Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра автотранспорту та логістики
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр
(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технологічного процесу діагностики, технічного обслуговування та ремонту системи вприскування палива автомобілів Mercedes-Benz серії LK

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МА-41
спеціальності 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)

(підпис) Максим ТУРЧИН (прізвище та ініціали)

Керівник (підпис) Михайло ЛЕВКОВИЧ (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль (підпис) Роман ХОРОШУН (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри (підпис) Олег ЦЬОНЬ (прізвище та ініціали)
Рецензент (підпис) Микола СТАШКІВ (прізвище та ініціали)

Тернопіль 2026

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра Кафедра автотранспорту та логістики
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ Олег ЦЬОНЬ
(підпис) (прізвище та ініціали)
«21» січня 2026 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Турчину Максиму Ярославовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу діагностики, технічного обслуговування та ремонту системи вприскування палива автомобілів Mercedes-Benz серії LK

Керівник роботи Левкович Михайло Геннадійович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 21 » січня 2026 року 4/9-40

2. Термін подання студентом завершеної роботи 14 червня 2026

3. Вихідні дані до роботи Технічна характеристика автомобіля Mercedes-Benz серії LK, ТП обслуговування та ремонту системи вприскування палива

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ. 4 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Складові паливного насоса високого тиску та схема ТО паливної системи (А1). Типові несправності системи вприскування та алгоритм діагностування (А1). Типові несправності системи та типові несправності ТНВТ (А1). Пристрій для діагностики форсунки (А1). Пристосування для збирання-розбирання ПНВТ (А1). Дільниця ремонту паливної апаратури (А1).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці			

7. Дата видачі завдання 21.01.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	01.02.2026	
2	Технологічний розділ	15.02.2026	
3	Конструкторський розділ	05.06.2026	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	10.06.2026	
5	Оформлення графічної частини	14.06.2026	
6	Захист дипломної роботи		

Студент _____ Максим ТУРЧИН
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Михайло ЛЕВКОВИЧ
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

до кваліфікаційної роботи на тему: «Розроблення технологічного процесу діагностики, технічного обслуговування та ремонту системи вприскування палива автомобілів Mercedes-Benz серії LK», виконаної студентом групи МА-41 ТНТУ імені Івана Пулюя Турчином М.Я. Керівник роботи – к.т.н., доц. Левкович М.Г.

Пояснювальна записка містить 55 аркушів формату А4, додатки та графічну частину.

Ключові слова: система вприскування палива, паливний насос високого тиску, ПНВТ, форсунка, розпилювач, діагностика, технічне обслуговування, ремонт, технологічний процес, стенд обкатки.

У кваліфікаційній роботі розроблено технологічний процес діагностики, технічного обслуговування та ремонту системи вприскування палива автомобілів Mercedes-Benz серії LK. Актуальність теми обумовлена необхідністю забезпечення надійної роботи дизельних двигунів у процесі інтенсивної експлуатації.

У загально-технічному розділі проаналізовано конструкцію та принцип роботи паливної системи, зокрема паливного насоса високого тиску, підкачувального насоса, системи фільтрації та форсунок. Узагальнено характерні несправності та виконано графічний аналіз параметрів ТНВД.

У технологічному розділі розроблено алгоритм діагностики, визначено трудомісткість робіт, тривалість діагностичного циклу, кількість постів і площу дільниці, а також обґрунтовано вибір обладнання та виконано розрахунок вентиляції приміщення.

У конструкторському розділі здійснено аналіз існуючих стендів і запропоновано конструкцію стенду для обкатки ТНВД з виконанням інженерних розрахунків його основних елементів.

У розділі з безпеки життєдіяльності визначено виробничі ризики та розроблено заходи з пожежної, електричної й екологічної безпеки.

Результати роботи можуть бути використані на підприємствах технічного сервісу для підвищення ефективності діагностики та ремонту паливної апаратури дизельних двигунів Mercedes-Benz серії LK.

ЗМІСТ

ВСТУП 7

1 ЗАГАЛЬНО ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Загальна характеристика двигунів Mercedes-Benz серії LK 8

1.2 Система вприскування палива дизельного двигуна: склад, будова та принцип роботи 9

1.3 Конструкція та складові паливного насоса високого тиску 11

1.4 Особливості роботи, регулювання та діагностування паливного насоса високого тиску 13

1.5 Обслуговування складових паливної системи 15

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розрахунок трудомісткості діагностичних робіт системи вприскування палива 18

2.2 Перелік операцій діагностичного циклу та нормативи часу 18

2.3 Розрахунок трудомісткості 19

2.4 Розрахунок тривалості діагностичного циклу 20

2.5 Розрахунок ефективного фонду часу роботи діагностичного поста 21

2.6 Розрахунок кількості діагностичних постів 21

2.7 Розрахунок потреби в діагностичному обладнанні 22

2.8 ТО системи вприскування палива 24

2.9 Розрахунок площі поста діагностики системи вприскування палива 24

2.10 Типові несправності системи вприскування та алгоритм діагностування 27

2.11 Система вприскування палива 30

2.11.1 Визначення початку впорскування 30

2.11.2 Визначення початку впорскування за установочними мітками 32

2.11.3 Установлення паливного насоса високого тиску на двигун та контроль регулювання 34

2.11.4 Підкачувальний насос та прокачування паливного контуру 37

2.11.5 Корпуси форсунок і розпилювачі 38

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Аналіз та класифікація існуючих пристроїв для діагностики та обкатки паливної апаратури дизельних двигунів 41

3.2 Опис конструкції та принципу роботи стенду для обкатки та перевірки ПНВТ 42

3.3 Конструкторські розрахунки стенду 44
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ
4.1 Аналіз умов праці та небезпечних виробничих факторів на дільниці обкатки ПНВТ 47
4.2 Технічні та організаційні заходи забезпечення безпеки праці 49
4.3 Розрахунок вентиляції дільниці паливної апаратури 51
Загальні висновки 53
Бібліографія 54
Додатки 56

ВСТУП

Ефективність експлуатації вантажних автомобілів значною мірою визначається технічним станом дизельного двигуна та його паливної апаратури. Система вприскування палива виконує функцію формування робочої паливоповітряної суміші шляхом дозованої подачі палива під високим тиском у циліндри двигуна в строго визначений момент часу. Точність параметрів упорскування безпосередньо впливає на потужність двигуна, питомі витрати палива, рівень токсичності відпрацьованих газів та довговічність деталей кривошипно-шатунного і газорозподільного механізмів.

Автомобілі Mercedes-Benz серії LK оснащуються механічними системами вприскування з паливними насосами високого тиску секційного типу та механічними форсунками. Незважаючи на їх конструктивну надійність, елементи паливної системи працюють в умовах підвищених навантажень і високих тисків, що обумовлює зношування плунжерних пар, нагнітальних клапанів, розпилювачів форсунок та регулювальних механізмів. Порушення герметичності або зміна параметрів подачі призводять до нерівномірної роботи двигуна, зниження ефективності згоряння палива та збільшення експлуатаційних витрат.

У зв’язку з цим актуальним є розроблення обґрунтованого ТП діагностики, ремонту системи вприскування палива, який забезпечує своєчасне виявлення відхилень параметрів, мінімізацію простоїв транспортних засобів та підвищення надійності їх роботи. Раціональна організація дільниці паливної апаратури потребує виконання технологічних і розрахункових обґрунтувань щодо трудомісткості робіт, кількості постів, вибору обладнання та забезпечення безпечних умов праці.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Загальна характеристика двигунів Mercedes-Benz серії LK

Автомобілі Mercedes-Benz серії LK оснащуються дизельними двигунами середньої та підвищеної потужності, призначеними для експлуатації у складі вантажних автомобілів, що працюють у важких дорожніх і навантажувальних умовах. Двигуни цієї серії відзначаються високою надійністю, простотою конструкції та тривалим ресурсом, що обумовило їх широке застосування в комерційному транспорті.

Одним із типових представників силових агрегатів серії LK є дизельний двигун OM 366 LA, який належить до рядних шестициліндрових чотиритактних двигунів із безпосереднім упорскуванням палива. Двигун має рідинну систему охолодження, механічний газорозподільний механізм та систему вприскування палива з використанням ПНВТ розподільного типу. У деяких модифікаціях передбачено наддув, що дозволяє підвищити потужність без істотного збільшення габаритів і маси двигуна.

Конструкція двигунів серії LK орієнтована на дотриманні роботи в великому діапазоні частот обертання та навантажень. Масивний блок циліндрів, жорсткий колінчастий вал і ефективна система змащування забезпечують високу механічну міцність і зносостійкість основних деталей. Водночас робота двигуна значною мірою залежить від точності функціонування паливної системи, зокрема від правильного дозування та своєчасності впорскування палива.

Система вприскування палива для двигунів Mercedes-Benz серії LK розроблена з урахуванням вимог до експлуатаційної надійності та ремонтопридатності. Застосування механічних паливних насосів високого тиску дозволяє забезпечити високу точність подачі палива без використання складних електронних систем керування. Такий підхід є доцільним для вантажних автомобілів, що працюють у складних умовах та потребують простого й ефективного технічного обслуговування.

Таким чином, дизельні двигуни Mercedes-Benz серії LK є технічно досконалими та адаптованими до тривалої експлуатації силовими агрегатами, у

яких система вприскування палива відіграє ключову роль у забезпеченні їхніх експлуатаційних характеристик.

1.2 Система вприскування палива дизельного двигуна: склад, будова та принцип роботи

Система вприскування палива є однією з ключових систем дизельного двигуна, оскільки саме вона забезпечує створення необхідного тиску палива, його точне дозування та подавання в циліндри у строго визначений момент робочого циклу. Від точності та надійності роботи системи вприскування безпосередньо залежать потужнісні характеристики двигуна, його паливна економічність, стабільність роботи та рівень токсичності відпрацьованих газів.

На двигунах Mercedes-Benz серії LK застосовується класична механічна система вприскування палива, основними елементами якої є підкачувальний насос, система фільтрації палива, ПНВТ, паливопроводи високого тиску та форсунки з розпилювачами. Така система відзначається високою надійністю, простою конструкцією та можливістю експлуатації в складних дорожніх і кліматичних умовах.

Центральним елементом системи вприскування є ПНВТ, який забезпечує створення тиску, необхідного для впорскування палива, а також його розподіл між циліндрами відповідно до порядку роботи двигуна. На зазначених двигунах застосовуються механічні паливні насоси секційного типу, що приводяться в дію від механізму газорозподілу. Кожна плунжерна секція насоса відповідає за подавання палива до окремого циліндра, що забезпечує рівномірність подачі та стабільність роботи двигуна.

Принцип роботи ПНВТ ґрунтується на перетворенні обертального руху приводного вала у зворотно-поступальний рух плунжерів. Під час руху плунжера вниз відбувається наповнення робочої порожнини паливом, а під час руху вгору — стискання палива та подавання його під високим тиском до форсунки. Кількість палива, що впорскується в циліндр, регулюється за допомогою механічного регулятора подачі, який змінює положення зубчастої

рейки залежно від частоти обертання колінчастого вала та навантаження на двигун.

Подача палива до ПНВТ здійснюється підкачувальним насосом, який конструктивно встановлений на корпусі ПНВТ та приводиться в дію від його розподільного вала. Основною функцією підкачувального насоса є створення початкового тиску в паливному контурі та безперервне заповнення плунжерних секцій паливом. У конструкції насоса передбачений ручний привід, що дозволяє виконувати прокачування системи після ТО чи ремонту без запуску двигуна. Наявність відстійника забезпечує можливість візуального контролю наявності води чи сторонніх домішок у паливі.

Система фільтрації палива включає фільтри грубого та тонкого очищення, які призначені для видалення механічних домішок і води з палива. Ефективність очищення палива має вирішальне значення для довговічності елементів паливної апаратури, оскільки плунжерні пари та розпилювачі форсунок є високоточними деталями, чутливими навіть до незначних забруднень.

Завершальною ланкою системи вприскування є форсунки, які забезпечують безпосереднє впорскування та розпилення палива в камерах згоряння. На двигунах Mercedes-Benz серії LK застосовуються механічні форсунки з пружинним запірним елементом і змінними розпилювачами. Розпилювач формує факел палива, від якого залежить якість сумішоутворення та повнота згоряння. Важливим параметром встановлення форсунки є її виступ над площиною головки блока циліндрів, який забезпечується застосуванням мідних ущільнювальних прокладок відповідної товщини.

Регулювання тиску початку впорскування здійснюється шляхом добору регулювальних шайб, що дозволяє забезпечити однакові умови роботи всіх циліндрів двигуна. Порушення налаштувань форсунок або зношування їх елементів призводить до погіршення запуску двигуна, підвищеної димності та зниження паливної економічності.

Таким чином, система вприскування палива дизельного двигуна Mercedes-Benz серії LK являє собою взаємопов’язаний комплекс агрегатів і механізмів,

злагоджена робота яких забезпечує ефективне функціонування двигуна в широкому діапазоні режимів.

