

Міністерство освіти і науки України

Відокремлений структурний підрозділ «Тернопільський фаховий коледж
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Телекомунікацій та електронних систем

(назва відділення)

Електричних та електронних систем автомобілів

(повна назва циклової комісії)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

Фаховий молодший бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний ступінь)

на тему: Удосконалення технологічного процесу технічного
обслуговування і ремонту системи запалювання двигуна автомобіля
Volkswagen Polo V в умовах ФОП Волошин Ігор Іванович

Виконав: студент 4 курсу, групи ЕА-425ск
напряму підготовки (спеціальності)

141 Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка

Обслуговування і ремонт електричних та
електронних систем автомобілів

(назва освітньо-професійної програми)

Яремчук Р.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник Котик М.І.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ
«ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ
ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ»

Відділення телекомунікацій та електронних систем

Циклова комісія електричних та електронних систем автомобілів

Кваліфікація і освітньо – професійний ступінь: фаховий молодший бакалавр з
електроенергетики, електротехніки
та електромеханіки

Галузь знань: 14 Електрична інженерія

Спеціальність: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма: Обслуговування і ремонт електричних та електронних систем
автомобілів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова циклової комісії

Електричних та електронних
систем автомобілів

_____ Руслан ЗАВЕРУХА

14 квітня 2026 року

З А В Д А Н Н Я № 11

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТА
ГРУПА ЕА-425ск**

_____ Яремчука Романа Ігоровича _____

1. Тема кваліфікаційної роботи: Удосконалення технологічного процесу технічного обслуговування і ремонту системи запалювання двигуна автомобіля Volkswagen Polo V в умовах ФОП Волошин Ігор Іванович

Керівник кваліфікаційної роботи: Котик М.І.

Затверджені наказом ВСП “Тернопільський фаховий коледж ТНТУ імені Івана Пулюя” від 27.02.2026р. №4/9-131

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи: 22 червня 2026 року

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: Технічна характеристика системи запалювання двигуна автомобіля Volkswagen Polo V. Типовий ТП ремонту системи запалювання. Аналіз технологічного забезпечення ремонтної зони підприємства. Техніко-експлуатаційні показники ремонтної зони. Технічні характеристики ремонтного обладнання та оснастки.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Загальний розділ. Технологічний розділ. Конструкторський розділ. Економічний розділ. Охорона праці.

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

1. Схема мікропроцесорної системи запалювання (Е2) (ф.-А1).

2. Технологічний процес технічного обслуговування системи запалювання (ф.-А1).

3. Пристрій для перевірки компонентів системи запалювання(ф.-А1).

4. Методологія перевірки силової ланки системи запалювання (ф.-А1).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічний розділ			
Охорона праці			

7. Дата видачі завдання 14 квітня 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Загальний розділ	22.05.2026	
2	Технологічний розділ	29.05.2026	
3	Конструкторський розділ	05.06.2026	
4	Виконання графічної частини	12.06.2026	
5	Економічний розрахунок	19.06.2026	
6	Розробка заходів з охорони праці	22.06.2026	
7	Представлення кваліфікаційної роботи до захисту	23.06.2026	

Студент

_____ Роман ЯРЕМЧУК
(підпис)

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ Марія КОТИК
(підпис)

Анотація

Яремчук Р.І. Удосконалення технологічного процесу технічного обслуговування і ремонту системи запалювання двигуна автомобіля Volkswagen Polo V в умовах ФОП Волошин Ігор Іванович: кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-професійного ступеня фахового молодшого бакалавра за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Тернопіль: ВСП «ТФК ТНТУ», 2026. 59с.

Кваліфікаційна робота присвячена удосконаленню технологічного процесу технічного обслуговування і ремонту системи запалювання.

У процесі виконання роботи на тему «Удосконалення технологічного процесу технічного обслуговування і ремонту системи запалювання автомобіля Volkswagen Polo V в умовах ФОП Волошин Ігор Іванович» було досліджено особливості будови, принцип роботи, технічного обслуговування та ремонту сучасної системи запалювання автомобіля. Проведений аналіз показав, що система запалювання є однією з найважливіших складових електронної системи керування двигуном, оскільки саме від її справності залежить стабільна робота двигуна, економічність автомобіля, рівень токсичності відпрацьованих газів та загальна надійність транспортного засобу.

У ході роботи встановлено, що автомобіль Volkswagen Polo V обладнаний сучасною системою запалювання з індивідуальними котушками запалювання. Така система забезпечує високу точність моменту запалювання паливоповітряної суміші, покращує паливну економічність та підвищує ефективність роботи двигуна. Разом з тим складність електронної системи потребує використання сучасного діагностичного обладнання та високої кваліфікації працівників автосервісу.

Annotation

Yaremchuk R. Completion and defense of a qualification thesis on the topic: Improvement of the technological process for maintenance and repair of the engine ignition system of the Volkswagen Polo V automobile under the conditions of

Individual Entrepreneur Ihor Ivanovych Voloshyn: qualification work for obtaining the educational and professional degree of a professional junior bachelor in the specialty 141 "Electric Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics". Ternopil: VSP "TFK TNTU", 2026. 59 p.

The qualification work is devoted to improving the technological process of maintenance and repair of the ignition system.

In the process of performing the work on the topic "Improvement of the technological process of maintenance and repair of the ignition system of the Volkswagen Polo V car in the conditions of the individual entrepreneur Voloshin Igor Ivanovich", the features of the structure, the principle of operation, maintenance and repair of the modern ignition system of the car were studied. The analysis showed that the ignition system is one of the most important components of the electronic engine control system, since it is on its serviceability that the stable operation of the engine, the economy of the car, the level of toxicity of exhaust gases and the overall reliability of the vehicle depend.

During the work, it was established that the Volkswagen Polo V car is equipped with a modern ignition system with individual ignition coils. Such a system provides high accuracy of the ignition moment of the fuel-air mixture, improves fuel economy and increases the efficiency of the engine. At the same time, the complexity of the electronic system requires the use of modern diagnostic equipment and high qualifications of car service workers.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Характеристика та структура підприємства ФОП Волошин Ігор Іванович.....	8
1.2 Характеристика автомобіля Volkswagen Polo V.....	12
1.3 Технічні характеристики автомобіля Volkswagen Polo V Sedan 1,6і МТ.....	15
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	16
2.1 Будова комплексної системи запалювання.....	16
2.2 Основні технічні характеристики комплексної системи запалювання.....	19
2.3 Аналіз конструкції комплексної системи запалювання автомобіля Volkswagen Polo V	23
2.4 Організація технологічного процесу технічного обслуговування системи запалювання автомобіля Volkswagen Polo V.....	26
2.5 Діагностування несправностей системи запалювання автомобіля Volkswagen Polo V.....	28
2.6 Технологічний процес ремонту системи запалювання автомобіля Volkswagen Polo V.....	29
2.7 Шляхи удосконалення технологічного процесу технічного обслуговування і ремонту системи запалювання.....	30
2.8 Дефектування системи запалювання	31
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	35

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Яремчук Р.І.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Котик М.І.			4	59	
Реценз.					<i>ВСП «ТФК ТНТУ»ЕА-425ск</i>		
Н. Контр.							
Затверд.							

Удосконалення технологічного процесу
технічного обслуговування і ремонту
системи запалювання автомобіля
Volkswagen Polo V в умовах ФОП
Волошин Ігор Іванович

3.1 Аналіз приладів і стендів для перевірки системи запалювання автомобіля Volkswagen Polo V.....	35
3.2 Аналіз та характеристики автомобільного тестера перевірки котушки запалювання.....	37
3.3 Розрахунок параметрів роботи автомобільного тестера QDB-3A під час перевірки котушки запалювання та виконавчих механізмів автомобіля Volkswagen Polo V.....	40
4 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	44
4.1 Економічне значення удосконалення технічного обслуговування і ремонту системи запалювання автомобіля Volkswagen Polo V.....	44
4.2 Розрахунок економічної ефективності використання тестера QDB-3A.....	45
4.3 Шляхи підвищення економічної ефективності діяльності автосервісного підприємства.....	47
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	49
5.1 Організація охорони праці під час технічного обслуговування і ремонту системи запалювання автомобіля Volkswagen Polo V.....	49
5.2 Розрахунок захисного заземлення обладнання на посту технічного обслуговування.....	50
5.3 Пожежна безпека та виробнича санітарія на підприємстві автосервісу...	52
ВИСНОВКИ.....	54
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	56
ДОДАТКИ.....	60

ВСТУП

У сучасних умовах експлуатації транспортних засобів значно зростають вимоги до якості технічного обслуговування та ремонту автомобілів. Це пов'язано зі збільшенням інтенсивності дорожнього руху, складністю конструкцій сучасних автомобілів, а також необхідністю забезпечення екологічних стандартів та економії паливно-енергетичних ресурсів. Система запалювання сучасного автомобіля включає велику кількість електронних елементів та датчиків, які працюють у тісному взаємозв'язку з електронним блоком керування двигуном. Навіть незначні несправності окремих компонентів можуть призвести до погіршення роботи двигуна, втрати потужності, збільшення витрати пального або повної відмови запуску автомобіля.

Особливої уваги потребують автомобілі іноземного виробництва, зокрема Volkswagen Polo V, який широко використовується як у приватному секторі, так і в комерційних перевезеннях. Даний автомобіль відзначається високим рівнем технологічності, надійністю та економічністю, проте ефективна робота його систем можлива лише за умови своєчасного та якісного технічного обслуговування. Система запалювання Volkswagen Polo V побудована на сучасних електронних принципах керування і включає індивідуальні котушки запалювання, електронний блок управління, свічки запалювання та численні датчики, що забезпечують точність роботи двигуна. Це вимагає використання сучасного діагностичного обладнання, високої кваліфікації персоналу та удосконалених технологічних процесів ремонту і обслуговування.

В умовах діяльності автосервісного підприємства ФОП Волошин Ігор Іванович особливого значення набуває питання оптимізації технологічного процесу технічного обслуговування та ремонту системи запалювання. Станції технічного обслуговування малого та середнього рівня сьогодні повинні забезпечувати не лише виконання ремонтних робіт, а й конкурентоспроможність послуг, скорочення часу обслуговування клієнтів, підвищення якості ремонту та зменшення експлуатаційних витрат. У зв'язку з цим виникає необхідність

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

впровадження сучасних методів діагностики, удосконалення організації робочих місць, застосування спеціалізованого обладнання та підвищення ефективності використання трудових ресурсів.

Технічне обслуговування системи запалювання передбачає проведення комплексу профілактичних та діагностичних операцій, спрямованих на підтримання працездатності всіх елементів системи. До таких операцій належать перевірка стану свічок запалювання, високовольтних проводів, котушок запалювання, електронних датчиків, перевірка напруги та параметрів електричних сигналів, а також комп'ютерна діагностика електронного блоку керування двигуном. Якісне виконання цих робіт дозволяє своєчасно виявити несправності та запобігти виникненню серйозних поломок.

Ремонт системи запалювання є складним технологічним процесом, який потребує використання сучасного обладнання та точного дотримання технологічної послідовності операцій. Неправильне виконання ремонтних робіт може призвести до погіршення технічного стану автомобіля, зниження ресурсу двигуна та виникнення аварійних ситуацій під час експлуатації. Саме тому удосконалення технологічного процесу ремонту має важливе значення для забезпечення високої якості обслуговування автомобілів Volkswagen Polo V.

