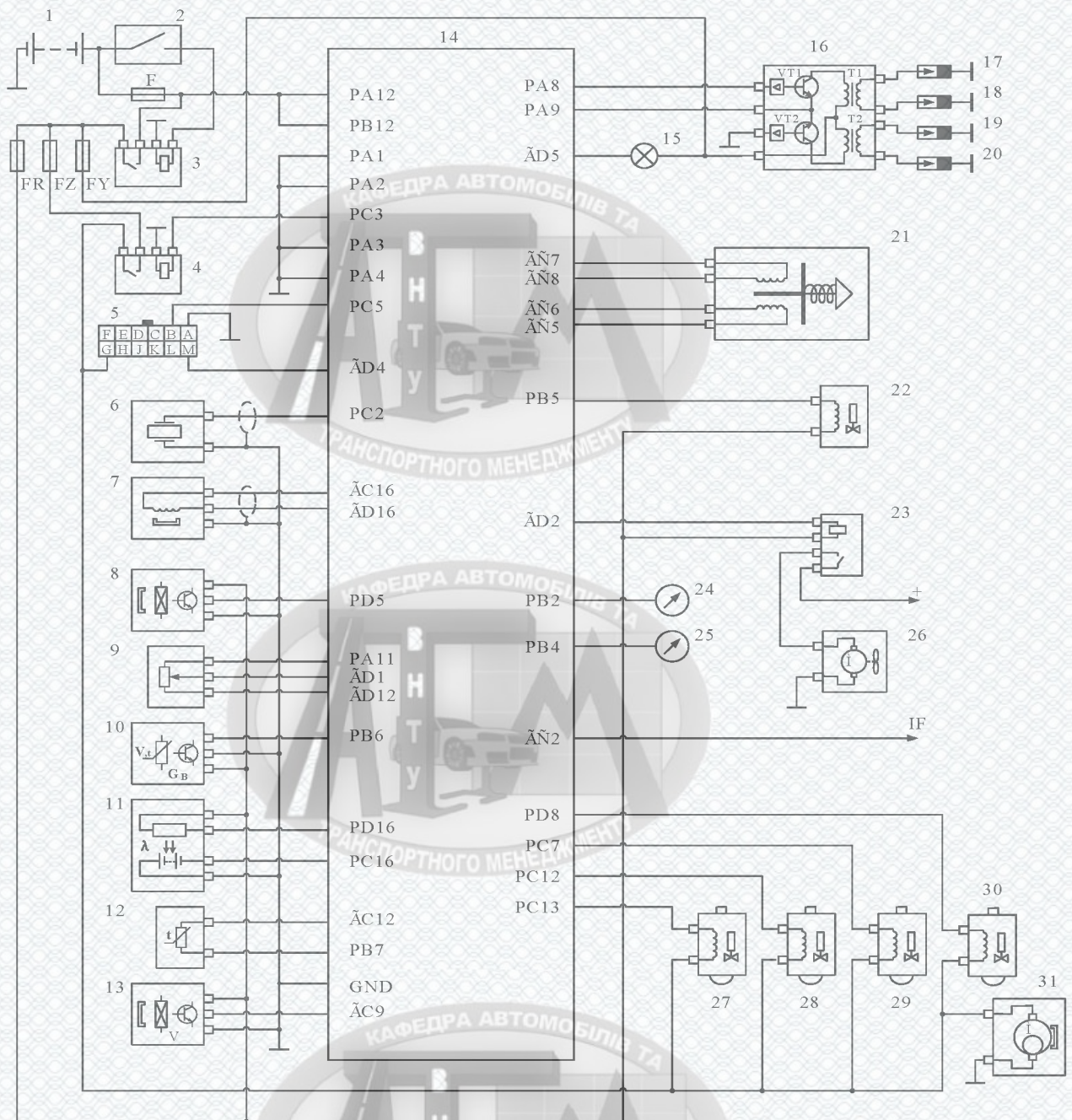
потенціометр регулювання (таким чином, зворотний зв'язок по датчику кисню відключений, хоча і є присутнім в алгоритмах).



1-контролер; 2- насос паливний; 3- фільтр паливний; 4-форсунка; 5-регулятор тиску; 6-дросельна заслонка; 7-клапан додаткової подачі повітря; 8-потенціометр положення дросельної заслонки; 9-датчик температури повітря; 10-датчик абсолютного тиску; 11-датчик детонації; 12-датчик температури охолодної рідини; 13-датчик концентрації кисню; 14-датчик фази; 15-датчик частоти обертання колінчатого вала; 16-модуль запалювання з 2-х котушок; 17-реле; 18- роз'єм діагностичний; 19- лампа індикаторна діагностики

Рисунок 1.4 – Функціональна схема двигуна з мікропроцесорним керуванням упорскуванням бензину і запалюванням





1- батарея акумуляторна; 2-замок запалювання; 3-реле головне; 4-реле електричного бензонасоса; 5- роз'єм діагностичний; 6-датчик детонації; 7-датчик кута положення колінчатого вала; 8-датчик ідентифікації номера циліндра; 9-датчик положення дросельної заслонки; 10-датчик масової витрати повітря; 11-датчик концентрації кисню; 12-датчик температури охолоджуючої рідини; 13-датчик швидкості автомобіля; 14-електронний блок керування (контролер); 15-лампа "CHECK ENGINE"; 16-модуль запалювання; 17- 20-свічки запалювання; 21-регулятор холостого ходу; 22-клапан продувки адсорбера; 23-реле вентилятора; 24-тахометр; 25-спідометр; 26-вентилятор; 27-30 - форсунки паливні; 31-електробензонасос F-запобіжники IF-до маршрутного комп'ютера.

Рисунок 1.5 – Структурна схема мікропроцесорної системи General Motors ISFI-2S для комплексного керування бензиновими двигунами розподіленого впорскування



На тому етапі система була краще адаптована до наших умов: низька якість бензину, наявність хімічних домішок, низький рівень кваліфікації сервісного персоналу.

Далі з'явилося наступне сімейство систем керування двигуном. Це були системи на базі блоків Motronic M1.5.4 виробництва фірми Bosch. Форсунки або електробензонанос у принципі можуть бути будь-якого виробництва (General Motors або Bosch), аби характеристики відповідали заданим. Таким чином, блок керування був узятий у фірми Bosch і для нього було розроблене відповідне програмне забезпечення. У результаті, як логічне продовження, з'являються блоки Motronic M1.5.4N. Вони створені для норм Євро-2 і системи на їх основі мають у своєму складі датчик кисню і каталітичний нейтралізатор.

З огляду на перспективу і вдалий досвід співробітництва з фірмою Bosch, був замовлений блок керування, що міг би задовольнити більш жорстким нормам токсичності і мав би більш глибоку діагностику. Так з'явилося сімейство систем керування двигуном на базі контролера Motronic MP7.0, що призначений для норм токсичності Євро-2, Євро-3 і Канада-2001. Це сімейство також постійно розширюється, і вже доповнилося системами під норми Євро-3 для 8-ми і 16-ти клапанних двигунів передньопривідних автомобілів.

У системах комплексного керування "Motronic 1.5.4", " і "General Motors" з попарним керуванням форсунками з'являється можливість керувати рівнем токсичності відпрацьованих газів у визначених межах, тому що в їх складі є датчик концентрації кисню в відпрацьованих газах і каталітичний нейтралізатор. У цій структурній схемі вже з'являється датчик ідентифікації номера циліндра і клапан продувки адсорбера. Тому ця схема відповідає нормам токсичності Євро-2. У цих двох структурних схемах застосовується восьмиразрядний мікропроцесор.

У системі комплексного керування "Motronic MP. 7.0" використовується індивідуальне керування форсунками. У цій схемі застосовується шістнадцятиразрядний мікропроцесор, тому алгоритми керування відрізняються від двох перерахованих вище схем. Застосування індивідуально керованих



форсунок і шістнадцятиразрядного мікропроцесора значно підвищується точність дозування палива. Також підвищується швидкість дії і точність керування процесами до 0,1%. Ця схема керування двигуном відповідає нормам токсичності Євро-3.

Контролер має чотири типи пам'яті: постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗП), оперативний запам'ятовуючий пристрій (ОЗП), електрично репрограмований запам'ятовуючий пристрій (ЕРПЗП) і запам'ятовуючий пристрій калібрувань (ЗПК).

У ПЗП зберігається програма керування, що містить послідовність робочих команд і калібровану інформацію. Калібрована інформація являє собою дані керування упорскуванням палива, запалюванням, холостим ходом і т.д., що у свою чергу залежать від маси автомобіля, типу і потужності двигуна, від передаточного числа трансмісії і інших факторів. Ця пам'ять є енергонезалежною, тобто її вміст зберігається при відключенні живлення.

ОЗП використовується у центральним процесором для тимчасового збереження вимірюваних параметрів аналогових і цифрових датчиків, результатів обчислень. Центральний процесор може в міру необхідності вносити в ОЗП дані або зчитувати їх. Ця пам'ять є енергозалежною. При припиненні подачі живлення в ОЗП розрахункові дані стираються.

Контролер виконує також функцію діагностики системи. Він визначає наявність несправностей елементів системи, сигналізує про них водієві включенням лампи "CHECK ENGINE" і зберігає в ЕРПЗП коди, що позначають характер несправності. Інформація в ЕРПЗП є енергонезалежною і може зберігатися без подачі живлення на контролер. Мікропроцесорні системи комплексного керування сучасних автомобільних двигунів, у контролерах яких розташовані спеціальні області пам'яті для запису констант і кодів, використовуваних при діагностуванні, а в пам'яті програм розміщуються підпрограми для перевірки технічного стану окремих функціональних вузлів цих систем, орієнтовані на застосування тестового діагностування. При цьому,



відповідно до протоколу ISO, кожна мікропроцесорна система керування повинна мати послідовний інтерфейс зі стандартним протоколом обміну даними.

Арифметико-логічний пристрій (АЛП) призначено для проведення логічних операцій і обчислень. За допомогою цього пристрою, а також пристроїв ПЗП і ОЗП центральний процесор може обчислювати кут випередження запалювання і тривалість упорскування палива форсункою.

На вході контролера розміщуються два пристрої обробки сигналів датчиків. Такий розподіл обумовлений тим, що сигнали з різним характером зміни вимагають різних методів обробки. Аналогові сигнали перед введенням у процесор необхідно перетворити в цифрову форму. Цифрові сигнали, що мають форму близьку до синусоїдального, попередньо також необхідно перетворити у форму прямокутних імпульсів. Дискретні сигнали необхідно відфільтрувати від перешкод. Сигнали з аналогових датчиків надходять на вхід аналогово-цифрового перетворювача (АЦП), що знаходиться в пристрої вхідної обробки аналогових сигналів. Попередньо вони нормуються по амплітуді, фільтруються від перешкод, а потім по черзі подаються на вхід АЦП, який перетворить їх у цифрові коди і тимчасово зберігає у своєму внутрішньому ПЗП. Для кожного датчика у внутрішньому ПЗП АЦП виділений один байт пам'яті. Процесор, звертаючись до ПЗП, послідовно вибирає записані коди для запису в ПЗП контролера і подальших обчислень в АЛП.

Сигнали цифрових датчиків після відповідної обробки у виді готової інформації надходять на входи центрального процесора. Ця готова інформація являє собою: інформацію про частоту обертання колінчатого вала; інформацію про циліндри в яких йде запалення паливної суміші; інформацію про рівень детонації в деталях двигуна.

Таким чином, першим кроком роботи контролера є вимір дійсних параметрів двигуна. Після того як ці параметри оброблені відповідно до програми, записаної в ПЗП, центральний процесор витягає з ОЗП контролера необхідні для обчислення дані, отримані від датчиків, і приступає до визначення базових значень (для



подальшого визначення кута випередження запалювання ) і (для подальшого визначення тривалості упорскування палива).

Ідентифікація режимів роботи двигуна здійснюється по наступних параметрах: частота обертання колінчатого вала; навантаження на двигун.

Однак навантаження на працюючому двигуні визначити неможливо, тому користуються непрямими показниками: кут повороту дросельної заслінки; масова витрата повітря; розрідження у впускном колекторі.

У залежності від частоти обертання вала і навантаження двигуна в результаті численних експериментів на експериментальному стенді або на автомобілі визначають базові значення і для визначення кута випередження запалювання і тривалості упорскування палива відповідно. Ці значення у виді двох таблиць (тривимірних матриць) записують у пам'ять програм (ПЗП).. Корекція здійснюється по сигналах відповідних датчиків за формулами:

$$\tau_{O.3.} = \tau_{\delta 1} + \Delta\tau_{IO.Ж.} + \Delta\tau_{Д} + \Delta\tau_{АКБ} \quad (1.1)$$

$$\tau_{ВІПР} = \tau_{\delta 2} \cdot K_{IO.Ж.} \cdot K_{Ускор.} \cdot K_{\lambda} + \Delta\tau_{АКБ} \quad (1.2)$$

де  $K_{IO.Ж.}, K_{\lambda}, K_{Ускор.}$  - коефіцієнти, що враховують температуру охолоджуючої рідини, склад відпрацьованих газів і прискорення при холодному двигуні;

$\Delta\tau_{IO.Ж.}, \Delta\tau_{Д}, \Delta\tau_{АКБ}$  - проміжки часу, що враховують відповідно зміна температури охолоджуючої рідини, ознака детонації, зміна напруги акумуляторної батареї.

Залежність (1.1) дозволяє визначити тривалості керуючих сигналів, які подаються на котушки запалювання, а формула (1.2) – тривалість керуючих сигналів, які подаються на форсунки.

Після проведення такого коректування в центральному процесорі виходять дані у виді цифрових кодів. На виконавчі пристрої керуючі сигнали необхідно подавати у виді тривалості імпульсів.



Для цього використовуються внутрішні таймери, де цифрові коди перетворюються в тривалості імпульсів, кратні  $\tau_{O.3}$  і  $\tau_{ВПР}$ . Канали керування паливоподачею і запалюванням роздільні, тобто роздільно зберігається, обчислюється й обробляється інформація про величини  $\tau_{ВПР}$  і  $\tau_{O.3}$ .

Уся програма керування паливоподачею розділена на кілька підпрограм, що переключаються на виконання при ідентифікації режимів роботи двигуна. Режими роботи двигуна визначаються (ідентифікуються) по сигналах датчиків і станів деяких виконавчих пристроїв.

Ідентифікація режимів роботи двигуна здійснюється за наступними параметрами:

- напрузі на реле стартера (визначається режим пуску);
- витраті повітря (визначається навантаження);
- частоті обертання колінчатого вала;
- положенню дросельної заслінки (холостий хід);
- температурі охолодної рідини;
- швидкості зміни положення дросельної заслінки.

Режим холостого ходу.

Регулятор холостого ходу (кроковий електродвигун), під керуванням контролера, регулює частоту обертання колінчатого вала на режимі холостого ходу при закритій дросельній заслінці відповідно до навантаження двигуна, керуючи кількістю повітря, подаваним в обхід закритої дросельної заслінки, підтримуючи мінімально стійкі оберти холостого ходу.

Режим керування паливоподачею за розімкнутим контуром.

Після запуску двигуна (частота обертання колінчатого вала після початку прокручування перевищила 500 об/хв) контролер керує подачею палива в режимі розімкнутого контуру, одночасно включаючи підігрівник лямбда-зонда. Розрахунки здійснюються на базі сигналів датчика положення колінчатого вала, датчика масової витрати повітря, датчика температури охолодної рідини і датчика положення дросельної заслінки. На цьому режимі він ігнорує сигнал датчика



концентрації кисню і розраховує тривалість керуючих імпульсів, які подаються на форсунки, по сигналах перерахованих датчиків.

На режимі керування паливоподачею по розімкнутому контуру розрахункова тривалість імпульсу може давати співвідношення повітря до палива відмінне від стехіометричного. Це буде, наприклад, на холодному двигуні, тому що в цьому випадку для одержання гарних навантажувальних характеристик необхідна збагачена суміш. Блок керування буде залишатися в цьому режимі доти, поки не будуть виконані всі наступні умови:

- сигнал датчика концентрації кисню почав змінюватися, показуючи, що він досить прогрітий для нормальної роботи;
- температура охолоджуючої рідини стала більше 32 °С;
- двигун проробив визначений період часу після пуску. Цей час може варіюватися від 6 сек до 5 хв у залежності від температури охолодної рідини в момент пуску.

При виконанні всіх цих умов система переходить на наступний режим роботи. Регулювання подачі палива по замкнутому контуру. У режимі керування паливоподачею по замкнутому контуру контролер спочатку розраховує тривалість імпульсів упорскування за даними тих же датчиків, що і для режиму розімкнутого контуру. Відмінність від режиму розімкнутого контуру полягає в тому, що в режимі замкнутого контуру контролер використовує сигнал датчика кисню для коректування розрахунків тривалості імпульсів упорскування з метою забезпечення максимальної ефективності роботи каталітичного нейтралізатора.

Існує два види коректування подачі палива - поточна і коректування з самонавчанням. Перша (поточна) коректування розраховується за показниками датчика кисню і можуть змінюватися відносно швидко, щоб компенсувати поточні відхилення складу суміші від стехіометричного. Друга (коректування з самонавчанням) розраховуються для кожної сукупності параметрів "частота обертання колінчатого валу – навантаження" на основі поточного коректування і змінюється відносно повільно.



Поточне коректування обнуляється при кожному вимиканні запалювання. Коректування з самонавчанням зберігається в ОЗП контролера до відключення акумуляторної батареї.

Значення коректування, при якому регулювання подачі палива по замкнутому контуру не потрібно, дорівнює 0%. Будь-яка зміна від 0% указує на те, що функція регулювання паливоподачею по замкнутому контуру змінює тривалість імпульсу упорскування. Якщо значення коректування паливоподачі по замкнутому контуру більше 0%, відбувається збільшення тривалості імпульсу упорскування, тобто збільшення подачі палива. Якщо значення коректування паливоподачі по замкнутому контуру менше 0%, відбувається зменшення тривалості імпульсу упорскування. Нормальним діапазоном зміни поточного коректування паливоподачі є діапазон  $\pm 20\%$ . Будь-яке значення, що виходить за цей діапазон, звичайно ідентифікується як несправність. Метою коректування з самонавчанням є компенсація відхилень складу паливоповітряної суміші від стехіометричної, що виникають у результаті розкиду характеристик елементів системи керування двигуном, допусків при виготовленні двигуна у виробництві, а також відхилень параметрів двигуна в період експлуатації (зношування, закоксовка і т.д.).

Для більш точної компенсації виникаючих відхилень весь діапазон роботи двигуна розбитий на зони. При роботі двигуна в кожній із зон по визначеній логіці відбувається корекція тривалості імпульсів упорскування доти, поки реальний склад суміші не досягне оптимального значення.

При зміні режиму роботи двигуна в оперативній пам'яті контролера зберігається останнє значення коефіцієнта корекції для даної зони.

Отримані в такий спосіб коефіцієнти корекції характеризують конкретний двигун і беруть участь у формуванні тривалості імпульсу упорскування при роботі системи в режимі розімкнутого контуру і при пуску, не маючи при цьому можливості змінюватися.

Вихід одного з коефіцієнтів за межі регулювання у бік збагачення або збідніння суміші свідчить про наявність несправності в двигуні або системі



керування (відхилення тиску палива, потрапляння повітря, порушення герметичності системи випуску і т.д.). Корекція регулювання паливободачі на автомобілях з каталітичним нейтралізатором є безперервним процесом протягом усього терміну експлуатації автомобіля і забезпечує виконання жорстких норм по токсичності відпрацьованих газів.

#### 1.4 Висновки до розділу та постановка завдань досліджень

Були проаналізовані позитивні і негативні сторони використання газового палива, досліджені види газових палив та їх характеристики та особливості функціонування автомобільних двигунів, які працюють на бензині та газі. Проаналізувавши сучасні системи ГБО ми визначили певні проблеми при монтажі газового обладнання а також при обслуговуванні цих систем, стосовно пропускної спроможності форсунок. Виявилось що для виконання якісного ремонту, ТО і діагностування автомобілів на СТО необхідно вдосконалити діагностичну дільницю, так як часто у процесі експлуатації газобалонного обладнання, через бруд, що накопичується в паливі, форсунки можуть змінювати свої характеристики, а саме пропускну здатність і стабільність роботи, яку можна відновити вірно підібраним комплексом обладнання.

Отже в роботі поставлені наступні завдання досліджень:

- дослідження характеристик та методів розрахунку електромагнітної форсунки;
- запропоновані методи і засоби відновлювання пропускної спроможності газових форсунок;
- розробка заходів з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.



## РОЗДІЛ 2

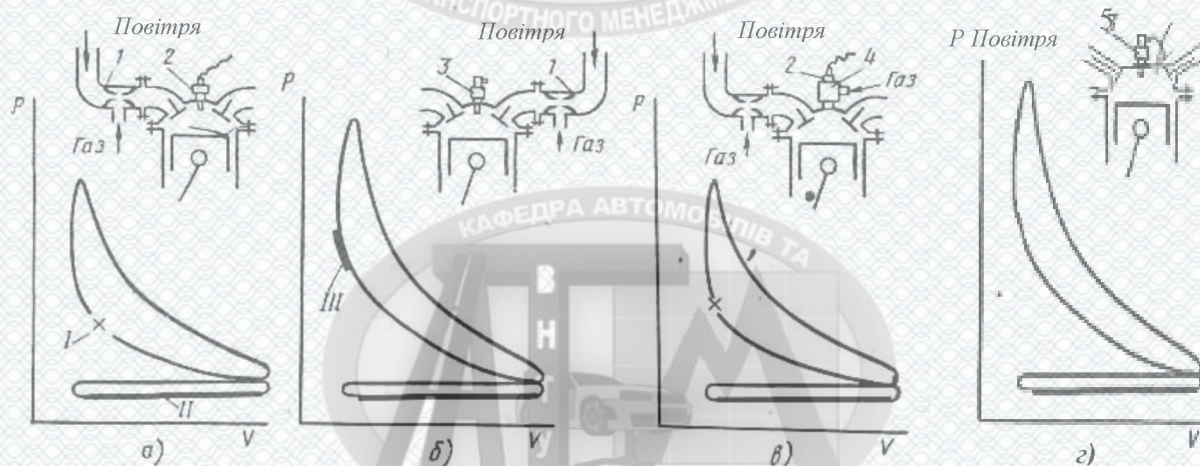
### ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТА МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ФОРСУНКИ

#### 2.1 Типи автомобільних двигунів, що працюють на двох видах палива

За способом запалення суміші газові двигуни, як прийнято, можна розділити на три основні типи (рис 2.1):

- з іскровим запалюванням;
- з запаленням від ініціюючої дози рідкого палива (газодизелі);
- з форкамеро - факельним запалюванням.

Хоча двигуни цих трьох типів різні, але всі вони мають загальну ознаку - запалення газоповітряної суміші від стороннього джерела, тобто за допомогою примусового запалювання.