1.3 Конструкція та складові паливного насоса високого тиску

ПНВТ дизельних двигунів Mercedes-Benz серії LK є складним прецизійним агрегатом, конструкція якого забезпечує точне дозування палива, створення високого тиску та його розподіл між циліндрами двигуна. Для детального аналізу будови ПНВТ доцільно використовувати каталог деталей виробника, який дозволяє наочно розглянути компоновку насоса, взаємне розташування його елементів і їх функціональне призначення.

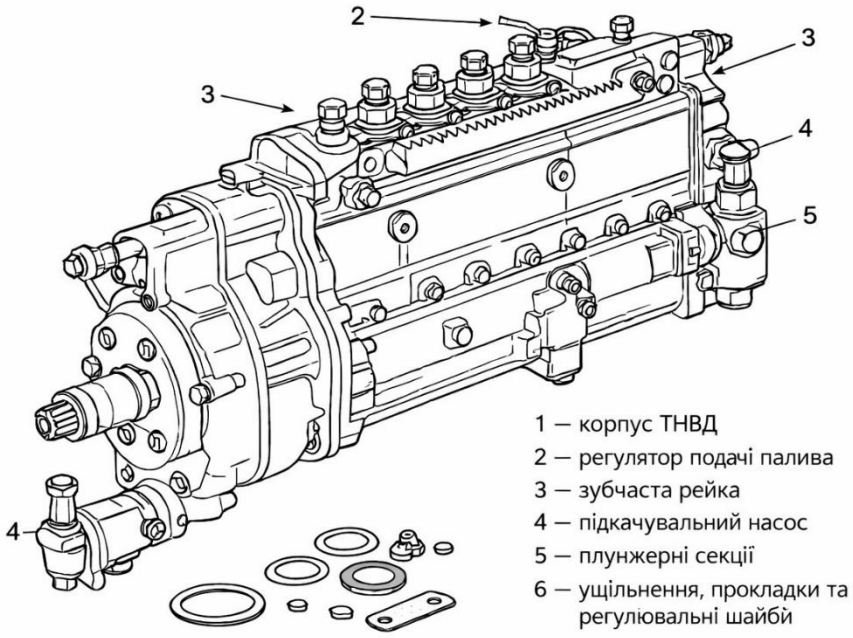

Рисунок 1.1 – Загальна компоновка паливного насосу високого тиску

Загальна компоновка паливного насоса високого тиску включає корпус, привідний механізм, плунжерні секції, регулятор подачі палива, підкачувальний насос, а також ущільнювальні та регулювальні елементи. Корпус насоса слугує основою для розміщення всіх робочих вузлів і забезпечує необхідну жорсткість та точність взаємного положення деталей. На рисунку 1.7.1 наведено загальний вигляд та основні складові ПНВТ відповідно до каталогу деталей.

Плунжерні секції є основними робочими елементами паливного насоса високого тиску. Кожна секція складається з плунжерної пари, нагнітального

клапана та елементів подачі палива. Плунжерна пара працює з мінімальними зазорами і забезпечує створення високого тиску, необхідного для впорскування палива через форсунки. Нагнітальний клапан запобігає зворотному перетіканню палива та стабілізує процес упорскування. Схематичне розташування плунжерних елементів показане на рисунку 1.2.

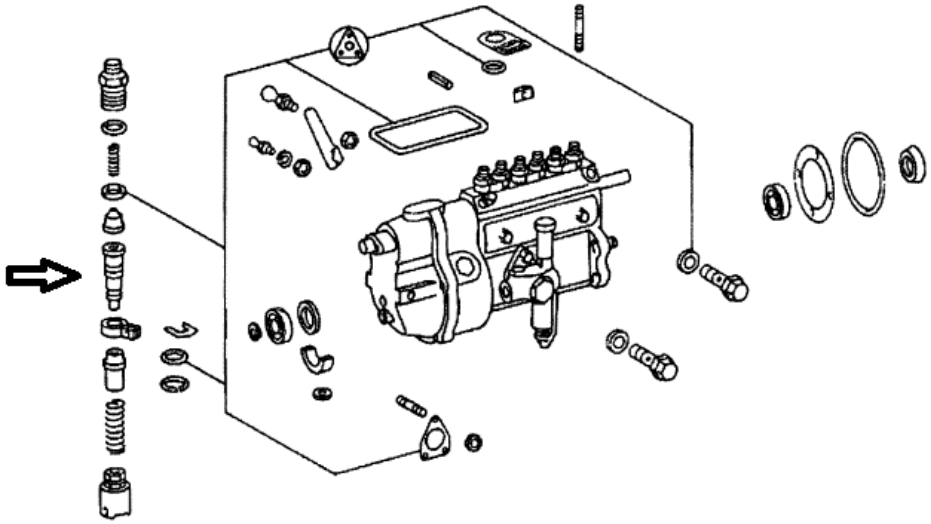

Рисунок 1.2 – Схематичне розташування плунжерних елементів паливного насосу (OM336LA)

Регулювання кількості палива, що подається в циліндри, здійснюється за допомогою регулятора подачі та зубчастої рейки. Зміна положення рейки призводить до відповідної зміни робочого ходу плунжерів і, як наслідок, до коригування подачі палива залежно від режиму роботи двигуна. Елементи регулятора забезпечують автоматичну адаптацію подачі палива до навантаження та частоти обертання колінчастого вала.

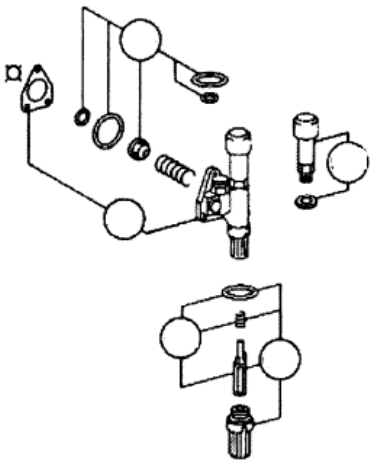

Рисунок 1.3 – Схематична будова паливного насосу ручного підкачування (OM336LA)

Важливою складовою конструкції ПНВТ є підкачувальний насос, який встановлюється безпосередньо на корпусі насоса високого тиску. Його призначення полягає у подачі палива з паливної магістралі низького тиску та заповненні

плунжерних секцій. Наявність ручного приводу дозволяє здійснювати прокачування системи після технічного обслуговування або ремонту. Будова підкачувального насоса наведена на рисунку 1.3. Окрему групу елементів паливного насоса високого тиску становлять ущільнювальні прокладки та регулювальні шайби.

Вони використовуються для забезпечення герметичності з'єднань і точного встановлення зазорів та положень окремих деталей. Неправильний добір або повторне використання зношених прокладок може призвести до зміщення параметрів роботи насоса, що негативно впливає на процес упорскування палива. Приклад таких елементів наведений на рисунку 1.7.4.

Для узагальнення інформації про складові паливного насоса високого тиску доцільно використати таблицю, у якій наведено основні вузли ПНВТ та їх функціональне призначення.

Таблиця 1.1 – Основні складові паливного насоса високого тиску дизельного двигуна Mercedes-Benz серії LK

Найменування вузла	Функціональне призначення
Корпус ПНВТ	Розміщення та фіксація робочих елементів
Плунжерна пара	Створення високого тиску палива
Нагнітальний клапан	Запобігання зворотному потоку палива
Зубчаста рейка	Регулювання кількості подачі палива
Регулятор подачі	Автоматична зміна режимів роботи
Підкачувальний насос	Подавання палива до ПНВТ
Прокладки та шайби	Герметизація та точне регулювання

1.4 Особливості роботи, регулювання та діагностування паливного насоса високого тиску

Дизельні двигуни Mercedes-Benz серії LK, зокрема двигун OM 366 LA, оснащуються паливними насосами високого тиску (ПНВТ) виробництва Bosch типу PES6MW 100/720 з різними модифікаціями регуляторів частоти обертання. ПНВТ встановлюється з протилежного боку від правої задньої площини картера

газорозподільного механізму, а механізм автоматичної подачі палива інтегрований у монолітну шестірню розподільного вала. Така конструкція забезпечує високу точність дозування палива, але водночас висуває підвищені вимоги до чистоти палива та правильності регулювань.

Залежно від модифікації двигуна застосовуються інжекційні насоси PES6MW 100/720 RS 1115 або RS 1131, які працюють у комплекті з регуляторами типу RQV 300–1300 серій MW50, MW50-1, MW62 та MW62-1. Кожна з цих комбінацій має визначені заводом-виробником параметри початку нагнітання, подачі палива та характеристик регулювання, які використовуються як еталонні під час діагностики.

Початок нагнітання палива для насосів RS 1115 встановлюється в межах 3,20–3,30 мм після проходження поршнем верхньої мертвої точки, тоді як для насосів RS 1131 цей показник становить 3,70–3,80 мм. Відхилення від зазначених значень призводить до порушення процесу згоряння, зниження потужності двигуна або підвищеної димності, що є важливою діагностичною ознакою несправності.

Регулювання подачі палива здійснюється шляхом контролю зміщення зубчастої рейки та витрати палива на заданих частотах обертання. Так, при частоті обертання 1300 об/хв зміщення рейки перебуває в діапазоні приблизно 11,9–12,2 мм, а витрата палива становить близько 9,5–9,9 см³ на 100 ходів. На малих обертах, близько 300 об/хв, ці значення відповідно зменшуються, що дозволяє оцінювати справність регулювального механізму та рівномірність роботи плунжерних пар.

Важливу роль у стабілізації роботи двигуна відіграє регулятор частоти обертання. Для регуляторів серій MW50 і MW62 характерними є визначені переміщення муфти та хід регулятора при різних положеннях важеля керування і частотах обертання. Зокрема, при середніх та максимальних обертах хід муфти становить від 8,5 до 10,2 мм, а при мінімальних обертах – близько 1,2–1,6 мм. Ці параметри використовуються під час стендової перевірки та дозволяють виявити зношування або заїдання регулювальних елементів.

Номінальна частота обертання двигуна формується в межах 1340–1550 об/хв залежно від положення важеля подачі палива. При цьому хід регулятора змінюється від нульових значень до 10–11 мм, що забезпечує адаптацію подачі палива до навантаження. Порушення цих характеристик є типовою причиною нестабільної роботи двигуна, «плавання» обертів або втрати тягових властивостей.

Окремим елементом діагностики є контроль обмежувача насиченості суміші, який працює в залежності від тиску наддуву. При тиску 0,7 бар хід регулятора збільшується до значень близько 12 мм, що забезпечує зростання подачі палива під навантаженням. Відсутність або неправильна реакція регулятора на зміну тиску наддуву свідчить про його несправність і призводить до різкого падіння потужності або появи чорного диму.

Витрата палива при повному навантаженні є узагальнюючим показником справності ПНВТ. За номінальної частоти обертання 1300 об/хв та тиску наддуву 0,7 бар витрата палива повинна знаходитись у межах 95–99 см³ на 1000 ходів. Значні відхилення від цих значень свідчать про зношування плунжерних пар, порушення регулювань або забруднення елементів паливної системи.

Таким чином, наведені параметри регулювання та контролю ПНВТ є основою для діагностування його технічного стану. Порівняння фактичних значень з еталонними дозволяє своєчасно виявити несправності, пов’язані з якістю палива, зношуванням прецизійних елементів і порушенням регулювань, що безпосередньо узгоджується з результатами аналізу впливу забруднення палива на ресурс ПНВТ.

1.5 Обслуговування складових паливної системи

Фільтр грубого очищення палива призначений для затримання механічних домішок та вологи, що можуть потрапляти в паливну систему під час заправлення або зберігання палива. Контроль його стану здійснюють шляхом регулярного зовнішнього огляду.

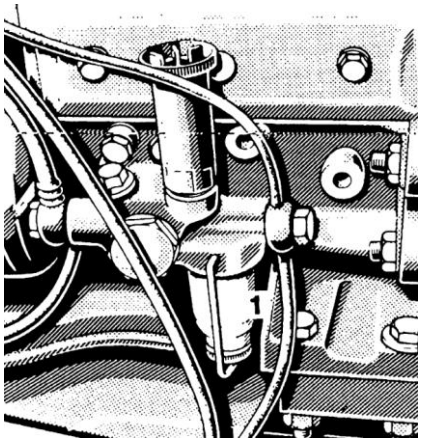

Рисунок 1.4 – Фільтр грубої очистки палива

У разі забруднення фільтр допускається очищати. Для цього відгвинчують накатну гайку хомута кріплення, знімають корпус фільтра та промивають корпус і фільтрувальний елемент у чистому дизельному паливі або бензині. Після очищення перевіряють стан ущільнювальних елементів і за потреби виконують їх заміну. Після встановлення фільтра на місце паливну систему прокачують ручним насосом і перевіряють герметичність з'єднань.

Заміна фільтрувальних вкладишів здійснюється відповідно до регламенту технічного обслуговування або при значному забрудненні. Корпус фільтра розбирають, знімають відпрацьований вкладиш, очищають внутрішню порожнину корпусу та встановлюють новий фільтрувальний елемент разом із новими ущільнювальними кільцями. Після складання корпусу виконують прокачування паливної системи.

Експлуатація двигуна з недостатньо очищеним паливом навіть протягом короткого часу призводить до інтенсивного зношування плунжерних пар паливного насоса високого тиску. Робота двигуна без встановленого фільтра категорично заборонена.