Крім технічних аспектів, удосконалення технологічного процесу має важливе економічне значення. Раціональна організація робіт дозволяє підвищити продуктивність праці, скоротити простої автомобілів у ремонті, зменшити витрати матеріалів та енергетичних ресурсів. Для підприємства ФОП Волошин Ігор Іванович це сприятиме покращенню якості надання послуг, підвищенню рівня задоволеності клієнтів та зміцненню конкурентних позицій на ринку автосервісних послуг.

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Характеристика та структура підприємства ФОП Волошин Ігор Іванович

ФОП Волошин Ігор Іванович — це фізична особа-підприємець, що здійснює підприємницьку діяльність у сфері ремонту автомобілів в м. Тернопіль. Фізична особа-підприємець (ФОП) в Україні — це суб'єкт підприємницької діяльності, який діє від свого імені, має право укладати договори, здійснювати господарські операції та несе відповідальність за своїми зобов'язаннями всім належним майном (Цивільний кодекс України; Господарський кодекс України) [2].

Підприємство ФОП Волошин І. І. зареєстроване в Єдиному державному реєстрі юридичних осіб та фізичних осіб-підприємців у м. Тернополі. Установчими документами визначено основні та додаткові види економічної діяльності відповідно до КВЕД, основним з яких є ремонт та технічне обслуговування автомобілів і легких моторних транспортних засобів. Такий вибір діяльності зумовлений попитом на ринку м. Тернополя та області, де кількість автомобілів на душу населення продовжує зростати, а потреба у якісному технічному обслуговуванні та ремонті — стабільно висока [3].

Ремонт автомобілів включає в себе широкий спектр послуг: діагностика технічного стану, ремонт двигуна, ходової частини, електрики, гальмівної системи, кузовні роботи та інше. Якість надання цих послуг безпосередньо впливає на імідж підприємства, рівень доходів та можливість розширення діяльності.

Основними характеристиками підприємства є [14]:

- Назва: ФОП Волошин Ігор Іванович.
- Місцезнаходження: м. Тернопіль, Україна.
- Організаційно-правова форма: фізична особа-підприємець.

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

- Основний вид діяльності: ремонт і технічне обслуговування автомобілів.
- Дата реєстрації: відповідно до виписки з ЄДР.
- Сфера діяльності: послуги з ремонту транспортних засобів.

ФОП Волошин І. І. здійснює господарську діяльність на підставі чинного законодавства України, дотримуючись вимог щодо ліцензування, технічних стандартів, охорони праці та санітарних норм. Організаційно-правова форма ФОП передбачає певну гнучкість у прийнятті рішень, мінімальні адміністративні бар'єри та спрощений облік порівняно з товарними підприємствами, що особливо важливо для малого бізнесу в умовах поточної економічної кон'юнктури [14–15].

Правовий статус ФОП визначається Цивільним кодексом України, Господарським кодексом України, Законом України «Про підприємницьку діяльність» та іншими нормативно-правовими актами. ФОП як суб'єкт господарювання має право вільно здійснювати підприємницьку діяльність, укладати договори, відкривати банківські рахунки, залучати найманих працівників, якщо це необхідно [2].

ФОП Волошин І. І. обрав спрощену систему оподаткування (єдиний податок), що відповідає нормам Податкового кодексу України і є типовою для малого підприємництва. Спрощена система передбачає[3]:

- сплату фіксованого єдиного податку відповідно до групи;
- спрощений облік доходів і витрат;
- звільнення від податку на прибуток підприємств (оскільки юридично він не є юридичною особою);
- необхідність ведення книги обліку доходів.

Переваги обраної системи оподаткування полягають у зменшенні адміністративного навантаження, прогнозованості податкових платежів та можливості швидкого реагування на зміни ринкової кон'юнктури. Однак підприємець повинен чітко дотримуватись вимог Податкового кодексу та строків подачі звітності [16].

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Юридична відповідальність ФОП передбачає цивільно-правові, адміністративні та податкові наслідки у разі порушення чинного законодавства, що вимагає від підприємця високого рівня правової обізнаності та належного ведення документації [16].

Організаційна структура визначає взаємозв'язок елементів управління, розподіл повноважень і відповідальності за виконання функцій підприємства [7]. Для ФОП, зокрема в сфері ремонту автомобілів, організаційна структура, як правило, є неглибокою, малоурівневою та лінійною.

Основні рівні організаційної структури ФОП Волошин І. І. виглядають так:

1. Підприємець — власник виконує управлінські функції: планування, контроль, стратегічні рішення, забезпечує взаємодію з контролюючими органами, контрагентами, постачальниками.

2. Адміністративний персонал: облік і документообіг, спілкування з клієнтами, прийом та видача транспортних засобів, організація графіка роботи майстрів.

3. Технічні працівники (майстри) займаються проведенням технічної діагностики, виконанням ремонтних робіт (двигун, ходова, електрика), контролем якості виконаних робіт.

4. Допоміжний персонал: кур'єри, прибиральники, помічники майстрів тощо (за потреби).

Така структура забезпечує чітке розмежування обов'язків, дозволяє ефективно розподіляти ресурси та оперативно реагувати на вимоги ринку. Для малого підприємства з обмеженою кількістю співробітників лінійно-функціональна структура є оптимальною, оскільки мінімізує комунікаційні бар'єри та пришвидшує процес ухвалення рішень [28]. Схематично організаційну структуру можна подати у вигляді (рисунок 1.1).

Діяльність підприємства полягає в реалізації набору бізнес-процесів, що забезпечують надання послуг з ремонту автомобілів. Формування клієнтської бази включає: аналіз потреб ринку та конкурентного середовища, просування

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

послуг (онлайн-майданчики, соціальні мережі, сарафанне радіо), встановлення зворотного зв'язку та роботи з відгуками.



Рисунок 1.1 – Організаційна структура підприємства

Ефективний маркетинг дозволяє підвищити обсяги замовлень, зміцнити репутацію та розширити коло постійних клієнтів [16].

Основні операційні процеси включають: прийом автомобіля та первинна діагностика, узгодження обсягу робіт і кошторису з клієнтом, виконання ремонтних робіт відповідно до стандартів, тестування та передача транспортного засобу клієнту, гарантійне обслуговування (за умовою) [10].

Ці процеси повинні бути структуровані у вигляді технологічних карт, що дозволяє підвищити якість виконання робіт і зменшити кількість дефектів. Облік доходів і витрат включає: реєстрацію надходжень за надані послуги, облік витрат на запчастини, матеріали, оплату праці, формування звітності для податкової служби. Фінансовий облік є основою для оцінювання ефективності діяльності, планування бюджету та прийняття управлінських рішень щодо розвитку підприємства [10].

Оцінювання ефективності діяльності малого підприємства здійснюється через аналіз ключових показників: обсяг доходів (виручки) за певний період, чистий прибуток після сплати податків та витрат, рівень рентабельності діяльності, задоволеність клієнтів та рівень повторних звернень, продуктивність праці персоналу [10].

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Ці показники визначають фінансовий стан, здатність підприємства забезпечувати стабільний розвиток та інвестувати в оновлення обладнання чи розширення спектру послуг [10].

1.2 Характеристика автомобіля Volkswagen Polo V



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд автомобіля Volkswagen Polo V [35]

Volkswagen Polo п'ятого покоління представлений на ринку з 2009 року. Автомобіль отримав титул Європейським автомобілем 2010 року, випередивши таких серйозних суперників як Toyota iQ та Opel Astra [36].

Автомобіль пропонується в кузові седан, 3- і 5-дверний гетчбеки та версія псевдокросовер CrossPolo [36].

Рульове управління даного автомобіля легке і має хороший зворотній зв'язок, що дуже підбадьорює при входженні в повороти. Автомобіль тримається рівномірно та збалансовано. Перемикання передач відбувається чітко. Хоча напівавтоматичних підрульових перемикачів явно не вистачає. Показники витрати палива досить хороші. У той час, як GT TSI демонструє показник у 5.81 л/100 км, дизельний двигун приголомшує показниками у 5.02 л/100 км [36].

Volkswagen Polo Mk5 (Typ 6R) — п'яте покоління компактних гетчбеків VW Polo, які випускалися концерном Volkswagen з 2009 року. Автомобіль був представлений на Женевському автосалоні 2009 в

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

березні 2009 року, а тридверна версія була представлена на Франкфуртському автосалоні у вересні 2009 року^{[2][3]}. Чотиридверний седан з довгою колісною базою вироблявся та продавався за межами Європи на кількох ринках, що розвиваються, з 2010 року як Volkswagen Vento або Volkswagen Polo sedan. Седан з короткою базою (як у гетчбека) продавався в Індії з 2016 по 2020 рік під назвою Volkswagen Ameo [37].

Станом на листопад 2022 року, Polo Mk5 продовжував вироблятися в Південній Африці під назвою Polo Vivo. Виробництво Mk5 Polo на заводі в Індії припинили у 2022 році, останній Polo був проданий у серпні 2022 року. Volkswagen Polo 5 (тип 6R) можна було замовити з 5 березня 2009 року. Виробництво розпочалося в кінці березня 2009 року. Перші автомобілі були поставлені клієнтам в червні 2009 року [37].

Технічно Polo V (тип 6R) базується на тій же платформі Volkswagen Group PQ25, що і Audi A1 8X та SEAT Ibiza 6J. Він довший, ширший і нижчий за попередню модель. Багажник вміщує 280 літрів у стандартній комплектації та може бути збільшений до 952 літрів, відкинувши заднє сидіння. Форма Polo сильно подібна на Volkswagen Golf 6, особливо в передній частині [37].

Volkswagen Polo 5 став Європейським автомобілем 2010 року випередивши таких серйозних суперників як Toyota iQ та Opel Astra. В 2014 році модель оновили, змінивши платформу на Volkswagen Group PQ26, зовнішній вигляд і оснащення. Автомобіль отримав позначення (тип 6C) [37].

Volkswagen CrossPolo повнопривідна «кросова» версія VW Polo. Представлена в березні 2010 року на Женевському автосалоні у вигляді 5-дверного хетчбека. Від звичайної версії Polo відрізняється позашляховими атрибутами в оформленні екстер'єру, наявністю леєрів на даху і 17-дюймовими колісними дисками. Автомобіль опоряджений бензиновими двигунами потужністю від 51 до 77 кВт і дизельними двигунами потужністю від 55 до 77 кВт. Кліренс на 15 мм більший від звичайної моделі. Модель представлена на ринку з кінця травня 2010 року [37].

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Volkswagen Polo GTI представлений разом з CrossPolo в березні 2010 року на Женевському автосалоні і продається з травня 2010 року. Автомобіль оснащується 1,4-літровим бензиновим двигуном TSI з турбонадувом і компресором, потужністю 132 кВт (180 к.с.), який передає крутний момент до ведучих коліс за допомогою 7-ступінчатої коробки передач. Автомобіль розганяється від 0 до 100 км/год 6,9 секунд і досягає максимальної швидкості 229 км/год. Середня витрата пального становить 5,9 літрів на 100 кілометрів пробігу. Викиди CO₂ при цьому становлять 139 грам на кілометр.

Модель, яка випускається лімітованою серією в 2.500 екземплярів. 2,0-літровий турбований TSI-двигун має 220 к.с., що на 40 к.с. більше, ніж у традиційній спортивній модифікації GTI. Максимальна швидкість 243 км/год.

Окрема модель, створена для змагання з ралі, яка окрім деяких деталей кузова має дуже мало спільного з основними серійними модифікаціями Polo V. Армований посилений 2-місний кузов. Вага пустого - 1200 кг. Турбований двигун, об'ємом 1.600 см³. Потужність: 315 к.с. при 6000 об/хв або 425 Н·м при 5000 об/хв. Повний привід, 6-ступінчата секвентильна КПП. Колеса - 18" дюймів.