*а* – з іскровим запалюванням (із зовнішнім сумішоутворенням); *б* – із запалюванням дозою рідкого палива (газодизель); *в* – з форкамерно-факельним запалюванням; *г* – з іскровим запалюванням (із внутрішнім сумішоутворенням) / – момент появи іскри; // – період подачі газоповітряної суміші; /// – період подачі запалюючої дози дизельного палива; 1 – змішувач газоповітряний; 2 – свічка запалювання; 3 – форсунка дизельна; 4 – форкамера; 5 – форсунка газова

Рисунок 2.1 – Схеми газових двигунів різних типів



Основною перешкодою при здійсненні циклу із запаленням від стискування газового палива є висока температура запалення, значно перевищуюча температуру запалення дизельних палив. Крім того, значні труднощі при здійсненні дизельного циклу представляє мала щільність стиснених газів; у порівнянні із щільністю дизельного палива. Через зазначені причини дизельний цикл на газовому паливі не знайшов практичного застосування.

Є певні труднощі при перетворенні дизеля в газовий двигун із примусовим запалюванням - повинні бути внесені зміни в конструкцію поршня, головки блоку циліндрів, у системах живлення, газорозподілу, крім того, повинна бути додана система запалювання й деякі інші елементи. Таким чином, дизель стає чисто газовим двигуном.

Газовий двигун з іскровим запалюванням. Найпростіші й найпоширеніші чотиритактні газові двигуни із запаленням від іскри (див. рис. 1.3, а) по принципу дії й по живленню нічим не відрізняються від карбюраторних бензинових двигунів. Газ до двигуна надходить через регулятор тиску (газовий редуктор), що підтримує тиск газу на деякому постійному рівні, і потім через змішувач, де газ змішується в потрібній пропорції з повітрям. Кількість газоповітряної суміші, що направляється до циліндра двигуна, регулюють керованою дросельною заслінкою. У багатоциліндрових двигунах великої потужності часто ставлять змішувач на кожен циліндр (а не загальний на весь двигун, як показано на рис. 1.3, а) і регулювання виконують не заслінкою, а клапаном або золотником. Очевидно, що ці розходження не мають принципового значення й не вносять зміни в характер робочого процесу.

Також існують газові двигуни з іскровим запалюванням і внутрішнім сумішоутворенням (рис. 1.3, г). В основному це дизельні двигуни які перевели на газ й установили в ньому систему запалювання. Для багатоциліндрових стаціонарних газових двигунів широкого застосування знаходить внутрішнє сумішоутворення, при якому газ і повітря в кожен циліндр подаються роздільно. У чотиритактних двигунах внутрішнє сумішоутворення застосовується для поліпшення однорідності суміші по циліндрах. У двотактних газових двигунах



внутрішнє сумішоутворення є засобом, що дозволяє уникнути втрат газу при продувці. При цьому продувку виконують повітрям, а газ подають на початку стиску – по закінченні продувки.

Газодизель. Пристрій і схема робочого процесу у двигуні із запаленням газоповітряної суміші невеликою дозою рідкого палива (так званий газодизельний, або газорідинний процес) показані на рис. 1.3, б. Система живлення газових двигунів цього типу аналогічна попередньої, однак робочий процес істотно відмінний. Двигун, у якому здійснюється газодизельний процес, по своїй конструкції й основних параметрах нічим не відрізняється від звичайного дизеля (у цьому випадку чотиритактного без наддуву). Однак на відміну від дизеля, у двигун із запаленням газоповітряної суміші впускають не повітря, а газоповітряну суміш. Джерела запалення рідкого палива в циліндрі забезпечують надійне запалення навіть сильно збідненого заряду горючої суміші. У дизелях для автомобільного транспорту запальна доза палива становить близько 20%. Дизелі, що працюють на ЗНГ і ЗПГ, розрізняються за принципом роботи. Зберігання ЗПГ (у порівнянні зі ЗНГ) не вимагає установки перед двигуном випарників, що знижують наповнення циліндрів двигуна й потужність. У порівнянні з бензиновим двигуном при роботі на газі в діапазоні малих і середніх навантажень зменшується рівень шуму, а на режимах холостого ходу підвищується стійкість роботи. Крім того, у цих дизелях при збідненій суміші не відбувається пропусків спалахів, у результаті яких підвищується токсичність відпрацьованих газів і знижується ефективна потужність бензинового двигуна. Робота дизеля на метані більше стабільна, чим на пропані, імовірність детонації при рівному коефіцієнті надлишку повітря залежить від кута випередження запалювання.

Однак затримка запалення горючої суміші при роботі на газовому паливі характерна й для дизеля. У цьому випадку для запобігання надмірної затримки запалення збільшують запальну дозу, застосовують дроселювання повітря на впуску для концентрації газу в заряді, підігрів повітря на впуску, рециркуляцію відпрацьованих газів і більше раннє двофазне упорскування запальної дози палива. При збільшенні дози запального палива підвищується стійкість процесу згорання,



при цьому утвориться більша кількість вогнищ запалення. Займистість запальної дози палива, оцінювана цетановим числом, незначно впливає на параметри дизеля. На режимах малих навантажень питома витрата теплоти, уведеної в циліндр із газом (пропан або метан) і запальним паливом, більше, ніж у звичайному дизелі. Якщо в циліндр двигуна надходить збагачена горюча суміш ( $\alpha < 1$ ), то питома витрата теплоти також більше в порівнянні з режимом більших навантажень.

Бідна суміш при роботі на пропані характеризується кращими показниками використання теплоти згоряння й більших меж займистості в порівнянні із сумішшю при роботі на метані. Однак на більших навантаженнях дизеля, коли  $\alpha < 1$ , питомі витрати теплоти для порівнюваних газів малі й приблизно однакові. При оцінці газових палив необхідно враховувати, що надійна й економічна робота газових двигунів (особливо з турбонаддувом) досягається на газовому паливі з високими антидетонаційними якостями.

При газодизельному процесі в повітряний трубопровід дизеля надходить не чисте повітря (як у дизеля), а газоповітряна суміш, для запалення якої підпалюється "запальна", дуже невелика доза рідкого дизельного палива, що впорскується через форсунки основної системи подачі палива дизеля.

Газовий двигун з форкамерно-факельним запаленням. Крім основної камери згоряння, що є безпосереднім продовженням внутріциліндрового простору, такий двигун має додаткову камеру (форкамеру), що з'єднується з основною камерою каналом, розміри й форма якого строго регламентовані. Обсяг форкамери становить 2-5% обсягу основної камери. У форкамері розташована свічка запалювання. Основна камера й форкамера мають роздільні системи живлення. Завдяки цьому, а також підбору параметрів форкамери, в останній при всіх режимах створюється збагачена суміш, найбільш сприятлива для запалення. Викидає з форкамери в основну камеру факел палаючих газів є значно більше інтенсивним, чим іскра, джерелом запалювання. Це істотно змінює характер робочого процесу й створює нові можливості його організації в інших умовах і з іншими параметрами.



Принципові особливості форкамеро - факельного процесу (або, точніше, способу організації процесу) полягають у тому, що можна створити різні (близькі до оптимального) умови для кожного із трьох основних етапів згоряння: утворення початкового вогнища; запалення основного заряду; згоряння основного заряду. Цього не дозволяє ніякий інший процес. Так, при звичайному іскровому запалюванні часто термодинамічно вигідно спалювати сильно збіднені суміші, однак цьому є труднощі їх запалювання. Все це дозволяє виділити форкамеро - факельний спосіб організації робочого процесу в окремий різновид.

У всіх попередніх схемах газових двигунів, що розрізняються по основній ознаці - способу запалення, використовується система так названого зовнішнього сумішоутворення, при якій газоповітряна суміш приготується поза циліндрами двигуна. Таку систему використовують головним чином для двигунів невеликого об'єму й підвищеної бистрохідності. Для потужних газових двигунів великого обсягу знаходить широке застосування система внутрішнього сумішоутворення, при якій газ і повітря подають у циліндри двигуна роздільно. Змішання ж відбувається усередині кожного циліндра або безпосередньо перед циліндром. Особливо раціональним є застосування системи внутрішнього сумішоутворення при двотактному циклі, тому що тільки така система дозволяє уникнути втрат газу при продувці циліндрів. Відзначимо, що й для чотиритактних двигунів з наддувом застосування внутрішнього сумішоутворення часто є більше доцільним.

## **2.2 Аналіз сучасного газового обладнання**

Система газобалонного обладнання 4 покоління є найбільш популярною. Адже, принцип роботи такого ГБО простий: він може одночасно утворювати два види палива, завдяки газовій форсунці, яка стоїть у впускному колекторі і дає основну порцію палива, в цей час бензинова форсунка відкривається на 5% -30% від звичайної подачі, в той же час, вона охолоджується і зберігає чистими канали розпилувача. Нинішні блоки керування ГБО створені на потужних процесорах, які відмінно миттєво перераховують бінарну порцію пального



Газова система четвертого покоління SEQUENT 24 фірми BRC (рис. 2.2).

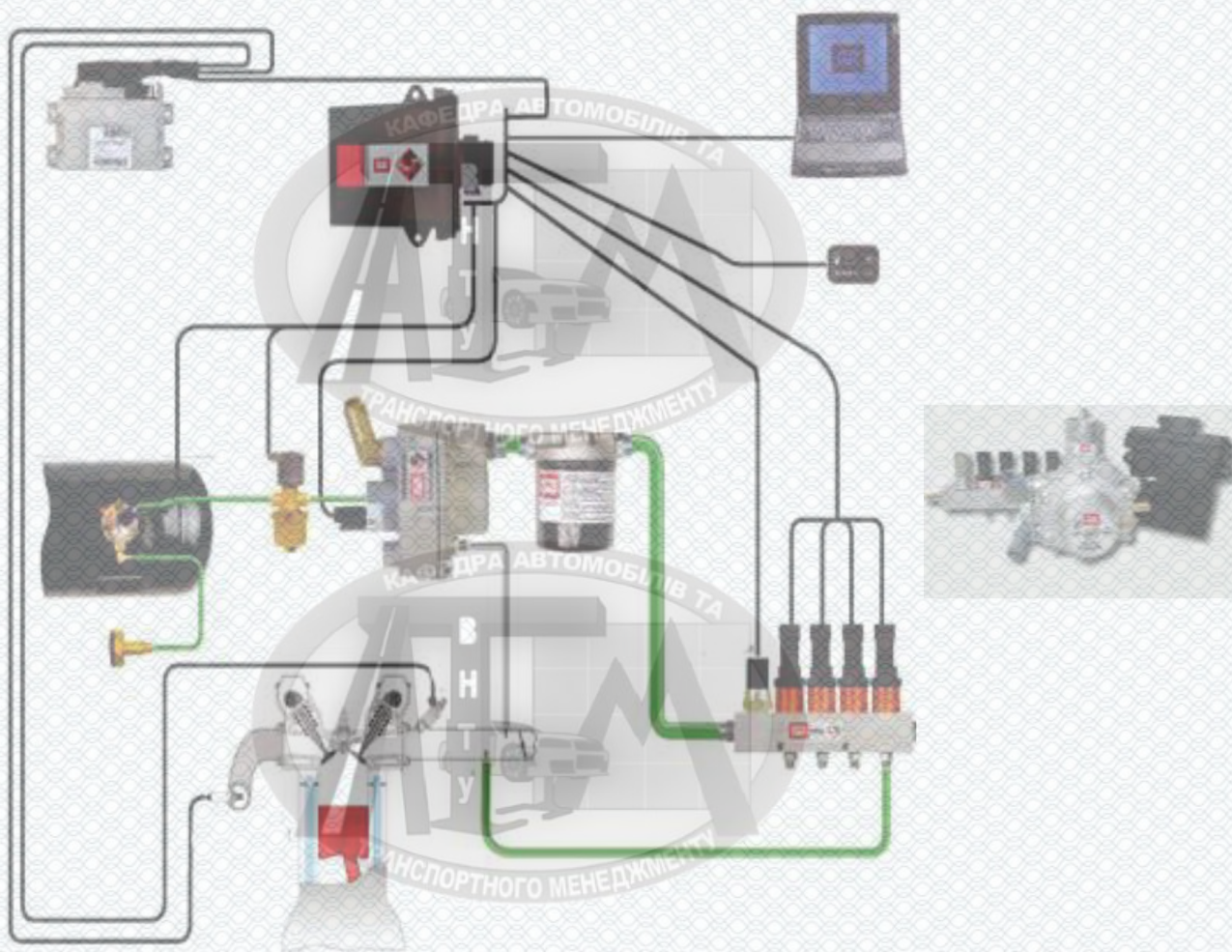


Рисунок 2.2 – Принципова схема система четвертого покоління SEQUENT 24

SEQUENT 24 це система послідовного впорскування BRC (базового регулювання процесів) у газовій фазі, що легко встановлюється, швидко налаштовується й має відносно невелику вартість [20-21].

Її встановлення стає простішим внаслідок нових підходів, прийнятих для датчиків й емуляторів. SEQUENT 24 насправді не використовує які-небудь додаткові пристрої, емулятори інтегровані в ECU, а датчики інтегровані в основні компоненти (Genius й RAIL). З'єднання стали швидшими внаслідок особливих роз'ємів; крім того, більше не потрібно підключати сигнали TPS (тестового набору), за умови, що рішення підключення сигналу лямбда датчика кисню є дотепер вибірковим. Для сигналу RPM (число обертів у хвилину) також можна буде



вибрати сигнал неповного оберту на додаток до стандартного сигналу RPM або сигнал датчика положення колінчатого вала. Нова комп'ютерна програма SEQUENT 24 PC простіше у використанні й повністю відділена від стандартної SEQUENT і від SEQUENT FAST, також стосовно згладжування регульовальних характеристик, але вона, проте, дотримується без зміни їхньої основної філософії.

Електронний пристрій керування SEQUENT 24 – це операційний модуль, що контролює дану систему. Як і попередні версії, він відповідає вимогам стандартам автоматики й EMC (електромагнітної сумісності) і є міцним. Зміни від попередніх версій – це компактні розміри, що розширюють його установку на автомобіль.



Рисунок 2.3 – Електронний блок керування Sequent 24MY11

Перемикач режимів. Цей новий перемикач режимів може розглядатися, як невеликий ECU: це не тільки перемикач, що регулює зміна положень бензин-газ, а насправді він повідомляється з ECU й контролює видиме положення рівня газу в ємності за 4-ма діодами, які випромінюють світло (LED).

Перемикач режимів у положенні бензин. Коли клавіша перемикача режимів у положенні бензин, автомобіль примусово працює в бензиновому режимі (як і у всіх попередніх системах). Червоний прямокутний LED датчик розпізнавання інформує користувача тоді, коли зникає інформація про рівень газу, або, інакше кажучи, чотири зелених LED - рівні вимкнені.

Перемикач режимів у положенні газ. У цьому положенні машина заводиться на бензині - діодні індикатори рівня LED, таким чином, вимкнені і відповідно до умов переходу, який сконфігуровано у прикладеній програмі, автоматично перемикається в положення "ГАЗ". Користувач інформується прямокутним діодом



LED, що спочатку стає жовтогарячим, а потім зеленим (робота на газі). Тільки при роботі на газі рівень газу в баці можна побачити по чотирьох зеленим LED-ам.



Рисунок 2.4 – Перемикач режимів

Інформація про помилки. Як уже було з'ясовано, даний перемикач режимів є “інтелектуальним” пристроєм, що зв'язується з ECU. Коли зв'язок обривається, миготіння двох центральних зелених LED-індикаторів рівня й прямокутного жовтогарячого LED-індикатора інформує користувача про дану несправність.

У таких умовах завжди можливо здійснити примусовий перехід до роботи на бензині за допомогою переміщення перемикача режиму бензинового положення, так само як і можливо перейти на газ за допомогою перемикача режиму в положенні газ, хоча й гублячи інформацію про рівень [20-21].

У цих випадках рекомендується провести діагностику й, якщо необхідно, полагодити або замінити перемикач режимів.

Редуктор для SEQUENT 24 (рис. 2.5) [20-21]. Це редуктор тиску, як й LPG GENIUS для SEQUENT, але, на відміну від його, він поставляється з новим датчиком температури води, який не об'єднаний з аналогічними датчиками попередніх систем.

Форсунки системи наведені на рис. 2.6.



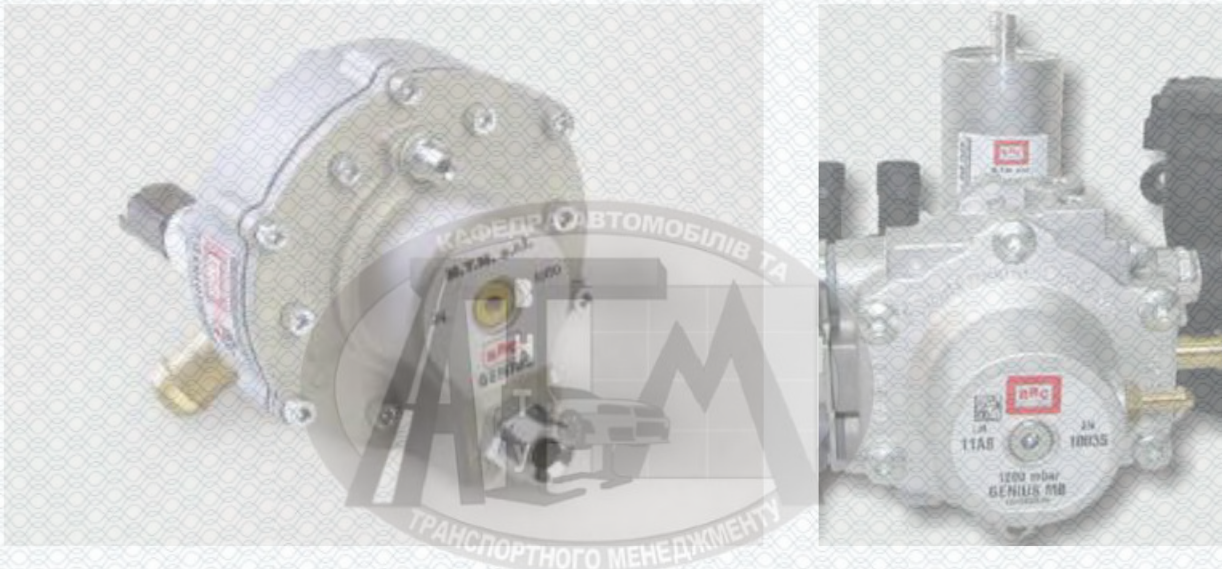


Рисунок 2.5 – Редуктор тиску ГБО



Рисунок 2.6 – Форсунки ГБО

Датчик температури води у двигуні. Датчик температури води приєднаний прямо до GENIUS з боку потрапляння води. Датчик ставиться резистивного двохпровідного типу на основі NTC термістора (з негативним температурним коефіцієнтом).

Стратегії перемикавання на газ засновані на вимірюванні температури води у двигуні. Датчик відрізняється від попередніх завдяки своїй новій механічній структурі: він у дійсності більш компактний й інтегрується в ту частину, що приєднується до датчика.

Датчик температури і тиску газу. Цей датчик є абсолютно новим, в компактному корпусі із уже інтегрованим роз'ємом; він містить датчик тиску газу



P1 і температурний датчик. Датчик розташований прямо на напрямному розподільнику палива. У цьому положенні вимірювання тиску газу більше точне й дозволяє виправляти суміші газу більш швидко [20-21].



Рисунок 2.7 – Датчик тиску і температури

Датчик регульовальної характеристики. Датчик регульовальної характеристики ідентичний датчику регульовальної характеристики Standard SEQUENT, уже знайомим як програма установки BRC. Відмінність матеріалу, що виділяє його від інших систем це те, що в SEQUENT 24 датчик використовується тільки під час саморегулювання. Під час нормальної роботи машини, оцінюється регульовальна характеристика MAP: зразкова величина тиску в напірному трубопроводі, таким чином, стає видна на інтерфейсі SEQUENT 24 [20-21].

Для саморегулювання, датчик регулювання забезпечується трубками для з'єднання до машини, усередині каліброваного набору SEQUENT 24, код 09SQ10990001.

Провід SEQUENT 24 більше тонкий, чим аналогічні проводи попередніх систем. Провід з 56-контактним роз'ємом Standard SEQUENT замінений 24-контактним роз'ємом провода SEQUENT 24. Для того, щоб спростити установку, основні пристрої системи підключаються з використанням спеціального роз'єму й кількість проводів, що вимагають з'єднання дуже невелика [20-21].

Екрановані роз'єми були використані для того, щоб відповідати EMC стандартам. Роз'єми на проводі є водонепроникними за винятком роз'ємів



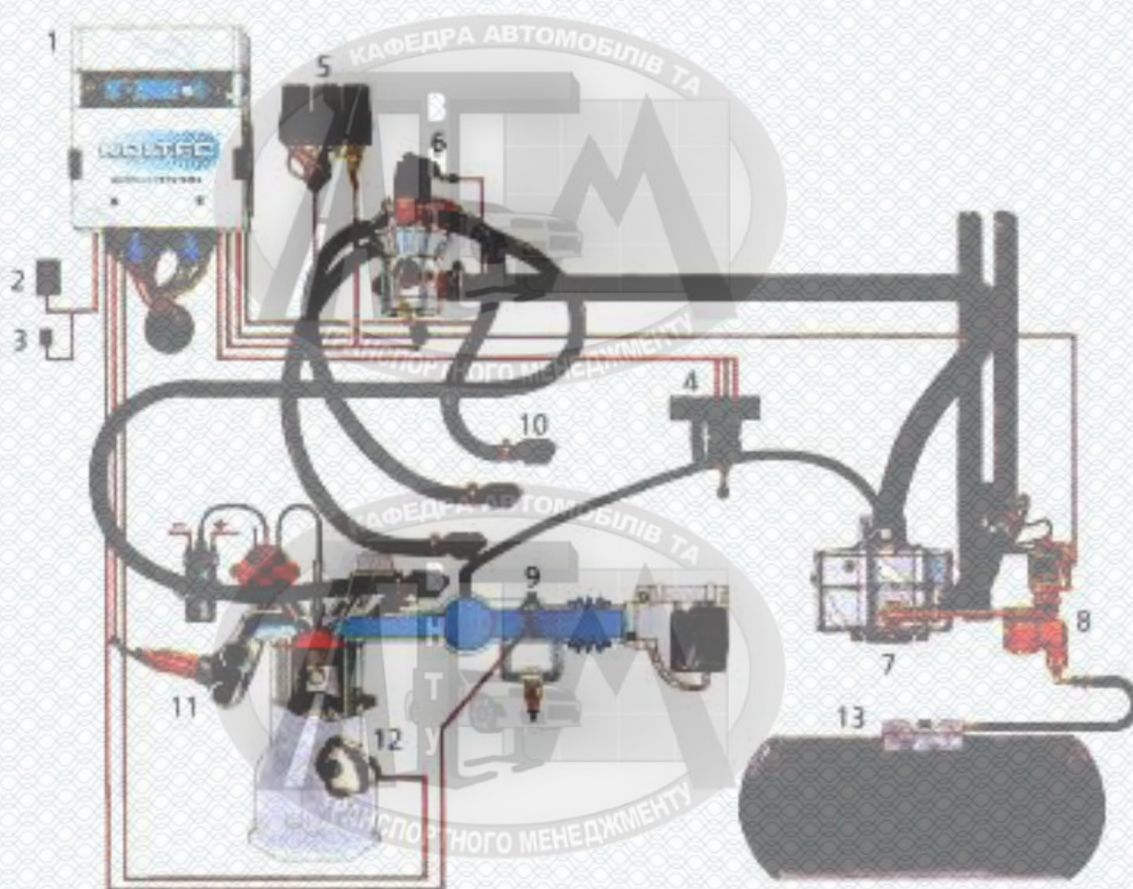
перемикача режиму, що перебуває в салоні й, таким чином, захищений від води. Форсунки варто закривати з великою акуратністю: закриття інжекторів - це основне нововведення як привода, так і всієї системи.