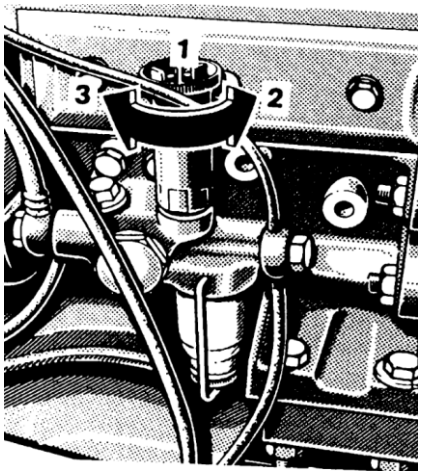

Рисунок – 1.5:
1 – насос; 2 – зняття блокування; 3 – блокування

Очищення вкладишів виконують шляхом промивання в чистому дизельному паливі або гасі з використанням м'якої щітки. Для повного видалення забруднень вкладиш додатково продувають стисненим повітрям із внутрішнього боку. Після очищення ущільнювальні кільця обов'язково замінюють, а систему після складання прокачують.

Прокачування паливної системи забезпечує видалення повітря з паливопроводів і стабільну роботу двигуна. Після виконання будь-яких робіт на паливній системі прокачування здійснюють ручним насосом до моменту відкриття клапана в паливному насосі високого тиску, що супроводжується характерним шумом. Після завершення прокачування рукоятку ручного насоса загвинчують до упору.

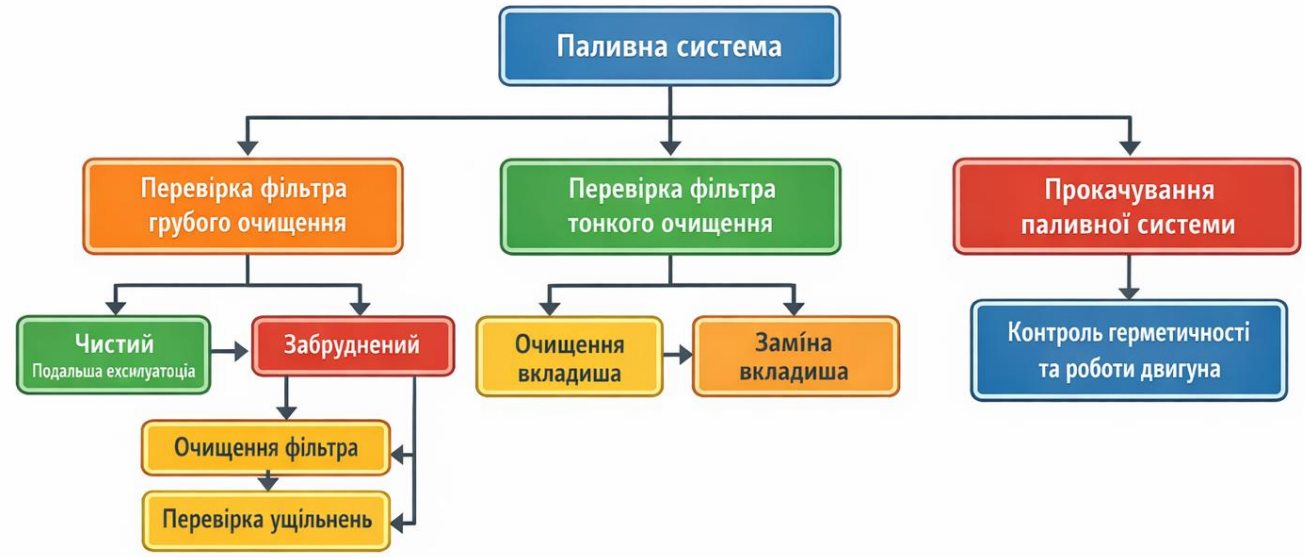

Рисунок 1.6 – Схема ТО паливної системи

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розрахунок трудомісткості діагностичних робіт системи вприскування палива

Діагностика коробок передач займає початкове місце в загальній структурі технологічного процесу та передує виконанню робіт з технічного обслуговування або ремонту. Вона дозволяє оцінити технічний стан механічних і автоматичних коробок передач без повного розбирання, визначити характер несправностей і обґрунтувати доцільність подальших ремонтних операцій. За результатами діагностики приймається рішення щодо виконання регламентних робіт ТО або проведення ремонтів.

Трудомісткість діагностичних робіт визначають як суму нормативних витрат часу на виконання послідовності операцій діагностики системи вприскування палива. Для системи вприскування дизельних двигунів Mercedes-Benz серії LK доцільно приймати діагностичний цикл, який охоплює перевірку паливного контуру низького тиску, контролі фільтрації та підкачки, зовнішні перевірки ПНВТ, перевірку початку впорскування, а також оцінку стану форсунок.

Трудомісткість діагностики одного автомобіля (одного циклу):

$$T_{дц} = (\sum_{i=1}^{m} t_i) \cdot k_{пз} \quad (2.1)$$

Для розрахунку приймемо $k_{пз} = 1{,}10$.

Річна трудомісткість діагностичних робіт:

$$T_д^{річ} = N_д \cdot T_{дц} \quad (2.2)$$

2.2 Перелік операцій діагностичного циклу та нормативи часу

Таблиця 2.1 – Нормативи часу на операції діагностики системи вприскування

№	Операція діагностики	Зміст контролю	t_i, н-год
1	Приймання, підготовка авто до діагностики	візуальний огляд, доступ до вузлів	0,10

2	Перевірка герметичності паливопроводів	підтікання, підсмоктування повітря	0,15
3	Контроль відстійника/наявності води	візуальна оцінка, злив відстою (за потреби)	0,10
4	Оцінка стану фільтрів (грубий/тонкий)	ознаки засмічення, пропускна здатність (не розбирання)	0,15
5	Перевірка роботи підкачувального насоса	прокачування, реакція клапана, стабільність подачі	0,20
6	Перевірка пуску та роботи	час пуску, стабільність обертів	0,15
7	Діагностика димності/ згоряння	візуально/приладово	0,15
8	Контроль початку впорскування (за мітками)	суміщення міток/покажчиків	0,25
9	Уточнення початку впорскування (індикаторний метод)*	при необхідності підвищеної точності	0,35
10	Перевірка форсунок (зовнішні ознаки/циліндрова рівномірність)*	непрямі ознаки, локалізація “проблемного” циліндра	0,25
11	Оформлення результатів діагностики	висновок, рекомендації ТО/ремонту	0,10

*Операція 9 виконується не завжди; можна прийняти її як додаткову для поглибленої діагностики.

2.3 Розрахунок трудомісткості

Один діагностичний цикл.

Варіант А (базовий цикл без індикаторного уточнення): операції 1–8, 10–11.

Сума часу:

$$\sum ti = 0{,}10 + 0{,}15 + 0{,}10 + 0{,}15 + 0{,}20 + 0{,}15 + 0{,}15 + 0{,}25 + 0{,}25 + 0{,}10 = 1{,}60 \text{ н} - \text{год}.$$

З урахуванням $k_{пз} = 1{,}10$:

$$T_{дц} = 1{,}60 \cdot 1{,}10 = 1{,}76 \text{ н} - \text{год/авто}.$$

Варіант Б (поглиблений цикл з індикаторним уточненням): додаємо операцію 9.

$$\sum ti = 1{,}60 + 0{,}35 = 1{,}95 \text{ н} - \text{год.}$$

$$T_{\text{дц}} = 1{,}95 \cdot 1{,}10 = 2{,}15 \text{ н} - \text{год/авто.}$$

Річна трудомісткість.

При $N\text{д} = 300$ авто/рік:

- базовий цикл: $T_{\text{д}}^{\text{річ}} = 300 \cdot 1{,}76 = 528 \text{ н} - \text{год/рік.}$
- поглиблений цикл: $T_{\text{д}}^{\text{річ}} = 300 \cdot 2{,}15 = 645 \text{ н} - \text{год/рік.}$

2.4 Розрахунок тривалості діагностичного циклу

Тривалість діагностичного циклу визначає фактичний час, протягом якого один автомобіль займає діагностичний пост. На відміну від трудомісткості, що відображає витрати праці виконавців у нормо-годинах, тривалість циклу враховує організаційні витрати часу (заїзд/виїзд, підготовка місця, підключення приладів, оформлення результатів).

Тривалість діагностичного циклу для одного авто:

$$\tau_{\text{дц}} = (T_{\text{дц}} \cdot 60) + t_{\text{орг}} \qquad (2.3)$$

Доцільно приймати $t_{\text{орг}}$ у межах 8–15 хв, приймемо:

$$t_{\text{орг}} = 10 \text{ хв.}$$

Підставляємо $T_{\text{дц}} = 1{,}76 \text{ н} - \text{год/авто}$:

$$\tau_{\text{дц}} = (1{,}76 \cdot 60) + 10 = 116 \text{ хв/авто.}$$

Тривалість одного базового діагностичного циклу системи вприскування палива на Mercedes-Benz серії LK становить приблизно 116 хв/авто.

Таблиця 2.2 – Підсумок розрахунку тривалості діагностичного циклу

Показник	Позначення	Значення
Трудомісткість циклу	$T_{\text{д}}$	1,76 н-год/авто
Переведення у хвилини	$T_{\text{дц}} \cdot 60$	105,6 хв
Організаційний час	$t_{\text{орг}}$	10 хв
Тривалість циклу	$\tau_{\text{дц}}$	115,6 ≈ 116 хв/авто

2.5 Розрахунок ефективного фонду часу роботи діагностичного поста

Приймаємо:

- режим роботи поста: 1 зміна;
- тривалість зміни: $t_{зм} = 8$ год;
- кількість робочих днів на рік: $D_р$ (приймаємо 250 днів/рік як типовий норматив для 5-денного робочого тижня);
- коефіцієнт використання змінного часу поста: $k_в$ (враховує втрати на підготовку місця, дрібні простої, організаційні паузи). Для постів діагностики доцільно приймати 0,85–0,90. Приймаємо: k$k_в = 0{,}85$.

Номінальний фонд часу поста:

$$Fн = Dр \cdot t_{зм} \quad (2.4)$$

$$Fн = 250 \cdot 8 = 2000 \text{ год/рік}.$$

Ефективний фонд часу поста:

$$Fе = F_н \cdot k_в \quad (2.5)$$

$$Fе = 2000 \cdot 0{,}85 = 1700 \text{ год/рік}.$$

Таблиця 2.3 – Підсумок розрахунку фонду часу поста

Показник	Позначення	Значення
Робочі дні на рік	$Dр$	250 днів
Тривалість зміни	$t_{зм}$	8 год
Номінальний фонд часу	$Fн$	2000 год/рік
Коефіцієнт використання часу	$k_в$	0,85
Ефективний фонд часу	$Fе$	1700 год/рік
Ефективний фонд часу	$Fе$ (хв)	102000 хв/рік

2.6 Розрахунок кількості діагностичних постів

Необхідна кількість діагностичних постів визначається співвідношенням річної трудомісткості діагностичних робіт та ефективного фонду часу роботи одного поста. Розрахунок дозволяє обґрунтувати прийняту організацію робіт і забезпечити виконання річної програми діагностики без перевантаження поста.

Річна трудомісткість:

$$T_{\text{д}}^{\text{річ}} = 200 \cdot 1{,}76 = 352 \text{ н} - \text{год/рік}.$$

Діагностичні пости:

$$n = \frac{T_{\text{д}}^{\text{річ}}}{F_{\text{е}}} T. \tag{2.6}$$

$$n = 3521700 = 0{,}207.$$

Оскільки кількість постів приймається цілим числом, отримане значення округлюємо у більшу сторону:

$$n = 1 \text{ пост}.$$

Коефіцієнт завантаження поста:

$$k_{\text{зав}} = \frac{T_{\text{д}}^{\text{річ}}}{n \cdot F\text{е}}. \tag{2.7}$$

$$k_{\text{зав}} = \frac{352}{1 \cdot 1700} = 0{,}207.$$

Отже, завантаження одного поста становить приблизно 20,7%, що вказує на наявність резерву часу. Такий резерв є доцільним, оскільки фактичний обсяг робіт може змінюватися залежно від умов експлуатації, сезонності, технічного стану автомобілів та необхідності виконання поглибленої діагностики.

Таблиця 2.4 – Підсумок розрахунку кількості постів

Показник	Позначення	Значення
Річна програма діагностики	$N_{\text{д}}$	200 авто/рік
Трудомісткість 1 циклу	$T_{\text{дц}}$	1,76 н-год/авто
Річна трудомісткість	$T_{\text{д}}^{\text{річ}}$	352 н-год/рік
Ефективний фонд 1 поста	$F\text{е}$	1700 год/рік
Розрахункова кількість постів	n	0,207
Прийнята кількість постів	n	1
Завантаження поста	$k_{\text{зав}}$	0,207 (20,7%)

2.7 Розрахунок потреби в діагностичному обладнанні

Потреба в діагностичному обладнанні визначається обсягом робіт (річною програмою), кількістю діагностичних постів і тривалістю використання приладів

у складі діагностичного циклу. Метою розрахунку є обґрунтування складу та кількості обладнання, необхідного для виконання діагностики системи вприскування палива автомобілів Mercedes-Benz серії LK.