Volkswagen Polo Sedan — один із лідерів у сегменті так званих «бюджетних седанів» з моменту появи моделі у 2011 році на ринку. Побудований на базі хетчбека Volkswagen Polo п'ятого покоління, але крім типу кузова відрізняється від вихідної збільшеної з 2470 до 2553 мм колісною базою, лінійкою двигунів, а також іншими налаштуваннями підвіски та кермового управління. Прибавка міжосьової відстані позитивно позначилася на просторі в ногах задніх пасажирів, крім того, обсяг багажника збільшився з 280 до 460 літрів. Дорожній просвіт становить 163 мм [38].

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

1.3 Технічні характеристики автомобіля Volkswagen Polo V Sedan 1,6i

MT

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики автомобіля Volkswagen Polo V Sedan 1,6i MT [35]

Кількість місць	5
Кількість циліндрів	4
Об'єм двигуна	1.6 л.
Рекомендоване паливо	АИ-95
Максимальна потужність	105 к.с. при 153/3800 об/хв
Довжина	4384 мм
Ширина	1699 мм
Кліренс	170 мм
Висота	170 мм
Об'єм багажника	460 л
Об'єм паливного бака	55 л
Повна маса	1660 кг
Споряджена маса	1159 кг
Тип передньої підвіски	Амортизаційна стойка
Передні гальма	Дискові
Задні гальма	Дискові
Тип трансмісії	Механіка
Кількість передач	5
Максимальна швидкість	190 км/год
Розгін до 100 км/год	10.5 с.
Витрата палива, л місто / траса / змішаний	8.7 / 5.1 / 6.5

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Будова комплексної системи запалювання

«Механічний компонент демонструє знос» – ця теорія пробуджує розум інженера та змушує його впроваджувати більше інновацій для досягнення ідеальної системи. Оскільки рухомі механічні компоненти спричиняють знос, який ми вважаємо обмеженням компонента, виникають питання: чи можемо ми уникнути використання розподільника в системі запалювання? Якщо так, то як ми можемо керувати часом іскри в багатоциліндрових двигунах? Відповідь – система запалювання без розподільника (DIS), яка може легко керувати часом іскри [32].

DIS – це система запалювання, в якій розподільник електронної системи запалювання замінюється кількістю індукційних котушок, тобто однією котушкою на циліндр або однією котушкою на пару циліндрів, а час іскри контролюється блоком керування запалюванням (БКЗ) та блоком керування двигуном (БКЗ), що робить цю систему більш ефективною та точною [32].

Через використання кількох котушок запалювання, які забезпечують пряму напругу до свічок запалювання, ця система також відома як система прямого запалювання (DIS) [32].

Як відомо, всі системи запалювання, представлені останнім часом, це:

1. Система запалювання зі свічками розжарювання.
2. Система запалювання магнето.
3. Система запалювання з електричною котушкою.
4. Електронна система запалювання.

Були результатом удосконалень у пізнішій системі, відповідно, щоб зробити систему запалювання транспортного засобу більш надійною та ефективною. Найновішою з усіх перерахованих є електронна система запалювання, яка використовується майже у всіх останніх автомобілях та мотоциклах серій super та hyper, але було виявлено, що ця система також має

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

деякі обмеження, які зробили необхідним розробку системи, яка може подолати ці обмеження, а саме: електронна система запалювання використовує розподільник, який використовується для розподілу високовольтного сигналу від модуля запалювання до свічок запалювання. Розподільник - це механічний пристрій з ротором, який замикає ланцюг, а також контролює випередження іскри, що робить цю систему трохи менш ефективною, і ця система також стикається з механічним та електричним зносом [32].

Електронна система запалювання потребує більшого обслуговування, ніж система запалювання без розподільника, тобто термін служби електронної системи запалювання становить 40 000 км, а системи запалювання без розподільника – 160 000 км [32].

Розподільник в електронній системі запалювання вимагає періодичної перевірки зазору в точці запалювання розподільника, оскільки вони піддаються зносу [32].

Точність моменту запалювання електронної системи запалювання з часом знижується [32].

Ці проблеми призвели до розробки інтелектуальної системи запалювання під назвою система запалювання без розподільника, в якій точність моменту запалювання збільшується за допомогою електронного блоку керування разом з модулем запалювання, а розподіл сигналу напруги на свічки запалювання здійснюється безпосередньо за допомогою кількох котушок запалювання, що зменшує знос системи та робить її найефективнішою та найнадійнішою системою запалювання на сьогоднішній день [32].

Компоненти цієї системи запалювання такі ж, як і в електронній системі запалювання, але в цій системі немає розподільника. Використовувані компоненти [32]:

1. Акумулятор. Як і в електронній системі запалювання, акумулятор використовується як джерело живлення для DIS.

2. Вимикач запалювання. Він керує вмиканням та вимиканням системи запалювання, так само, як і в електронній системі запалювання.

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

3. Котушка запалювання та модуль керування запалюванням. У безрозподільній системі запалювання використовується повний комплект котушок запалювання та модуля, щоб зробити систему компактною та менш складною.

Котушки запалювання на відміну від електронної системи запалювання, в якій для генерації високої напруги використовується одна котушка запалювання, БЗС використовує кілька котушок запалювання, тобто кожен котушку на свічку запалювання, яка генерує високу напругу окремо для кожної свічки запалювання [32].

Модуль керування запалюванням (ICM) або блок керування запалюванням: це запрограмована інструкція, що надається чіпсету, яка відповідає за встановлення ланцюга первинної котушки в положення УВІМК. або ВІМК [32].

4. Магнітні пускові пристрої. Це пристрої, що використовуються для керування часом запалювання свічки запалювання шляхом вимірювання положення колінчастого та розподільного валів. Магнітний пусковий пристрій складається з пускового колеса з зубцями разом з датчиком. У безрозподільній системі запалювання використовуються два магнітні пускові пристрої, які є [32]:

Пусковий пристрій розподільного валу: встановлений на розподільному валу та використовується для вимірювання фаз газорозподілу.

Пусковий пристрій колінчастого валу: встановлений на колінчастому валу та використовується для вимірювання положення або ходу поршня.

5. Свічка запалювання. Вона використовується для створення іскри всередині циліндра. Коли ключ запалювання вмикається, струм від акумулятора починає протікати через ключ запалювання до електричного блоку керування (який продовжує обробляти дані та розраховувати час) транспортного засобу, який підключений до модуля запалювання та блоку котушок (що замикає та розмикає ланцюг) [32].

Пускові колеса, встановлені на розподільному та колінчастому валу, мають однаково розташовані зубці з одним зазором, а датчики положення складаються

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

з магнітної котушки, яка постійно генерує магнітне поле під час обертання розподільного та колінчастого валів [32].

Коли ці проміжки опиняються перед датчиками позиціонування, виникають коливання магнітного поля, і сигнали обох датчиків надсилаються до модуля запалювання, який, у свою чергу, сприймає сигнали, і струм припиняє протікати в первинній обмотці котушок. А коли ці проміжки зникають від датчиків, сигнали обох датчиків надсилаються до модуля запалювання, який вмикає струм для протікання в первинній обмотці котушок [32].

Це безперервне замикання та розмикання сигналів генерує магнітне поле в котушках, яке, у свою чергу, індукує ЕРС у вторинній обмотці котушок і збільшує напругу до 70 000 вольт [32].

Ця висока напруга потім надсилається на свічки запалювання, і відбувається генерація іскор. Час спрацьовування свічок запалювання контролюється електронним блоком керування шляхом безперервної обробки даних, отриманих від модуля керування запалюванням [32].

Система безрозподільника запалювання (DIS) використовується вже десять років. Зараз майже всі автомобілі з двигунами VR6 об'ємом 1,8 л, 2,8 л та V-6 об'ємом 2,8 л використовують цю систему [32].

Система запалювання без розподільника вперше була використана у Volkswagen Passat з двигуном VR6 об'ємом 2,8 л. Деякі висококласні мотоцикли, такі як Ducati Super Sports, також використовують цю систему [32].

2.2 Основні технічні характеристики комплексної системи запалювання

Мікропроцесорна та безрозподільна системи запалювання (DIS), є сучасною електронною системою, які можуть використовуватись комплексно, що забезпечує формування високовольтного імпульсу для запалювання паливно-повітряної суміші в циліндрах двигуна. Її основною технічною особливістю є відсутність механічного розподільника запалювання та повністю електронне

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

керування процесом іскроутворення. Система працює від стандартної бортової мережі автомобіля з номінальною напругою 12 В, при цьому допускається робота в діапазоні від приблизно 9 до 16 В залежно від режиму [5].

Однією з ключових характеристик системи DIS є здатність формувати високу напругу, необхідну для пробую іскрового проміжку свічки запалювання. Ця напруга досягає значень у межах від 25 до 40 кіловольт. Такий рівень напруги забезпечує надійне займання паливної суміші навіть за умов підвищеного тиску в циліндрі або збідненого складу суміші. Формування цієї напруги відбувається в котушці запалювання, яка є одним із головних елементів системи [8].

Котушка запалювання в системі DIS має багатоканальну конструкцію, зазвичай виконану у вигляді зведеного модуля. Вона містить первинну та вторинну обмотки, електричні параметри яких визначають ефективність роботи всієї системи. Опір первинної обмотки зазвичай знаходиться в межах від 0,4 до 1 Ом, що забезпечує протікання струму силою до 6–10 ампер. Вторинна обмотка має значно більший опір — приблизно від 5 до 10 кОм, що дозволяє створювати високовольтний імпульс. Індуктивність котушки становить у середньому 3–8 мГн, що визначає швидкість накопичення енергії в магнітному полі [8].

Важливою технічною характеристикою є час накопичення енергії в котушці, так званий dwell time, який у системі DIS змінюється в межах від 2 до 5 мс. Цей параметр безпосередньо впливає на енергію іскри, яка зазвичай становить від 30 до 60 мДж. Чим більша енергія іскри, тим надійніше відбувається займання паливної суміші, особливо в складних умовах роботи двигуна [5].

Свічки запалювання, які використовуються в системі, також мають чітко визначені технічні параметри. Вони мають стандартну різьбу M14×1,25 та довжину різьбової частини близько 19 мм. Важливою характеристикою є зазор між електродами, який зазвичай становить від 0,9 до 1,3 мм. Саме цей зазор визначає необхідну напругу пробую і стабільність іскроутворення. Свічки оснащені вбудованим резистором із опором приблизно 4–10 кОм, що зменшує рівень електромагнітних завад у бортовій електроніці [5].

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Температурні характеристики свічок також мають важливе значення. Вони працюють у широкому температурному діапазоні, а температура самоочищення електродів становить приблизно від 450 до 850 °С. Це забезпечує запобігання накопиченню нагару та стабільну роботу протягом усього ресурсу, який для стандартних свічок становить до 60 тисяч кілометрів, а для сучасних матеріалів — до 100 тисяч кілометрів [5].

У системі DIS можуть використовуватися високовольтні проводи або безпосереднє встановлення котушки на свічки. У випадку застосування проводів їхній опір зазвичай знаходиться в межах від 3 до 10 кОм на один провід. Ізоляція проводів розрахована на напругу до 50 кіловольт і повинна витримувати температури від -40 до +200 °С. Це забезпечує стабільну передачу високовольтного імпульсу без втрат та пробоїв [8].