Закриття форсунок. На відміну від попередніх систем, форсунки закриваються в позитивному стані: це дозволяє меншому числу проводів входити в ECU. У дійсності, досить двох проводів для того, щоб закрити всі форсунки: біло/зелений провід (форсунки в позитивному стані, з боку штатного устаткування) і біло/коричневий провід (форсунки в позитивному стані, з боку форсунок). З іншого боку, не можна буде перемикаєти з бензину на газ і навпаки форсунку за форсункою; перемикаєння може бути різким. Біло/зелений провід також має функцію позитивного ключа в електричній схемі, тобто це той провід, що включає газовий ECU у стан ON (ВВІМКНЕНИЙ). Варто пам'ятати про те, що деякі автомобілі не приводять форсунки в робочий стан до запуску: недостатньо, таким чином, замкнути ключ у положення ON (ВВІМКНЕНИЙ). У цьому випадку, єдиний спосіб ввімкнути газовий ECU – це запустити двигун. Оскільки під час написання програми, газовий ECU вимагає, щоб дане проведення мало високий потенціал, програмна частина буде виконуватися при вже заведеній машині. Форсунки, що нормально перебувають у позитивному стані не мають низький потенціал доти, поки двигун й електричний ключ не будуть виключені, але вони можуть залишатися в стані з високим потенціалом протягом декількох секунд після вимикання машини.

Біло/коричневий провід приєднаний прямо до бензинових форсунок. Він забезпечує напругу на форсунках у позитивному стані під час роботи на бензині, оскільки він відключає це живлення при роботі на газі, для того, щоб закрити форсунки. Іншим варіантом є система впорскування L-Jetronic – це керована електронікою система багатоточкового (розподіленого) переривчастого впорскування палива (рис. 2.8). Головні відмінності від систем K- і KE-Jetronic: немає дозатора-розподілювача і регулювальника тиску, всі форсунки (пускова та робочі) з електромагнітним керуванням. Система впорскування L-Jetronic –



досконаліша система. Вона дозволяє збільшити економічність, понизити токсичність відпрацьованих газів, поліпшити динаміку автомобіля.



1-мікропроцесор; 2-перемикач виду палива; 3- роз'єм діагностичний; 4-датчик МАР; 5-реле; 6-розподільник; 7-редуктор-випарник; 8- клапан газу магістральний; 9-датчик положення дросельної заслонки; 10-форсунки газу; 11-лямбда датчик; 12-датчик колінчастого вала; 13-балон для газу

Рисунок 2.8 – Схема розподіленого впорскування газу

### 2.3 Аналіз характеристик та пропускної спроможності електромагнітних форсунок

Електромагнітні форсунки. Електромагнітні форсунки є виконавчим механізмом апаратури упорскування, що дозує й розподіляє паливо по циліндрах двигуна. Форсунка являє собою гідравлічний клапан із приводом від

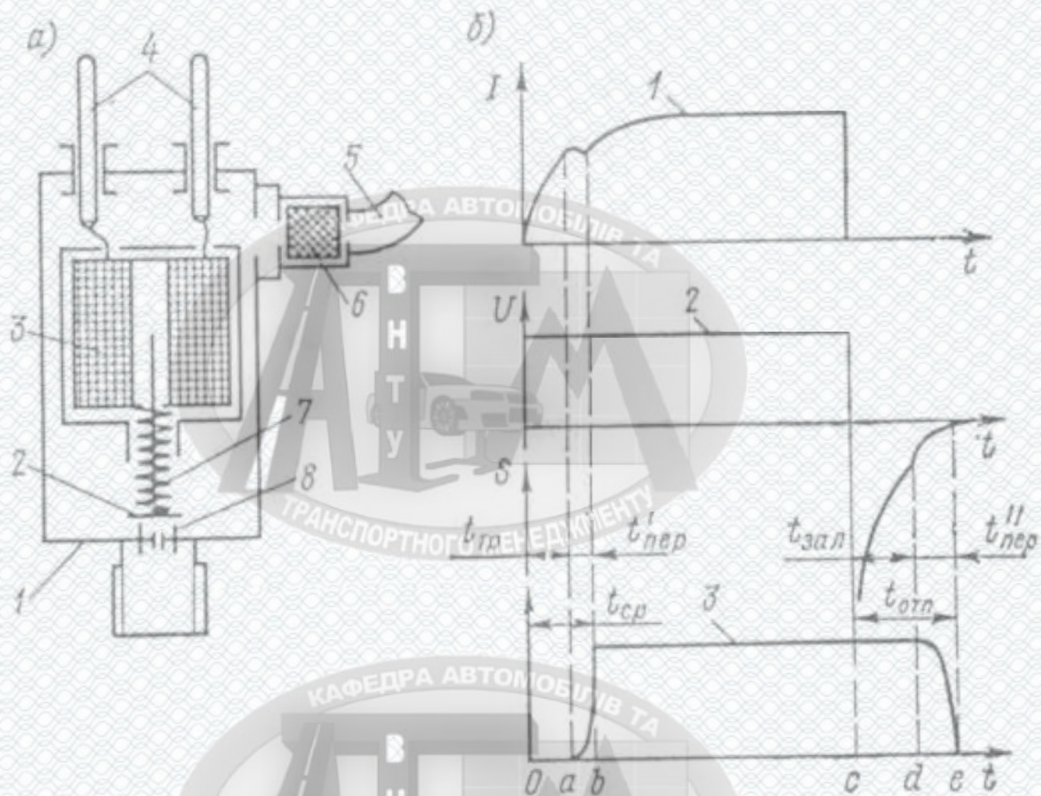


швидкодіючого електромагніта. Клапан працює в імпульсному режимі й має два стійких стани - повністю закриті й повністю відкриті. Прохідний перетин клапана в процесі дозування можна вважати постійним, тому що час перемикання клапана з одного положення в інше значно менше часу відкритого стану. Тому при заданому перепаді тиску палива на клапані форсунки керування цикловою подачею може виконуватися шляхом зміни часу відкритого стану клапана. Тривалість відкритого стану клапана перебуває в безпосередньому зв'язку із тривалістю керуючого електричного імпульсу, що подається на обмотку електромагніта форсунки.

Застосовувані в сучасних системах упорскування з електронним керуванням електромагнітні форсунки виконані по єдиній принциповій схемі, але відрізняються значною різноманітністю конструктивного оформлення основних елементів. Найбільш розповсюджені два типи форсунок. Електромагнітна система першого типу виконана по соленоїдній системі, для другого типу характерне застосування системи із плоским якорем. У першому випадку ущільнююча поверхня клапана звичайно конічна, а распилюючий отвір являє собою кільцеву щілину, утворену цапфою клапана і його сідлом. У другому випадку типове використання плоского клапана з распилювачем - пластиною з одним або декількома каліброваними отворами.

До першого типу відносяться електромагнітна форсунка апаратури фірми «Бош». Поздовжній розріз форсунки показаний на рис. 2.9, де 1 - корпус форсунки. В ідеальному з погляду регулювання випадку час відкритого стану клапана повинен бути рівним тривалості електричного керуючого імпульсу, що надходить на обмотку електромагніта. Однак у реальній форсунці клапан відкривається й закривається не одночасно з початком надходження й закінченням керуючого імпульсу, а із запізнюванням. Це обумовлено тим, що магнітний потік у магнітопроводі форсунки досягає свого максимального значення не миттєво, а через проміжок часу, практично рівний  $(4 - 5) L/r$ , де  $L$  - індуктивність обмотки електромагніта, а  $r$  - її активний опір.





*a* - схема форсунки; *б* - осцилограмми струму в обмотці форсунки, напруги на обмотці форсунки й характеристика «час - перетин» клапана (1 - осциллограмми струму, 2 - напруги; 3 - характеристика «час – перетин» клапана)

Рисунок 2.9 – Схема електромагнітної форсунки та її часові параметри

З наростанням магнітного потоку збільшується сила, з якої якір клапана притягається до сердечника магнітопроводу. По закінченні деякого часу зусилля досягає величини, достатньої для рушення з місця якірця, і клапан відкривається.

Таким чином, час спрацьовування  $t_{cp}$  складається із часу рушення  $t_{mp}$  і часу перельоту  $t'_{пер}$  якоря. Після закінчення керуючого імпульсу магнітний потік зникає також не відразу. Отже, зусилля, з яким якір притягається до сердечника, зменшується поступово. Через проміжок часу, що звичайно називають часом «залипання»  $t_{зал}$  якоря, зусилля падає до значення відпускання, і клапан закривається. Час «залипання» і час зворотного перельоту якоря в сумі становлять час відпускання  $t_{omn}$  клапана.

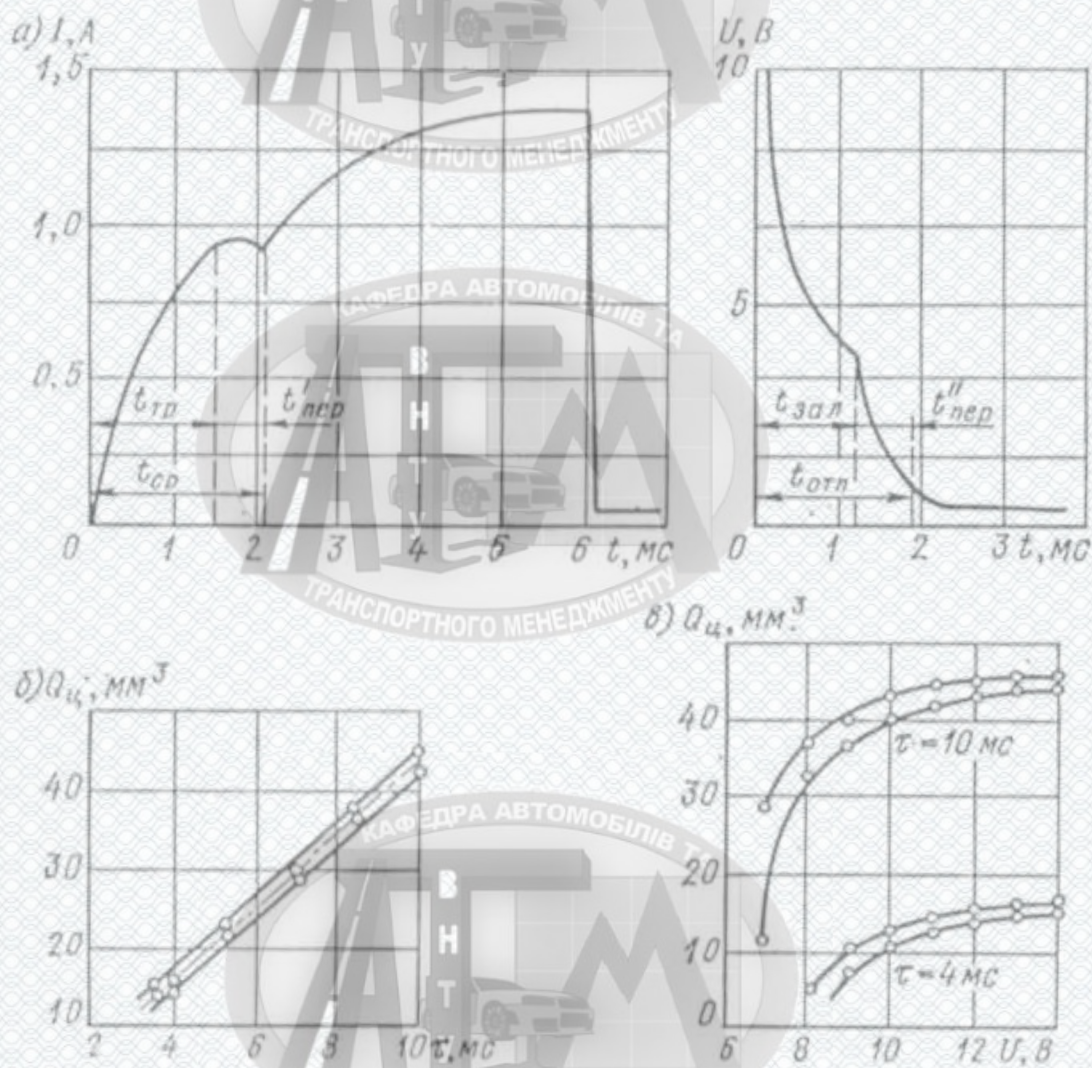


На рис. 2.10 б представлені осцилограми струму 1 і напруги 2, характеристика «час – перетин» - 3. Дано всі тимчасові параметри клапана форсунки: крапки  $a$  й  $b$  – початок і кінець руху якоря,  $c$  – кінець імпульсу струму,  $d$  й  $e$  – початок і кінець зворотного руху якоря,  $0a$  й  $ab$  – час рушання  $t_{mp}$  і руху якоря  $t'_{пер}$ ,  $0b$  – час спрацьовування якоря  $t_{cp}$ ,  $0c$  – тривалість керуючого імпульсу,  $cd$  й  $de$  – час «залипання»  $t_{зал}$  і зворотного перельоту якоря  $t''_{пер}$ ,  $ce$  – час відпускання якоря  $t_{омп}$ . Як час спрацьовування, так і час відпускання не залежать від тривалості керуючого електричного імпульсу, тобто для даної конструкції електромагнітної форсунки є некерованими тимчасовими параметрами характеристики «час - перетин» клапана. При порівнянних значеннях тривалості керуючих імпульсів і некерованих тимчасових параметрів, некеровані параметри варто віднести до небажаних явищ, що негативно позначається на точності дозування. Так, наприклад, мінімальний керований час відкритого стану клапана визначається часом його відпускання. Також цим часом визначається мінімальна циклова подача, при якій можливе керування дозуванням. Були проведені випробування форсунок фірми «Бош», установлених на автомобілі VW – 1600. На рис. 2.10 а представлені осцилограми струму й напруги електромагнітної форсунки. З наведених осцилограм видно, що час рушання якірця  $t_{mp}$  дорівнює приблизно 1.4 мс; час прямого перельоту  $t'_{пер}$  близько 0.6 мс, отже, повний час спрацьовування  $t_{cp}$  дорівнює 2 мс. Час «залипання»  $t_{зал}$  дорівнює 1,3 мс, час зворотного перельоту  $t''_{пер}$  – 0.6 мс. Крім того, характер осцилограми дозволяє встановити, що в процесі закриття мають місце повторні відриви голки від сідла клапана загальною тривалістю 0,4 мс. Таким чином, повний час відпускання  $t_{отп}$  приблизно дорівнює 2 мс.

На рис. 2.10 б показана робоча характеристика форсунки – залежність величини циклової подачі  $Q_{ц}$  від тривалості керуючого імпульсу  $\tau$ . На графіку показане поле розкиду характеристик комплексу, що складається із чотирьох форсунок. Відхилення значень циклових подач при малих тривалостях імпульсу становлять  $\pm 3.5\%$ , при більших тривалостях  $\pm 2.5\%$ . На рис. 2.10 в наведений графік залежності циклових подач від напруги джерела живлення  $U$ . Залежність



дана для двох значень циклових подач, що відповідають тривалостям імпульсів  $\tau = 10$  мс й  $\tau = 4$  мс. Як можна помітити, криві  $Q_u = \varphi(U)$  при різних тривалостях дії електричного імпульсу зміщуються еквідистантно. Це свідчить про те, що основною причиною зміни характеристик є зміна некерованих тимчасових параметрів форсунки при зміні напруги живлення.



а – осцилограмми струму й напруги; б – залежність циклової подачі від тривалості керуючого імпульсу; в – залежність циклових подач від напруги джерела живлення

Рисунок 2.10 – Характеристики електромагнітної форсунки фірми «Бош»



При зміні  $U$  від 10 до 15 В циклова подача незалежно від  $\tau$  збільшується приблизно на  $4 \text{ мм}^3$ , що при малих циклових подачах становить більше 30%. Така залежність є небажаним явищем для електромагнітної форсунки. У зв'язку із цим у програму регулювання системи апаратури фірми «Бош» уведена додаткова корекція електричних імпульсів, що забезпечує необхідну стабільність циклових подач при зміні напруги живлення.

Незважаючи на деякі недоліки, такі як відносно невисока швидкодія, більша залежність циклових подач від напруги живлення, технологічна складність виготовлення, форсунка фірми «Бош» за кордоном не має конкурентноздатних аналогів і застосовується всіма фірмами, що випускають автомобілі з електронними апаратурами упорскування. Форсунки «Брико» (Великобританія) і «Бендикс», у цей час промислового значення не мають.

#### **2.4 Дозування палива в системі впорскування з електронним керуванням**

Дозування палива електромагнітною форсункою базується на зміні тривалості відкритого стану керованого електромагнітного клапана. Подане форсункою паливо (циклова подача) визначається інтервалом часу витікання палива через відкритий клапан і перепадом тиску на клапані, що залежить від тиску палива в системі й тиску у впускному тракті двигуна. У більшості сучасних систем упорскування з електронним керуванням програмування паливоподачею ведеться по тиску у впускному тракті, тому його зміни враховуються автоматично. Необхідний тиск у системі паливоподачі підтримується редукційним клапаном, що перепускає надлишок палива назад у бак. Щоб не ускладнювати регулювання й у той час забезпечити точність дозування, приймають постійним або тиск палива в системі, або перепад тиску на клапанах форсунок. У другому випадку порожнина опорного тиску редукційного клапана з'єднують не з атмосферою, а з порожниною впускного тракту двигуна за дросельною заслонкою.



## 2.5 Вимоги до електромагнітних форсунок

Електромагнітні форсунки встановлюються на двигуні звичайно в кількості, рівній числу циліндрів, і кожен циліндр одержує паливо від своєї форсунки.

Оскільки подача палива виконується у впускний тракт двигуна, можливі різні варіанти відкриття форсунок. Команду від електронного пристрою формування імпульсів форсунки можуть одержувати всі одночасно або можуть бути розділені на рівні групи, що включають по черзі, або кожна форсунка може спрацьовувати окремо в порядку роботи циліндрів. У другому й третьому випадках керуючі імпульси можуть впливати один за іншим без перекриття або з перекриттям у часі. Крім того, можливі одноразова й багаторазова подачі палива кожною форсункою за цикл роботи двигуна.

Межі тривалості відкритого стану клапана форсунки, при яких можливо здійснювати кероване дозування, залежать від варіанта включення й кратності роботи форсунок. Якщо керуючі імпульси впливають один за одним без перекриття в часі, то максимально можливий час відкритого стану клапана для упорскування палива на потужнісних режимах обмежується періодом проходження подач при максимальній частоті обертання колінчатого вала двигуна. У цьому випадку період проходження циклових подач може бути визначений по формулі:

$$T = \frac{60\tau'}{nij} 10^3, \quad (2.1)$$

де  $T$  – період проходження циклових подач, мс;

$\tau'$  – коефіцієнт тактності двигуна (для чотиритактного двигуна  $\tau' = 2$ );

$n$  – частота обертання колінчатого вала двигуна,  $\text{хв}^{-1}$ ;

$i$  – число груп форсунок;

$j$  – кратність упорскування.



При груповому впорскуванні, коли імпульси різних груп форсунок впливають один за одним з перекриттям у часі, період  $T$  не залежить від числа груп форсунок;

$$T = \frac{60\tau'}{n} 10^3, \quad (2.2)$$

(у цьому випадку звичайно  $j = 1$ ).

Ці формули показують, що період проходження циклових подач залежить від варіанта чергування роботи форсунок і буде мінімальним при застосуванні фазного упорскування без перекриття на багатоциліндровому двигуні. Так, наприклад, для восьмициліндрового двигуна з верхньою межею частоти обертання, рівним  $5000 \text{ хв}^{-1}$ , максимально можливий час відкритого стану клапана форсунки на потужнісних режимах обмежується 3 мс.

З огляду на, що циклова подача палива на режимах холостого ходу приблизно в 4 - 5 разів менша максимальної, і приймаючи лінійну залежність між величиною циклової подачі й тривалістю відкритого стану клапана, одержимо, що в цьому випадку мінімальний час відкритого стану клапана повинен бути порядку 0,6 мс. Такі короткі тимчасові інтервали вимагають надзвичайно високої швидкодії клапана, що практично неможливо. Існуючі конструкції форсунок можуть забезпечити мінімальний час відкритого стану клапана не менше 2 мс. Це і є однією із причин того, що фазне упорскування без перекриття в цей час практично не застосовується.

Для визначення меж тривалості електричних імпульсів потрібно брати до уваги ще й наступне. Щоб форсунки не втратили керованості при максимальних циклових подачах і максимальних обертах двигуна, між керуючими імпульсами однієї й тієї ж форсунки повинна бути пауза тривалістю не менш часу відпускання клапана  $t_{\text{отп}}$ . Реально тривалість паузи не може бути менш 2 мс. Отже, максимальна тривалість керуючих імпульсів визначиться з рівняння

$$\tau_{\text{max}} \leq T_{\text{min}} - t_{\text{отп}}. \quad (2.3)$$



Щоб форсунки не втратили керованості при мінімальних циклових подачах, мінімальна тривалість керуючих імпульсів  $\tau_{min}$  повинна бути рівна або більша часу спрацьовування клапана:

$$\tau_{min} \geq t_{cp} S. \quad (2.4)$$

Отже, для восьмициліндрового двигуна з верхньою межею частоти обертання  $5000 \text{ хв}^{-1}$ , якщо є дві групи із чотирьох форсунок, що працюють одночасно, або якщо всі вісім спрацьовують одночасно два рази за цикл роботи двигуна (кратність  $j = 2$ ), межі тривалості керуючих імпульсів складуть від 2 до 10 мс. Відповідно для системи, у якій форсунки працюють із перекриттям у часі або в якій всі вісім форсунок спрацьовують одночасно один раз за цикл роботи двигуна ( $i = 1$  й  $j = 1$ ), ці межі зміщуються ще далі й складуть від 4,4 до 22 мс.

У цей час практичне застосування мають системи із двома по черзі працюючими групами й системи з одночасним дворазовим упорскуванням як забезпечують, з одного боку, норми, пропоновані до систем живлення сучасних двигунів і, з іншого боку, що мають порівняно невисоку складність виготовлення. До перспективної системи варто віднести фазне упорскування з перекриттям у часі. Необхідна статична продуктивність форсунки в першому наближенні може бути визначена по формулі:

$$q_0 = Q_{ц} / t_{ц}, \quad (2.5)$$

де  $q_0$  – статична продуктивність форсунки;

$Q_{ц}$  – циклова подача;

$t_{ц}$  – час відкритого стану клапана.