Для окремого приладу/стенда введемо коефіцієнт використання обладнання $k_{\text{об}}$ який відображає частку часу, протягом якої дане обладнання реально задіяне у діагностичному циклі.

Розрахункова к-сть обладнання:

$$n_{\text{об}} = \frac{T_{\text{д}}^{\text{річ}} \cdot k_{\text{об}}}{F\text{e}}. \quad (2.8)$$

Для спеціалізованих приладів, які є необхідними для виконання операцій, мінімально приймають $n_{\text{об}}$ 1 одиницю.

Таблиця 2.5 – Потреба в діагностичному обладнанні поста

№	Найменування обладнання	Призначення	$k_{\text{об}}$	$n_{\text{об}}$, розрах.	Прий-нято, од.
1	Манометр низького тиску	контроль тиску в контурі живлення	0,30	0,062	1
2	Манометр високого тиску/комплект вимірювальний	контроль параметрів при стендових перевірках	0,20	0,041	1
3	Тахометр/обладнання контролю обертів	контроль режимів роботи двигуна	0,25	0,052	1
4	Пристрій визначення початку впорскування (індикатор/апарат)	встановлення та контроль моменту впорскування	0,20	0,041	1
5	Стенд перевірки форсунок	контроль тиску відкриття та факела розпилу	0,15	0,031	1
6	Набір для перевірки герметичності паливопроводів/з’єднань	виявлення підтікань і підсмоктування повітря	0,10	0,021	1
7	Ємність/мірна колба, витратомір	контроль подачі, відбору палива	0,10	0,021	1
8	Інструмент слюсарний та спецключі	монтаж/демонтаж з’єднань паливної апаратури	0,40	0,083	1 компл.

2.8 ТО системи вприскування палива

Розрахунковий інтервал ТО приймаємо за формулою:

$$L_{\text{ТО}} = L_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \quad (2.9)$$

Як базовий інтервал для регламентних перевірок елементів паливної системи (фільтри, відстійник, герметичність, прокачування після втручання) приймаємо: $L_0 = 15000$ км, $k_1 = 0{,}9$, $k_2 = 0{,}85$, $k_3 = 0{,}9$.

Періодичність ТО.

$$L_{\text{ТО}} = 15000 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}9 \approx 10300 \text{ км}.$$

Для практичного застосування значення округлюємо до зручного інтервалу:

$$L_{\text{ТО}} = 10000 \text{ км}.$$

Таблиця 2.6 – Розрахунок періодичності ТО паливної системи

Показник	Позначення	Значення
Базова періодичність ТО	L_0	15000 км
Умови експлуатації	k_1	0,90
Якість палива/чистота системи	k_2	0,85
Режими роботи	k_3	0,90
Розрахунковий інтервал	$L_{\text{ТО}}$	10300 км
Прийнятий інтервал	$L_{\text{ТО}}$	10000 км

2.9 Розрахунок площі поста діагностики системи вприскування палива

Площа діагностичного поста визначається з урахуванням габаритів об’єкта обслуговування (автомобіля), розміщення діагностичного обладнання, зон підходу персоналу, проходів та вимог безпеки. Правильно обрана площа забезпечує зручність виконання робіт, мінімізує непродуктивні переміщення та дозволяє раціонально розташувати обладнання на посту.

Для поста діагностики системи вприскування палива приймаємо методику розрахунку площі за габаритами зони обслуговування та коефіцієнтом, що

враховує проходи й робочі зони: довжина і ширина постів – $L = 9{,}0$ м, $B = 5{,}0$ м; коефіцієнт резерву площі на проходи – $k\text{п} = 1{,}10$.

Основна площа поста:

$$S_0 = L \cdot B \tag{2.10}$$

$$S_0 = 9{,}0 \cdot 5{,}0 = 45 \text{ м}^2.$$

З урахуванням резерву на проходи та робочі зони:

$$S = S_0 \cdot k\text{п} \tag{2.11}$$

$$S = 45{,}0 \cdot 1{,}10 = 49{,}5 \approx 50 \text{ м}^2.$$

Для контролю адекватності площі коротко оцінюємо суму площ, зайнятих обладнанням, та необхідні робочі проходи.

Таблиця 2.7 – Орієнтовні площі розміщення обладнання поста

Елемент поста	Орієнтовна площа, м²	Примітка
Робоча зона біля автомобіля	25–30	доступ до ПНВТ/форсунок, підхід персоналу
Стенд перевірки форсунок	1,0–1,5	стаціонарний
Пристрій/апарат визначення початку впорскування	0,5–1,0	переносний/настільний
Верстак/тумба для інструменту	1,2–2,0	робоче місце
Шафа/стелаж для ЗІП і приладів	1,0–1,5	зберігання
Проходи та технологічні зони	10–15	безпека та переміщення

Таблиця 2.8 – Розміщення обладнання на посту діагностики системи вприскування

№	Найменування обладнання / зони	Габарити, м	Площа, м²	Рекомендована зона на посту	Примітка
1	Робоча зона автомобіля	6,0×3,0	18,0	Центральна частина поста	Доступ до моторного відсіку та паливної апаратури

2	Прохід з обох боків авто	6,0×0,8 (×2)	9,6	Лівий/правий бік авто	Для безпечного переміщення персоналу
3	Прохід спереду/ззаду авто	3,0×0,8 (×2)	4,8	Перед/за авто	Маневрування, доступ до інструменту
4	Стенд перевірки форсунок	1,2×0,6	0,72	Біля стіни/на робочій лінії	Бажано поруч з робочим місцем
5	Пристрій визначення початку впорскування (настільний/ переносний)	0,6×0,5	0,30	На верстаку або мобільній тумбі	Може вик. без стаціонарного місця
6	Верстак слюсарний	1,5×0,7	1,05	Уздовж стіни	Роботи з дрібними вузлами, інструмент
7	Шафа/стелаж для ЗІП і приладів	1,0×0,5	0,50	Уздовж стіни, поряд з верстаком	Зберігання витратних матеріалів, ЗІП
8	Зона для ємностей/відстою/зливу (технічна)	1,0×0,6	0,60	Кут поста, біля стіни	Безпека, порядок, екологічність
9	Резерв на технологічні переміщення та безпеку	–	10–15	По периметру	Забезпечує організаційний запас площі

2.10 Типові несправності системи вприскування та алгоритм діагностування

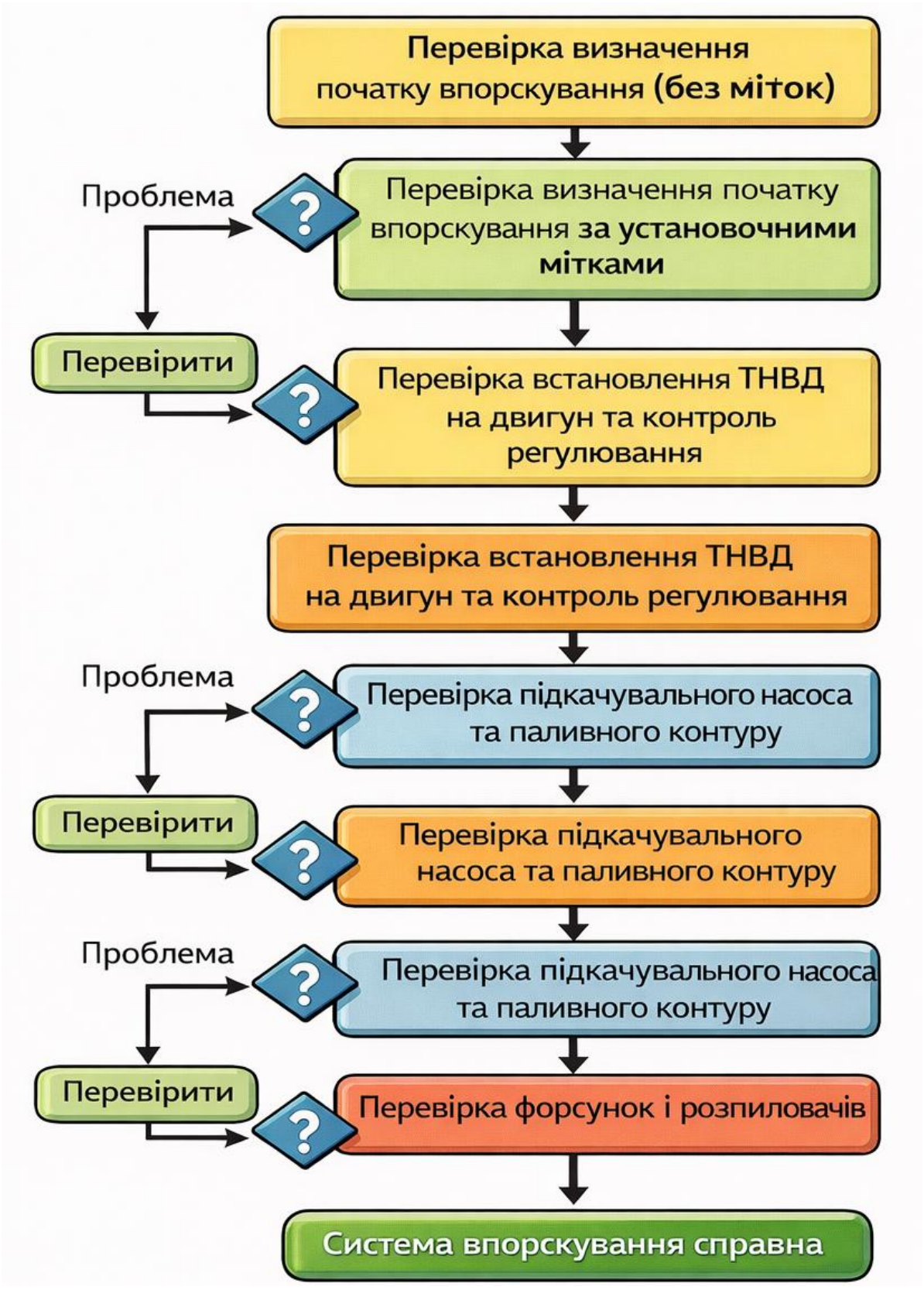

Рисунок 2.1 – Алгоритм діагностики системи впорскування

Таблиця 2.9 – Типові несправності елементів системи

Елемент	Типова несправність	Ймовірна причина	Основні прояви та наслідки
Визначення початку впорскування (без міток)	Неточне визначення ВМТ поршня	Помилка вимірювання, неправильне встановлення індикатора	Зміщення моменту впорскування, нестабільна робота двигуна
	Неврахування люфтів у ГРМ	Провертання колінчастого вала без компенсації зазорів	Неточне налаштування ПНВТ
Визначення початку впорскування за установочними мітками	Неспівпадіння міток після регулювання	Зношування приводу або помилка монтажу	Пізнє або раннє впорскування
	Нечітко видимі або пошкоджені мітки	Знос, забруднення, корозія	Похибка у встановленні початку впорскування
Установлення ПНВТ на двигун та контроль регулювання	Неправильне зачеплення ведучої шестерні	Порушення технології монтажу	Підвищений шум, вібрації, прискорений знос
	Зміщення корпуса насоса після затягування	Нерівномірне затягування болтів фланця	Відхилення моменту впорскування
	Відсутність повторного контролю регулювання	Недотримання регламенту	Приховані несправності в експлуатації
Підкачувальний насос та прокачування	Неповне прокачування системи	Неправильне використання ручного приводу	Наявність повітря в системі, ускладнений пуск

паливного контуру	Несправність запобіжного клапана	Зношування або забруднення	Недостатній тиск подачі палива
	Забруднення відстійника	Низька якість палива	Потрапляння домішок у ПНВТ
Корпуси форсунок і розпилювачі	Неправильне позиціювання форсунки	Пошкодження напрямних або прокладки	Порушення факела розпилу
	Невідповідна товщина мідної прокладки	Повторне використання зношеної прокладки	Зміна виступу форсунки над ГБЦ
	Зношування або закоксування розпилювача	Забруднене паливо	Підвищена димність, нерівномірна робота
	Неправильне регулювання тиску відкриття	Помилка добору регулювальних шайб	Порушення процесу згоряння

Таблиця 2.10 – Типові несправності ПНВТ

Ознака несправності	Можлива причина	Метод діагностики
Ускладнений пуск холодного або прогрітого двигуна	Зношування плунжерних пар ПНВТ внаслідок забрудненого палива	Перевірка тиску подачі палива, контроль герметичності паливної системи
Нестабільна робота двигуна на холостому ходу	Нерівномірна подача палива через забруднення або зношування елементів ПНВТ	Діагностика рівномірності подачі палива по циліндрах
Зниження потужності двигуна	Недостатній тиск упорскування через зношування плунжерних пар	Вимірювання тиску в паливній магістралі, аналіз роботи під навантаженням

Підвищена димність відпрацьованих газів	Порушення процесу впорскування палива	Аналіз складу відпрацьованих газів, візуальна оцінка димності
Перебої в роботі двигуна під навантаженням	Потрапляння повітря в паливну систему або часткове засмічення фільтрів	Перевірка герметичності з’єднань, огляд фільтрів
Підвищений шум роботи ПНВТ	Збільшені зазори в прецизійних парах	Акустична діагностика, порівняння з номінальним режимом
Нерівномірна подача палива	Забруднення або зношування дозувальних елементів	Перевірка подачі палива на стенді
Поява підтікань палива	Пошкодження ущільнювальних елементів	Візуальний огляд, перевірка герметичності
Підвищена витрата палива	Порушення точності дозування	Контроль витрати палива в експлуатаційних режимах

2.11 Система вприскування палива

2.11.1 Визначення початку впорскування

Двигун автомобілів Mercedes-Benz серії LK оснащується системою вприскування палива з використанням паливного насоса високого тиску, який закріплюється на картері газорозподільного механізму за допомогою фланцевого з’єднання. Таке конструктивне рішення забезпечує точну синхронізацію роботи ПНВТ з колінчастим валом двигуна та стабільність процесу подачі палива. Для окремих модифікацій двигунів із наддувом у конструкції насоса не передбачена корекція подачі палива за тиском наддуву, що необхідно враховувати під час регулювання та діагностики.