Центральним елементом керування системою є електронний блок управління двигуном. Його технічні характеристики включають здатність працювати в умовах напруги від 9 до 16 В і температурного діапазону від -40 до +105 °С. Блок керування здійснює точне регулювання параметрів запалювання з точністю до ± 1 градуса повороту колінчастого валу. Така висока точність дозволяє оптимізувати процес згоряння суміші та забезпечити ефективну роботу двигуна [8].

Датчики, що входять до складу системи, мають свої технічні параметри, які визначають точність формування сигналів для ECU. Датчик положення колінчастого валу може бути індуктивного або холлівського типу, при цьому напруга сигналу індуктивного датчика може змінюватися від 0,5 до 100 В залежно від частоти обертання двигуна. Точність визначення положення становить приблизно $\pm 0,5$ градуса. Датчик положення розподільного валу працює з напругою сигналу в межах 0–5 В і забезпечує синхронізацію роботи системи [5].

Ще однією важливою технічною характеристикою системи є параметри іскроутворення. Тривалість іскри становить приблизно 1–2 мілісекунди, що є достатнім для надійного займання суміші. Струм іскри знаходиться в межах 50–

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

100 міліампер. Напруга пробою залежить від умов у циліндрі, але може досягати 30 кіловольт. Усі ці параметри забезпечують стабільну роботу системи в різних режимах [8].

Кут випередження запалювання є ще одним важливим технічним параметром. У системі DIS він змінюється в межах від 0 до 40 градусів до верхньої мертвої точки. Регулювання відбувається автоматично, з високою швидкістю та точністю. Система здатна миттєво змінювати цей параметр залежно від умов роботи двигуна, що є важливою характеристикою сучасних електронних систем [5].

Робочі характеристики системи змінюються залежно від режиму роботи двигуна. Під час запуску двигуна напруга живлення може знижуватися до 9–10 В, що компенсується збільшенням часу накопичення енергії в котушці. У режимі холостого ходу параметри стабілізуються, а при високих навантаженнях система забезпечує максимальну енергію іскри та напругу [8].

Надійність системи визначається її експлуатаційними характеристиками. Котушки запалювання мають ресурс приблизно від 100 до 150 тисяч кілометрів, високовольтні проводи — до 120 тисяч кілометрів, а свічки — залежно від типу до 100 тисяч кілометрів. Система здатна працювати в умовах високої вологості до 95%, витримує значні вібраційні навантаження до 30 g та широкий температурний діапазон від -40 до $+125$ °C [8].

Допустимі відхилення технічних параметрів також регламентовані. Наприклад, відхилення напруги живлення може становити до $\pm 10\%$, а опору елементів — до $\pm 20\%$. Це забезпечує стабільну роботу навіть за умов часткового зношення компонентів [5].

Таким чином, безрозподільна система запалювання характеризується чітко визначеним набором технічних параметрів, що охоплюють електричні, температурні та експлуатаційні показники. Сукупність цих характеристик забезпечує ефективне формування іскри, стабільну роботу двигуна та надійність системи в широкому діапазоні умов експлуатації.

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

2.3 Аналіз конструкції комплексної системи запалювання автомобіля Volkswagen Polo V

Аналіз конструкції системи запалювання (рисунок 2.1) автомобіля Volkswagen Polo V дозволяє визначити її як сучасне технічне рішення, спрямоване на підвищення надійності, точності та ефективності роботи бензинового двигуна. Основною конструктивною особливістю цієї системи є відмова від традиційного механічного розподільника запалювання та перехід до повністю електронного керування процесом утворення іскри. Це суттєво спрощує механічну частину системи, одночасно підвищуючи вимоги до електронних компонентів [32].

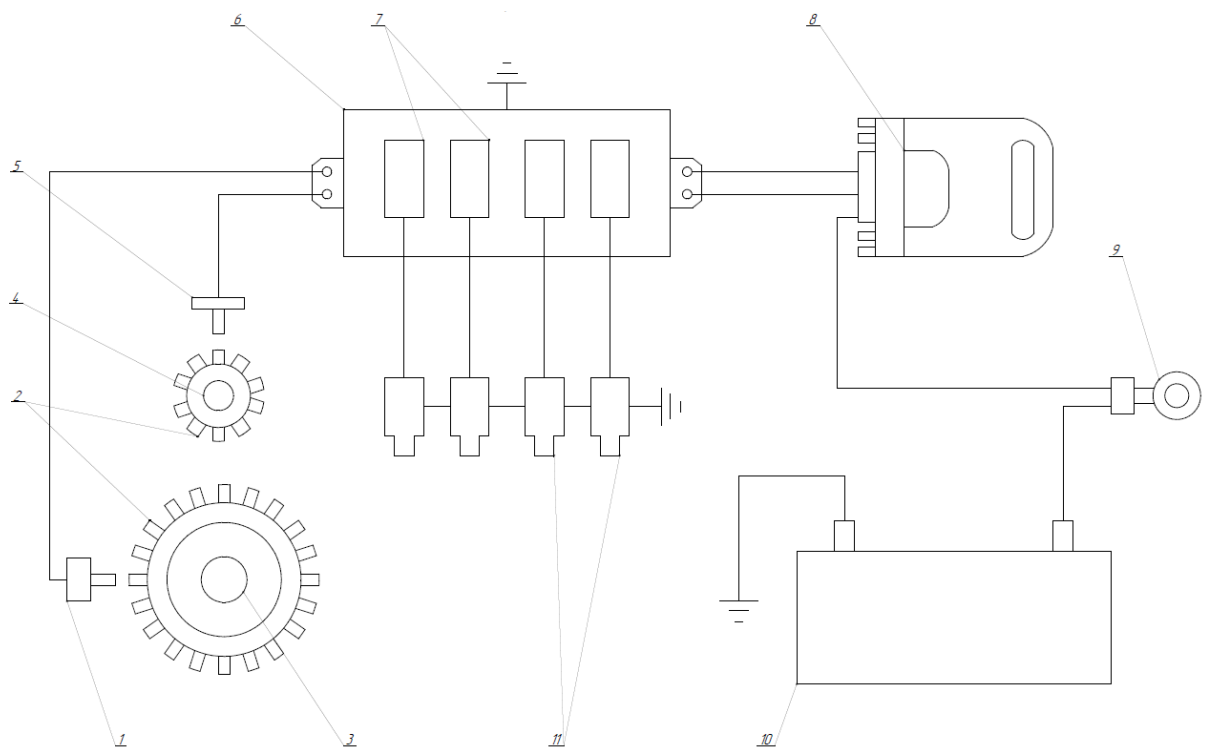


Рисунок 2.1 – Схема системи запалювання

1-датчик положення колінчастого валу; 2-тригерне колесо; 3-колінчастий вал; 4-розподільчий вал; 5-датчик положення розподільчого валу;
6-модуль керування запалюванням; 7-котушка запалювання;
8-електронний блок керування; 9-замок запалювання; 10-акумулятор;
11-свічка запалювання

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Конструкція безрозподільної системи запалювання базується на використанні багатоканальної котушки запалювання, яка об'єднує в одному корпусі декілька індукційних елементів. У випадку Volkswagen Polo V найчастіше застосовується здвоєна котушка, що обслуговує пари циліндрів. Така конструкція реалізує принцип парного запалювання, коли одна котушка генерує іскру одночасно для двох циліндрів. Це дозволяє відмовитися від складних механічних вузлів розподілу високої напруги та зменшити кількість рухомих деталей у системі [5].

Котушка запалювання конструктивно складається з первинної та вторинної обмоток, намотаних на спільному магнітопроводі. Первинна обмотка підключена до низьковольтного кола автомобіля, а вторинна — до високовольтного кола, що веде до свічок запалювання. У конструкції передбачено ефективну електричну ізоляцію між обмотками, що дозволяє витримувати високі напруги без пробоя. Корпус котушки виготовляється з термостійких матеріалів, здатних працювати в умовах значних температурних коливань і вібрацій [8].

Важливим елементом конструкції є спосіб підключення котушки до свічок запалювання. У деяких модифікаціях Volkswagen Polo V використовуються високовольтні проводи, які передають імпульс від котушки до свічок. В інших варіантах застосовується більш сучасне рішення — безпосереднє встановлення котушки на свічку (система coil-on-plug). Така конструкція дозволяє зменшити втрати енергії, підвищити надійність і знизити рівень електромагнітних завад [6].

Свічки запалювання є кінцевим елементом системи і безпосередньо виконують функцію створення іскри. Конструктивно вони складаються з центрального та бічного електродів, ізольованих керамічним матеріалом. У системі DIS для Volkswagen Polo V застосовуються свічки з вбудованим резистором, що зменшує радіоперешкоди. Конструкція свічки повинна забезпечувати стабільний іскровий проміжок, стійкість до високих температур і тиску, а також довговічність у процесі експлуатації [32].

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Центральним елементом конструкції системи є електронний блок керування двигуном, який фактично виконує роль «мозку» системи запалювання. Він отримує інформацію від різних датчиків і на її основі формує сигнали для керування котушками запалювання. Конструктивно блок являє собою складний електронний пристрій, що включає мікропроцесор, пам'ять та силові елементи для комутації струму. Особливістю його конструкції є висока стійкість до температурних впливів, вібрацій та електромагнітних перешкод [7].

До складу системи також входять датчики, які забезпечують зворотний зв'язок і точність роботи. Найважливішими з них є датчик положення колінчастого валу та датчик положення розподільного валу. Їх конструкція передбачає використання індуктивних або напівпровідникових елементів, які генерують електричні сигнали відповідно до положення обертових частин двигуна. Ці сигнали мають високу точність і швидкість, що дозволяє системі оперативно реагувати на зміну режимів роботи двигуна [32].

Аналіз конструкції системи показує, що вона має модульний принцип побудови. Це означає, що окремі елементи, такі як котушка запалювання, свічки або датчики, можуть замінюватися незалежно один від одного. Такий підхід спрощує технічне обслуговування та ремонт, а також дозволяє швидко діагностувати несправності. Водночас модульність конструкції вимагає високої точності виготовлення та сумісності компонентів [6].

Особливу увагу в конструкції системи приділено електричним з'єднанням. Використовуються спеціальні роз'єми з високим ступенем захисту від вологи та пилу. Контакти виконані з матеріалів, стійких до корозії, що забезпечує довготривалу та стабільну роботу системи. Крім того, конструкція передбачає екранування проводів і компонентів для зменшення впливу електромагнітних завад [32].

З точки зору надійності, конструкція безрозподільної системи запалювання має значні переваги. Відсутність механічних частин, що піддаються зносу, таких як бігунок і кришка розподільника, суттєво знижує ймовірність відмови. Водночас електронні компоненти повинні відповідати високим стандартам

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

якості, оскільки їх несправність може призвести до повної втрати працездатності системи [6].

Аналіз конструкції також показує, що система добре адаптована до сучасних вимог екологічності та економічності. Завдяки точному електронному керуванню забезпечується оптимальний момент запалювання, що сприяє повнішому згорянню палива та зменшенню шкідливих викидів. Це досягається завдяки інтеграції системи запалювання з іншими системами двигуна, зокрема системою впорскування палива [5].

Таким чином, конструкція безрозподільної системи запалювання автомобіля Volkswagen Polo V є результатом поєднання простоти механічної частини та складності електронного керування. Вона характеризується високою надійністю, модульністю, ефективністю та адаптивністю до різних умов експлуатації. Використання сучасних матеріалів і технологій дозволяє забезпечити стабільну роботу системи протягом тривалого часу, що є важливим фактором для сучасних автомобілів [7].