Звичайно продуктивність форсунки для даного типу двигуна визначають по максимальній цикловій подачі цього двигуна й по максимальній тривалості керуючих імпульсів  $\tau_{max}$ , приймаючи  $\tau_{max} \approx t_{ц max}$ ,  $q_0 = Q_{ц max} / \tau_{max}$ .

Підставляючи значення  $\tau_{max}$  з рівняння (2.3), одержимо:



$$q_0 = \frac{Q_{i \max}}{(60t' / n_{\max ij}) - t_{\text{omn}}}. \quad (2.6)$$

Вираз (2.6) показує, що для даного типу двигуна продуктивність форсунки може бути зменшена у випадку застосування фазного або групового упорскування з перекриттям у часі. Зменшення продуктивності сприятливо позначається на підвищенні швидкодії клапана. Як зазначалося вище, у сучасних системах упорскування з електронним керуванням тиск палива приймається рівним 162 - 196 кПа. Цей тиск забезпечує цілком задовільне сумішоутворення. Практично такі ж ефективні показники можуть бути отримані й при тиску 98 - 147 кПа. Подальше зниження тиску палива не гарантує відсутність паротворення в трубопроводах системи при високих температурах навколишнього повітря.

Проведені ЦНІТА дослідження показали, що підвищення тиску в системі до 294 – 490 кПа не поліпшує економічних показовий двигуна, але збільшує навантаження на електробензонасос і помітно погіршує швидкодія форсунок.

Знаючи статичну продуктивність форсунки й перепад тиску на клапані, можна визначити площу ефективного перетину клапана з вираження:

$$\mu_{\phi} f_{\phi} = \frac{q_0}{\sqrt{2/r} \sqrt{\rho}}, \quad (2.7)$$

де  $\mu_{\phi} f_{\phi}$  – площа ефективного перетину клапана форсунки;

$\rho$  – щільність палива;

$r$  – перепад тиску палива на клапані.

## 2.6 Методика розрахунків електромагнітної форсунки

Від якості роботи форсунки значною мірою залежить економічність роботи двигуна, тому створенню надійної форсунки з більшим ресурсом роботи приділяється велика увага. До роботи форсунки пред'являються високі вимоги як



по швидкодії, так і по точності дозування заданої кількості палива. Для бензинових двигунів електромагніт форсунки повинен відкривати й закривати клапан за 1 мс. Особливо високі вимоги пред'являються до форсунок для бензиноводневих двигунів, так як при цьому повинні бути синхронізовані ще й фази подачі водню й бензину.

Розробці форсунки звичайно передуює етап моделювання динамічних процесів, що відбуваються у форсунці. Фактично, форсунка є електромагнітом клапанного типу. Обмотка керування форсунки звичайно живиться від електронного підсилювача потужності, для якого диференціальне рівняння, що зв'язує вхідну й вихідну напруги, у першому наближенні може бути представлено диференціальним рівнянням першого порядку:

$$T_y \cdot \frac{d}{dt} \cdot U_b(t) + U_b(t) = K_y \cdot U_{bx}(t), \quad (2.8)$$

де  $K_y$  й  $T_y$  – відповідно коефіцієнт підсилення й постійна часу електронного підсилювача.

Після подачі напруги  $U_{bx}(t)$  на керуючу обмотку форсунки ця напруга врівноважується активним спаданням напруги й протидіє ЕРС в обмотці керування:

$$U_b(t) = J(t) \cdot R + \frac{d}{dt} \psi(t), \quad (2.9)$$

де  $J(t)$  – струм у керованій обмотці форсунки;

$R$  – активний опір обмотки форсунки;

$\frac{d}{dt} \psi(t)$  – швидкість зміни потоків.

У перші моменти часу, коли немає зміни положення клапана форсунки й зазор у магнітному ланцюзі великий, магнітний ланцюг форсунки можна вважати



ненасиченим, а індуктивність керуючої обмотки  $L$ - постійною. Тому що  $\psi(t) = L \cdot J(t)$  то рівняння (2.9) прийме наступний вигляд:

$$U_b(t) = J(t) \cdot R + L \cdot \frac{d}{dt} J(t). \quad (2.10)$$

При цьому наростання струму в обмотці буде відбуватися по експоненті з постійної часу  $T=L/R$  аж до моменту відкриття клапана форсунки.

Після початку руху клапана форсунки відбувається зміни повітряного зазору  $G$ . Тому що індуктивність обмотки керування:

$$L = W^2 \cdot G \quad (2.11)$$

де  $W$  – кількість витків в обмотці керування, то при русі клапана відбувається зміни індуктивності обмотки керування.

При цьому рівняння (2.11) буде мати наступний вигляд:

$$U_b = J(t) \cdot R + L(t) \cdot \frac{d}{dt} J(t) + J(t) \cdot \frac{d}{dt} L(t), \quad (2.12)$$

де  $\frac{d}{dt} L(t)$  – швидкість зміни індуктивності обмотки керування при русі клапана форсунки.

За рахунок зміни індуктивності при зміни повітряного зазору в процесі руху клапана спочатку ще небагато зростає, а потім різко зменшується.

Для моделювання впливу зміни індуктивності  $L(t)$  при зміни зазору скористаємося наступним співвідношенням:

$$\frac{d}{dt} L(t) = \frac{d}{d\delta(t)} L(t) \cdot \frac{d}{dt} \delta(t), \quad (2.13)$$

де  $\frac{d}{dt} \delta(t)$  – швидкість зміни зазору в магнітному ланцюзі;



$\frac{d}{d\delta(t)}L(t)$  – швидкість зміни індуктивності обмотки керування від зміни

зазору.

Індуктивність обмотки керування дорівнює:

$$L = W^2 \cdot G. \quad (2.14)$$

А магнітна індуктивність  $G$  з обліком тільки повітряного зазору може бути визначена по наступній формулі:

$$G = \mu_0 \cdot \frac{S}{\delta}, \quad (2.15)$$

де  $\mu_0$  – магнітна проникність матеріалу в зазорі (повітря);

$S$  – площа зазору. Однак у цьому випадку при нульовому зазорі  $G \rightarrow \infty$ , а отже індуктивність теж дорівнює нескінченності.

Фактично в замкнутому стані керуюча обмотка має певну величину індуктивності, що відрізняється від нескінченності, хоча й більше, ніж при розімкнутому стані. Тому введемо деяке значення кінцевого зазору  $\delta_0 = 0,1$

І отже формула (2.15) має вигляд:

$$G = \mu_0 \cdot \frac{S}{(\delta + \delta_0)}, \quad (2.16)$$

а отже

$$\frac{d}{d\delta(t)}G(t) = -\mu_0 \cdot \frac{S}{(\delta + \delta_0)^2}. \quad (2.17)$$

Тому що індуктивність обмотки керування:

$$L(t) = \frac{\psi(t)}{J(t)}; \quad L(t) = W^2(G_\delta + G_0); \quad L(t) = W^2 \cdot \mu \cdot \frac{S}{\delta + \delta_0}.$$



то після спрацювання клапана форсунки зміна струму в обмотці керування буде відбуватися по експоненті з постійним часом  $T=L/R$ , більшим, ніж постійний час обмотки керування в початковий момент часу, коли клапан закритий і зазор має найбільше значення.

Зміна магнітного зазору клапана форсунки відбувається за рахунок сили форсунки, що розвиває електромагнітом. Припустимо, що насичення сердечника відсутнє, для розрахунку сили, що розвивається електромагнітом, скористаємося наступною формулою:

$$F(t) = -0.5 \times J^2(t) \times W^2 \times \frac{d}{d d(t)} G(t), \quad (2.18)$$

а з урахуванням залежності для швидкості зміни провідності  $G(t)$  при зміні зазору одержимо наступну формулу:

$$F(t) = -0.5 \cdot J^2(t) \cdot W^2 \cdot \mu_0 \cdot S \cdot \frac{1}{(\delta + \delta_0)^2}. \quad (2.19)$$

Сила, що розвиває електромагнітом, іде на подолання сили, що стискає пружини й на прискорення частин, що рухаються, клапана форсунки:

$$m \cdot \frac{d^2}{dt^2} x(t) + \beta \cdot \frac{d}{dt} x(t) + c \cdot x(t) = F(t) - F_{\text{trog}}, \quad (2.20)$$

де  $m$  – маса рухливих частин;

$c$  – твердість пружини клапана;

$F_{\text{trog}}$  – сила рушання, тобто сила, що розвиває електромагнітом клапана форсунки, при якій починається рух клапана;

$x(t)$  – координата рухливої частини клапана, пов'язана з зміною зазору.

Рівняння 2.8-2.20 являють собою замкнуту систему рівнянь і використані при моделюванні динамічних процесів, що відбуваються у форсунках.



За рахунок зміни індуктивності  $L(t)$  спостерігається зменшення струму, а потім його подальший ріст після зупинки клапана.

Рух й зупинка клапана відбуваються ударно, так що спостерігаються коливання клапана із частотою власних коливань клапана.

## 2.7 Висновки до розділу 2

Система газобалонного обладнання 4 покоління є найбільш популярною. Адже, принцип роботи такого ГБО простий: він може одночасно утворювати два види палива, завдяки газовій форсунці, яка стоїть у впускному колекторі і дає основну порцію палива, в цей час бензинова форсунка відкривається на 5% -30% від звичайної подачі, в той же час, вона охолоджується і зберігає чистими канали розпилювача.

В розділі проведено аналіз сучасного газового обладнання, характеристик та пропускної спроможності електромагнітних форсунок, розраховано дозування палива в системі впорскування з електронним керуванням, обґрунтовані вимоги до електромагнітних форсунок, наведена методика розрахунків електромагнітної форсунки.

Виявили, що від якості роботи форсунки значною мірою залежить економічність роботи двигуна, тому створенню надійної форсунки з більшим ресурсом роботи приділяється велика увага. До роботи форсунки пред'являються високі вимоги як по швидкодії, так і по точності дозування заданої кількості палива. Для бензинових двигунів електромагніт форсунки повинен відкривати й закривати клапан за 1 мс.





## РОЗДІЛ 3

### ЗАПРОПОНОВАНІ МЕТОДИ І ЗАСОБИ

### ВІДНОВЛЮВАННЯ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ГАЗОВИХ

### ФОРСУНОК

#### 3.1 Застосування методів і засобів визначення пропускної спроможності електромагнітних форсунок

Для початку застосування методів визначення пропускної спроможності електромагнітних форсунок наведемо приклад розрахунок прохідного перетину електромагнітної газової форсунки. Вихідні дані для розрахунку:  $N_e = 100$  кВт,  $\eta = 0.33$ ,  $Q_H = 34300$  кдж/м<sup>3</sup>. Для початку годинну витрата палива знаходимо за формулою:

$$G_T = \frac{N_e \cdot 3.6}{Q_H \cdot \eta_e}; \quad G_T = \frac{100 \cdot 3.6}{34300 \cdot 0.33} = 0.0318. \quad (3.1)$$

Знаходимо циклову витрату палива:

$$G_{mц} = G_T \cdot \frac{i}{60 \cdot n \cdot z}; \quad G_{mц} = 0.0318 \cdot \frac{4}{60 \cdot 100 \cdot 4} = 0.0000053. \quad (3.2)$$

Знаходимо прохідний перетин форсунки:

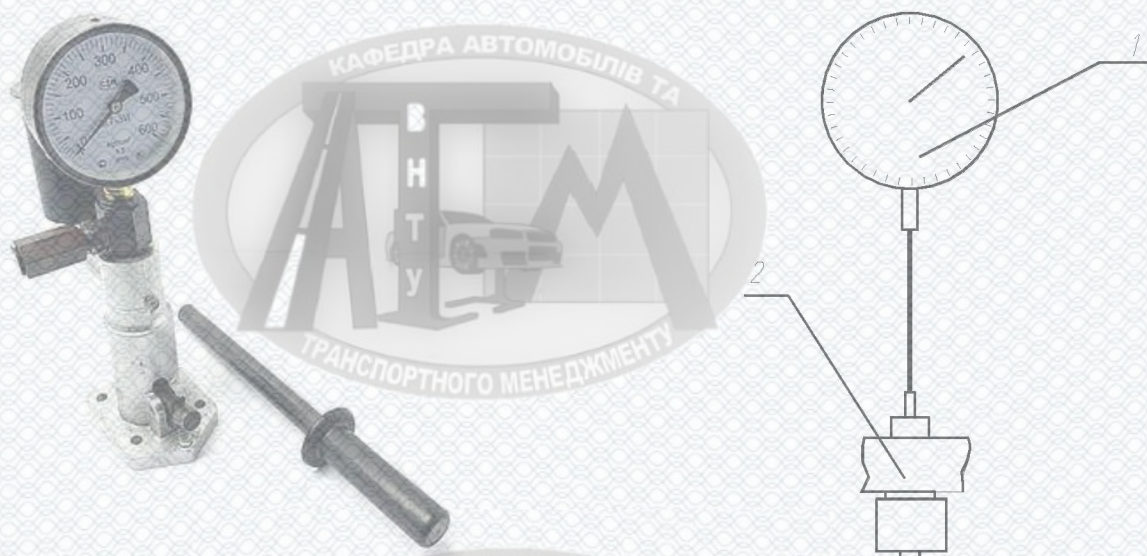
$$f_\phi = \frac{G_{mц}}{\mu \cdot \tau_{en} \sqrt{2 \cdot \rho \cdot P}}; \quad f_\phi = \frac{0,0000053}{0,7 \cdot 0,2 \cdot \sqrt{2 \cdot 0,2 \cdot 0,7}} = 0.0000715. \quad (3.3)$$

Знаходимо діаметр перетину:



$$d = \sqrt{\frac{f_{\phi}}{\pi}} = \frac{0.0000715}{3,14} = 0,0047 \text{ (м)}; \quad d = 4,7 \text{ (мм)}.$$

Перевірка ходу клапана електромагнітної форсунки (рис. 3.1). Цей спосіб дозволяє визначити хід клапана електромагнітної форсунки. Для різних типів форсунок він може бути від 0.3 до 0.7мм. На катушку подається напруга і стержень який упирається в клапан рухається разом з ним і на індикаторі ми бачимо відхилення, яке дорівнює ходу клапана. Чим менший хід клапана тим кращі показники у форсунки. Цей метод нам дозволяє побічно визначити пропускну спроможність форсунки і тому не достатньо обмежитись тільки ним.



1 – індикатор часового типу; 2 – електромагнітна форсунка

Рисунок 3.1 – Схема перевірки ходу клапана електромагнітної форсунки

Перевірка пропускну спроможності форсунки. Принципова схема станда наведена на рис 3.2. За допомогою цього станда можна визначити пропускну спроможність газових електромагнітних форсунок.

Його дія полягає у наступному - компресор накачує повітря у ресивер, тиск у магістралі контролює манометр, тиск повинен бути не менший ніж 4 атм. Другий манометр показує тиск після редуктора, який потрібно видавати 4 атм.



Принцип дії стенда слідує наступний: ми подаємо напругу на форсунку, тим самим відкриваємо її, тиск у системі почне спадати і різниця між 4 атм і величиною яка буде на манометрі буде нам інформувати пропускну спроможність форсунки.

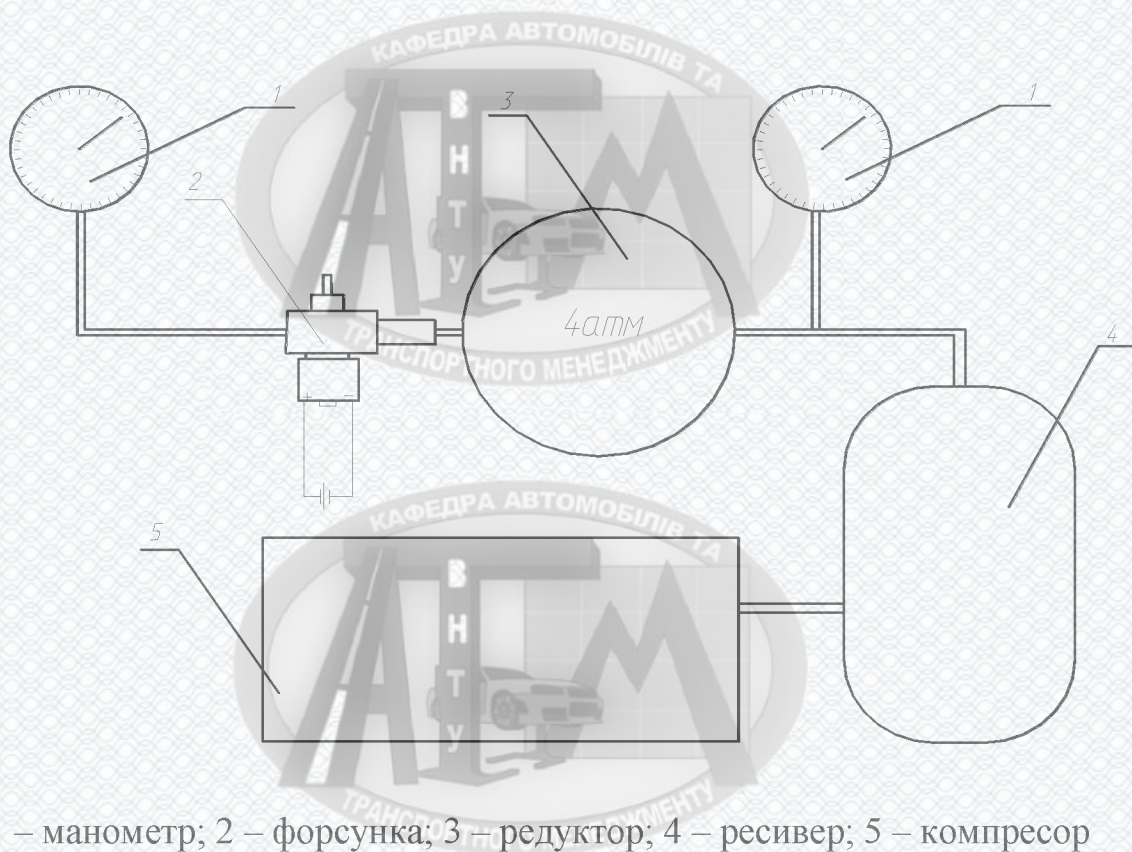


Рисунок 3.2 – Схема перевірки пропусної спроможності форсунки за допомогою пневматичного стенду

Принцип дії стенда слідує наступний: ми подаємо напругу на форсунку, тим самим відкриваємо її, тиск у системі почне спадати і різниця між 4 атм і величиною яка буде на манометрі буде нам інформувати пропускну спроможність форсунки.

### 3.2 Вибір параметрів, що характеризують пропусну спроможність електромагнітних форсунок

Обґрунтуємо вибір інформативних параметрів для оцінки технічного стану вузлів систем паливоподачі. Проаналізувавши конструкції систем паливоподачі



(впорскування), несправності вузлів цієї системи можна відзначити, що вони складні по конструкції.

Для діагностування паливної системи попередньо потрібно знімати досить велику кількість вузлів, джгутів, трубопроводів і т.д. Сучасні автомобільні двигуни, оснащені мікропроцесорними системами керування, насичені різними датчиками, сполучними трубопроводами й іншими системними компонентами, при демонтажі форсунок вимагають значних витрат часу. Крім того, демонтаж форсунок може привести до псування гумових ущільнювачів й інших деталей. Тому, для ефективної безрозбірної діагностики силових установок необхідно визначити перелік факторів, що впливають на їх інформативні параметри, а також розробити методи й засоби виміру.

Під інформативним параметром розуміється такий параметр, який можна виміряти на реальному об'єкті і який несе в собі кількість інформації про діагностичний або про структурний параметр. Інформативні параметри перетворюються в діагностичні у випадку, коли несуть у собі інформацію про стан об'єкта й з появою кількісного або функціонального зв'язку між цим параметром і технічним станом об'єкта.

По інформативності параметра можна судити чи придатні вони для використання в якості діагностичних, на скільки вони змінюються, чи існує між ними зв'язок і між структурними параметрами. Чи дозволяють вони зробити кількісну оцінку технічного стану об'єкта. Якщо параметр таким вимогам задовольняє, його можна розглядати, як діагностичний. Важливо в остаточному підсумку вибрати діагностичний параметр.

$$B = \mu f m \sqrt{2 \rho_T \Delta p_{T\Phi}} \tau_{en}, \quad (3.4)$$

де  $\rho_m$  – щільність палива;

$\Delta p_T$  – тиск палива;

$\tau_{en}$  – тривалість впорскування;

$f$  – ефективний прохідний перетин розпилюючих отворів форсунки;



$m$  – число упорскувань за один робітник цикл однією форсункою;

$B$  – циклова подача палива.

Як видно з формули (3.4), на циклову подачу впливають всі параметри, що входять у формулу. Кожний з них впливає по різних причинах.  $\tau_{en}$  – залежить від роботи контролера й датчиків,  $\Delta p_m$  – залежить від насоса й стабілізатора,  $\mu f$  – залежить від стану пропускної частини розпилюючих отворів. Контролер керує цикловою подачею  $B_{ци}$ , змінюючи тільки тривалість подачі  $\tau_{en}$  залежно від режиму роботи двигуна і його теплового стану.

Для бензинового двигуна важливо, щоб коефіцієнт надлишку повітря зберігався незмінним у заданих межах, тому циклова подача, крім того, що вона впливає на потужність двигуна, впливає й на коефіцієнт надлишку повітря. Крім потужнісних показників, циклова подача впливає й на склад суміші, тобто на коефіцієнт надлишку повітря, а від цього залежить якість робочого процесу, індикаторний ККД. Обговорювані параметри є й діагностичними.

Спочатку вимірюються: тиск палива в рампі, тривалість упорскування, частота колінчатого вала або період проходження керуючих імпульсів. Потім знаходять циклову подачу при  $\mu f = const$ . У випадку, коли  $\mu f$  - невідомо, необхідно порахувати кількість циклових подач за певний проміжок часу. Таким чином, діагностичними параметрами для діагностування форсунки є: тривалість керуючих імпульсів, період проходження керуючих імпульсів, число упорскувань  $m$  за один оберт колінчатого вала. Але  $m$  – конструктивний параметр, відомий для даного типу двигуна. Це величина, що не може змінюватися в процесі експлуатації, а  $\rho_T$  – експлуатаційний параметр, що ми відкидаємо й таким чином, у якості інформативних залишаються:  $T_{ци}$ ,  $\tau_{вп}$ ,  $\Delta p$ , і  $f$ .

Прохідний перетин форсунки прямим способом виміряти не можна, тільки непрямим методом – методом проливки. Цей метод застосовується для дизелів і бензинових двигунів. Для цього потрібно демонтувати форсунки із двигуна, установити їх на експериментальну установку й пролити. При відомому тиску вимірюють кількість пройденого через розпилювач палива й оцінюють продуктивність форсунки по додатковій таблиці, а потім знаходять  $\mu f$ . Якщо за



певний час різні форсунки налили різну кількість палива  $V$ , уже на цій підставі вони відрізняються прохідним перетином  $\mu f$ .

Вимірювання проводяться в статичному режимі при безперервній подачі палива й відкритих клапанів, при цьому число упорскувань  $m=1$ , а  $\rho_T$ ,  $\tau_{en}$  – відомо.