Демонтаж паливного насоса високого тиску не є технологічно складною операцією та виконується після від’єднання паливопроводів, нагнітальних трубок і механізмів керування режимами роботи двигуна. Після цього насос

знімається разом із ведучою шестернею шляхом відкручування кріпильних болтів фланця. Однак у межах технічного обслуговування та діагностики значно частіше виникає потреба не в знятті ПНВТ, а у визначенні та перевірці правильності встановлення моменту початку впорскування палива.

Визначення початку впорскування на двигуні може виконуватись двома методами: з використанням установочних міток або без них. Метод без застосування міток ґрунтується на точному визначенні положення поршня першого циліндра у верхній мертвій точці такту стиснення та подальшому вимірюванні його переміщення до моменту початку впорскування.

Для цього попередньо знімають клапанну кришку та обертають колінчастий вал до досягнення стану рівноваги коромисел відповідного циліндра, що свідчить про положення поршня у ВМТ такту стиснення. З метою забезпечення високої точності вимірювання з одного з клапанів першого циліндра тимчасово знімають елементи приводу, а на штоку клапана встановлюють пружину або фіксуючий елемент, що дозволяє використовувати його як вимірювальний індикатор положення поршня.

На головці блока циліндрів закріплюють індикатор так, щоб вимірювальний наконечник спирався на торець штока клапана. Після точного визначення верхньої мертвої точки шкалу індикатора встановлюють у нульове положення. Далі колінчастий вал повертають у напрямку, протилежному робочому, на величину, що відповідає ходу поршня в міліметрах, визначеному заводськими характеристиками для моменту початку впорскування. У цьому положенні поршень першого циліндра знаходиться в точці початку подачі палива, що дозволяє оцінити правильність встановлення та, за необхідності, виконати коригування.

Таким чином, метод визначення початку впорскування без використання міток є універсальним і достатньо точним, що робить його доцільним для застосування під час діагностики та регулювання системи вприскування палива. Правильне встановлення моменту впорскування безпосередньо впливає на економічність, потужність і екологічні показники двигуна, а також на ресурс паливного насоса високого тиску.

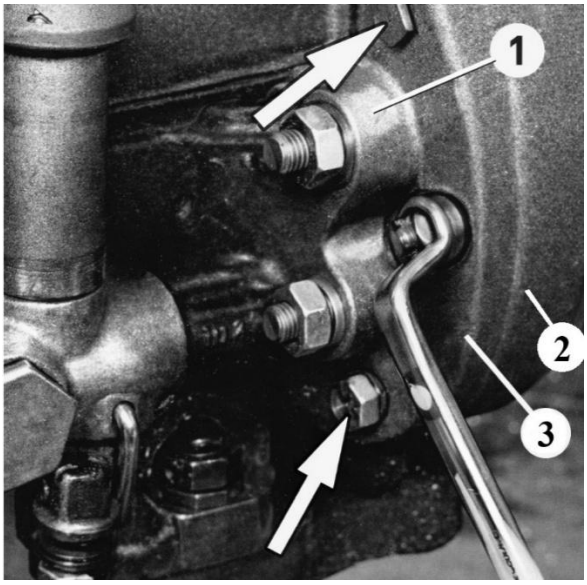

Рисунок 2.2 – Кріплення паливного насоса на ДВЗ:
1 – паливний насос, 2 – картер розприділення; 3 – фланець

2.11.2 Визначення початку впорскування за установочними мітками

Метод визначення початку впорскування з використанням установочних міток є більш наочним і зручним у випадках, коли на елементах двигуна збережені заводські позначення. На ободі демпфера колінчастого вала передбачена контрольна мітка, а на кришці картера газорозподільного механізму встановлений покажчик. Суміщення мітки з покажчиком відповідає положенню поршня першого циліндра у верхній мертвій точці, що відповідає початку впорскування палива.

Для реалізації цього методу попередньо знімають клапанну кришку, після чого колінчастий вал обертають у робочому напрямку до досягнення рівноважного положення коромисел відповідного циліндра, що підтверджує завершення такту стиснення. Далі вал повертають у протилежному напрямку приблизно на чверть оберта з метою усунення люфтів у механізмах газорозподілу. Після цього колінчастий вал знову плавно обертають у робочому напрямку до моменту суміщення мітки на демпфері з покажчиком на картері. У цьому положенні поршень першого циліндра знаходиться в точці початку впорскування.

Для підвищення точності визначення початку впорскування компанією Mercedes-Benz рекомендовано застосовувати спеціальний контрольний

пристрій, призначений для перевірки положення елемента ПНВТ. Під час використання цього пристрою паливний насос попередньо знімається з двигуна, після чого до його паливного патрубка під'єднується гнучкий шланг вимірювального апарата. Запобіжний клапан насоса демонтується, а на його місце встановлюється герметична заглушка. Вихідний елемент насоса, який відповідає за живлення першої форсунки, з'єднується з індикаторним каналом пристрою.

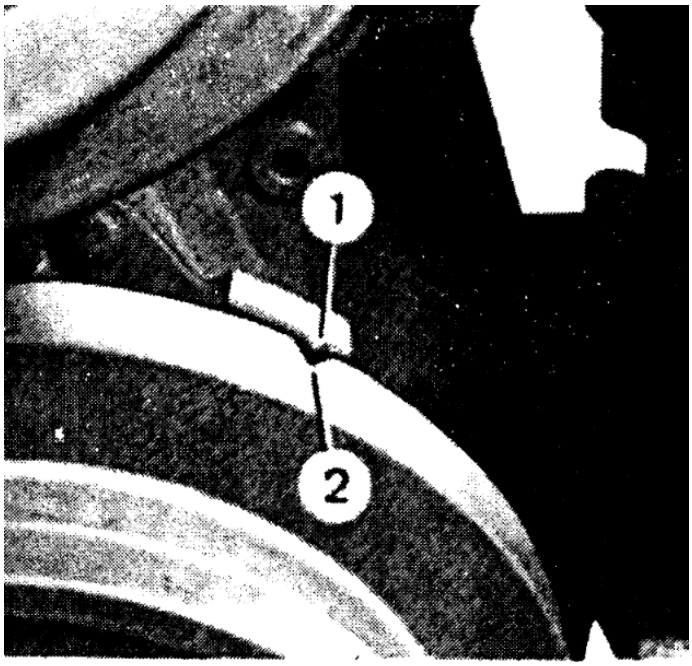

Рисунок 2.3 – Відмітки початку впорскування на фемпфері

Привід вимірювального апарата підключається до джерела живлення напругою 12 В, а важіль керування подачею палива встановлюється в положення повного навантаження. Далі ведучу шестерню паливного насоса повільно обертають у робочому напрямку, постійно спостерігаючи за характером витікання палива через індикаторний елемент. У момент, коли паливо починає витікати краплинно, плунжерний елемент першої секції насоса знаходиться в положенні початку впорскування. Після цього фіксують взаємне положення ведучої шестерні та фланця насоса, а вимірювальний пристрій від'єднують.

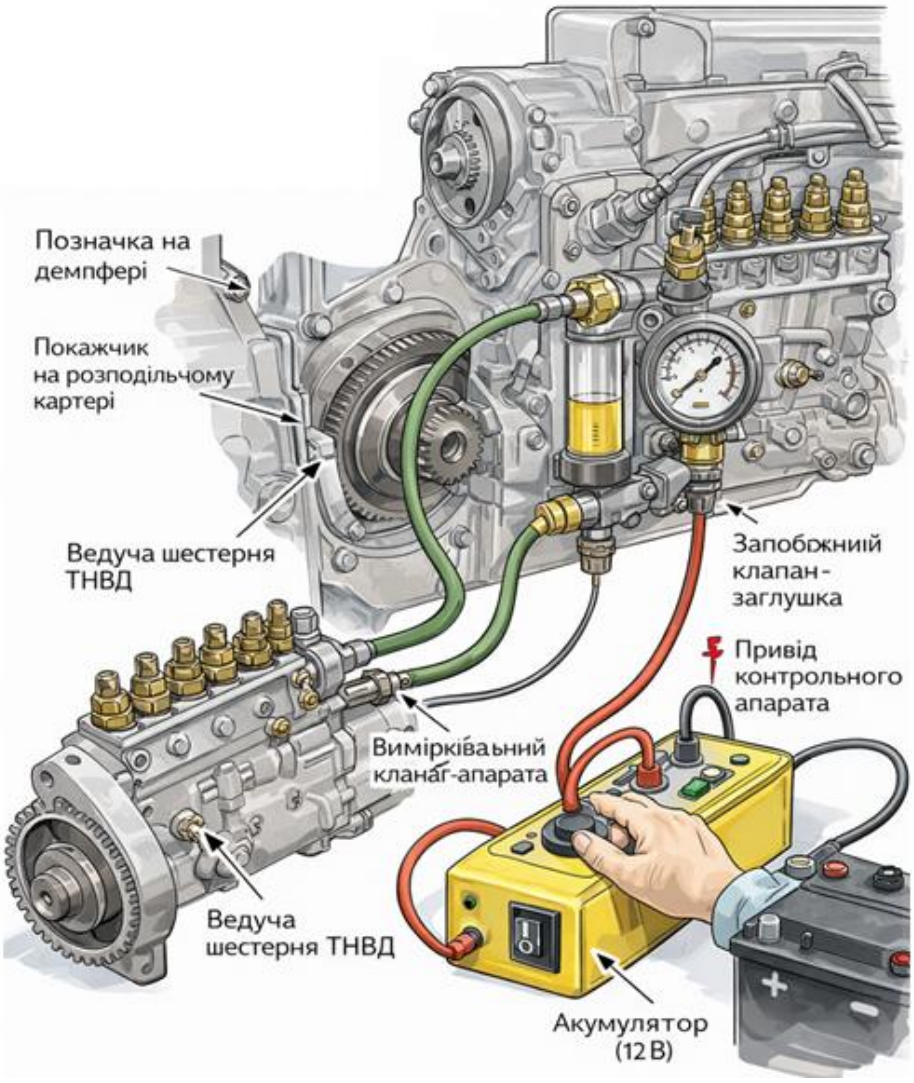

Рисунок 2.4 – Процес налаштування початку впорскування

Таким чином, метод визначення початку впорскування за установочними мітками у поєднанні зі спеціалізованим контрольним обладнанням забезпечує високу точність налаштування ПНВТ і є ефективним під час регламентних робіт, стендових перевірок та діагностики паливної апаратури. Коректне встановлення моменту впорскування є обов’язковою умовою стабільної роботи двигуна, оптимальної витрати палива та збереження ресурсу паливного насоса високого тиску.

2.11.3 Установлення паливного насоса високого тиску на двигун та контроль регулювання

Після встановлення двигуна в положення початку впорскування палива в першому циліндрі з боку газорозподільного механізму та попереднього

налаштування паливного насоса високого тиску з боку приводу виконується його монтаж на двигун. Насос установлюють на картер розподілення з використанням ущільнювальної прокладки, що забезпечує герметичність фланцевого з'єднання.

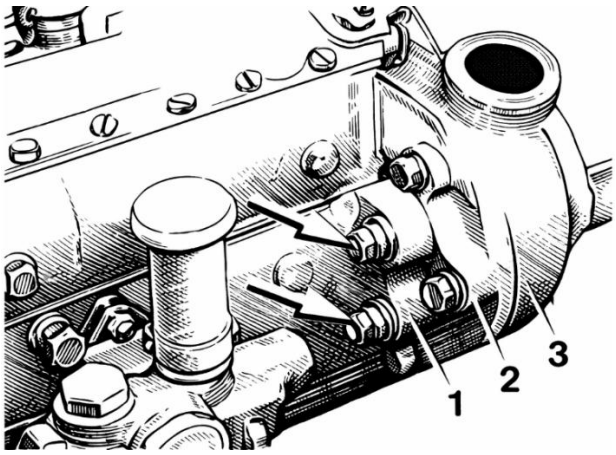

Рисунок 2.5 – Вигляд частини паливного насоса, на якому показано його з'єднання з двигуном (стрілками позначені болти, встановлені у подовжені отвори, що дає змогу коригувати регулювання положення насоса):
1 – Паливний насос; 2 – Фланець; 4 – Картер розподілу

Під час монтажу паливний насос розміщують навпроти картера розподілення з незначним нахилом, після чого ведучу шестерню вводять у зачеплення з відповідною шестернею механізму приводу. Для правильного входження зубчастого зачеплення допускається незначне обертання корпуса насоса навколо його осі. Після встановлення шестерні насос фіксують на картері за допомогою кріпильних болтів фланця. При цьому контрольна мітка на зубчастому зачепленні ведучої шестерні повинна бути суміщена з покажчиком, розміщеним на фланці, що відповідає правильно встановленому положенню початку впорскування.