2.4 Організація технологічного процесу технічного обслуговування системи запалювання автомобіля Volkswagen Polo V

Система запалювання автомобіля Volkswagen Polo V є важливою складовою бензинового двигуна, оскільки забезпечує своєчасне займання паливно-повітряної суміші у циліндрах двигуна. Від її технічного стану залежить стабільність запуску двигуна, економічність роботи автомобіля, динамічні характеристики та рівень токсичності відпрацьованих газів. На автомобілях Volkswagen Polo V використовується сучасна безрозподільна електронна система запалювання типу Coil-on-Plug, у якій кожна свічка запалювання має окрему котушку. Така конструкція дозволяє підвищити точність подачі іскри та покращити ефективність роботи двигуна [9].

Технічне обслуговування системи запалювання включає комплекс профілактичних робіт, спрямованих на підтримання справного стану всіх

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

елементів системи. Основною метою технічного обслуговування є забезпечення стабільної роботи двигуна, попередження виникнення несправностей та збільшення ресурсу експлуатації автомобіля. Регулярне проведення технічного обслуговування дозволяє своєчасно виявляти дефекти та запобігати складним поломкам [12].

Технологічний процес технічного обслуговування починається з підготовки автомобіля до виконання робіт. Автомобіль встановлюють на пост технічного обслуговування, фіксують стоянковим гальмом та вимикають запалювання. Після цього виконують зовнішній огляд елементів системи запалювання. Перевіряють стан електропроводки, роз'ємів, катушок запалювання та свічок. Наявність пошкоджень ізоляції, окислення контактів або слідів підгоряння свідчить про можливу несправність системи [13].

Наступним етапом є комп'ютерна діагностика електронної системи керування двигуном. Для цього використовується діагностичний сканер, який підключається до електронного блоку керування автомобіля. За допомогою спеціального програмного забезпечення проводиться зчитування кодів помилок та аналіз параметрів роботи системи запалювання. Це дозволяє визначити несправності катушок запалювання, свічок або датчиків системи [39].

Під час технічного обслуговування важливе значення має перевірка стану свічок запалювання. Свічки демонтують за допомогою спеціального ключа та перевіряють стан електродів, ізолятора і різьбової частини. Наявність нагару, тріщин або підгоряння електродів може свідчити про порушення роботи системи запалювання чи паливної системи двигуна. Крім того, перевіряють зазор між електродами свічки відповідно до вимог заводу-виробника [29].

Після перевірки свічок виконують діагностику катушок запалювання. Для цього використовують мультиметр або спеціальний тестер. Перевіряють опір первинної та вторинної обмоток, а також якість утворення іскри. Несправні катушки можуть спричиняти нестійку роботу двигуна, пропуски запалювання та збільшення витрати пального [5].

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Завершальним етапом технічного обслуговування є перевірка роботи двигуна після виконання всіх операцій. Двигун запускають та оцінюють його роботу на різних режимах навантаження. У разі відсутності перебоїв у роботі двигуна та помилок електронного блоку керування автомобіль вважається справним і допускається до подальшої експлуатації [11].

2.5 Діагностування несправностей системи запалювання автомобіля Volkswagen Polo V

Своєчасне діагностування системи запалювання є важливою умовою забезпечення надійної роботи двигуна автомобіля Volkswagen Polo V. Сучасна система запалювання має складну електронну конструкцію, тому для виявлення несправностей використовують комплекс діагностичних методів та спеціалізоване обладнання. Основною метою діагностики є визначення технічного стану системи та своєчасне виявлення несправностей [9].

Першими ознаками несправностей системи запалювання можуть бути утруднений запуск двигуна, нестійка робота на холостому ході, втрата потужності, ривки під час руху та збільшення витрати пального. Також можуть виникати пропуски запалювання та підвищення токсичності відпрацьованих газів. У разі появи таких симптомів необхідно провести комплексну перевірку системи запалювання [12].

Діагностування починається із зовнішнього огляду елементів системи. Майстер перевіряє стан електропроводки, контактів, роз'ємів та котушок запалювання. Особливу увагу приділяють наявності механічних пошкоджень, слідів перегріву та окислення контактів [40].

Після зовнішнього огляду проводять комп'ютерну діагностику системи. Діагностичний сканер дозволяє зчитувати коди помилок із пам'яті електронного блоку керування двигуном. Найчастіше виявляються помилки, пов'язані з пропусками запалювання, несправністю котушок або датчиків положення колінчастого та розподільного валів [39].

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Для більш точної перевірки використовують електричні методи діагностики. За допомогою мультиметра вимірюють напругу та опір обмоток котушок запалювання. Якщо отримані значення не відповідають нормативним показникам, котушка вважається несправною та підлягає заміні. Також перевіряють стан свічок запалювання та інтенсивність іскроутворення [5].

Одним із сучасних методів діагностики є використання осцилографа та мотор-тестера. Дані прилади дозволяють аналізувати форму електричних сигналів системи запалювання та визначати приховані дефекти. Використання такого обладнання значно підвищує точність діагностування та скорочує час пошуку несправностей [40].

Після завершення діагностики майстер визначає перелік несправностей та складає план виконання ремонтних робіт. Своєчасна діагностика дозволяє уникнути серйозних поломок двигуна та зменшити витрати на ремонт автомобіля [13].

2.6 Технологічний процес ремонту системи запалювання автомобіля Volkswagen Polo V

Ремонт системи запалювання автомобіля Volkswagen Polo V виконується після проведення діагностики та визначення причин несправностей. Основною метою ремонту є відновлення працездатності системи та забезпечення стабільної роботи двигуна на всіх режимах експлуатації [11].

Перед початком ремонту автомобіль встановлюють на пост технічного обслуговування та відключають акумуляторну батарею для запобігання короткому замиканню. Після цього проводять демонтаж несправних елементів системи запалювання [13].

Однією з найпоширеніших ремонтних операцій є заміна свічок запалювання. Старі свічки демонтують, очищають посадочні місця та встановлюють нові свічки відповідно до технічних вимог виробника. Особливу

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

увагу приділяють правильному моменту затягування свічок, оскільки надмірне зусилля може пошкодити різьбу головки блока циліндрів [29].

У разі несправності котушки запалювання її замінюють новою. Для цього від'єднують електричний роз'єм, демонтують несправну котушку та встановлюють справний елемент. Після монтажу перевіряють надійність контактів та правильність підключення [40].

У процесі ремонту також можуть виконуватися роботи з відновлення електропроводки системи запалювання. Пошкоджені проводи ремонтують або замінюють новими. Особливу увагу приділяють якості ізоляції та надійності контактних з'єднань [5].

Іноді причиною несправності системи є вихід з ладу датчиків електронної системи керування двигуном. Найчастіше це датчик положення колінчастого або розподільного вала. У такому випадку несправні датчики демонтують та встановлюють нові. Після цього проводять повторну діагностику системи [39].

Після завершення ремонтних робіт двигун запускають та перевіряють його роботу на різних режимах навантаження. Також повторно виконують комп'ютерну діагностику для підтвердження відсутності помилок у системі. Якщо двигун працює стабільно, автомобіль передають замовнику [12].

2.7 Шляхи удосконалення технологічного процесу технічного обслуговування і ремонту системи запалювання

У сучасних умовах розвитку автомобільного транспорту особливого значення набуває удосконалення технологічних процесів технічного обслуговування та ремонту автомобілів. Для підприємства ФОП Волошин Ігор Іванович покращення організації технічного обслуговування системи запалювання Volkswagen Polo V є важливим напрямом підвищення ефективності роботи та конкурентоспроможності підприємства [11].

Одним із основних напрямів удосконалення є використання сучасного діагностичного обладнання. Застосування комп'ютерних сканерів, мотор-

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

тестерів та цифрових осцилографів дозволяє значно підвищити точність діагностики та скоротити час виконання робіт [40].

Важливе значення має також удосконалення організації робочих місць. Рациональне розміщення інструментів, обладнання та запасних частин дозволяє скоротити втрати часу під час виконання ремонтних робіт. Крім того, необхідно забезпечити належні умови праці, освітлення та вентиляцію виробничих приміщень [13].

Суттєве значення має підвищення кваліфікації працівників автосервісу. Сучасні системи запалювання мають складну електронну конструкцію, тому персонал повинен володіти навичками роботи із сучасним діагностичним обладнанням та комп'ютерними системами [9].

Одним із перспективних напрямів удосконалення є використання оригінальних запасних частин та якісних матеріалів. Використання неякісних деталей може призвести до повторних несправностей та погіршення роботи системи запалювання [39].

Для підвищення ефективності роботи підприємства доцільно впроваджувати спеціалізоване програмне забезпечення для обліку ремонтних робіт та планування технічного обслуговування. Це дозволить контролювати використання запасних частин, вести облік виконаних робіт та оптимізувати процес обслуговування клієнтів [40].

Удосконалення технологічного процесу технічного обслуговування та ремонту системи запалювання дозволить підвищити якість виконання робіт, скоротити витрати часу на ремонт та забезпечити надійну експлуатацію автомобілів Volkswagen Polo V [12].

2.8 Дефектування системи запалювання

Двигун внутрішнього згоряння працює за рахунок наявності паливно-повітряної суміші у циліндрах. Щоб вона спалахнула, досить невеликої іскри, яка генерується свічкою, що є елементом системи запалення. Всі деталі та пристрої

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

системи пов'язані між собою і працюють для досягнення загальної мети - генерування іскри запалення в кожному циліндрі. Вихід з ладу одного з елементів помітно впливає на роботу всього силового агрегату, тому що відсутність іскри навіть в одному циліндрі знижує його тягові властивості. Отже, несправності системи запалення необхідно усувати відразу, оскільки це веде до погіршення технічних характеристик силового агрегату, збільшення витрати пального та повної відмови двигуна [34].

Сьогодні виробники автомобілів використовують у їх конструкції кілька типів запалювання: безконтактне, контактне та електронне. Останнє набуло найширшого поширення, оскільки відрізняється високою точністю роботи. Всі системи мають спільні проблеми, які полягають у наступному[34]:

- вихід із ладу свічок запалювання;
- поломка високовольтної котушки;
- порушення ізоляції дротів;
- порушення робочого електричного кола.

Основна несправність свічок запалення полягає в прогарі платинового або молібденового покриття бічного електрода. Більше в конструкції цих деталей ламатися нема чому. Високовольтна котушка виходить з ладу у разі порушення ізоляції між обмотками, що призводить до їхнього замикання. Порушення електричного ланцюга може характеризуватись окисленням контактів та порушенням з'єднань. Що стосується високовольтних проводів, їх ізоляція стикається з іншими частинами двигуна, тому вона може бути пошкоджена механічно або термічно, незважаючи на стійкість до впливу високих температур. [34]

Причиною виникнення несправностей є неправильна експлуатація. Спочатку розглянемо свічки запалення, ознаки несправності які характеризуються наявністю на електродах палива, що свідчить про відсутність іскри. У таких випадках кажуть, що свічки залило і слід детально вивчити їхній стан. Наявність нагару на робочих поверхнях електродів не дозволяє проскочити між ними іскри. Якщо чищення не допомагає, значить покриття електродів

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

прогоріло і вони не можуть виконувати покладені на них завдання. Відбувається це через використання палива низької якості або від природного зносу. У звичайних свічок запалення він настає приблизно через 40 тисяч пробігу, у платинових та молібденових – на позначці 80-90 тисяч кілометрів [34].