Розглянемо формулу для шпаруватості керуючих імпульсів. Шпаруватість тут виступає як непрямий параметр.

$$q = \frac{T_{\text{ц}}}{m\tau_{\text{ВП}}}. \quad (3.5)$$

Кількість упорскувань однією форсункою  $m$  становить близько 250 разів тривалістю 2 мс за кожне упорскування. Тоді, загальний час упорскування становить 30 сек. Таким чином, кожне  $\tau_{\text{ВП}}$  виміряти можна, а загальне  $\tau$  вимірювати незручно, тому зручніше вимірювати період проходження керуючих імпульсів.

Тривалість упорскування встановлює мікропроцесор залежно від частоти обертання вала  $n$ , витрати повітря  $G_v$  і температури охолодної рідини  $t_{\text{ок}}$ .

Відхилення від норми  $\tau_{\text{en}}$  може відбутися в результаті дефектів у витратомірі повітря або датчику температури  $t_{\text{ок}}$ .

Як було сказано раніше, на реальному двигуні упорскування бензину здійснюється у вигляді невеликих порцій наступних із тривалістю  $\tau_{\text{ВП}}$  і частотою обертання колінчатого вала. Отже діагностичним (інформативним) параметром буде частота обертання колінчатого вала.

$$V_{\text{ц}} = \mu f \sqrt{2\rho_T \Delta p_{T\Phi}} \tau_{\text{ВП}}, \quad (3.6)$$

де  $\mu f$  – ефективний прохідний перетин розпилюючих отворів однієї форсунки;

$\rho_T$  – щільність палива при поточному значенні температури;

$\Delta p_{T\Phi}$  – перепад тиску палива на розпилюючих отворах форсунки;

$\tau_{\text{ВП}}$  – тривалість упорскування (тривалість керуючого імпульсу).



Як видно з формули (3.6),  $\mu f$  й  $\Delta p_{TF}$  – параметри, що ставляться до гідравлічної частини системи, а  $\tau_{ВП}$  – до електричної частини.

У свою чергу  $\Delta p_{TF}$  можна представити як:

$$\Delta p_{TF} = p_{TP} - \Delta p_{ПФ} + \Delta p_{BK}, \quad (3.7)$$

де  $p_{TP}$  – тиск палива в рампі;

$\Delta p_{ПФ}$  – втрата тиску на гідравлічному опорі пропускної частини форсунки;

$\Delta p_{BK}$  – розрідження у впускному колекторі.

Тривалість керуючих імпульсів  $\tau_{ВП}$ :

$$\tau_{ВП} = \tau_0 k_t k_\theta k_y k_\lambda + \tau_{AB}, \quad (3.8)$$

де  $\tau_0$  – базове значення керування тривалістю керуючого імпульсу, обумовлене по сигналах датчиків витрати повітря й частоти обертання;

$k_t, k_\theta, k_y, k_\lambda$  – коефіцієнти, що враховують відповідно, вплив температури охолодної рідини, повітря, прискорення й складу відпрацьованих газів;

$\tau_{AB}$  – поправка на тривалість керуючого імпульсу за станом акумуляторної батареї.

Формула (3.8) справедлива для систем з каталітичним нейтралізатором. У системі без каталізатора,  $k_\lambda$  - відсутній.

Циклова подача залежить від технічного стану елементів системи перерахованих вище.

Залишилося розглянути у формулі 3.8 ефективний прохідний перетин форсунки  $f$ , що змінюється в процесі експлуатації через смолисті відкладення, фарбоутворення й інших процесів, які в загальному прийнято називати карбонізацією.

Уведемо поняття коефіцієнта технічного стану (КТС), що представляє собою відношення поточного технічного стану до вихідного.



Так, наприклад, прохідний перетин розпилюючих отворів форсунки з урахуванням уведеного поняття КТС буде характеризуватися:

$$k_{\mu} = \frac{\mu f_T}{\mu f_I}, \quad (3.9)$$

де  $\mu f_T, \mu f_I$  – відповідно поточний і вихідний прохідний перетини форсунок.

Прохідний перетин  $\mu f$  є структурним параметром, тому  $k_{\mu}$  - характеризує безпосередньо технічний стан форсунки по пропускній здатності через розпилюючий отвір. Крім забруднення розпилюючих отворів і зміни  $f$  в електромагнітних форсунках забруднюється пропускна частина за рахунок нагромадження твердих часток і смолистих відкладень. У результаті змінюється гідравлічний опір пропускної частини й перепад тиску (втрата напору) на пропускній частині форсунки.

Якщо позначити перепад тиску на пропускній частині форсунки вихідний  $\Delta p_{\text{ПФ} \text{ И}}$ , на початку експлуатації й  $\Delta p_{\text{ПФ} \text{ Т}}$  – перепад тиску в даний момент, то коефіцієнт технічного стану пропускної частини форсунки  $k_{\text{ПФ}} = \frac{\Delta p_{\text{ПФ} \text{ И}}}{\Delta p_{\text{ПФ} \text{ Т}}}$ .

Загальний технічний стан форсунки і її гідравлічні характеристики можна представити як:

$$k_{\Phi} = k_{\mu} k_{\text{ПФ}}. \quad (3.10)$$

Аналізуючи (3.10) можна констатувати, що перепад тиску на розпилюючих отворах форсунки  $\Delta p_{\text{ТФ}}$ , крім втрати тиску на проточній частині, залежить від тиску палива в рампі  $p_{\text{ТР}}$  і розрідження у впускному колекторі  $\Delta p_{\text{ВК}}$ ,  $\Delta p_{\text{ВК}}$  – величина, що залежить тільки від ступеня відкриття дросельної заслінки й від технічного стану системи паливоподачі не залежить.  $p_{\text{ТР}}$  залежить від продуктивності паливного насоса і його технічного стану, а також від технічного стану стабілізатора тиску.



### 3.3 Вибір датчиків для вимірювання інформативних параметрів

Датчик масової витрати повітря. У датчику використовуються три чутливих елементи у вигляді струн. Один елемент визначає температуру повітря, а два інших, з'єднані паралельно, нагріваються до певної температури, що перевищує температуру повітря. Електронна схема датчика визначає витрату повітря шляхом вимірювання електричної потужності, необхідної для підтримки заданої температури елементів, що нагріваються. Інформацію про витрату повітря датчик видає у вигляді частотного сигналу (2-10 кгц). Чим більше витрата повітря, тим вище частота сигналу. Згідно з рис 3.3 частина вхідного потоку (2) всмоктуваного повітря (4) проходячи через ґрати (3) потрапляє на чутливий елемент (6), де його швидкість і кількість аналізується електронним блоком (1) при відомому перерізі вимірювальної трубки (5).

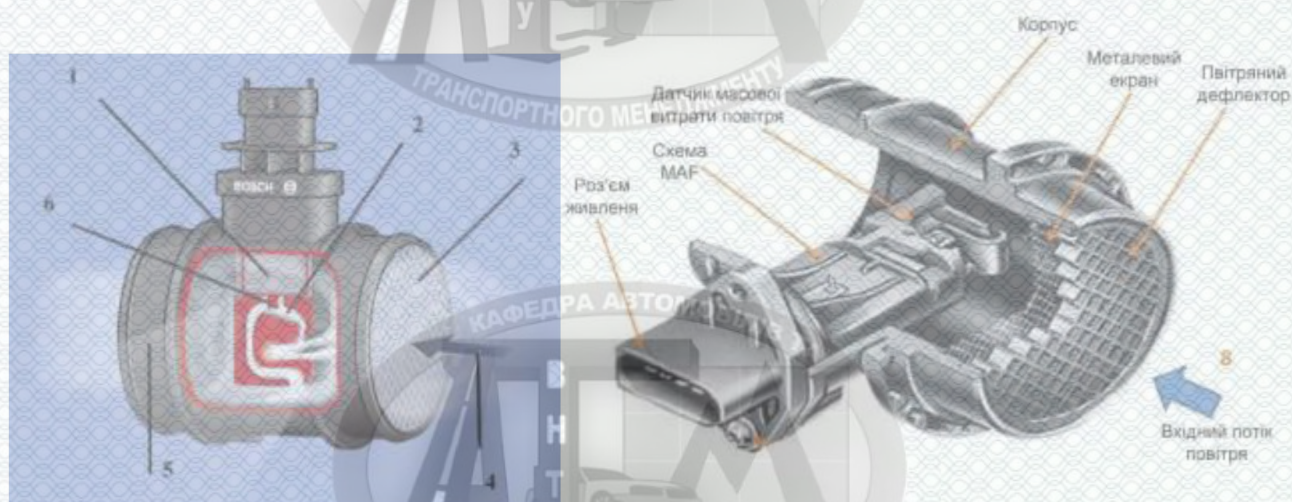


Рисунок 3.3 – Датчик масової витрати повітря

Тестер для перевірки форсунок (рис 3.4). Тестер призначений для перевірки працездатності форсунок. Тестер використовується для проведення технічного обслуговування й ремонту автомобілів на станціях технічного обслуговування, автосервісу, власником автомобіля.



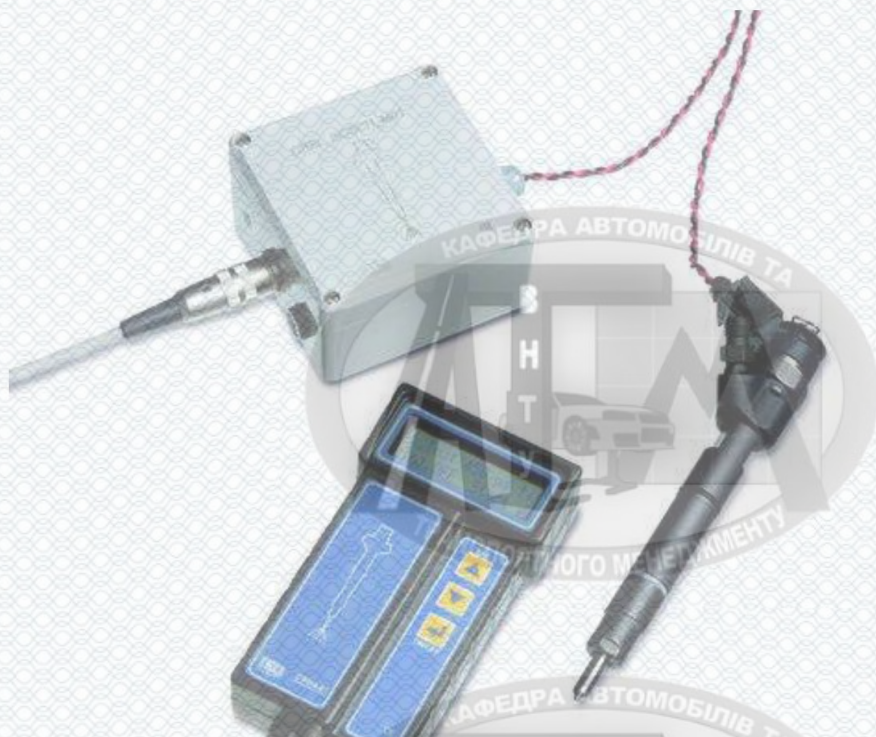


Рисунок 3.4 – Тестер для перевірки працездатності форсунок.



Рисунок 3.5 – Комплект GREENGAS DIT для тестування і промивання форсунок за спеціальним алгоритмом



Унікальність GREENGAS DIT полягає у високій точності вимірювань та повній мобільності. Діагностика та відновлення форсунок може бути проведена як на спеціальному стенді, так і без демонтажу форсунок з автомобіля. При цьому реанімація проводиться шляхом промивання форсунок за спеціальним алгоритмом, а сам GREENGAS DIT може бути дооснащений вузлом подачі рідини для очистки (Wynn's, деталан).

Також GREENGAS DIT дозволяє провести тестування форсунки під тиском у різних режимах роботи, щоб зімітувати навантажувальні режими двигуна. При цьому є можливість порівняти характеристики відразу для всіх форсунок в рейці (від 2 до 4 форсунок одночасно). І якщо питання стосується форсунок, в яких можна відрегулювати висоту підняття штока, і цим змінити витратну характеристику, можна провести регулювання форсунок прямо на стенді або автомобілі.

Цифровий тестер форсунок GREENGAS DIT дозволяє виявити такі несправності: зміна опору котушки; коротке замикання котушки; підclinювання плунжера; зміна витратної характеристики; зміна часу спрацьовування; знос запірного елемента; негерметичність сідла; зношування покриття корпусу плунжера; перевірка працездатності форсунок за формою сигналу.

Короткий опис: DD4.1 – генератор, що задає, для стабільності застосований кварц. На лічильнику DD1 виконаний формувач тривалості імпульсів відмикання форсунки.

Тривалість імпульсу можна вибирати 2,5 або 5 мс перемикачем SA1. На лічильнику DD2 виконаний дозатор числа імпульсів. Кількість імпульсів вибирається перемикачем SA2. Вимикачем SA3 (фіфкований) можна включити безперервний режим. Це необхідно при промиванні форсунок, у тому числі ультразвуком. SB1 - кнопка "Пуск", при натисканні на неї починає працювати дозатор. ЗЗ,R3 - служить для установки в нуль DD2,DD3.1 при ввімкненні живлення. VD1,R6,R5,C4 - придушує дребезг SB1.



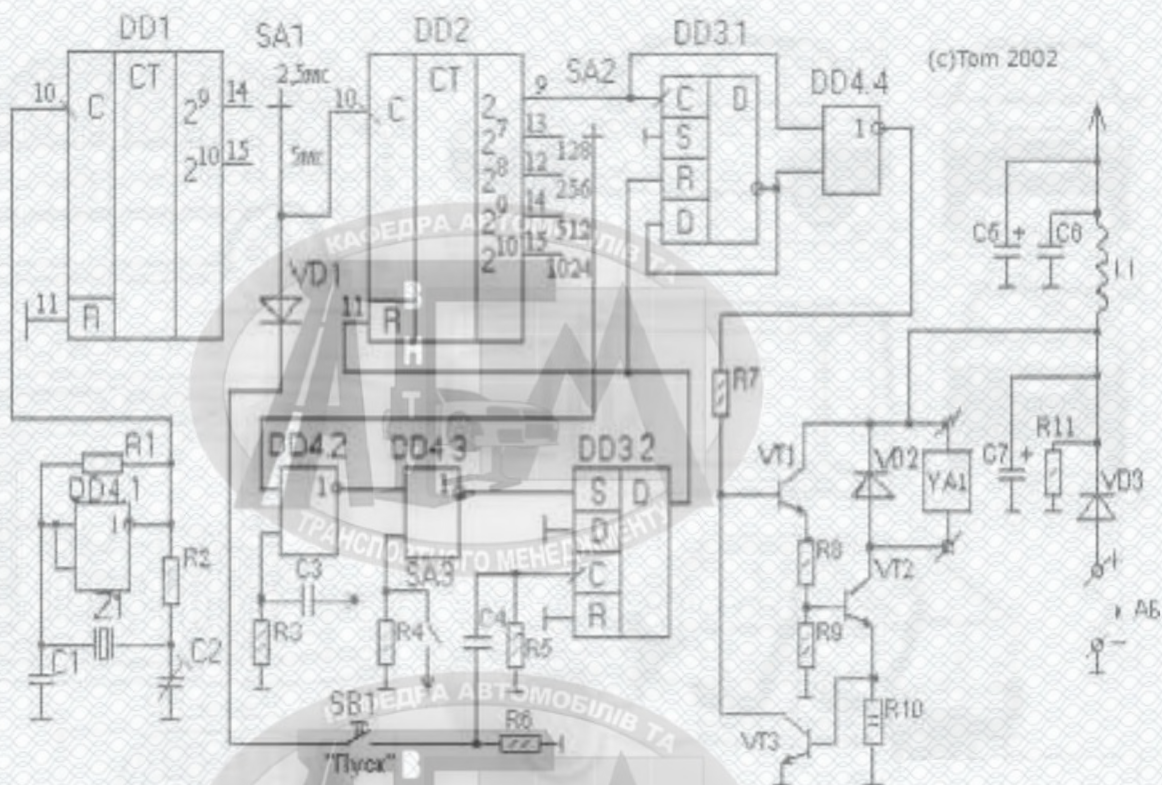


Рисунок 3.6 – Схема тестеру для перевірки форсунок

Можна обійтися й без нього, але при тривалому натисканні на SB1 може відбутися повторне включення дозатора. VT3 - сигнал на захист від КЗ, з нею VT2 (KT817) може витримати пару циклів роботи дозатора. Замість VT1, VT2 можна поставити складовий KT972 або KT829, але тоді губимо ще 1 вольт на  $U_{нас.ке}$ . При живленні пристрою від акумуляторної батареї автомобіля стабілізації живлення мікросхем не потрібно. Якщо від іншого джерела, то послідовно з L1 потрібно поставити резистор і стабілітрон на 10-15В. Перегони можна зафіксувати тільки гарним осцилографом і на роботу пристрою вони не впливають. Коефіцієнти розподілу лічильників можна змінювати по необхідності - дані лічильники дозволяють це робити в широких межах, але кратно двом.

Цифровий USB осцилограф (рис. 3.7) призначений для:

- зняття осцилограми напруг у первинному й вторинному ланцюгах системи запалювання;
- оцінки стану механіки двигуна по осцилограмі фаз газорозподілу;



- вимірювання в ланцюгах будь-яких електронних систем сучасних автомобілів (ABS, ASR, ABD, ESP, Air Bag, AT й ін.);

- вимірювання сигналів з датчиків:

- а) витратомір повітря;
- б) вміст кисню (лямбда-зонд);
- в) температура охолоджуючої рідини;
- г) детонації;
- д) холу;
- ж) положення колінчатого вала;
- з) положення розподільного вала;
- к) абсолютного тиску й ін.

- вимірювання сигналів, які поступають на виконавчі механізми й пристрої:

- а) котушка запалювання;
- б) форсунки;
- в) регулятор холостого ходу;
- г) клапан EGR й ін.



Рисунок 3.7 – Цифровий USB Осцилограф

Комплектується кабелями й адаптерами для первинних і вторинних ланцюгів запалювання. Короткий технічний опис: режим аналогового осцилографа; кількість вхідних каналів: 8; кількість каналів Осцилографа: 1, 2, 4, 8 (на вибір); АЦП:12 біт; діапазон вхідної напруги:  $\pm 15V$  (вхідний подільник 1:1);  $\pm 150V$  (вхідний подільник 1:10);  $\pm 150k$  (ємність датчика із чутливістю 1V/10k); максимальна



частота оцифровки на канал: 250kHz (125kHz в 2-х каналному режимі, 50kHz в 4-х каналному, 25kHz в 8-ми каналному); режим оцифровки: безперервний; вхідний опір: 1Мом.

Додаткові можливості: вільне перемикання вхідних каналів (можливість підключення каналу осцилографа прямо до кожного з фізичних входів); можливість створення налаштувань користувача для часто використовуваних режимів; виконання програмою USB Oscilloscope файлів скриптів аналізатора з метою автоматизації аналізу осцилограм.

Режим цифрового аналізатора: кількість вхідних каналів: 8; режими: 4-х, 8-и каналний аналізатор; максимальна частота оцифровки: 500kHz в 4-х каналному режимі, 250kHz в 8-ми каналному; режим оцифровки: безперервний; вхідний опір: 10 Ом.

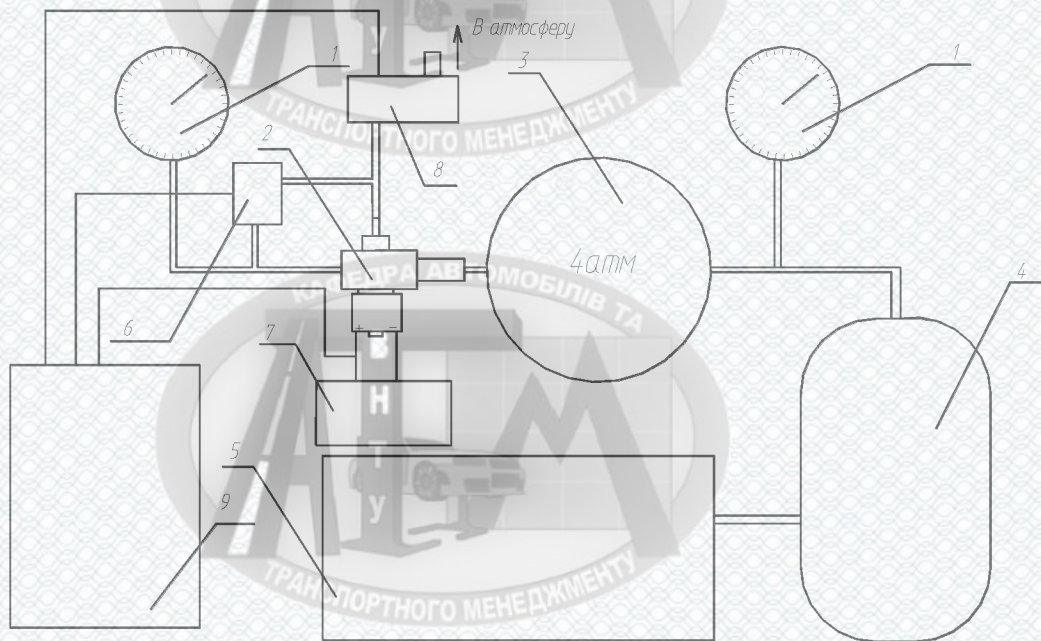
Короткий опис ПЗ: підтримувані ОС: Windows 98Se/Me, Windows 2000/XP/Server2003; основні можливості: режим відображення + запис + вимір у реальному масштабі часу одночасно; діапазон тимчасової шкали: аналоговий режим 100мкс/справ. - 1з/справ.; цифровий аналізатор 50мкс/справ. - 1з/справ.; діапазон шкали напруги (тільки в аналоговому режимі): 50m/справ. - 5V/справ. (0.5V/справ. - 50V/діл. при використанні вхідного дільника напруги 1:10); режим синхронізації: передній/задній фронт зазначеного рівня по кожному із вхідних каналів; мінімальний час запису (за умови наявності дискового простору): Windows 2000/XP/Server2003 аналоговий режим - 47 хв. при максимальній частоті оцифровки 250kHz; режим цифрового аналізатора - 71 хв. при максимальній частоті оцифровки 500kHz; Windows 98Se/Me аналоговий режим - 23 хв. при максимальній частоті оцифровки 250kHz; режим цифрового аналізатора - 35 хв. при максимальній частоті оцифровки 500kHz.

Вимірювальний інструментарій: max / min / середнє / напруга / амплітуда, час, частота; режим відображення середнього / пікового значення напруги на малих розгорненнях; виконання програмою USB Oscilloscope файлів скриптів аналізатора з метою автоматизації аналізу осцилограм; установка маркерів.



### 3.4 Розробка структурної схеми пристрою, що забезпечує визначення пропускної спроможності електромагнітних форсунок

Наведемо розроблену схему установки для перевірки пропускної спроможності форсунки за допомогою пневматичного станду з електронними датчиками виміру параметрів форсунки (рис. 3.8, рис .3.9).