Після остаточного кріплення паливного насоса до двигуна обов'язково виконують контроль правильності його регулювання. Для цього від'єднують контрольний апарат, який використовувався для визначення початку впорскування на знятому насосі, при цьому нагнітальні трубопроводи високого тиску, що ведуть до форсунок, залишають під'єднаними. До першого елемента насоса, встановленого в положення початку впорскування, знову під'єднують електропривід контрольного апарата.

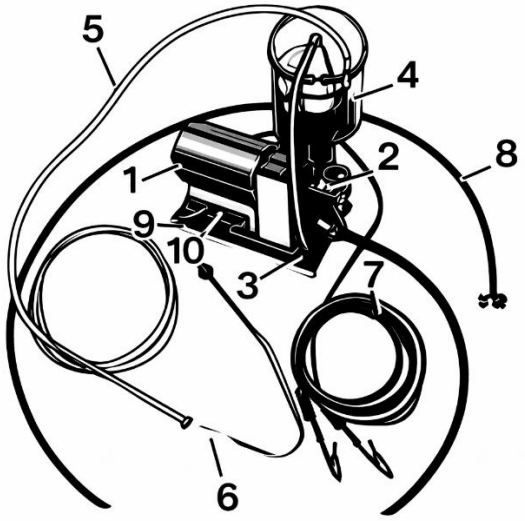

Рисунок 2.6 – Апарат для визначення початку впорскування на паливному насосі: 1 – електродвигун; 2 – насос; 3 – клапан обмеження тиску; 4 – резервуар газойлю (дизельного палива); 5 – зворотний шланг газойлю; 6 – стакан-індикатор з ниткою-датчиком; 7 – з'єднувальний провід; 8 – шланг подачі газойлю; 9 – опорна поверхня

Далі колінчастий вал двигуна провертають на два повних оберти і зупиняють у момент, коли паливо починає витікати через індикатор у вигляді окремих крапель. У цьому положенні мітка на шківі або демпфері колінчастого вала повинна точно співпадати з покажчиком на картері, а мітка на ведучій шестерні паливного насоса – з покажчиком на його фланці. Невідповідність цих положень свідчить про неточність встановлення насоса.

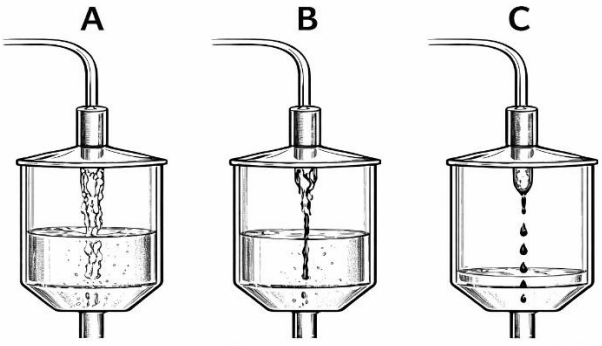

Рисунок 2.7 – Основні фази протікання газойлю в стакані-індикаторі апарата під час визначення початку впорскування: А – повний витратний режим; В – зменшений режим протікання; С – протікання газойлю крапля за краплею, що вказує на початок упорскування на елементі паливного насоса.

У разі виявлення відхилень коригування положення паливного насоса виконують за рахунок подовжених отворів у фланці шляхом незначного повороту корпуса насоса. Після внесення корекції процедуру контролю повторюють до досягнення точного співпадіння контрольних міток. Лише після цього контрольний апарат демонтують і продовжують остаточне складання та під'єднання елементів паливної системи.

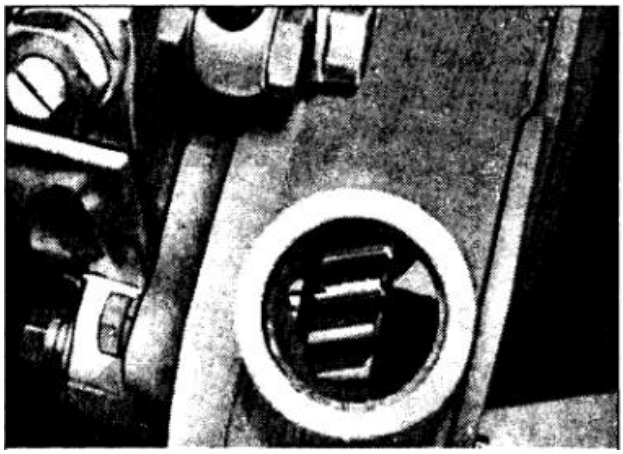

Рисунок 2.8 – Відмітка регулювання паливного насоса

Таким чином, правильне встановлення та перевірка регулювання паливного насоса високого тиску забезпечують точність моменту впорскування, стабільну роботу двигуна, оптимальні паливно-економічні показники та збереження ресурсу елементів системи вприскування.

2.11.4 Підкачувальний насос та прокачування паливного контуру

Підкачувальний насос є складовою частиною паливної апаратури та конструктивно встановлюється безпосередньо на паливному насосі високого тиску. Його привід здійснюється від розподільного вала ПНВТ, що забезпечує подавання палива до насоса високого тиску в необхідному обсязі під час роботи двигуна. Основне призначення підкачувального насоса полягає у створенні початкового тиску в паливному контурі та забезпеченні безперервної подачі палива до плунжерних секцій.

У верхній частині підкачувального насоса передбачений механізм ручного приводу, який використовується під час заповнення паливного контуру після виконання ремонтних або обслуговувальних робіт. Активація ручного режиму

здійснюється шляхом відгвинчування накатної рукоятки, що дає змогу виконувати прокачування системи без запуску двигуна. У нижній частині насоса розміщений прозорий стакан відстійника, який дозволяє візуально контролювати наявність води або механічних домішок у паливі та своєчасно виявляти забруднення.

Прокачування паливного контуру виконують після розгерметизації системи або заміни її елементів з метою видалення повітря з паливопроводів. Для цього рукоятку ручного приводу підкачувального насоса вивертають і за допомогою важеля здійснюють подачу палива до моменту спрацювання запобіжного клапана паливного насоса високого тиску, що супроводжується характерним фоновим шумом. Поява цього сигналу свідчить про заповнення паливного контуру та відсутність повітря в системі. Після завершення прокачування ручний привід повертають у початкове положення шляхом загвинчування накатної рукоятки.

Таким чином, підкачувальний насос відіграє важливу роль у забезпеченні стабільної роботи системи вприскування палива, а правильне виконання прокачування паливного контуру є обов’язковою умовою надійної роботи паливного насоса високого тиску та двигуна в цілому.

2.11.5 Корпуси форсунок і розпилювачі

У системі вприскування палива двигунів Mercedes-Benz серії LK застосовуються корпуси форсунок, конструктивно однакові для різних модифікацій двигунів, за винятком встановлених розпилювачів. Корпуси належать до типу з трьома напрямними поверхнями, що зумовлює необхідність чіткого взаємного позиціювання розпилювача відносно корпуса форсунки, а також самої форсунки відносно головки блока циліндрів. Таке конструктивне виконання забезпечує правильну орієнтацію струменів палива в камері згоряння та стабільність процесу сумішоутворення.

Під час повторного складання форсунок можливість помилки практично виключена, оскільки взаємне положення елементів фіксується спеціальними виступами й пазами. Це дозволяє автоматично забезпечити правильне

встановлення розпилювача та корпуса без застосування додаткових вимірювальних операцій. Разом із тим, точність монтажу форсунки в головці блока циліндрів має суттєве значення для ефективної роботи двигуна.

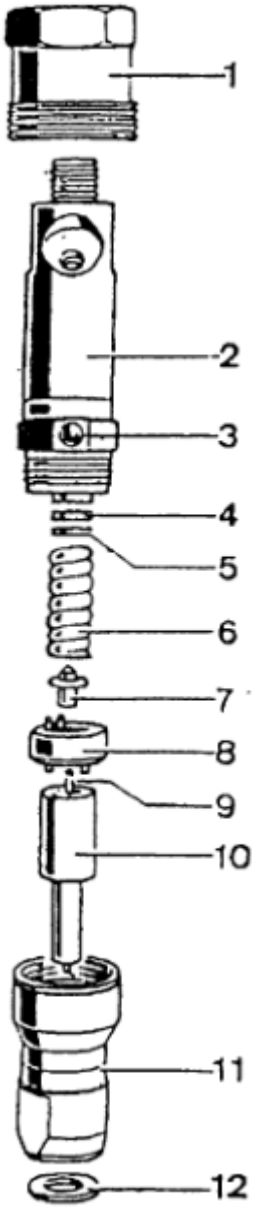

Рисунок 2.9 – Корпус форсунки та розпилювач: 1 – Гайка для фіксації на головці блоку циліндрів;
2 – Корпус форсунки; 3 – Позиційний виступ у головці блоку циліндрів;
4 – Регулювальна шайба;
5 – Регулювальна шайба; 6 – Пружина стиску; 7 – Штовхач; 8 – Розпірне кільце з позиційними виступами розпилювача в корпусі форсунки; 9 – Голка розпилювача;
10 – Корпус розпилювача;
11 – З’єднувальна муфта розпилювача з корпусом форсунки;
12 – Мідна прокладка, товщина 1 мм.

Для даного типу двигуна нормативне перевищення торця форсунки над площиною прокладки головки блока циліндрів знаходиться в межах від 1,8 до 2,5 мм. Це значення безпосередньо впливає на положення факела розпилу палива та умови його займання. У зв’язку з цим під час кожного зняття форсунки обов’язково відновлюють мідну ущільнювальну прокладку. У разі її заміни необхідно встановлювати нову прокладку з такою ж товщиною, щоб зберегти задану висоту встановлення форсунки.

Регулювання форсунок здійснюється шляхом добору регулювальних шайб, які встановлюються між пружиною стиску та корпусом розпилювача.

Зміна товщини шайб дозволяє точно налаштувати зусилля пружини, а відповідно і тиск початку впорскування. Коректне регулювання форсунок є важливою умовою рівномірної подачі палива по циліндрах, зниження димності відпрацьованих газів і забезпечення стабільної роботи двигуна.

Таким чином, конструктивні особливості корпусів форсунок і розпилювачів, а також дотримання вимог до їх встановлення й регулювання, мають вирішальне значення для надійності системи вприскування палива та експлуатаційних показників дизельного двигуна.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Аналіз та класифікація існуючих пристроїв для діагностики та обкатки паливної апаратури дизельних двигунів

Система вприскування дизельного двигуна є складним комплексом прецизійних вузлів, до яких належать ПНВТ, форсунки, регулятор подачі палива та елементи низького тиску. Після виконання ремонтних, регулювальних або діагностичних операцій необхідно забезпечити контроль їх технічного стану та, у разі потреби, проведення обкатки під навантаженням.

Таблиця 3.1 – Порівняльна характеристика типів стендів для діагностики та обкатки паливної апаратури

Тип стенду	Призна-чення	Переваги та недоліки	Доцільність для поста ТО
Переносний ручний прилад	Перевірка форсунок, герметичності	Простота, низька вартість, мобільність Нестабільність тиску, людський фактор, відсутність обкатки	Частково доцільний
Стаціонарний діагностичний стенд	Перевірка ПНВТ, форсунок	Висока точність, контроль витрати Значні габарити, висока вартість	Недоцільний
Повнорозмірний ремонтний стенд	Повна обкатка після капремонту	Повний функціонал, регулювання циклової подачі Енергоємність, складність, висока ціна	Недоцільний
Комбінований універсальний стенд	Діагностика + обкатка	Багатофункціональність Висока вартість, складність експлуатації	Обмежено доцільний

Компактний електромеханічний стенд (розроблюваний)	Обкатка та контроль ПНВТ, перевірка форсунок	Оптимальна потужність, зменшені габарити, достатній функціонал Менший набір функцій порівняно з ремонтними стендами	Раціональний

Аналіз порівняльних характеристик показує, що для умов діагностичного поста ТО з річною програмою 200 автомобілів застосування повнорозмірних ремонтних стендів є економічно необґрунтованим через їх енергоємність, великі габарити та високу вартість.

Переносні ручні пристрої, навпаки, не забезпечують стабільного режиму та не дозволяють виконувати тривалу обкатку ПНВТ після регулювання.

Отже, оптимальним рішенням є розроблення компактного електромеханічного стенду помірної потужності, який поєднуватиме функції обкатки та базової діагностики при знижених енергетичних і площинних витратах.