Так як симптоми несправності свічок запалювання можна визначити тільки дивлячись на них, необхідно мати спеціальний ключ свічки, щоб відкрутити їх з кришки головки блоку циліндрів. Розглянемо ознаки несправності системи запалення, які у залежність від її типу [34].

Основна проблема запалювання контактного типу полягає в низькій якості всіх її елементів та ненадійності. Тому вона практично не використовується у сучасних автомобілях. Насправді ознаки несправності модуля запалення контактного типу характеризується таким: утруднений пуск двигуна та її нестійка робота на холостих оборотах. Також можлива підвищена витрата палива та зниження потужності силового агрегату [34].

Така система може мати проблеми, пов'язані з відцентровим та вакуумним регуляторами, кришкою датчика-розподільника та транзисторним комутатором. Основні причини виникнення цих проблем полягають у використанні бензину низької якості, а також слід враховувати зовнішні впливи, такі як механічні пошкодження та атмосферні зміни. Якщо безконтактна система не працює, насамперед слід звернути увагу на ознаки несправності свічок запалювання, що характеризуються важким пуском силового агрегату або повною його відмовою. Нестабільна робота на неодруженому ходу обумовлена проблемами з котушкою запалювання та кришкою датчика-розподільника [34].

Даний тип запалення вважається найнадійнішим, тому що краще за інших забезпечує стабільну роботу двигуна. Тим не менш, така система теж втрачає працездатність, що можна визначити за деякими ознаками, як і в попередніх випадках. Зокрема, коли автомобіль не тримає холостих обертів, слід звернути увагу на ознаки несправності котушки запалювання, які характеризуються відсутністю іскри за умови, що свічки в повному порядку. Визначити працездатність пристрою можна звичайним мультиметром з режимом

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вимірювання опору. Зниження потужності двигуна є ознакою того, що з ладу вийшли вхідні датчики або електронний блок запалювання [34].

Так як з усього перерахованого вище частіше доводиться міняти свічки, необхідно мати з собою запасний комплект, щоб швидко виконати заміну. Що стосується решти елементів, будь-яку несправність запалення симптоми дозволяють визначити заздалегідь, щоб виконати заміну необхідних комплектуючих. Купити їх можна у нашому інтернет-магазині, скориставшись консультацією експерта, який допоможе підібрати оптимальні запчастини з VIN-коду вашого автомобіля [34].

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Аналіз приладів і стендів для перевірки системи запалювання автомобіля Volkswagen Polo V

1. Автомобільний діагностичний сканер (OBD-II). Основним засобом первинної діагностики системи запалювання є автомобільний діагностичний сканер, який підключається до стандартного роз'єму OBD-II. Він дозволяє зчитувати коди несправностей, аналізувати параметри роботи двигуна та оцінювати стан системи запалювання в режимі реального часу [21].

За допомогою сканера визначаються: пропуски запалювання у циліндрах, несправності котушок запалювання, помилки датчиків колінчастого та розподільного валів, порушення сумішоутворення [21].

Також доступні «живі дані» (Live Data), що дозволяють контролювати кут випередження запалювання, оберти двигуна та корекції паливної суміші [5].

2. Автомобільний осцилограф. Осцилограф є одним із найточніших діагностичних приладів для аналізу системи запалювання. Він відображає електричні сигнали у вигляді графіків напруги, що дозволяє детально оцінити роботу котушок запалювання [13].

За допомогою осцилографа визначають: форму імпульсу керування котушкою, час накопичення енергії, якість іскроутворення, пробій ізоляції високовольтної частини [13].

У системі COP (Coil on Plug) осцилограф дозволяє окремо аналізувати роботу кожної котушки [13].

3. Цифровий мультиметр. Цифровий мультиметр використовується для базових електричних вимірювань у системі запалювання. Він є універсальним приладом, який застосовується на всіх етапах діагностики [11].

З його допомогою перевіряють: опір первинної та вторинної обмотки котушки, наявність живлення на роз'ємах котушок, напругу акумуляторної батареї, цілісність електричних ланцюгів [11].

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

4. Стенд для перевірки котушок запалювання. Спеціальні стенди для перевірки котушок дозволяють імітувати роботу двигуна та створювати навантаження, максимально наближене до реальних умов експлуатації [24].

На таких стендах перевіряють: стабільність іскроутворення, напругу пробою, роботу котушки під навантаженням, нагрівання елементів [24].

5. Тестер виконавчих механізмів QDB-3A. Сучасним засобом діагностики є тестер QDB-3A, який використовується для перевірки котушок запалювання, форсунок та крокових двигунів [17].

Його основні можливості: генерація PWM-сигналу, тестування індивідуальних котушок СОР, перевірка інжекторів, діагностика регуляторів холостого ходу [17].

6. Іскровий тестер. Іскровий тестер використовується для візуальної оцінки якості іскроутворення. Він дозволяє перевірити силу і стабільність іскри та виявити несправні котушки [26].

Переваги використання: швидка діагностика, можливість порівняння циліндрів, визначення слабкої іскри [26].

7. Мотор-тестер (стенд комплексної діагностики). Мотор-тестер є комплексним діагностичним обладнанням, яке дозволяє аналізувати роботу двигуна в цілому [5].

Він перевіряє: систему запалювання, систему впорскування палива, синхронізацію датчиків, компресію та стабільність роботи двигуна [5].

Таким чином, для діагностики системи запалювання автомобіля Volkswagen Polo V використовується комплекс сучасного обладнання: OBD-II сканери, осцилографи, мультиметри, мотор-тестери, стенди перевірки котушок та спеціалізовані прилади типу QDB-3A. Їх комплексне застосування дозволяє забезпечити точну діагностику, скоротити час ремонту та підвищити якість технічного обслуговування автомобіля.

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

3.2 Аналіз та характеристики автомобільного тестера перевірки котушки запалювання

Автомобільний тестер (рисунок 3.1) – це універсальний прилад для діагностики та перевірки котушок запалювання і виконавчих механізмів автомобіля. До комплекту входять необхідні кабелі та дроти під'єднання, що дає змогу одразу приступити до роботи [33].



Рисунок 3.1 – Автомобільний тестер перевірки котушки запалювання машини [33]

Пристрій компактний, зручний у використанні і підтримує тестування широкого спектра автомобільних компонентів [33].

Особливості [33]:

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

- Тестер котушки запалювання, включаючи незалежне запалювання, тип котушки, тип модуля.
- Тест паливної форсунки: зокрема бензинового автомобіля 12 В, дизельного автомобіля 12В 24В.
- Привід і випробування електромагнітних клапанів і клапанів дозування палива, керованих різними коефіцієнтами потужності.
- Привід і випробування двигунів, керованих різними коефіцієнтами потужності.
- Привід і тестування крокових двигунів холостого ходу, подальшого рульового керування тощо.
- Сигнал Холла з регульованою вихідною частотою, амплітудою і коефіцієнтом корисної дії. Використовується для моделювання різних датчиків робочого циклу, як-от датчик тиску кондиціонера (тип робочого циклу),
 - Витратомір повітря (тип робочого циклу) тощо.
 - Операційна система підтримує кілька мов: англійську, російську, португальську, іспанську, французьку та китайську.

Характеристики [33]:

- Розмір: близько 16.5 x 9.6 x 2.6 см.
- Матеріал: пластик.
- Колір: чорний.
- Екран: TFT.
- Вхід живлення: DC 9-26 В / 100 Вт.
- Вихід живлення: струм: макс. 2.5 А.
- Вихід VADJ: напруга: 1.25 В - 14.5 В, струм: макс. 1.5 А.
- DMM: постійна напруга: 0-30 В, опір: 0-1 МОм.
- ШІМ-сигнал (PWM Signal): частота: 1-100 кГц, шпаруватість (Duty): 0-100%, VPP: 1.25 В - 14.5 В.
- ШІМ-привід (PWM Drive): частота: 1-100 кГц, шпаруватість: 0-100%, струм: макс. 3 А.
- Кроковий двигун: струм: макс. 1.5 А.

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

- Робоча температура (OTR): 0 - 55°C.
- Діапазон вихідної частоти: 1 ГЦ - 100 КГЦ.
- Регулювання робочого циклу: 1%-100%.
- Регульована напруга: 1.25В-11.5В.

Комплектація (рисунок 3.2) [33]:

- Тестер.
- Кабель живлення.
- Тестові з'єднувальні кабелі.
- Одиночні штекери.
- Штекер крокового двигуна холостого ходу.
- Зварювальний кабель крокового двигуна.



Рисунок 3.2 – Елементи, що входять до комплекту автомобільного тестера перевірки котушки запалювання [33]

3.3 Розрахунок параметрів роботи автомобільного тестера QDB-3A під час перевірки котушки запалювання та виконавчих механізмів автомобіля Volkswagen Polo V

Розрахунок сили струму в первинному колі котушки запалювання

$$I = \frac{U}{R} \quad (3.1)$$

де:

I – сила струму, А;

U – напруга живлення, В;

R – опір первинної обмотки котушки, Ом.

$$I = \frac{12}{3} = 4 \text{ А}$$

Розрахунок електричної потужності котушки запалювання

$$P = U \cdot I \quad (3.2)$$

де:

P – потужність, Вт/

$$P = 12 \cdot 4 = 48 \text{ Вт}$$

Розрахунок споживаної електричної енергії

$$W = P \cdot t \quad (3.3)$$

де:

W – електрична енергія, Дж;

t – час роботи, с.

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

$$W = 48 \cdot 60 = 2880 \text{ Дж}$$

Розрахунок частоти імпульсів тестера

$$f = \frac{1}{T} \quad (3.4)$$

де:

f – частота імпульсів, Гц;

T – період імпульсу, с.

$$f = \frac{1}{0,02} = 50 \text{ Гц}$$

Розрахунок періоду PWM-сигналу

$$T = \frac{1}{f} \quad (3.5)$$

де:

T – період сигналу, с;

f – частота сигналу, Гц.

$$T = \frac{1}{100} = 0,01 \text{ с}$$

Розрахунок коефіцієнта заповнення PWM-сигналу

$$D = \frac{t_i}{T} 100\% \quad (3.6)$$

де:

D – коефіцієнт заповнення, %;

t_i – тривалість активного імпульсу, с;

T – період сигналу, с.

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D = \frac{0,006}{0,01} 100\% = 60\%$$

Розрахунок опору вторинної обмотки котушки запалювання

$$R = \frac{U}{I} \quad (3.7)$$

де:

R – електричний опір, Ом;

U – напруга, В;

I – сила струму, А.

$$R = \frac{15000}{0,05} = 300000 \text{ Ом}$$

Розрахунок теплових втрат у котушці запалювання

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t \quad (3.8)$$

де:

Q – кількість теплоти, Дж;

t – час роботи, с.

$$Q = 4^2 \cdot 3 \cdot 60 = 2880 \text{ Дж}$$

Розрахунок сили струму крокового двигуна холостого ходу

$$I = \frac{P}{U} \quad (3.9)$$

$$I = \frac{18}{12} = 1,5 \text{ А}$$

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Розрахунок коефіцієнта корисної дії системи тестування

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\% \quad (3.10)$$

де:

η – коефіцієнт корисної дії, %;

P_1 – споживана потужність, Вт;

P_2 – корисна потужність, Вт.

$$\eta = \frac{42}{48} \cdot 100\% = 87,5\%$$

Проведені розрахунки дозволили визначити основні параметри роботи автомобільного тестера QDB-3A під час перевірки катушок запалювання та виконавчих механізмів автомобіля Volkswagen Polo V. Отримані результати підтверджують ефективність використання даного тестера для діагностики системи запалювання та забезпечення надійної роботи двигуна.