1 – манометр; 2 – форсунка; 3 – редуктор; 4 – ресивер; 5 – компресор; 6 – диференційний датчик тиску; 7- імпульсний генератор; 8 – датчик масової витрати повітря; 9 – цифровий USB осцилограф

Рисунок 3.8 – Схема установки для перевірки пропускної спроможності форсунки за допомогою пневматичного станду з електронними датчиками вимірювання





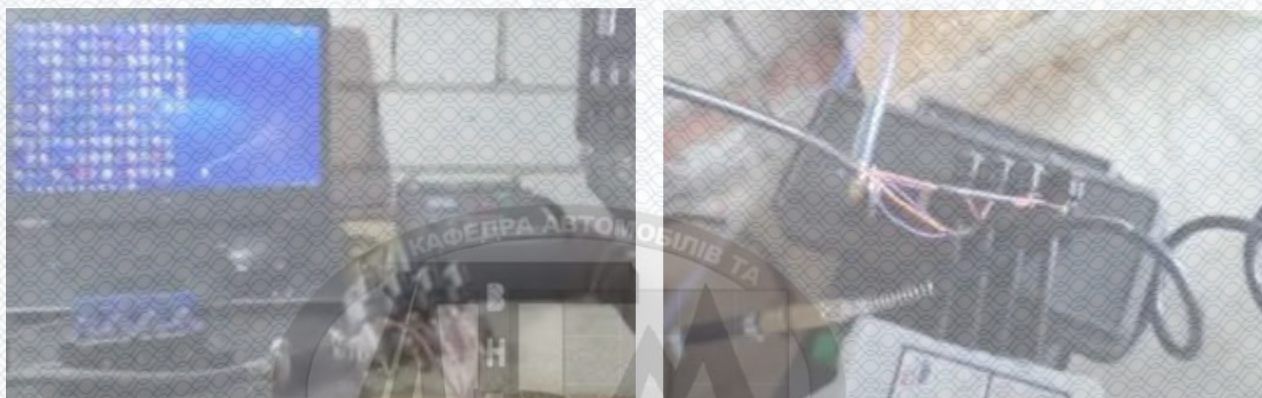


Рисунок 3.9 – Зовнішній вигляд комплекту обладнання

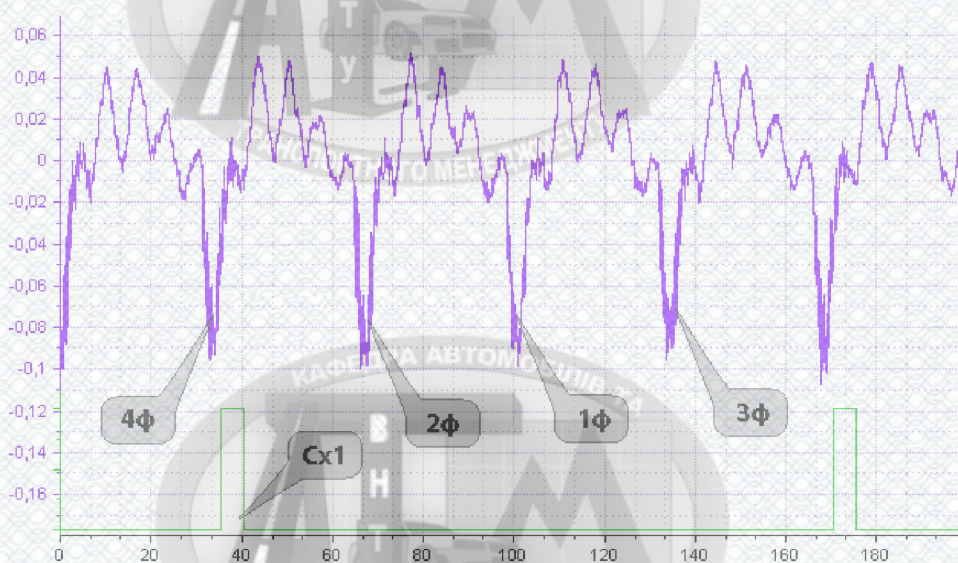
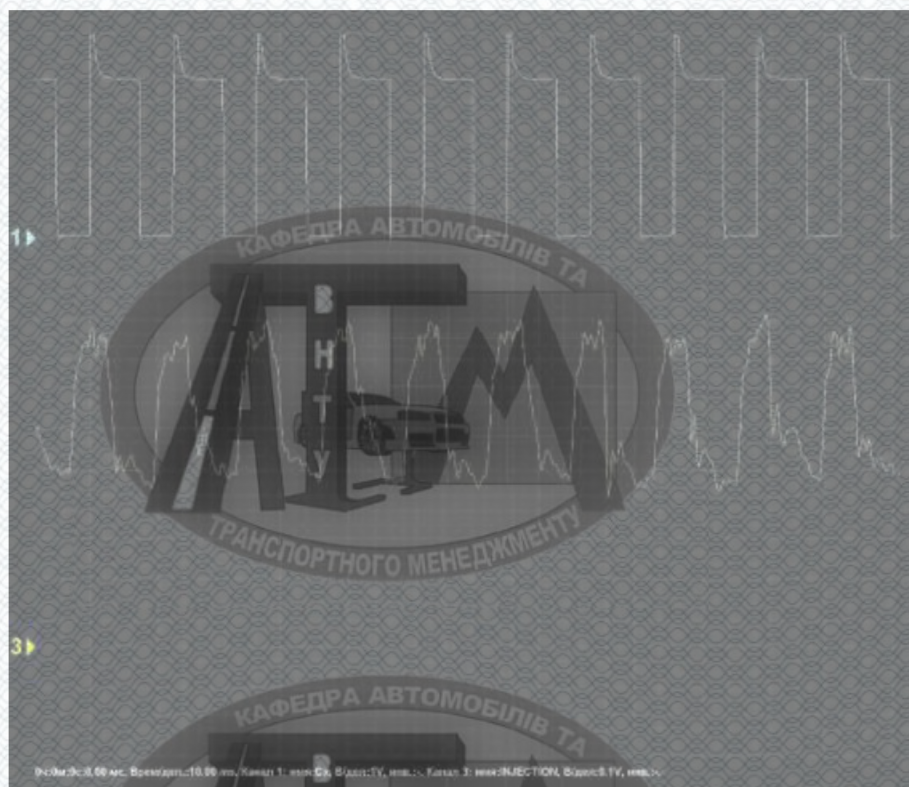
Графічне відображення одержаних результатів.

Одержану осцилограму запропонованого стенда для перевірки продуктивності форсунок наведемо на рисунку 3.10.

Отже за осцилограмою стенда для перевірки продуктивності форсунок (рис. 3.10) можна як зняти осцилограми напруг у первинному й вторинному ланцюгах системи запалювання так і оцінити стан механіки двигуна по осцилограмі фаз газорозподіл, провести вимірювання в ланцюгах будь-яких електронних систем сучасних автомобілів (ABS, ASR, ABD, ESP, Air Bag, AT й ін.) та вимірювання сигналів з датчиків.

Приклад одержаної на запропонованому обладнання форми осцилограми напруги і току справної паливної форсунки наведена на рисунку 3.11.





1 – тривалість імпульсу на форсунці; 3 – сигнал датчика витрати газу

Рисунок 3.10 – Осцилограма стенда для перевірки продуктивності форсунок





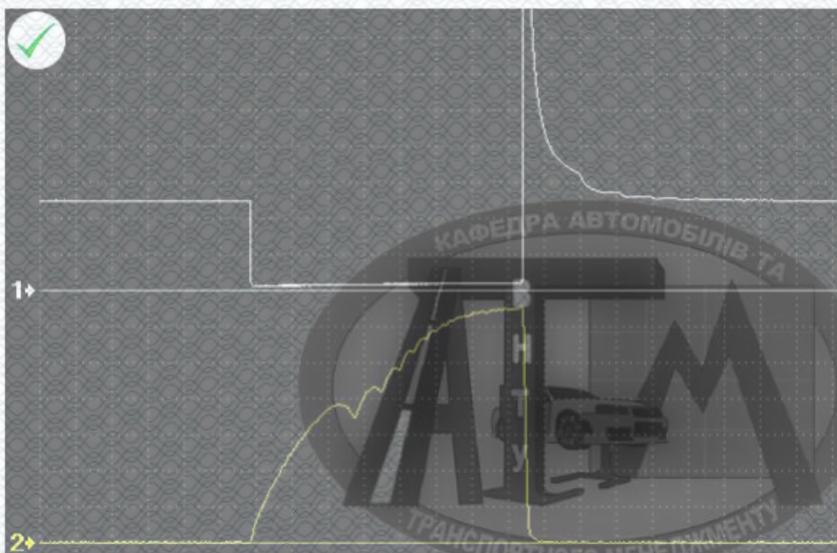


Рисунок 3.11 – Форма осцилограми напруги і току справної паливної форсунки

### 3.5 Визначення ефективності запропонованих рішень

Вартість пропонованого устаткування для однієї машини складає 20000грн.

Розрахунок проведемо для одного продіагностованого і відремонтованого автомобіля. До вартості устаткування для машини додається вартість робіт з монтажу і налагоджування обладнання ГБО в 1000 грн.

Розрахунок додаткових капітальних вкладень.

Прямі капітальні вкладення - це вкладення в основні фонди й оборотні кошти підприємства, зв'язані з упровадженням нової технології й ін. нововведеннями, а також витрати на монтаж устаткування, його налагодження й ін.

Загальна сума капіталовкладень визначається за формулою:

$$K = K_{об} + K_{мо} + K_{вз} + K_{и} \text{ грн,} \quad (3.11)$$

де  $K_{об}$  – капітальні вкладення в устаткування, необхідне для дооснащення ділянок (зон, комплексу), грн (ринкова ціна устаткування без ПДВ);



$K_{MO}$  – капітальні вкладення на монтаж і налагодження нового обладнання, грн (приймається 9...24 % від вартості нового обладнання в залежності від маси і складності устаткування);

$K_{вэ}$  – капітальні вкладення на введення в експлуатацію нового обладнання, грн (приймається в розмірі 2,5 % від вартості нового обладнання);

$K_D$  – капітальні вкладення на демонтаж устаткування (приймається в розмірі 5% балансової вартості устаткування, що демонтується);

$K_{ин}$  – капітальні вкладення в оснащення, інвентар, прилади, інструменти, з терміном експлуатації більш 1 року, грн (приймається в розмірі 8...10 % від капітальних вкладень в устаткування);

$K_{nc}$  – капітальні вкладення в промислові спорудження, грн;

Капітальні вкладення в устаткування, необхідне для дооснащення комплексу дорівнюють 20000 грн.

$$K_{MO} = 0.2 \cdot 20000 = 4000 \text{ грн.}$$

Капітальні вкладення на введення в експлуатацію нового обладнання складуть:

$$K_{вэ} = 0,025 \cdot 20000 = 440 \text{ грн.}$$

Капітальні вкладення в оснащення, інвентар, прилади, інструменти не враховуються.

Загальна сума капіталовкладень складе

$$K = 20000 + 4000 + 440 = 24440 \text{ грн.}$$

Розрахунок прибутку, одержуваного від реалізованих проектних рішень

Розрахунок других прямих витрат. Витрати на утримання і експлуатацію устаткування укрупнено можна розрахувати як



$$Z_{обр}^{\Pi} = 0,33 \cdot A_{об} \text{ грн,} \quad (3.12)$$

де  $A_{об}$  – витрати на амортизацію устаткування, грн.

Амортизацію устаткування можна розрахувати за формулою:

$$A_{об}^{\Pi} = \frac{H_{об} \cdot K_{об}}{100} \text{ грн,} \quad (12.3)$$

де  $H_{об}$  – відсоток амортизаційних відрахувань для даного типу устаткування;

$K_{об}$  – капітальні вкладення в даний тип устаткування, грн.

Для цілей амортизаційних відрахувань відповідно до Закону про податок на прибуток основні фонди підприємства поділяються на чотири групи.

Норми амортизації встановлені для кожної групи основних фондів і єдині для всіх основних фондів, що входять у групу:

- для 1 групи основних фондів – 2%,
- для 2 групи – 10%,
- для 3 групи – 6%,
- для 4 групи – 15%.

Розрахунок амортизації устаткування:

$$Z_{обр}^{\Pi} = 0,33 \cdot 3800 = 1254.$$

При середньому пробігу автомобіля  $S_{\Pi} = 20000$  км за рік

Ціна газу складає 34 грн/л

Ціна бензину складає 55 грн/л

Приймем витрату палива на бензині  $Q_1 = 10$  л / 100км, тоді витрата палива на газі буде складать  $Q_2 = 11$  л / 100км.

Затрати на паливо  $Z_{\Pi}$  становлять



$z_{п1} = 110000$  грн на рік – на бензині

$z_{п2} = 74800$  грн на рік – на газу

Прибуток від реалізації даного проекту складає:

$$П = z_{п1} - z_{п2} - K - z_{обр} ; П = 9506 \text{ грн на один автомобіль}$$

### 3.6 Висновки до розділу 3

1. Описана і обґрунтована методика та комплекс обладнання для удосконалення засобів відновлювання пропускної спроможності газових форсунок, шляхом застосування комплексу обладнання (рис. 3.8, 3.9) для визначення і відновлення пропускної спроможності електромагнітних форсунок.

2. Виконано вибір параметрів, що характеризують пропуску спроможність електромагнітних форсунок та датчиків для вимірювання інформативних параметрів.

3. Наведена розроблена структурна схема пристрою, що забезпечує визначення пропускної спроможності електромагнітних форсунок, представлені графічні відображення одержаних результатів, за осцилограмою (рис 3.10, рис 3.11) обладнання для перевірки продуктивності форсунок можна зняти осцилограми напруг у первинному й вторинному ланцюгах системи запалювання.



## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Основне завдання охорони праці – мінімізація імовірності виникнення виробничого травматизму та захворювань під час забезпечення регламентованих параметрів умов праці.

Незадовільний стан охорони праці спроможний викликати соціально-економічні проблеми працюючих та членів їх сімей. Тому соціально-економічна важливість охорони праці полягає в наступному: підвищенні продуктивності праці, зростанні сукупного національного продукту, скороченні виплат за лікарняними і компенсаційних виплат за важкі умови праці та інше.

В цьому розділі проводиться розгляд шкідливих, небезпечних і уражаючих для працівника і оточуючого довкілля факторів, які утворюються під час проведення вдосконалення ефективності робіт з відновлювання пропускнуєї спроможності газових форсунок в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «CARS SERVICE». В ньому висвітлюються, в тому числі, технічні рішення з виробничої санітарії та гігієни праці, технічні рішення з безпеки при проведенні вдосконалення ефективності, безпека у надзвичайних ситуаціях.

В процесі вдосконалення ефективності даного процесу на працівників діють ті чи інші небезпечні і шкідливі виробничі фактори (НШВФ) фізичної та психофізіологічної груп згідно [18].

Фізичні небезпечні і шкідливі виробничі фактори: понижена або підвищена температура повітря робочої зони, підвищений рівень шуму на робочому місці, підвищений рівень статичної електрики, відсутність або недостатність природного освітлення, недостатня освітленість робочої зони, підвищена яскравість світла, відбита або пряма блискучість.

Психофізіологічні НШВФ: нервово-психічні перевантаження: розумове перенапруження, перенапруження аналізаторів, монотонність праці.



## 4.1 Технічні рішення з виробничої санітарії та гігієни праці

### 4.1.1 Мікроклімат та склад повітря робочої зони.

Показники, які характеризують мікроклімат: температура повітря, відносна вологість повітря, швидкість руху повітря, інтенсивність теплового випромінювання.

Коли за технологічними вимогами, технічними і економічними причинами оптимальні норми не забезпечуються, то встановлюються допустимі величини показників мікроклімату.

Визначаємо для приміщення, в якому проводяться роботи з вдосконалення ефективності робіт з відновлювання пропускної спроможності газових форсунок в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «CARS SERVICE», категорію важкості робіт за фізичним навантаженням – легка Іб.

Згідно із [2] допустимі показники мікроклімату в робочій зоні для холодного та теплого періодів року наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Допустимі параметри мікроклімату в приміщенні [17]

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С для робочих місць		Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
		постійних	непостійних		
Холодний	Іб	20-24	17-25	75	≤0,2
Теплий	Іб	21-28	19-30	60 при 27°С	0,1-0,3

Перепад температури повітря вздовж висоти робочої зони для всіх категорій робіт дозволяється до 3°С. При опроміненні менше 25% поверхні тіла людини, допустима інтенсивність теплового опромінення – 100 Вт/м<sup>2</sup>.

Вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони не повинен перевищувати гранично допустимих концентрацій (ГДК), які використовуються при проектуванні виробничих приміщень (будівель), обладнання, технологічних процесів, вентиляцій, для контролю за якістю виробничого середовища. ГДК шкідливих



речовин, які використовуються у даному виробничому приміщенні наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – ГДК шкідливих речовин в повітрі робочої зони

Назва речовини	Параметр, що нормується	Значення	Клас небезпеки
Метан	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	7000	4
Пил нетоксичний	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	0,15	4
Іони n <sup>+</sup> , n <sup>-</sup>	число іонів в 1 см <sup>3</sup> повітря	50000	–

Для забезпечення нормованих показників мікроклімату і чистоти повітря робочої зони передбачено такі заходи:

1) у приміщенні повинна бути розміщена система кондиціонування для теплого і опалення для холодного періодів року;

2) з метою підвищення вологості повітря слід розташовувати місткості з водою за типом акваріумів поблизу опалювальних приладів або використовувати зволожувачі;

3) застосування витяжної вентиляції, яка видаляє забруднення або нагріте повітря з приміщення, а також за допомогою неї контролюється швидкість руху повітря і вологість.

#### 4.1.2 Виробниче освітлення.

З метою створення гігієнічних раціональних умов на робочих місцях великі вимоги пред'являються до якісних та кількісних параметрів освітлення.

З точки зору задач зорової роботи в приміщенні, в якому проводяться роботи з вдосконалення ефективності робіт з відновлювання пропускнуєї спроможності газових форсунок в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «CARS SERVICE», згідно [18] знаходимо, що вони відповідають III розряду зорових робіт. Вибираємо контраст об'єкта з фоном – великий, а характеристику фону – середню, яким відповідає підрозряд 2.



Нормативні значення коефіцієнта природного освітлення (КПО) і мінімальні значення освітленості при штучному освітленні приведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Нормативні значення коефіцієнта природного освітлення і мінімальні освітленості при штучному освітленні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізн., мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фону	Освітленість для штучного освітлення, лк			КПО, %	
						комбіноване		загальне	Природне освітлення (бокове)	Суміщене освітлення (бокове)
						всього	у т. ч. від загального			
Високої точності	0,3-0,5	III	г	великий	середній	400	200	200	2	1,2

Оскільки приміщення розташоване у м. Вінниця (друга група забезпеченості природним світлом), а світлові проєми розташовані за азимутом  $315^\circ$ , то за таких обставин КПО визначатиметься за формулою [19, 20]

$$e_N = e_n m_N [\%], \quad (4.1)$$

де  $e_n$  – табличне значення КПО, %;

$m_N$  – коефіцієнт світлового клімату;

$N$  – порядковий номер групи забезпеченості природним світлом.

За відомими значеннями отримаємо нормовані значення КПО для бокового та суміщеного освітлення:

$$e_{N, \sigma} = 2 \cdot 0,9 = 1,8 (\%);$$

$$e_{N, \epsilon} = 1,2 \cdot 0,9 = 1,1 (\%).$$

З метою забезпечення нормативних значень показників освітлення передбачено такі заходи: при недостатньому природному освітленні в світлу пору доби доповнення штучним завдяки використанню газорозрядних ламп з



утворенням системи суміщеного освітлення; використання загального штучного освітлення в темну пору доби.

#### 4.1.3 Виробничі віброакустичні коливання

Встановлено, що приміщення, де відбувається робота з вдосконалення ефективності робіт з відновлювання пропускної спроможності газових форсунок в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «CARS SERVICE» може містити робочі місця із шумом та вібрацією, що створюється двигунами внутрішнього згорання.

З метою запобігання травмуванню працівників під дією шуму та вібрації вони підлягає нормуванню. Основним документом з питань виробничого шуму, діючим на території України, є [25], у відповідності з яким нормовані рівні звукового тиску, рівні звуку та еквівалентні рівні шуму на робочих місцях в виробничих приміщеннях не повинні перевищувати значень, що наведено у таблиці 4.4. Норми виробничих вібрацій наведено в таблиці 4.5 для 1-ї категорії (транспортна).

Таблиця 4.4 – Нормовані рівні шуму і еквівалентні рівні звуку

Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньо-геометричними частотами, Гц									Рівні звуку і еквівалентні рівні звуку, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Таблиця 4.5 – Нормовані рівні вібрації [26]

Гранично допустимі рівні віброприскорення, дБ, в октавних смугах з середньо-геометричними частотами, Гц						Коректовані рівні віброприскорення, дБА
2	4	8	16	31,5	63	
68	65	65	71	77	83	62



З метою встановлення допустимих показників віброакустичних коливань в приміщенні запропоновано такі заходи:

- 1) постійне змащування підшипників вентиляторів вентиляційної системи;
- 2) здійснення перевірки рівнів шуму та вібрації.

#### 4.1.4 Виробничі випромінювання.

Аналіз умов праці показав, що приміщення, в якому виконується робота з вдосконалення ефективності робіт з відновлювання пропускнуєї спроможності газових форсунок в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «CARS SERVICE» може містити електромагнітні випромінювання.

Гранично допустимі рівні електромагнітних полів наведені в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Гранично допустимі рівні електромагнітних полів (безперервне випромінювання, амплітудна або кутова модуляція)

Номер діапазону	Метричний розподіл діапазонів	Частоти	Довжина хвиль, $\lambda$	ГДР, В/м
5	Кілометрові хвилі (низькі частоти, НЧ)	30-300 кГц	10-1 км	25
6	Гептаметрові хвилі (середні частоти, СЧ)	0,3-3 МГц	1-0,1 км	15
7	Декаметрові хвилі (високі частоти, ВЧ)	3-30 МГц	100-10 м	$3 \cdot \lg \lambda$
8	Метрові хвилі (дуже високі частоти, ДВЧ)	30-300 МГц	10-1 м	3

Для забезпечення захисту та досягнення нормативних рівнів випромінювань необхідно використовувати екранування робочого місця і скорочення часу опромінення за рахунок перерв на відпочинок.



## 4.2 Технічні рішення щодо безпеки під час проведення вдосконалення ефективності робіт з відновлювання пропускну́ї спроможності газових форсунок в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «CARS SERVICE»

### 4.2.1 Безпека щодо організації робочих місць.

Конструкція робочого місця, його розміри і взаємне розташування його елементів мають відповідати антропометричним, психофізіологічним та фізіологічним властивостям працівника, а також характеру роботи [20].

Оптимальне розміщення на робочій поверхні обладнання, що використовується, з урахуванням його кількості, розмірів, конструктивних особливостей та характеру роботи, яка виконується повинна забезпечувати конструкція робочого столу.