3.2 Опис конструкції та принципу роботи стенду для обкатки та перевірки ПНВТ

Розроблюваний стенд призначений для обкатки та контрольної перевірки паливних насосів високого тиску дизельних двигунів Mercedes-Benz серії LK (OM 366 LA) після виконання регулювальних або ремонтних робіт.

Стенд забезпечує:

- обертання приводного вала ПНВТ із заданою частотою;
- подачу палива низького тиску до насоса;
- контроль тиску в системі живлення;
- можливість короткочасної або тривалої обкатки;
- візуальний контроль роботи секцій насоса (через підключені контрольні трубопроводи).

Конструкція стенду адаптована до умов діагностичного поста, розрахованого у технологічному розділі, та не потребує значної виробничої площі.

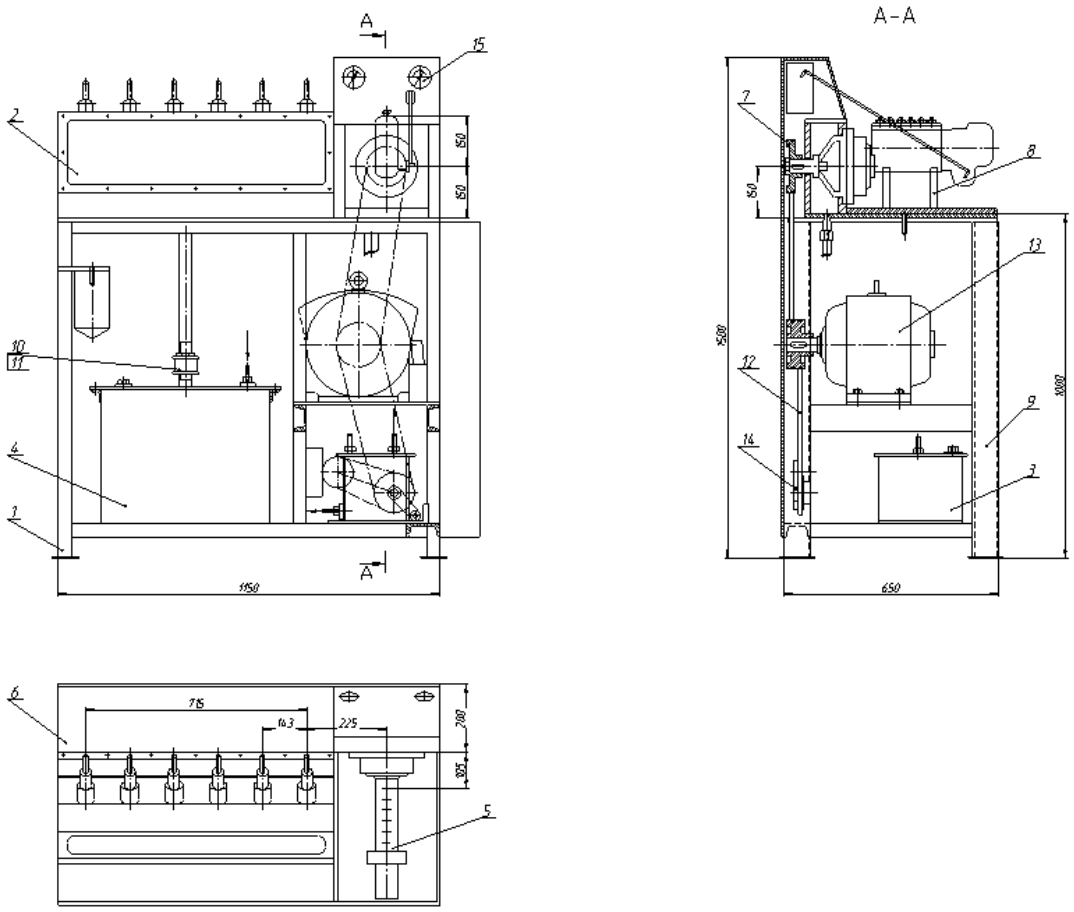

Рисунок 3.1 – Стенд для обкатки та перевірки ПНВТ:

1 – опорні ніжки рами; 2 – блок мірних колб (секція контролю подачі); 3 – рама стенду (несуча конструкція); 4 – паливний бак робочої рідини; 5 – регулювальний механізм (гвинтовий механізм навантаження); 6 – захисний кожух приводу; 7 – муфта з’єднувальна; 8 – ПНВТ (об’єкт випробування); 9 – вертикальна опорна стійка рами; 10 – паливний фільтр тонкого очищення стенду; 11 – натяжний механізм ременя; 12 – підшипниковий вузол приводного валу; 13 – електродвигун приводу; 14 – клиноремінна передача; 15 – панель керування.

Після підготовки стенду паливний насос високого тиску 8 встановлюють на робоче місце та з’єднують з приводом через муфту 7. Паливо з бака 4 через фільтр 10 подається в контур стенду та надходить до ПНВТ. Після ввімкнення електродвигуна 13 обертання передається через клиноремінну передачу 14 і

підшипниковий вузол приводного валу 12 на вал насоса. Натяг ременя регулюють механізмом 11, а захисний кожух 6 забезпечує безпечну експлуатацію.

У процесі обкатки ПНВД працює в заданих режимах, а подача по секціях контролюється за допомогою мірних колб 2 (оцінюють рівномірність і стабільність подачі). Керування вмиканням/вимиканням і контроль режимів здійснюються з панелі 15. Після завершення випробувань паливо повертається в бак, а насос знімають зі стенду.

3.3 Конструкторські розрахунки стенду

Привід стенду призначений для забезпечення стабільного обертання паливного насоса високого тиску під час обкатки та контрольної перевірки. Для цього застосовується електродвигун з клиноремінною передачею.

Приймаємо:

- потужність електродвигуна: $N = 1{,}1$ кВт;
- частота обертання валу двигуна: $n_1 = 1500$ хв$^{-1}$;
- передавальне число: $u = 1$;
- діаметр ведучого та веденого шківів: $D_1 = D_2 = 125$ мм;
- міжосьова відстань: $a = 400$ мм.

Швидкість ременя:

$$v = \frac{\pi D_1 n_1}{60} \tag{3.1}$$

$$D_1 = 0{,}125 \text{ м}; v = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}125 \cdot 1500}{60};\ v \approx 9{,}8 \text{ м/с}$$

Дані, що отримані є в межах для ременів типу «А».

Оскільки $D_1 = D_2$, довжина ременя визначається:

$$l = 2a + \frac{\pi}{2}(D_1 + D_2) \tag{3.2}$$

$$l = 2 \cdot 400 + \frac{3{,}14}{2}(125 + 125);\ l \approx 1192{,}5 \text{ мм}.$$

Приймаємо стандартну довжину: $l = 1200$ мм.

Крутний момент визначається:

$$M = \frac{9550 \cdot N}{n_1} \tag{3.3}$$

$$M = \frac{9550 \cdot 1{,}1}{1500};\ M \approx 7{,}0 \text{ Н\м}.$$

Оцінка дотичної сили на шківі.

$$F_t = \frac{P}{v} \tag{3.4}$$

$$F_t = \frac{1100}{9{,}8} \approx 112 \text{ Н}.$$

Це навантаження без проблем сприймається одним клиновим ременем типу «А».

Для попереднього розрахунку приймаємо допустиму дотичну напругу:

$$[\tau] = 20 \text{ МПа}.$$

Діаметр валу визначається:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16M}{\pi[\tau]}} \tag{3.5}$$

Підставляємо $M = 7{,}0$ Н\м $= 7000$ Н\мм:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 7000}{3{,}14 \cdot 20}} \approx 14 \text{ мм}.$$

Приймаємо: $d = 25$ мм .

Для валу діаметром 25 мм приймаємо радіальні кулькові підшипники типу 205.

Фіксуючий вузол забезпечує надійне закріплення ПНВТ на стенді, запобігає його зміщенню під дією реактивних моментів і вібрацій, а також забезпечує збереження співвісності приводу (муфта–вал насоса) під час обкатки.

У якості фіксації приймаємо гвинтовий притиск (струбцинного типу) з притискною планкою.

Крутний момент на валу: $M = \frac{9550N}{n} = \frac{9550 \cdot 1{,}1}{1500} \approx 7{,}0$ Н\м.

Приймаємо радіус прикладання сил на вузлі кріплення (від осі вала до площини упору): $r = 0{,}12$ м.

Коефіцієнт тертя «метал–метал» для притиску: $\mu = 0{,}20$.

Коефіцієнт запасу на динаміку і вібрації: $k = 2{,}0$.

Тангенціальна сила, еквівалентна моменту:

$$F_t = \frac{M}{r} \tag{3.6}$$

$$F_t = \frac{7{,}0}{0{,}12} \approx 58 \text{ Н}$$

Щоб не було прослизання по основі, сила тертя має бути більшою за утримуючу силу з урахуванням запасу:

$$\mu \cdot F_{\text{пр}} \geq k \cdot F_t \tag{3.7}$$

$$F_{\text{пр}} \geq \frac{k \cdot F_t}{\mu};\ F_{\text{пр}} \geq \frac{2{,}0 \cdot 58}{0{,}20} = 580 \text{ Н}.$$

Отже, необхідна сила притиску: $F_{\text{пр}} \approx 600$ Н.

Вибір та перевірка гвинта притиску.

Площа розрахункового перерізу різьби (при М10): $A_s \approx 58$ мм^2.

Нормальні напруження в гвинті:

$$\sigma = \frac{F_{\text{пр}}}{A_s}. \tag{3.8}$$

$$\sigma = \frac{600}{58} \approx 10{,}3 \text{ МПа}.$$

Момент затягування:

$$T \approx K \cdot F_{\text{пр}} \cdot d. \tag{3.9}$$

$$T \approx 0{,}2 \cdot 600 \cdot 0{,}01 = 1{,}2 \text{ Н\м}.$$

Для компенсації реактивного моменту та вібрацій при обкатці ПНВТ достатньо забезпечити силу притиску близько 600 Н. Прийнятий фіксуючий вузол з гвинтом М10 забезпечує необхідну надійність закріплення із значним запасом міцності та дозволяє швидко виконувати встановлення і зняття насоса на стенді.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Аналіз умов праці та небезпечних виробничих факторів на дільниці обкатки ПНВТ

Проєктований стенд для обкатки та перевірки паливних насосів високого тиску експлуатується в умовах дільниці діагностики та технічного обслуговування автотранспортних засобів. Робоче місце оператора розташоване у приміщенні ремонтної майстерні, де виконуються роботи з паливною апаратурою дизельних двигунів.

Характер виконуваних робіт належить до категорії робіт середньої важкості, оскільки передбачає монтаж і демонтаж ПНВТ, регулювання елементів кріплення, контроль параметрів та візуальний огляд. Робота поєднує статичні навантаження (утримання деталей, робота з ручним інструментом) та періодичні динамічні зусилля. Тривалість перебування оператора біля стенду може становити значну частину робочої зміни, що потребує забезпечення відповідних санітарно-гігієнічних умов.

Мікрокліматичні умови. Під час експлуатації стенду в приміщенні повинні підтримуватись параметри мікроклімату, які забезпечують комфортні та безпечні умови праці. Температура повітря в холодний період року повинна підтримуватись на рівні, достатньому для виконання робіт без переохолодження персоналу, а в теплий період – не перевищувати допустимих значень для виробничих приміщень. Підвищена температура повітря в поєднанні з випарами палива може призводити до зниження працездатності та підвищення втомлюваності працівника.

Вологість повітря також має істотне значення, оскільки при надмірній вологості збільшується корозійна активність середовища, що впливає на електрообладнання та металеві частини стенду. Недостатня вологість у поєднанні з пилом може сприяти накопиченню статичної електрики.

Механічні небезпечні фактори. До основних механічних небезпек належать:

- обертові частини приводу (вал, шківи, клиноремінна передача);
- з’єднувальна муфта;

- елементи кріплення ПНВТ;
- можливість викиду палива під тиском.

Під час роботи електродвигуна та передавання крутного моменту існує ризик травмування при контакті з рухомими частинами. Особливо небезпечними є ремінна передача та муфта, які можуть захопити одяг або руки оператора у разі відсутності захисного кожуха.

Додаткову небезпеку становить високий тиск палива в нагнітальній магістралі ПНВТ. У разі негерметичності з’єднань можливе розбризкування палива, що може спричинити опіки або механічні ушкодження шкіри.

Шум та вібрація. Під час роботи стенду джерелами шуму є електродвигун, насос низького тиску та сам ПНВТ. Хоча рівень шуму є помірним, тривала дія навіть середнього шумового навантаження може призводити до зниження концентрації уваги та підвищеної втоми.

Вібрація виникає внаслідок обертання валів та роботи механічних вузлів. При недостатній жорсткості конструкції вона може передаватися на корпус стенду та підлогу приміщення. Тривалий вплив вібрації негативно впливає на опорно-руховий апарат та центральну нервову систему працівника.

Пожежна небезпека. Стенд працює з дизельним паливом, яке є горючою рідиною. При витоку палива та наявності джерела займання можливе виникнення пожежі. Потенційними джерелами займання можуть бути:

- іскріння електрообладнання;
- перегрів електродвигуна;
- статична електрика;
- сторонні відкриті джерела полум’я.