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

4 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Економічне значення удосконалення технічного обслуговування і ремонту системи запалювання автомобіля Volkswagen Polo V

У сучасних умовах розвитку автомобільного транспорту важливе значення має підвищення ефективності технічного обслуговування та ремонту автомобілів. Для підприємства ФОП Волошин Ігор Іванович удосконалення технологічного процесу технічного обслуговування і ремонту системи запалювання автомобіля Volkswagen Polo V є важливим економічним напрямом діяльності, оскільки дозволяє покращити якість обслуговування клієнтів, підвищити продуктивність праці та збільшити прибуток підприємства [12].

Система запалювання сучасного автомобіля є складною електронною системою, від справності якої залежить робота двигуна, витрата пального та екологічні показники автомобіля. Несправності системи запалювання можуть призводити до значних фінансових витрат власника автомобіля через підвищену витрату пального та складні ремонти двигуна. Саме тому своєчасне технічне обслуговування системи запалювання має важливе економічне значення [31].

Використання сучасного діагностичного обладнання, такого як тестер QDB-3A, дозволяє значно скоротити час пошуку несправностей та підвищити точність діагностики. Це сприяє зменшенню трудомісткості ремонтних робіт і підвищенню продуктивності праці працівників автосервісу. Завдяки цьому підприємство може обслуговувати більшу кількість автомобілів протягом робочого дня, що позитивно впливає на фінансові результати діяльності [24].

Важливим економічним фактором є також використання якісних запасних частин та сучасних технологій ремонту. Застосування оригінальних катушок запалювання, свічок та електронних компонентів дозволяє зменшити кількість повторних звернень клієнтів через несправності автомобіля. Це сприяє формуванню позитивної репутації підприємства та збільшенню кількості постійних клієнтів [18].

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Удосконалення організації робочих місць також має важливе економічне значення. Рациональне розміщення обладнання, інструментів та запасних частин дозволяє скоротити непродуктивні витрати часу працівників і підвищити ефективність виконання ремонтних робіт. Крім того, належна організація праці сприяє покращенню умов праці персоналу та зменшенню виробничого травматизму [30].

Отже, удосконалення технологічного процесу технічного обслуговування і ремонту системи запалювання автомобіля Volkswagen Polo V має важливе економічне значення для підприємства ФОП Волошин Ігор Іванович, оскільки сприяє підвищенню продуктивності праці, покращенню якості обслуговування та збільшенню прибутковості підприємства [12].

4.2 Розрахунок економічної ефективності використання тестера QDB-3A

Для підвищення ефективності технічного обслуговування системи запалювання автомобілів Volkswagen Polo V на підприємстві ФОП Волошин Ігор Іванович пропонується використання автомобільного тестера QDB-3A. Використання сучасного діагностичного обладнання дозволяє скоротити час виконання робіт та зменшити витрати підприємства [24].

Спочатку визначимо річний фонд робочого часу обладнання за формулою:

$$\Phi_p = D \cdot T \cdot K_b \quad (4.1)$$

де:

- Φ_p – річний фонд робочого часу, год;
- D – кількість робочих днів на рік;
- T – тривалість робочої зміни, год;
- K_b – коефіцієнт використання робочого часу.

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

$$\Phi_p = 250 \cdot 8 \cdot 0,9 = 1800 \text{ год}$$

Наступним етапом є визначення продуктивності праці працівника:

$$P_{\pi} = \frac{N}{K} \quad (4.2)$$

де:

P_{π} – продуктивність праці;

N – обсяг виконаних робіт;

K – кількість працівників.

При виконанні 900 ремонтів за рік одним працівником:

$$P_{\pi} = \frac{900}{1} = 900 \text{ ремонтів}$$

Економію часу від використання тестера визначають за формулою:

$$E_{\text{ч}} = (t_1 - t_2) \cdot N \quad (4.3)$$

де:

$E_{\text{ч}}$ – економія часу, год;

t_1 – час діагностики без тестера, год;

t_2 – час діагностики з тестером, год;

N – кількість ремонтів за рік.

$$E_{\text{ч}} = (1,5 - 1) \cdot 900 = 450 \text{ год}$$

Розрахуємо річний економічний ефект:

$$E_p = E_{\text{ч}} \cdot C_r \quad (4.4)$$

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

де:

E_p – річний економічний ефект, грн;

C_r – вартість однієї години роботи, грн.

При вартості 350 грн за годину:

$$E_p = 450 \cdot 350 = 157500 \text{ грн}$$

Термін окупності обладнання визначають за формулою:

$$T_{ок} = \frac{B}{E_p} \quad (4.5)$$

де:

$T_{ок}$ – термін окупності, років;

B – вартість обладнання, грн.

При вартості тестера 12000 грн:

$$T_{ок} = \frac{12000}{157500} = 0,08 \text{ року}$$

Таким чином, використання автомобільного тестера QDB-3A є економічно доцільним, оскільки дозволяє підвищити продуктивність праці, скоротити час діагностики та забезпечити значний економічний ефект для підприємства.

4.3 Шляхи підвищення економічної ефективності діяльності автосервісного підприємства

Підвищення економічної ефективності діяльності підприємства ФОП Волошин Ігор Іванович є важливою умовою забезпечення його стабільної роботи та конкурентоспроможності на ринку автосервісних послуг. Одним із головних напрямів підвищення ефективності є впровадження сучасного обладнання та

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

удосконалення технологічних процесів технічного обслуговування і ремонту автомобілів [18].

Важливим фактором є підвищення продуктивності праці працівників. Використання сучасного діагностичного обладнання та спеціалізованого інструменту дозволяє скоротити тривалість ремонтних робіт і збільшити кількість обслуговуваних автомобілів. Це позитивно впливає на обсяг доходів підприємства та рівень прибутковості [24].

Суттєве значення має також раціональне використання матеріальних ресурсів. Використання якісних запасних частин дозволяє зменшити кількість повторних ремонтів та скоротити витрати підприємства на гарантійне обслуговування. Крім того, правильне планування закупівель запасних частин сприяє зменшенню складських витрат [31].

Одним із перспективних напрямів розвитку є автоматизація процесів управління підприємством. Використання спеціалізованих програм для ведення обліку виконаних робіт, контролю запасів та планування технічного обслуговування дозволяє підвищити ефективність управління підприємством і скоротити адміністративні витрати [30].

Важливу роль у підвищенні економічної ефективності відіграє професійна підготовка працівників. Регулярне підвищення кваліфікації персоналу дозволяє покращити якість виконання ремонтних робіт та скоротити кількість помилок під час діагностики і ремонту автомобілів. Це сприяє підвищенню довіри клієнтів до підприємства та збільшенню кількості постійних замовників [12].

Отже, підвищення економічної ефективності діяльності автосервісного підприємства можливе завдяки впровадженню сучасного обладнання, удосконаленню організації праці, автоматизації управління та підвищенню кваліфікації персоналу. Реалізація цих заходів дозволить забезпечити стабільний розвиток підприємства та підвищити якість надання послуг [18].

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Організація охорони праці під час технічного обслуговування і ремонту системи запалювання автомобіля Volkswagen Polo V

Охорона праці на підприємствах автомобільного транспорту є важливою складовою забезпечення безпечних умов праці працівників. Під час технічного обслуговування і ремонту системи запалювання автомобіля Volkswagen Polo V працівники контактують з електрообладнанням, діагностичними приладами, акумуляторними батареями та іншими джерелами підвищеної небезпеки. Саме тому організація безпечних умов праці є одним із основних завдань підприємства ФОП Волошин Ігор Іванович [26].

Під час виконання робіт із системою запалювання існує небезпека ураження електричним струмом. Система запалювання сучасного автомобіля створює високу напругу, яка може досягати кількох десятків тисяч вольт. У разі недотримання правил безпеки працівник може отримати електротравму. Для запобігання таким випадкам усі роботи необхідно проводити лише при вимкненому запалюванні та відключеній акумуляторній батареї [22].

Важливим заходом охорони праці є використання справного інструменту та обладнання. Усі діагностичні прилади повинні мати справну ізоляцію проводів і відповідати вимогам електробезпеки. Працівникам забороняється використовувати несправний інструмент або обладнання з пошкодженою ізоляцією [23].

Особливу увагу необхідно приділяти організації робочого місця. Робоче місце повинно бути добре освітленим, чистим та забезпеченим вентиляцією. Наявність мастил, пального або сторонніх предметів на підлозі може призвести до травмування працівників через ковзання або падіння. Інструменти та запасні частини повинні розміщуватись у спеціально відведених місцях [26].

Під час роботи з акумуляторними батареями існує небезпека хімічних опіків через потрапляння електроліту на шкіру або в очі. Тому працівники

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

повинні використовувати засоби індивідуального захисту: захисні окуляри, гумові рукавиці та спецодяг. У приміщенні повинні бути аптечка та засоби для нейтралізації електроліту [22].

Для забезпечення безпечних умов праці працівники повинні проходити інструктажі з охорони праці та навчання безпечним методам виконання робіт. Особливу увагу приділяють правилам роботи з електрообладнанням та пожежній безпеці. Регулярне проведення інструктажів сприяє зменшенню виробничого травматизму та підвищенню рівня безпеки праці на підприємстві [19].

Отже, дотримання вимог охорони праці під час технічного обслуговування і ремонту системи запалювання автомобіля Volkswagen Polo V дозволяє забезпечити безпечні умови праці, запобігти виробничому травматизму та зберегти здоров'я працівників підприємства [23].

5.2 Розрахунок захисного заземлення обладнання на посту технічного обслуговування

Під час експлуатації електричного обладнання на посту технічного обслуговування автомобілів важливе значення має захисне заземлення. Основним призначенням заземлення є захист працівників від ураження електричним струмом у разі пошкодження ізоляції електрообладнання. Захисне заземлення забезпечує відведення струму в землю та зменшує небезпечну напругу на корпусі обладнання [22].

Для розрахунку заземлення визначимо опір одиночного вертикального заземлювача за формулою:

$$R = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + 0,5 \right) \quad (5.1)$$

де:

R – опір заземлювача, Ом;

ρ – питомий опір ґрунту, Ом·м;

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

l – довжина заземлювача, м;

d – діаметр заземлювача, м.

$$R = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,05} + 0,5 \right) = 28 \text{ Ом}$$

Отже, опір одиночного заземлювача становить 28 Ом.

Далі визначимо необхідну кількість заземлювачів:

$$n = \frac{R_1}{R_{\text{доп}}} \quad (5.2)$$

де:

n – кількість заземлювачів;

R_1 – опір одного заземлювача, Ом;

$R_{\text{доп}}$ – допустимий опір заземлення, Ом.

$$n = \frac{28}{4} = 7$$

Отже, для забезпечення нормативного опору заземлення необхідно встановити 7 вертикальних заземлювачів.

Загальний опір заземлювального пристрою визначається за формулою:

$$R_3 = \frac{R_1}{n} \quad (5.3)$$

де:

R_3 – загальний опір заземлення, Ом.

$$R_3 = \frac{28}{7} = 4 \text{ Ом}$$

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Отже, загальний опір заземлювального пристрою становить 4 Ом і відповідає нормативним вимогам електробезпеки. Таким чином, виконаний розрахунок підтверджує, що використання семи вертикальних заземлювачів забезпечує необхідний рівень електробезпеки на посту технічного обслуговування автомобілів [22].