При розміщенні робочих місць у приміщеннях з джерелами шкідливих та небезпечних промислових факторів, вони зобов'язані розміщатись в абсолютно відокремлених кабінетах з природним освітленням та організованим повітрообміном. Площа, на якій розташовується одне робоче місце для обслуговуючого персоналу, має становити не менше  $6,0 \text{ м}^2$ , об'єм приміщення – не менше як  $20 \text{ м}^3$ , висота – не менше  $3,2 \text{ м}$  [21].

Кольорове оздоблення інтер'єру приміщення повинно відповідати вказівкам з проектування кольорової обробки інтер'єрів приміщень будівель промислових підприємств. Поверхня підлоги повинна бути гладкою, не слизькою, без вибоїн, зручною для вологого прибирання, мати антистатичні властивості. Забороняється застосовувати для оздоблення інтер'єру полімери, які забруднюють повітря шкідливими хімічними речовинами та сполуками.

### 5.2.2 Електробезпека.

Основними причинами ураження електричним струмом у даному приміщенні можуть бути: робота під напругою при ремонтних роботах, несправність устаткування, випадковий дотик до струмоведучих частин чи



металевих частин, які опинилися під напругою. Згідно [22] дане приміщення належить до приміщень із підвищеною небезпекою ураження електричним струмом в наслідок наявності значної (більше 75 %) вологості.

Тому безпека використання електрообладнання повинна забезпечуватись рядом заходів, що передбачають застосування ізоляції струмовідних елементів, захисного заземлення, захисних блокувань тощо [23].

#### 4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Відповідно до [27] приміщення, в якому проводиться робота з вдосконалення ефективності робіт з відновлювання пропускної спроможності газових форсунок в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «CARS SERVICE», відноситься до категорії пожежної небезпеки А, яка характеризується наявністю легкозаймистих рідин з температурою спалаху не більше 28 °С, що застосовуються під час проведення вдосконалення ефективності. Дане приміщення відноситься до 1-го ступеня вогнестійкості, в якому приміщення знаходяться в будівлі з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів.

Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій приміщення, що розглядається наведені в таблиці 4.7 і являють собою час, протягом якого конструкції затримують поширення вогню, оцінюється межею вогнестійкості. Межа вогнестійкості конструкції визначається часом в хвилинах від початку сприймання вогню до утворення в конструкціях наскрізних тріщин або отворів, підвищення температури на поверхні, яка не обігривається вище допустимої, руйнування конструкції.

В таблиці 4.8 наведено протипожежні норми проектування будівель і споруд. З метою попередження поширенню пожежі з одної споруди на іншу між ними влаштовують протипожежні розриви, які залежать від ступеня вогнестійкості будівлі.



Таблиця 4.7 – Значення мінімальних меж вогнестійкості приміщення [24]

Ступінь вогнестійкості будівлі	Стіни					Колони	Східчасті майданчики	Плити та інші несучі конструкції	Елементи покриття	
	Несучі та східчасті клітки	Самонесучі	Зовнішні несучі	Перегородки	Плити, прогони				Балки, ферми	
1	REI 150 M0	REI 75 M0	E 30 M0	EI 30 M0	R 150 M0	R 60 M0	REI 60 M0	RE 30 M0	R 30 M0	

Примітка. R – втрати несучої здатності; E – втрати цілісності; I – втрати теплоізолювальної спроможності; M – показник здатності будівельної конструкції поширювати вогонь (межа поширення вогню); M0 – межа поширення вогню дорівнює 0 см.

Ширина евакуаційного виходу (дверей) із приміщень визначається в залежності від загальної кількості людей, які евакуюються через цей вихід і кількості людей на 1 м ширини виходу (дверей). Максимально допустима кількість поверхів споруди, найбільша допустима площа підлоги між протипожежними стінами приймається в залежності від категорії пожежної небезпеки і ступеня вогнестійкості.

Таблиця 4.8 – Протипожежні норми проектування будівель і споруд [25]

Об'єм приміщення, тис. м <sup>3</sup>	Категорія пожежної небезпеки	Ступінь вогнестійкості	Відстань, м, при щільності людського потоку в загальному проході, осіб/м <sup>2</sup>			Кількість людей на 1 м ширини евакуаходу	Протипожежні розриви, м, для ступеня їх вогнестійкості				Найбільша кількість поверхів	Максимально допустима площа поверху, м <sup>2</sup> , для числа поверхів		
			до 1	2-3	4-5		I,II	III	IV,V	1		2	3 і більше	
до 15	A	1	40	25	15	45	9	9	12	6	н.о.	н.о.	н.о.	

Примітка: н.о. – не обмежується



Визначення видів та кількості первинних засобів пожежегасіння проводиться з врахуванням властивостей фізико-хімічних та пожежонебезпечних горючих речовин, їхньої взаємодії з вогнегасними речовинами, а також розмірів і площ виробничих приміщень, відкритих майданчиків і установок.

Вибираємо, що приміщення, де проводиться робота з вдосконалення ефективності, має бути оснащено двома вогнегасниками, пожежним щитом, а також ємністю з піском [26].

#### 4.4 Висновки до розділу 4

Під час написання даного розділу було опрацьовано такі питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, як технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії, технічні рішення з безпеки під час проведення вдосконалення ефективності робіт з відновлювання пропускну здатності газових форсунок в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «CARS SERVICE», безпека в надзвичайних ситуаціях.





## ВИСНОВКИ

Для забезпечення нормальної роботи ДВЗ на газовому паливі необхідне правильне впорскування, за яке в системах ГБО 4 покоління відповідають форсунки. В свою чергу коректна робота системи залежить від точності дозування, що залежить від стану газових форсунок, адже навіть мінімальні відхилення дозування можуть позначитися на стабільності роботи двигуна, тому для всіх форсунок в автогазовій системі точність дозування повинна бути однаковою. Тому в роботі проаналізовані позитивні і негативні сторони використання газового палива, досліджені види газових палив та їх характеристики.

Проведено аналіз сучасного газового обладнання, характеристик та пропускної спроможності електромагнітних форсунок, розраховано дозування палива в системі впорскування з електронним керуванням, обґрунтовані вимоги до електромагнітних форсунок, наведена методика розрахунків електромагнітної форсунки. З часом при експлуатації через неякісний газ, а також вплив механічних процесів параметри форсунки можуть змінитись тому потрібно відновлювати пропускну спроможність газової форсунки, тому ми завдяки записам параметрів при установці ГБО можемо відновити всі характеристики, для цього потрібно розібрати форсунки, промити їх, та відрегулювати за допомогою стенда та записів параметрів справної форсунки.

Описана і обґрунтована методика та комплекс обладнання для удосконалення засобів відновлювання пропускної спроможності газових форсунок, шляхом застосування комплекту обладнання (рис. 3.8, 3.9) для визначення і відновлення пропускної спроможності електромагнітних форсунок. Виконано вибір параметрів, що характеризують пропускну спроможність електромагнітних форсунок, для розрахунків електромагнітної газової форсунки прийняті такі вихідні дані для розрахунку:  $N_e = 100$  кВт,  $\eta = 0.33$ ,  $Q_H = 34300$  кдж/м<sup>3</sup>. та датчиків для вимірювання інформативних параметрів.



Наведена розроблена структурна схема пристрою, що забезпечує визначення пропускної спроможності електромагнітних форсунок, представлені графічні відображення одержаних результатів, за осцилограмою (рис 3.10) обладнання для перевірки продуктивності форсунок можна зняти осцилограми напруг у ланцюгах системи запалювання.





## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 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.
2. Біліченко В.В. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи спеціальності 274 – Автомобільний транспорт / Уклад. В. В. Біліченко, А. А. Кашканов, В. П. Кужель. – Вінниця : ВНТУ, 2023. – 65 с.
3. Технічна експлуатація та надійність автомобілів: Навчальний посібник / [Форнальчик Є.Ю., Оліскевич і ін.]. Л., Афіша, 2004. – 492с.
4. Казак В.М. Надійність та діагностика електрообладнання. Навч. посібник під грифом МОН /Казак В.М., Доценко Б.І., Шепелев Ю.І., Шевчук Д.О. – К.: Видавництво НАУ, 2013. – 275 с.
5. Алексієв В.О. Мехатроніка транспортних засобів та систем : Навчальний посібник / Алексієв В.О., Волков В.П., Калмиков В.І.-Харків:ХНАДУ , 2004.- 176с.
6. Сидоров В. А. Технічна діагностика механічного обладнання : Навчальний посібник / В. А. Сидоров, В. М. Кравченко, В. Я. Седуш, О. В. Ошовська. – Донецьк : 2010 – 131с.
7. Кужель В.П. Розвиток мультибрендового технічного сервісу на території України у післявоєнний період / Кужель В.П., Зелінський Б.В., Матусевич М.В., Костюк О.О. // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «AutoTRAK-2023. Explore» 26–27 жовтня 2023 р.: Київ: Національний університет біоресурсів і природокористування України, 2023. – С. 195 – 197.
8. Салов А.И. Охорона праці на підприємствах автомобільного транспорту / Салов А.И. – М.: Транспорт, 1985. – 351 с.
9. Шинкаренко В.Г.Економічна оцінка нововведень на автомобільному транспорті / Шинкаренко В.Г., Жарова О.М. – Київ, 2004.- 128 с.



10. Колісні транспортні засоби. Вимоги безпеки до технічного стану та методи контролю: ДСТУ 3649:2008 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.insat.org.ua/files/project/dstu\\_3649](http://www.insat.org.ua/files/project/dstu_3649) (дата звернення 17.11.2023). — Назва з екрана.

11. Технічний стан транспортних засобів та їх обладнання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://auto.meta.ua/autolaw/pdd\\_ukr/a31](http://auto.meta.ua/autolaw/pdd_ukr/a31) (дата звернення 17.11.2023). — Назва з екрана.

12. Канарчук В.Е. Техническое обслуживание, ремонт и хранение автотранспортных средств : Кн. 1 / Канарчук В.Е., Лудченко А.А., Курников И.П., Луйк И.А. - К. : Вища школа , 1991 – 311с.: ил.

13. Система ГБО SEQUENT 24.11 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.brc.com.ua/produksiya/sequent-24-11.html> (дата звернення 17.11.2023). — Назва з екрана.

14. Комплект Sequent 24MY11 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://brc-saer.kiev.ua/portfolio-item/sequent24/> (дата звернення 17.11.2023). – Назва з екрана.

15. Комплект BRC Sequent -24 MY11 4 цилиндра, редуктор MB1200/MB1500 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://gboshop.com.ua/products/3102> (дата звернення 12.11.2023). – Назва з екрана.

16. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

17. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.

18. Бондаренко Є. А. Освітлення виробничих приміщень : довідник / Є. А. Бондаренко, В. О. Дрончак. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 61 с.

19. ДСН 3.3.6-037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

20. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої та загальної вібрацій.

21. Форнальчик Є.Ю. Експлуатація і обслуговування машин. Конспект лекцій / Форнальчик Є.Ю. – Львів, 2005. – 145 с.



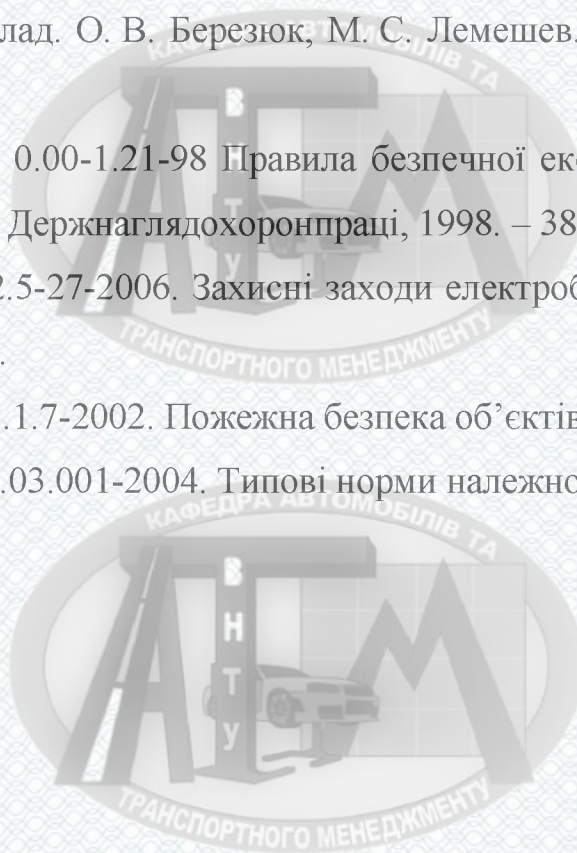
22. Методичні вказівки до опрацювання розділу "Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях" в дипломних проектах і роботах студентів спеціальностей, що пов'язані з функціональною електронікою, автоматизацією та управлінням / Уклад. О. В. Березюк, М. С. Лемешев. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 64 с.

23. ДНАОП 0.00-1.21-98 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. – К. : Держнаглядохоронпраці, 1998. – 382 с.

24. ДБН В.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд.

25. ДБН В.1.1.7-2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва.

26. НАПБ Б.03.001-2004. Типові норми належності вогнегасників.









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

**ІЛЮСТРАТИВНІ МАТЕРІАЛИ ДО  
МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

зі спеціальності 274 – Автомобільний транспорт

**Вдосконалення ефективності робіт з  
відновлювання пропускної спроможності газових  
форсунок в умовах станції технічного обслуговування  
автомобілів «CARS SERVICE» місто Вінниця**

Керівник роботи к.т.н., доцент

Розробив студент гр. 1АТ-22м

  
Кужель В. П.

  
Магусевич М.В.

Вінниця ВНТУ 2023



**Мета роботи:** підвищення експлуатаційної надійності системи живлення двигуна автомобіля, який працює на двох видах палива, шляхом вдосконалення ефективності робіт з відновлювання пропускної спроможності газових форсунок.

**Об'єкт дослідження:** робочі процеси системи живлення бензинового двигуна з мікропроцесорним керуванням, переобладнаного для роботи на газовому паливі.

**Предмет дослідження:** залежність режимів роботи, конструктивних особливостей і діагностичних параметрів від пропускної спроможності газової форсунки.

**Завдання роботи:**

- обґрунтування необхідності відновлення пропускної спроможності газових форсунок в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «CARS SERVICE»;
- дослідження характеристик та методів розрахунку електромагнітної форсунки;
- запропоновані методи і засоби відновлювання пропускної спроможності газових форсунок;
- розробка заходів з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.





## *Новизна одержаних результатів*

Дістали подальшого розвитку як підходи, так і принципи вдосконалення засобів відновлення пропускної спроможності газових форсунок за рахунок застосування скомпонованого апаратного комплексу так і методи розрахунків електромагнітної форсунки та дослідження її основних характеристик.

## *Практичне значення одержаних результатів*

Сформовано рекомендації з підбору та налаштування газових форсунок, застосування при практичному налаштуванні систем подачі палива двигуна легкового автомобіля, який працює на газовій суміші, з застосуванням запропонованого комплексу обладнання як протипагу доргим закордонним аналогам в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «CARS SERVICE».



**Апробація результатів роботи.** Проміжні результати досліджень доповідалися й обговорювалися на міжнародній науково-практичній конференції «AutoTRAK-2023. Explore» 26–27 жовтня 2023 р., м. Київ (Національний університет біоресурсів і природокористування України, Механіко-технологічний факультет, кафедра тракторів, автомобілів та біоенергоресурсів).

Міжнародна науково-практична конференція  
«AutoTRAK-2023. Explore»

Національний університет біоресурсів і природокористування України  
Кафедра тракторів, автомобілів та біоенергоресурсів

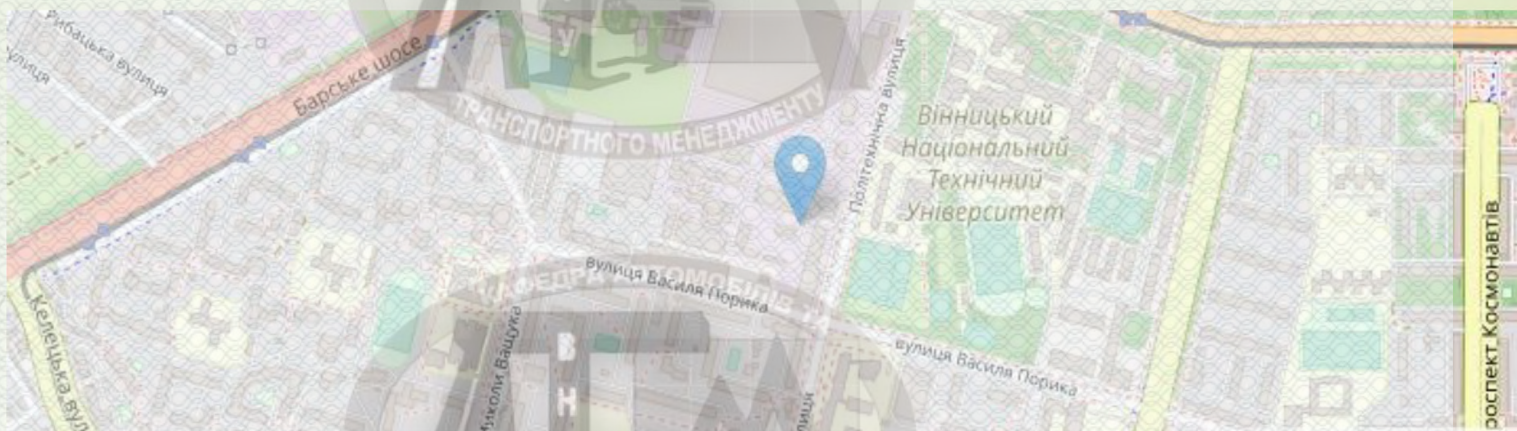
**РОЗВИТОК МУЛЬТИБРЕНДОВОГО ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ  
НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ У ПІСЛЯВОЄННИЙ ПЕРІОД**

к.т.н., доцент Кужель В.П.,  
магістр Зелінський Б.В., магістр Матусевич М.В., магістр Костюк О.О.  
Вінницький національний технічний університет  
м. Вінниця, Україна

**Публікації.** Кужель В.П. Розвиток мультибрендового технічного сервісу на території України у післявоєнний період / Кужель В.П., Зелінський Б.В., Матусевич М.В., Костюк О.О. // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «AutoTRAK-2023. Explore» 26–27 жовтня 2023 р.: Київ: Національний університет біоресурсів і природокористування України, 2023. – С. 195 – 197 [7].



# Розташування СТО «CARS SERVICE», заїзд на територію та виробничі площі





# SWOT – аналіз діяльності СТО «CARS SERVICE»

## Базова матриця SWOT – аналізу СТО «CARS SERVICE»

Стратегії, розроблені на основі даних SWOT-аналізу

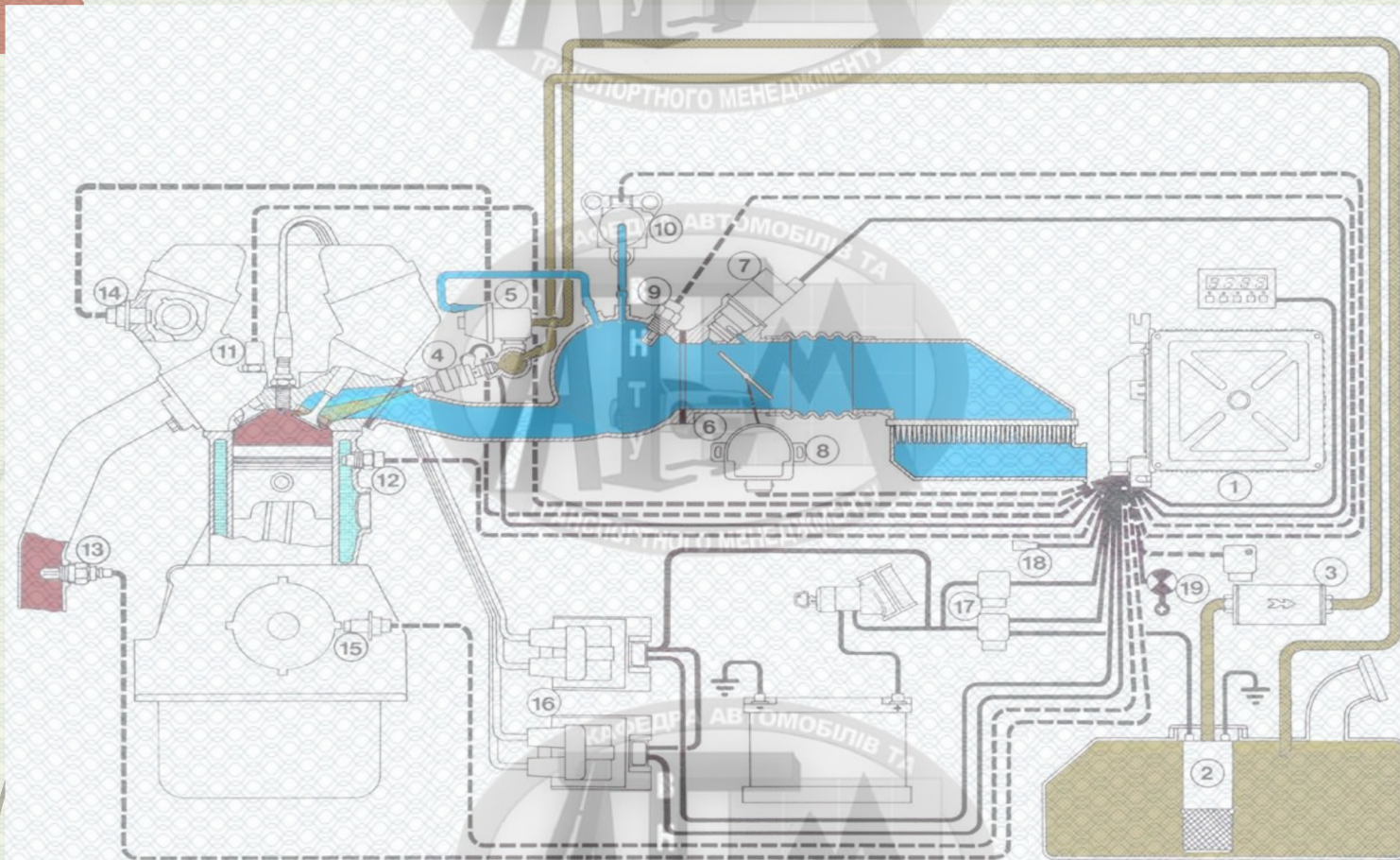
Сильні сторони (S)	Слабкі сторони (W)
S1. СТО має матеріально – технічну базу і виробничі площі S2. Якість виконуваних робіт, гарантія, позитивні відгуки клієнтів S3. Спеціалізація СТО на ремонті рульових рейок та колонок, діагностуванні гальмівних систем на стенді S4. Наявність складу-магазину з широким вибором автомобільних товарів S5. Сучасне спеціалізоване обладнання, стенди, сканери, програмне забезпечення S6. Досвід роботи на ринку S7. Гарантія якості запасних частин, S8. Досвід, висока кваліфікація персоналу	W1. Рівень заробітних план, мотивація персоналу W2. Відсутність повного комплексу послуг (капітальний ремонт, фарбування і т.д.) W3. Недостатня кваліфікація управлінського персоналу W4. Наявність конкурентів поруч (Боп Сервіс Автодром, АТЛІ і інші) W5. Низька платоспроможність громадян W6. Слабке уявлення про конкурентів W7. Розташування поза містом W8. Власники нових автомобілів, як правило, обслуговують автомобілі на фірмових СТО в гарантійний період
Можливості (O)	Загрози (T)
O1. Зростання числа клієнтів, зростання рівня доходу населення O2. Зниження вартості розмитнення автомобілів, які ввозяться в Україну, необхідність їх обслуговування O3. Вихід на нові сегменти ринку O4. Збільшення номенклатури послуг, що надаються O5. Відсутність суттєвих конкурентів які мають потужну матеріально – технічну базу і виробничі площі O6. Введення в експлуатацію нових зон та дільниць з обладнанням O7. Закінчення військових дій O8. Відновлення кредитування населення	T1. Погіршення платоспроможності громадян, призов співробітників до лав ЗСУ T2. Зростання вартості автомобілів та запасних частин до них T3. Відтік кваліфікованих кадрів T4. Низькі бар'єри виходу на ринок потенційних конкурентів (можливість появи нових конкурентів) T5. Несприятлива політика уряду T6. Несприятливі економічні, демографічні зміни спричинені військовими діями T7. Стрибки курсів валют T8. Ріст цін на паливно-мастильні матеріали