Навіть при відносно високій температурі спалаху дизельного палива ризик загоряння зберігається за умов розпилення або утворення пари.

Електрична небезпека. Електроживлення стенду здійснюється від мережі змінного струму. Ураження електричним струмом можливе при:

- пошкодженні ізоляції проводів;
- відсутності або несправності захисного заземлення;
- дотику до струмоведучих частин;

- експлуатації в умовах підвищеної вологості.

Найбільш небезпечними є випадки одночасного контакту людини з металевим корпусом обладнання та струмоведучими частинами.

Хімічні фактори

Випари дизельного палива та контакт із ним можуть викликати подразнення слизових оболонок і шкіри. Тривалий контакт із паливом спричиняє дерматологічні захворювання. За недостатньої вентиляції можливе накопичення парів палива в повітрі робочої зони.

4.2 Технічні та організаційні заходи забезпечення безпеки праці

Для мінімізації впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, визначених у підпункті 4.1, при експлуатації стенду для обкатки та перевірки ПНВТ передбачаються конструктивні, технічні та організаційні заходи безпеки.

Конструктивні заходи безпеки стенду. Одним із основних технічних рішень є встановлення захисного кожуха на ремінну передачу та з'єднувальну муфту. Кожух виготовляється з листової сталі або ударостійкого матеріалу та повністю закриває рухомі частини приводу. Це унеможливлює випадковий контакт оператора з обертовими елементами, а також запобігає потраплянню сторонніх предметів у зону передачі.

Фіксація ПНВТ на стенді здійснюється за допомогою гвинтового притискного механізму з достатнім запасом міцності. Жорстке закріплення насоса виключає його зміщення під час роботи, зменшує вібрацію та підвищує точність обкатки. Конструкція передбачає регульовані пази для швидкого монтажу та демонтажу агрегату.

Для зменшення рівня вібрації стенд встановлюється на гумові амортизуючі опори. Вони знижують передачу коливань на підлогу та суміжне обладнання, а також підвищують стійкість конструкції.

Паливна система стенду виконана за замкнутою схемою циркуляції. Усі з'єднання виконуються різьбовими штуцерами з ущільненнями, що запобігає витоку палива. Наявність фільтра очищення палива зменшує ризик засмічення системи та аварійних ситуацій.

Електродвигун стенду обладнується захисним автоматичним вимикачем, що спрацьовує при перевантаженні або короткому замиканні. На панелі керування передбачено кнопку аварійної зупинки, розташовану в зоні легкого доступу оператора. Це дозволяє оперативно зупинити стенд у разі виникнення нештатної ситуації.

Корпус стенду та електродвигуна підлягають обов'язковому захисному заземленню. Металеві елементи конструкції з'єднуються між собою та підключаються до контуру заземлення, що унеможливлює накопичення небезпечної напруги на корпусі обладнання.

Організація робочого місця. Стенд розміщується таким чином, щоб навколо нього залишався вільний простір для безпечного переміщення оператора. Робоча зона повинна бути достатньо освітленою для виконання точних операцій та візуального контролю параметрів.

Інструменти та допоміжне обладнання розміщуються у спеціально відведених місцях, що виключає їх випадкове падіння або потрапляння в рухомі частини стенду. Забороняється зберігання легкозаймистих матеріалів у безпосередній близькості до стенду.

Перед початком роботи оператор зобов'язаний перевірити:

- надійність кріплення ПНВТ;
- справність захисного кожуха;
- відсутність витоків палива;
- стан електропроводки;
- наявність заземлення.

Пуск стенду дозволяється лише після повної підготовки обладнання до роботи.

Використання засобів індивідуального захисту. Під час роботи зі стендом оператор повинен використовувати:

- спецодяг із щільної тканини;
- захисні окуляри;
- рукавиці для роботи з металевими деталями;
- закрите взуття з неслизькою підошвою.

У разі тривалої роботи в умовах підвищеного шуму допускається використання засобів захисту органів слуху.

Профілактичне обслуговування та контроль стану обладнання. Безпечна експлуатація стенду забезпечується регулярним технічним оглядом. Періодично проводиться:

- перевірка стану ременя та шківів;
- контроль натягу ременя;
- огляд електропроводки;
- перевірка стану ізоляції;
- контроль заземлення;
- очищення паливної системи від забруднень.

Виявлені несправності повинні усуватись до початку подальшої експлуатації.

4.3 Розрахунок вентиляції дільниці паливної апаратури

Визначення об’єму приміщення: $L = 5{,}0$ м; $B = 6{,}0$ м; $H = 3{,}5$ м.

Об’єм приміщення: $V = L \cdot B \cdot H$; $V = 5{,}0 \cdot 6{,}0 \cdot 3{,}5$; $V = 105$ м^3.

Для дільниці паливної апаратури, де виконуються роботи з дизельним паливом, приймаємо підвищену кратність:

$$n = 6 \text{ раз/год.}$$

Необхідна продуктивність припливно-витяжної вентиляції.

$$L_{\text{вент}} = n \cdot V \tag{4.1}$$

$$L_{\text{вент}} = 6 \cdot 105 = 630 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Розподіл повітряного потоку. Доцільно передбачити:

- 1 витяжну решітку в зоні стенду обкатки ПНВТ;
- 1 загальну витяжну точку у верхній частині приміщення.

Тоді кожна гілка повинна забезпечити:

$$L_1 = \frac{630}{2} = 315 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Підбір повітропроводу.

Переведемо витрату в м³/с: $L_1 = \frac{315}{3600} = 0{,}0875$ м^3/с.

Приймаємо швидкість повітря у каналі: $w = 5$ м/с.

Площа перерізу каналу:

$$F = \frac{L_1}{w} \tag{4.2}$$

$$F = \frac{0{,}0875}{5} = 0{,}0175 \text{ м}^2.$$

Еквівалентний діаметр круглого повітропроводу:

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} \tag{4.3}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0{,}0175}{3{,}14}} \approx 0{,}15 \text{ м}.$$

Приймаємо стандартний діаметр: $D = 160$ мм.

Для дільниці паливної апаратури розмірами 5×6×3,5 м необхідна продуктивність вентиляційної системи становить: $L_{\text{вент}} = 630$ м^3/год.

Раціональним рішенням є встановлення двох витяжних гілок продуктивністю по 315 м³/год з повітропроводами діаметром 160 мм.

Запропонована вентиляція забезпечує:

- видалення парів дизельного палива;
- підтримання безпечної концентрації випарів;
- зменшення запахів;
- покращення санітарно-гігієнічних умов праці.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розроблено технологічний процес діагностики, технічного обслуговування та ремонту системи вприскування палива автомобілів Mercedes-Benz серії LK. Проведений аналіз показав, що технічний стан паливного насоса високого тиску, форсунок та елементів подачі палива безпосередньо визначає стабільність роботи дизельного двигуна, його економічні та екологічні показники.

У загально-технічному розділі досліджено конструкцію та принцип функціонування системи вприскування палива, охарактеризовано основні вузли та встановлено типові відмови, пов’язані зі зношуванням плунжерних пар, порушенням герметичності та відхиленням параметрів початку впорскування.

У технологічному розділі сформовано алгоритм діагностування, визначено перелік операцій та нормативи часу їх виконання. Виконано розрахунки трудомісткості, тривалості діагностичного циклу, фонду робочого часу поста, кількості робочих місць та площі дільниці паливної апаратури. Отримані результати дозволяють забезпечити раціональну організацію робіт і необхідну продуктивність. Також обґрунтовано склад обладнання для виконання діагностичних та ремонтних операцій.

У конструкторському розділі оглянуто існуючі засоби перевірки паливних насосів та запропоновано стенд для обкатки ПНВТ. Виконані розрахунки елементів конструкції підтверджують його працездатність та можливість використання в умовах виробничої дільниці.

У розділі з безпеки життєдіяльності визначено виробничі ризики, пов’язані з роботою з паливною апаратурою, та розроблено заходи щодо забезпечення безпечних умов праці, включаючи розрахунок вентиляції приміщення.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Ткаченко І. Г., Левкович М. Г. Конспект лекцій з дисципліни «Надійність транспортних засобів». Тернопіль : ТНТУ, 2024. 118 с.

2. Ремонт автомобілів: Навчальний посібник/ Упор. В.Я. Чабанний. - Кіровоград: Кіровоградська районна друкарня, 2007. - 720 с.

3. Практикум з охорони праці. Навчальний посібник / За ред.. В.Ц. Жидецького. – Львів: Афіша, 2000. – 352 с.

4. Підручник з охорони праці для студентів технічних спеціальностей. – Київ: Центр навчальної літератури, 2020.

5. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів: навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль: ТДТУ, 2009. 108

6. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів / Уклад. Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Левкович М.Г., Гудь В.З., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. – Тернопіль: Видавництво ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 550 с.

7. О.Л. Ляшук, Ю.І. Пиндус, М.Г. Левкович, Гупка А.Б., Хорошун Р.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за освітнім рівнем «бакалавр галузі знань 27 «Транспорт» спеціальність 274 «Автомобільний транспорт» – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2022. – 61 с.

8. Навчально-методичний посібник до практичних заняття з дисципліни «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» для студентів освітнього ступеня „бакалавр" усіх спеціальностей та форм навчання / Укладачі : О. Я. Гурик, І. Б. Окіпний, В. С. Сенчишин, С. Ю. Мариненко, О. І. Король. Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2025. 123 с.

9. Конспект лекцій з курсу «Комп'ютерна діагностика» для студентів спеціальності «Автомобільний транспорт» денної і заочної форми навчання. – Босюк П.В. Левкович М.Г., Тесля В.О. – ТНТУ ім. І.Пулюя. – Тернопіль: ТНТУ, 2016. – 236 с.

10. Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» /

Укладачі: Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2021. – 136 с.

11. Канарчук В.Є. та ін. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. У 3-х кн. Кн.2. Організація, планування й управління: Підручник / В.Є. Канарчук, О.А. Лудченко , А.Д. Чигринець, - К.: Вища шк., 1994. – 383 с.

12. Дудко О.О. Паливні системи дизельних двигунів: конструкція та обслуговування. – Київ: Ліра-К, 2019. – 312 с.

13. Головченко В.М. Діагностика автомобільних двигунів. – Харків: Факт, 2018. – 368 с.

14. Гевко І. Б., Рогатинський Р. М., Ляшук О. Л., Гудь В. З., Левкович М. Г., Сташків М. Я., Сіправська М. Д. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник. Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 544 с.

15. Автомобілі. Теорія: навч. посіб. / В.П. Сахно, В.І. Сирота, В.М. Поляков, В. Г. Головань, О.В. Лисий; Військ. акад. - Одеса: Військ. акад., 2017. - 412 с.

16. Mercedes-Benz. Workshop Manual. Engine OM 366 LA. Fuel Injection System. – Stuttgart: Daimler AG.

17. Mercedes-Benz LK Series. Technical Data and Service Information. – Daimler-Benz AG.

18. Bosch R. Diesel Fuel Injection Systems. – Robert Bosch GmbH. – Stuttgart.

19. Bosch Automotive Handbook. – Robert Bosch GmbH. – 10th Edition.

ДОДАТКИ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

2.1 Розрахунок трудомісткості діагностичних робіт системи вприскування палива

t_i – нормативний час виконання і-ої операції, н-год;

m – кількість операцій у діагностичному циклі;

$k_{пз}$ – коефіцієнт, що враховує підготовчо-заключний час і організаційні витрати (рекомендовано 1,05–1,15);

$N_д$ – кількість діагностичних циклів за рік (авто/рік або операцій/рік – залежно від прийнятої програми).

2.4 Розрахунок тривалості діагностичного циклу

$\tau_{дц}$ – тривалість діагностичного циклу, хв/авто;

$T_{дц}$ – трудомісткість діагностичного циклу, н-год/авто;

$t_{орг}$ – додатковий організаційний час (заїзд/виїзд, розміщення, підключення приладів, прибирання робочого місця), хв.;

$k_в$ – коефіцієнт використання змінного часу поста (враховує втрати на підготовку місця, дрібні простої, організаційні паузи).

2.6 Розрахунок кількості діагностичних постів

$T_д^{річ}$ – річна трудомісткість робіт, н-год/рік;

$F_е$ – ефективний фонд часу одного поста, год/рік.

2.7 Розрахунок потреби в діагностичному обладнанні

$k_{об}$ – частка використання обладнання у складі робіт;

2.8 Періодичність ТО системи вприскування палива

$L_{ТО}$ – розрахункова періодичність ТО, км;

L_0 – базова (нормативна) періодичність ТО, км;

k_1 – коефіцієнт умов експлуатації (дороги, запиленість);

k_2 – коефіцієнт якості палива та чистоти паливної системи;

k_3 – коефіцієнт режимів роботи (навантаження, міський/міжміський цикл).

3.3 Конструкторські розрахунки стенду

$K -$ коефіцієнт (0,18…0,22), приймаємо $K = 0{,}2$;.

d – номінальний діаметр різьби, м ($d = 0{,}01$).