5.3 Пожежна безпека та виробнича санітарія на підприємстві автосервісу

Під час технічного обслуговування та ремонту автомобілів на підприємствах автосервісу існує підвищена пожежна небезпека. Це пов'язано з використанням легкозаймистих рідин, мастильних матеріалів, електрообладнання та зварювальних робіт. Тому забезпечення пожежної безпеки є важливою складовою охорони праці на підприємстві ФОП Волошин Ігор Іванович [4].

Для запобігання виникненню пожежі виробничі приміщення повинні бути обладнані первинними засобами пожежогасіння. На постах технічного обслуговування повинні знаходитися вогнегасники, ящики з піском та пожежний інвентар. Усі працівники повинні знати правила користування засобами пожежогасіння та порядок евакуації у разі виникнення пожежі [25].

Особливу небезпеку становлять несправності електрообладнання та короткі замикання. Для запобігання пожежам необхідно регулярно перевіряти стан електропроводки та електрообладнання. Забороняється використовувати несправні електроприлади або тимчасові електричні з'єднання [27].

Важливим елементом охорони праці є виробнича санітарія. У виробничих приміщеннях автосервісу необхідно забезпечити належну вентиляцію для видалення відпрацьованих газів, парів пального та шкідливих речовин. Недостатня вентиляція може призвести до погіршення самопочуття працівників та виникнення професійних захворювань [26].

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Виробничі приміщення повинні відповідати санітарним нормам щодо освітлення, температури та вологості повітря. Недостатнє освітлення робочих місць може призвести до підвищеної втомлюваності працівників та зростання ризику травматизму. Для освітлення робочих місць рекомендується використовувати комбіноване природне та штучне освітлення [20].

Працівники підприємства повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту: спецодягом, рукавицями, захисними окулярами та взуттям. Використання засобів індивідуального захисту дозволяє зменшити вплив небезпечних і шкідливих виробничих факторів на працівників [22].

Отже, дотримання вимог пожежної безпеки та виробничої санітарії на підприємстві автосервісу дозволяє забезпечити безпечні умови праці, запобігти виникненню пожеж і професійних захворювань та створити належні умови для ефективної роботи працівників [4].

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

ВИСНОВКИ

У процесі виконання роботи на тему «Удосконалення технологічного процесу технічного обслуговування і ремонту системи запалювання автомобіля Volkswagen Polo V в умовах ФОП Волошин Ігор Іванович» було досліджено особливості будови, принцип роботи, технічного обслуговування та ремонту сучасної системи запалювання автомобіля. Проведений аналіз показав, що система запалювання є однією з найважливіших складових електронної системи керування двигуном, оскільки саме від її справності залежить стабільна робота двигуна, економічність автомобіля, рівень токсичності відпрацьованих газів та загальна надійність транспортного засобу.

У ході роботи встановлено, що автомобіль Volkswagen Polo V обладнаний сучасною безрозподільною електронною системою запалювання з індивідуальними котушками запалювання. Така система забезпечує високу точність моменту запалювання паливоповітряної суміші, покращує паливну економічність та підвищує ефективність роботи двигуна. Разом з тим складність електронної системи потребує використання сучасного діагностичного обладнання та високої кваліфікації працівників автосервісу.

У дипломній роботі було детально розглянуто технологічний процес технічного обслуговування і ремонту системи запалювання автомобіля Volkswagen Polo V. Описано послідовність виконання діагностичних операцій, перевірку технічного стану котушок запалювання, свічок, електричних з'єднань та електронних компонентів системи керування двигуном. Значну увагу приділено використанню сучасного автомобільного тестера QDB-3A, який дозволяє виконувати перевірку котушок запалювання та виконавчих механізмів системи керування двигуном з високою точністю та мінімальними витратами часу.

У роботі проведено розрахунок параметрів роботи тестера QDB-3A, визначено силу струму, потужність, теплові втрати, коефіцієнт корисної дії та інші електричні характеристики обладнання. Отримані результати підтвердили

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

ефективність використання даного тестера для діагностики системи запалювання автомобіля Volkswagen Polo V. Використання сучасного діагностичного обладнання дозволяє значно скоротити тривалість виконання ремонтних робіт, підвищити точність визначення несправностей та зменшити кількість повторних ремонтів.

У економічній частині дипломної роботи було проаналізовано ефективність впровадження сучасного діагностичного обладнання на підприємстві ФОП Волошин Ігор Іванович. Проведені розрахунки показали, що використання тестера QDB-3A дозволяє скоротити час діагностики системи запалювання, підвищити продуктивність праці працівників та забезпечити значний економічний ефект. Було визначено термін окупності обладнання, який підтвердив економічну доцільність його використання в умовах автосервісного підприємства.

Окрему увагу в роботі приділено питанням охорони праці та безпеки під час виконання робіт із технічного обслуговування і ремонту системи запалювання. Розглянуто вимоги електробезпеки, пожежної безпеки, виробничої санітарії та організації безпечних умов праці. Проведено розрахунок захисного заземлення обладнання на посту технічного обслуговування, який підтвердив відповідність параметрів заземлення нормативним вимогам. Дотримання вимог охорони праці дозволяє зменшити ризик виробничого травматизму та забезпечити безпечну роботу персоналу підприємства.

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Заверуха Р.Р., Котик М.І., Хіта Ю.І. Методичні рекомендації до підготовки і оформлення кваліфікаційної роботи фахового молодшого бакалавра для здобувачів фахової передвищої освіти за освітньо-професійною програмою «Обслуговування і ремонт електричних та електронних систем автомобілів» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», галузі знань 14 «Електрична інженерія». Тернопіль: ВСП «ТФК ТНТУ», 2025. 48с.

2. Господарський кодекс України : Закон України від 16.01.2003 № 436-IV (зі змін. і допов.).

3. Податковий кодекс України : Закон України від 02.12.2010 № 2755-VI (зі змін. і допов.).

4. Кобилянський О. В. Охорона праці в галузі / О. В. Кобилянський. Вінниця : ВНТУ, 2019. 412 с.

5. Bosch Automotive Handbook/ P. Bosch. 10th ed. Stuttgart: Bosch, 2018. 1600 с. Розділ “Ignition Systems”.

6. Heywood, J. V. Internal Combustion Engine Fundamentals/ J. V. Heywood. New York: McGraw-Hill, 2018. 930 p. Chapter 6.

7. Литвиненко І. В. Організація виробництва та управління підприємством: навч. посіб. / І. В. Литвиненко. Львів : ЛНУ ім. І. Франка, 2019. 268 с.

8. SAE Technical Paper 970831: Electronic Ignition Systems for Modern Engines / SAE. Warrendale: SAE, 1997. 12 p.

9. Bosch R. Автомобільна електроніка/ R. Bosch. Київ: Арістей, 2018. 560 с.

10. ДСТУ 8302:2015. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 16 с.

11. Власов В. М. Технічне обслуговування та ремонт автомобілів : підручник / В. М. Власов. Київ : Либідь, 2019. 712 с.

12. Волков В. П. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів / В. П. Волков. Київ : Каравела, 2019. 504 с.

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

13. Туревський І. С. Технічне обслуговування автомобілів / І. С. Туревський. Київ : Центр учбової літератури, 2020. 368 с.
14. Савченко І. І. Організація підприємницької діяльності: навч. посіб. / І. Савченко. Київ: Центр учбової літератури, 2019. 312 с.
15. Коваленко В. О. Економіка підприємства : підручник / В. О. Коваленко. Київ : КНЕУ, 2020. 456 с.
16. Пономаренко В. П. Підприємництво та бізнес-планування : навч. посіб. / В. П. Пономаренко. Харків : ХНЕУ, 2021. 284 с.
17. QDB-3A Technical Documentation. VXDAS Automotive Tools, 2024. – <https://www.vxdas.com>
18. Гетьман О. О. Економіка підприємства : навч. посіб. / О. О. Гетьман, В. М. Шаповал. Київ : Центр учбової літератури, 2020. 488 с.
19. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці НПАОП 0.00-4.12-05. Київ : Держнаглядохоронпраці України, 2005.
20. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. Київ : Мінрегіон України, 2018.
21. Bosch R. Автомобільна діагностика та електронні системи керування двигуном. Київ : Арістей, 2019. 412 с.
22. Гандзюк М. П. Основи охорони праці : підручник / М. П. Гандзюк. Київ : Каравела, 2019. 408 с.
23. ДНАОП 0.00-1.28-10. Правила охорони праці на автомобільному транспорті. Київ : Держгірпромнагляд України, 2010.
24. Кузьмін О. Є. Економіка підприємства : підручник / О. Є. Кузьмін. Львів : Львівська політехніка, 2021. 488 с.
25. Кодекс цивільного захисту України : чинне законодавство України. – Київ : Алерта, 2021.
26. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці / В. Ц. Жидецький. Львів : Афіша, 2020. 320 с.
27. Правила пожежної безпеки в Україні. – Київ : МВС України, 2014.

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

28. Бойко Т. В. Маркетинг послуг : навч. посіб. / Т. В. Бойко. Тернопіль : ТНТУ, 2022. 240 с.
29. Bosch. Системи керування бензиновими двигунами. Харків : Ранок, 2018. 432 с.
30. Покропивний С. Ф. Економіка підприємства : підручник / С. Ф. Покропивний. Київ : КНЕУ, 2018. 528 с.
31. Бутко М. П. Організація і планування діяльності підприємств автосервісу : навч. посіб. / М. П. Бутко. Київ : Центр учбової літератури, 2019. 312 с.
32. What is a Distributorless Ignition System Режим доступу: <https://mechanicalbooster.com/2017/11/distributorless-ignition-system.html> (дата звернення 06.05.2026).
33. Автомобільний тестер перевірки котушки запалювання машини Режим доступу: https://auto.rozetka.com.ua/ua/525331804/p525331804/?gad_source=1&gad_campaignid=21157919660&gbraid=0AAAAACciNTywusM1OGQplAkr-OkBDzmH4&gclid=Cj0KCQjwuKnGBhD5ARIsAD19RsY12d8fWH7r8HBqJWk9SNBrUTFiVpp5WgMYn8XuxCqgkmKB6S-pda0aAqWCEALw_wcB (дата звернення 27.04.26)
34. Ознаки Несправності системи запалювання Режим доступу: <https://japan-cars.com.ua/ua/stati/priznaki-neispravnosti-zazhiganiya/?srsltid=AfmBOorB-NNFmVTk5kHOjGV94igOzw3m18G30bhpOcrTL2DKA5YXoV54> (дата звернення 28.04.26)
35. Технічні характеристики Фольксваген Поло V Sedan 1,6і МТ (105 Нр) Режим доступу: <https://automoto.ua/uk/harakteristiki-avto/Volkswagen/Polo/V-Sedan-16i-MT-105-Np> (дата звернення 24.05.2026)
36. Volkswagen Polo Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Volkswagen_Polo (дата звернення 06.05.2026)

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

37. Volkswagen Polo Mk5 Режим доступу:
https://uk.wikipedia.org/wiki/Volkswagen_Polo_Mk5 (дата звернення 07.05.2026)
38. Volkswagen Polo Sedan Режим доступу:
https://volkswagen.autoua.net/uk/polo_sedan/#! (дата звернення 10.05.2026)
39. Volkswagen AG. Volkswagen Polo V Service Manual Режим доступу:
<https://erwin.volkswagen.de> (дата звернення 15.05.2026)
40. Autodata Group Режим доступу: <https://www.autodata-group.com> (дата звернення 27.05.2026)

					<i>КРФМБ.425.11.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59