Стратегії виду SO	Стратегії виду WO
SO1: S1 S2 O1 O2 – За умови зростання рівня доходу населення зростає і число клієнтів СТО, цьому сприятиме достатня відомість СТО, якість виконуваних робіт, гарантія, позитивні відгуки клієнтів SO2: S2 S3 S4 O2 O3 O4 – Спеціалізація СТО на ремонті рульових рейок та колонок, систем живлення, в тому числі ГБО, дозволить вийти на нові сегменти ринку з збільшеною номенклатурою послуг. SO3: S5 S6 S7 S8 O5 O6 O8 – Досвід роботи на ринку та сучасне спеціалізоване обладнання готові відреагувати на відновлення кредитування населення, зниження вартості розмитнення автомобілів, які ввозяться в Україну, тобто збільшення числа клієнтів	WO1: W2 O1 O2 – зростання рівня доходу населення, закінчення війни, розвиток програми кредитування на нові і бувші у користування автомобілі дозволить працювати на ринку та нарощувати власні темпи спеціалізованої СТО за рахунок збільшення послуг з ТО і Р. WO2: W3 W4 – Недостатня кваліфікація управлінського персоналу та слабкий маркетинг компенсуються якістю виконуваних робіт, позитивними відгуками клієнтів, гарантійними зобов'язаннями.
Стратегії виду ST	Стратегії виду WT
ST1: S1 S2 T1 T2 –Проведення ТО і ПР постійними клієнтами на станції збереже існуючих клієнтів навіть при погіршення платоспроможності громадян. Професіоналізм роботи, низькі ціни СТО, допоможуть знизити негативний вплив від зростання вартості автомобілів та запасних частин до них ST2: S7 S8 T3 T6 – Висока кваліфікація та підняття мотивації персоналу ростом заробітної плати та соціальні гарантії, значно знижують ризики відтоку кваліфікованих кадрів та вплив несприятливих економічних змін	WT1: W1 W2 T2 – Вибір вірного курсу на конкурентний рівень цін, реклама, розширення спеціалізації СТО, модернізація існуючого обладнання дозволить працювати в період погіршення платоспроможності громадян, зростання вартості автомобілів та запасних частин до них

Проаналізувавши стан ВТБ СТО можна зазначити, що ВТБ придатна для виконання якісного ремонту, ТО і діагностування автомобілів, але їй необхідно вдосконалити діагностичну дільницю, так як часто у процесі експлуатації газобалонного обладнання, через бруд, що накопичується в паливі, форсунки можуть змінювати свої характеристики, а саме пропускну здатність і стабільність роботи, яку можна відновити вірно підібраним комплексом обладнання.



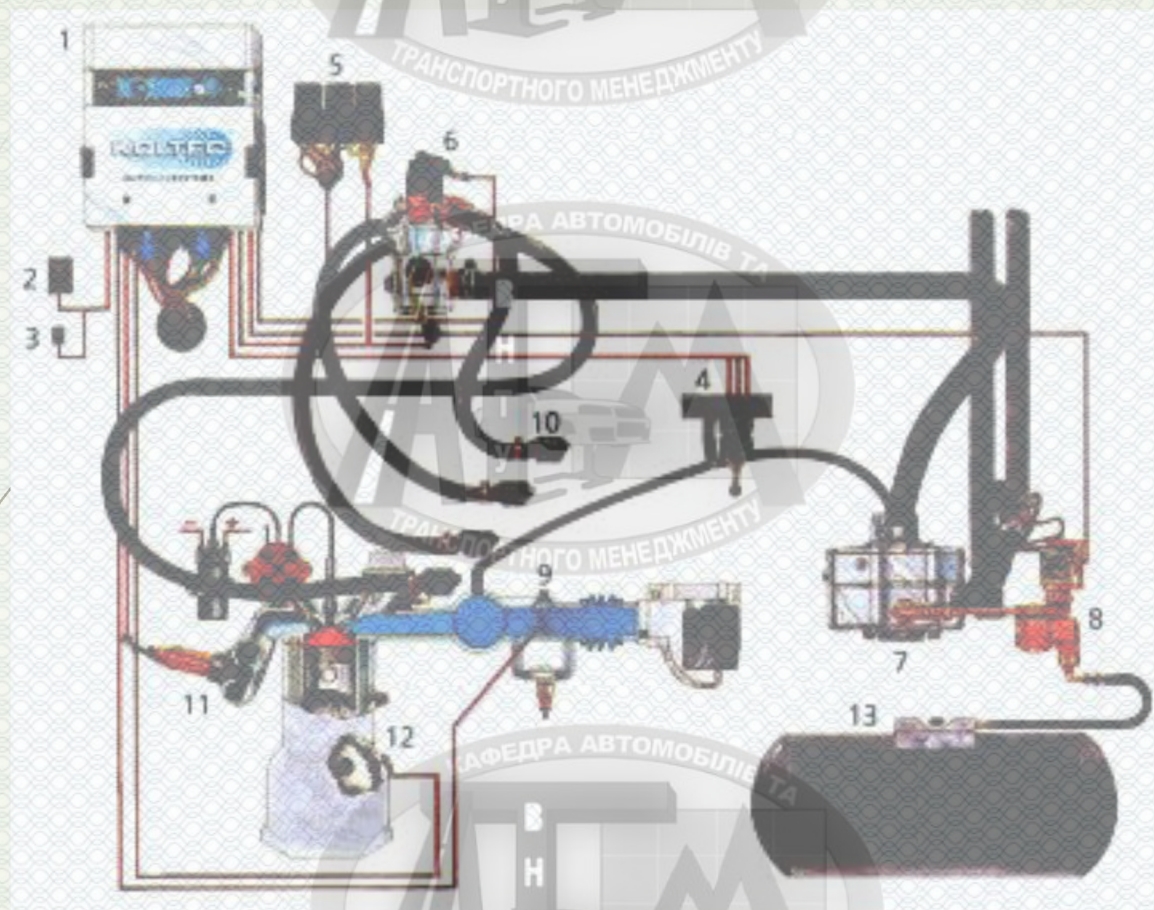
## Схема двигуна з мікропроцесорним керуванням процесу впорскуванням бензину і запалювання



1-Контролер; 2-Паливний насос; 3-Паливний фільтр; 4-Форсунка; 5-Регулятор тиску; 6-Дросельна заслонка; 7-Клапан додаткової подачі повітря; 8-Потенціометр положення дросельної заслінки; 9-Датчик температури повітря; 10-Датчик абсолютного тиску; 11-Датчик детонації; 12-Датчик температури охолоджуючої рідини; 13-Датчик концентрації кисню; 14-Датчик фази; 15-Датчик частоти обертання колінчатого вала; 16-Модуль запалювання з 2-х котушок; 17-Реле; 18-Діагностичний роз'єм; 19-Індикаторна лампа діагностики



## Схема розподіленого впорскування газу



1-мікропроцесор; 2-перемикач виду палива; 3- роз'єм діагностичний; 4-датчик MAP; 5-реле; 6-розподільник; 7-редуктор-випарник; 8- клапан газу магістральний; 9-датчик положення дросельної заслонки; 10-форсунки газу; 11-лямбда датчик; 12-датчик колінчастого вала; 13-балон для газу.



## Розрахунок параметрів і показників електромагнітної газової форсунки

Вихідні дані для розрахунку:  $Ne = 100$  кВт,  $\eta = 0.33$ ,  $Q_H = 34300$  кДж/м<sup>3</sup>.

Для початку годинну витрата палива знаходимо за формулою:

$$G_T = \frac{Ne \cdot 3.6}{Q_H \cdot \eta_e}; \quad G_T = \frac{100 \cdot 3.6}{34300 \cdot 0.33} = 0.0318.$$

Знаходимо циклову витрату палива:

$$G_{mц} = G_T \cdot \frac{i}{60 \cdot n \cdot z}; \quad G_{mц} = 0.0318 \cdot \frac{4}{60 \cdot 100 \cdot 4} = 0.0000053.$$

Знаходимо прохідний перетин форсунки:

$$f_\phi = \frac{G_{mц}}{\mu \cdot \tau_{вп} \sqrt{2 \cdot \rho \cdot P}}; \quad f_\phi = \frac{0,0000053}{0,7 \cdot 0,2 \cdot \sqrt{2 \cdot 0,2 \cdot 0,7}} = 0.0000715.$$

Знаходимо діаметр перетину:

$$d = \sqrt{\frac{f_\phi}{\pi}} = \frac{0.0000715}{3,14} = 0,0047 \text{ (м)}; \quad d = 4,7 \text{ (мм)}.$$

де  $f_\phi$  – ефективний прохідний перетин отвору форсунки, м<sup>2</sup>;

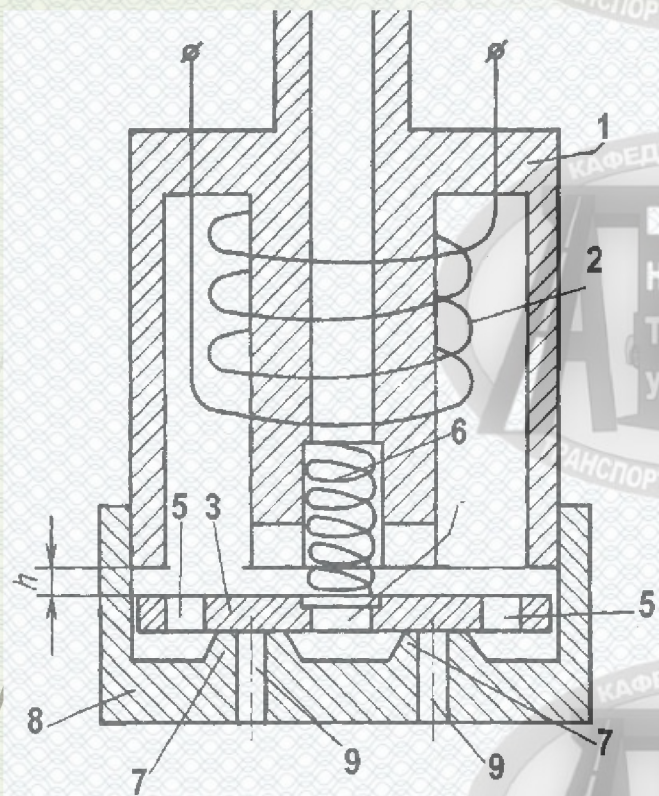
$\rho_m$  – густина палива, кг/м<sup>3</sup>;

$P_m$  – перепад тиску палива на розпилювачі форсунки, Н/ м<sup>2</sup>;

$\tau_{вп}$  – тривалість впорскування, с.

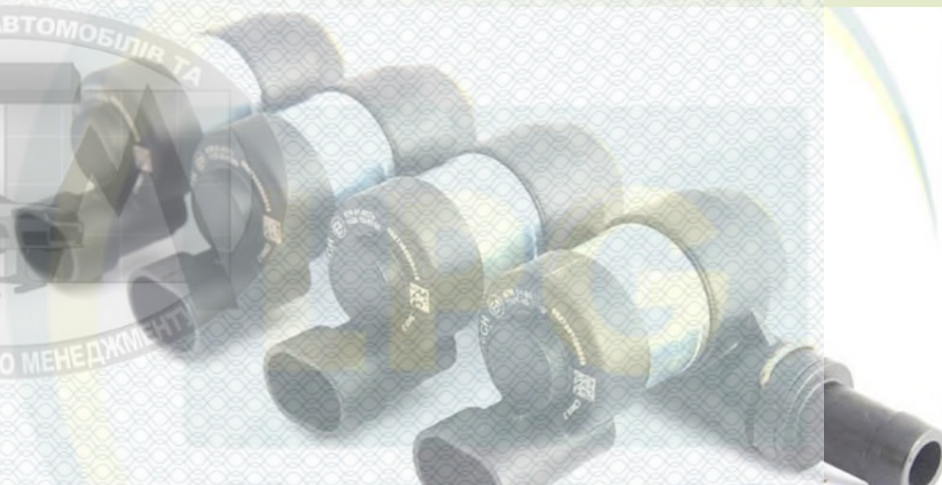


## Конструкція електромагнітних форсунок



Газова форсунка (модель)

- 1- магнітопровід; 2-обмотка; 3-шайбовидний якір;  
 4- центральний отвір; 5- периферійний отвір; 6-пружина;  
 7- кільцеве сидло; 8-корпус; 9- кільцевий отвір;



Газові форсунки



## Зовнішній вигляд запропонованого комплекту обладнання

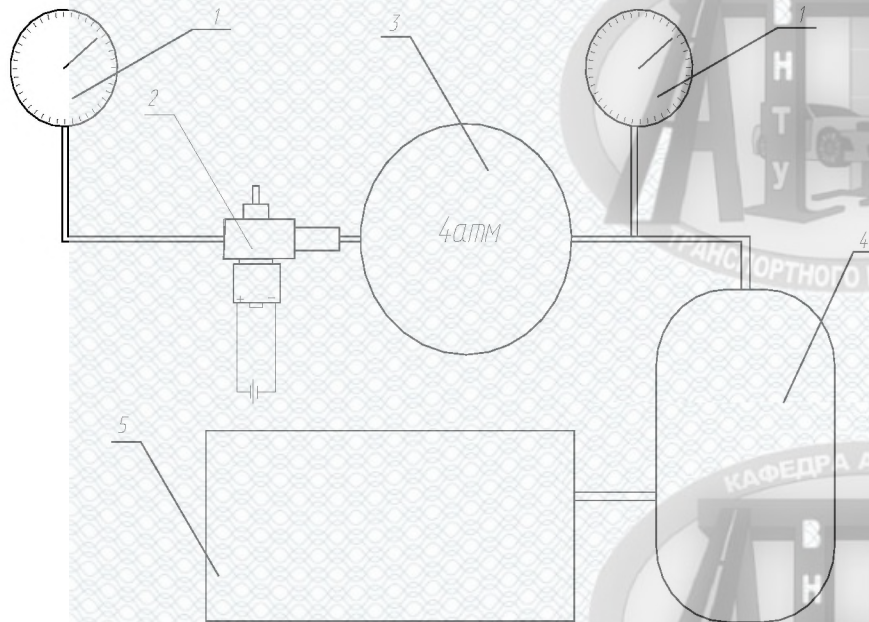
Комплект GREENGAS DIT для тестування і промивання форсунок за спеціальним алгоритмом

Тестер для перевірки працездатності форсунок





Схема перевірки пропускної спроможності форсунки за допомогою пневматичного стенду



1 – манометр; 2 – форсунка; 3 – редуктор;  
4 – ресивер; 5 – компресор

Схема перевірки ходу клапана електромагнітної форсунки

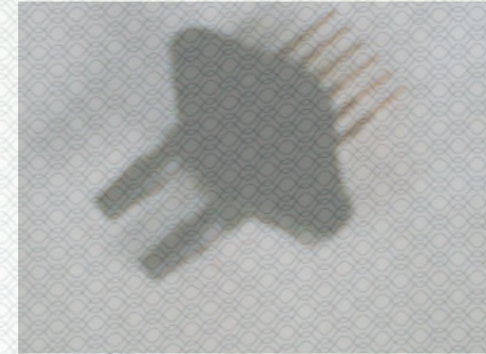




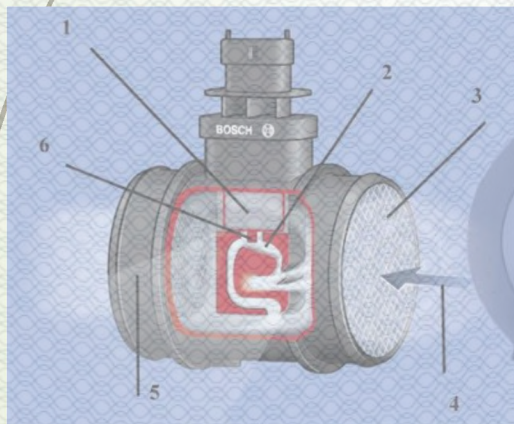
# Вибір датчиків для вимірювання інформативних параметрів



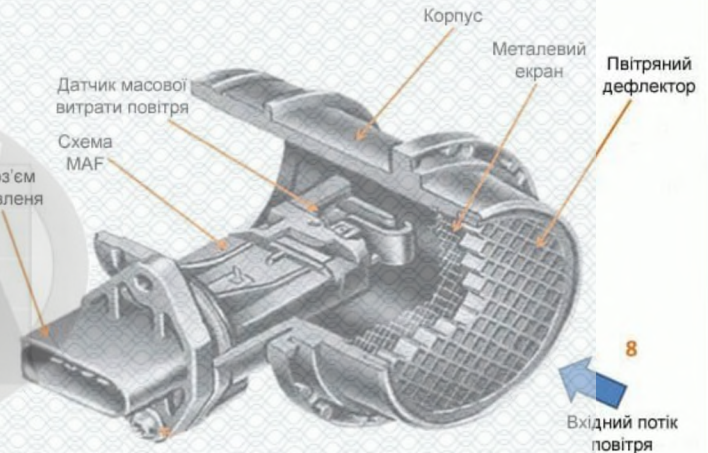
Цифровий USB осцилограф



Диференційний датчик тиску



Датчик масової витрати повітря



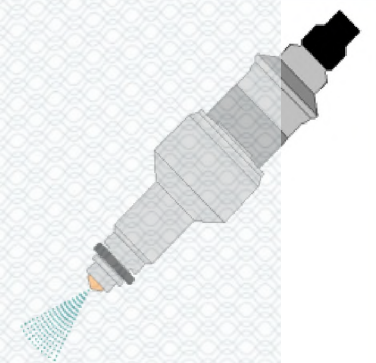
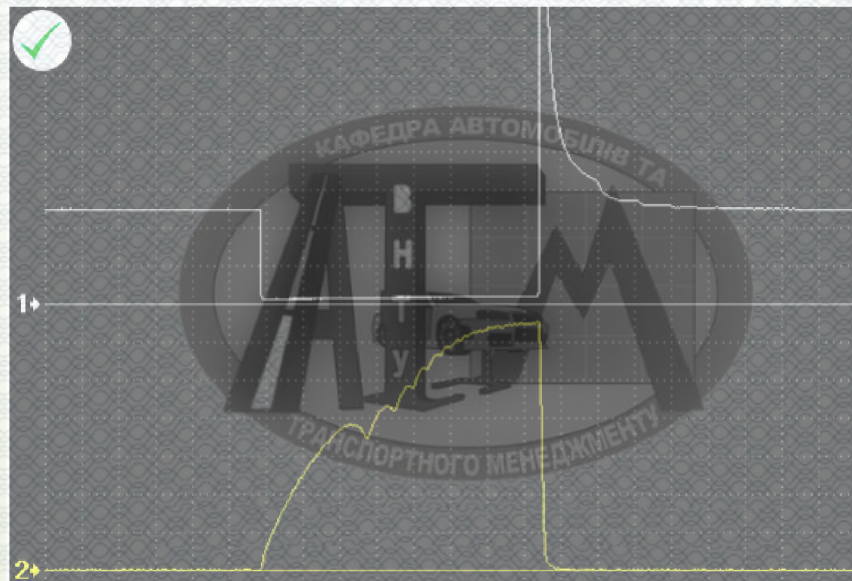


## Приклад одержаної осцилограми параметрів форсунки



1 – тривалість імпульсу на форсунці; 2 – сигнал датчика витрати газу

Осцилограма  
газової форсунки з  
відновленою  
працездатністю





## Висновки

Проведено аналіз сучасного газового обладнання, характеристик та пропускної спроможності електромагнітних форсунок, розраховано дозування палива в системі впорскування з електронним керуванням, обґрунтовані вимоги до електромагнітних форсунок, наведена методика розрахунків електромагнітної форсунки. З часом при експлуатації через неякісний газ, а також вплив механічних процесів параметри форсунки можуть змінитись тому потрібно відновлювати пропускну спроможність газової форсунки, тому ми завдяки записам параметрів при установці ГБО можемо відновити всі характеристики, для цього потрібно розібрати форсунки, промити їх, та відрегулювати за допомогою стенда та записів параметрів справної форсунки.

- Описана і обґрунтована методика та комплекс обладнання для удосконалення засобів відновлювання пропускної спроможності газових форсунок, шляхом застосування комплекту обладнання для визначення і відновлення пропускної спроможності електромагнітних форсунок. Виконано вибір параметрів, що характеризують пропускну спроможність електромагнітних форсунок, для розрахунків електромагнітної газової форсунки прийняті такі вихідні дані для розрахунку:  $N_e = 100$  кВт,  $\eta = 0.33$ ,  $Q_n = 34300$  кдж/м<sup>3</sup>. та датчиків для вимірювання інформативних параметрів. Годинна витрата 0,0318 л/год., діаметр перетину 4,7 мм.
- Наведена розроблена структурна схема пристрою, що забезпечує визначення пропускної спроможності електромагнітних форсунок, представлені графічні відображення одержаних результатів, за осцилограмою обладнання для перевірки продуктивності форсунок можна зняти осцилограми напруг у ланцюгах системи запалювання.



ПРОТОКОЛ  
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА ПІДЛІСНІСТЬ ЛЕКТОРСЬКИХ ЗАНОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Вдосконалення ефективності робит \_\_\_\_\_ з  
відновлення пропускної спроможності газових форсунок в умовах станції  
технічного обслуговування автомобілів «CARS SERVICE» місто Вінниця

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота \_\_\_\_\_  
(БДР, МКР)

Назва кафедри: кафедра автомобілів та транспортного менеджменту \_\_\_\_\_  
(назва кафедри, факультету)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність: 85,7 % Схожість: 14,3 %

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

1. Занозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
2. Виявлені у роботі занозичення 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 занозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних занозичень.

Особа, відповідальна за перевірку: \_\_\_\_\_  
(підпис) Цимбал О.В.  
(прізвище, ініціали)

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

Автор роботи: \_\_\_\_\_  
(підпис) Матусевич М.В.  
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи: \_\_\_\_\_  
(підпис) Кужель В.П.  
(прізвище, ініціали)