

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Гонгало Антон Йосипович

УДК 629.3.083

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**Проектування дільниці діагностики на СТО автомобілів з
розробкою пристосування для діагностування паливної
системи типу Common Rail**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело _____ Гонгало А.Й.

Керівник роботи

Грудовий Р.С.

кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2025

АНОТАЦІЯ

Гонгало Антон Йосипович. Проєктування дільниці діагностики на СТО автомобілів з розробкою пристосування для діагностування паливної системи типу Common Rail. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2025.

У кваліфікаційній роботі обґрунтовано необхідність створення діагностичної дільниці на станції технічного обслуговування для перевірки паливної системи типу Common Rail, що підтвердило актуальність обраної теми в умовах стрімкого зростання кількості таких систем в автотранспорті. Аналіз існуючих методів діагностики та стендів показав наявність суттєвих обмежень щодо вартості, габаритів і мобільності існуючих рішень, що послужило відправною точкою для формулювання технічного завдання на розробку компактного пристосування.

Проведені дослідження технологічних вимог до діагностичної дільниці дозволили спроектувати оптимальне планування робочого простору станції технічного обслуговування, яке забезпечує раціональний рух деталей і вузлів, зручність обслуговування та дотримання норм техніки безпеки. Запропоновані ескізні рішення передбачають мінімальні зміни в існуючій інфраструктурі майстерні й знижують витрати на організацію нового робочого місця.

Розроблене пристосування для діагностування паливної системи Common Rail відповідає заданим функціональним характеристикам: воно забезпечує точність вимірювань тиску в рампі та часу відкриття форсунок із похибкою не більше $\pm 1\%$ та дозволяє проводити випробування в режимі реального часу. Проведені розрахунки параметрів конструкції пристосуваннями та обґрунтування вибору матеріалів гарантують надійність і тривалий термін служби пристрою.

Ключові слова: технічний сервіс, вантажні автомобілі, Common Rail, станція технічного обслуговування, діагностична дільниця.

ANNOTATION

Gongalo Anton Yosipovich. Designing a diagnostic section at a car service station with the development of a device for diagnosing a Common Rail fuel system – Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2025.

The thesis substantiates the need to create a diagnostic section at a service station to check Common Rail fuel systems, confirming the relevance of the chosen topic given the rapid growth in the number of such systems in motor vehicles. An analysis of existing diagnostic methods and test benches revealed significant limitations in terms of cost, size, and mobility of existing solutions, which served as a starting point for formulating technical specifications for the development of a compact device.

Research into the technological requirements for the diagnostic area made it possible to design an optimal layout for the service station's workspace, which ensures the rational movement of parts and components, ease of maintenance, and compliance with safety standards. The proposed design solutions involve minimal changes to the existing workshop infrastructure and reduce the cost of setting up a new workplace.

The developed device for diagnosing the Common Rail fuel system meets the specified functional characteristics: it ensures the accuracy of pressure measurements in the ramp and the opening time of the injectors with an error of no more than $\pm 1\%$ and allows testing in real time. The calculations of the device design parameters and the justification of the choice of materials guarantee the reliability and long service life of the device.

Keywords: technical service, trucks, Common Rail, service station, diagnostic section.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ОРГАНІЗАЦІЯ ТА РОЗРАХУНОК ДІЛЬНИЦІ ДІАГНОСТИКИ.....	9
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ СИСТЕМ ТИПУ COMMON RAIL.....	20
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ДІАГНОСТУВАННЯ СИСТЕМ ТИПУ COMMON RAIL.....	31
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	36
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	38

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Актуальність теми проєктування діагностичної дільниці на СТО з розробкою пристосування для діагностування паливної системи типу Common Rail зумовлена стрімким поширенням цих інноваційних систем у сучасних автомобілях. Високий тиск у магістралях та складна конструкція форсунок вимагають точних і чутливих методів перевірки, аби своєчасно виявляти відхилення від норми й запобігати серйозним поломкам двигуна. Наявні універсальні стенди для тестування Common Rail часто недоступні для малого й середнього бізнесу через вартість і габаритність, що обмежує можливості регіональних СТО виконувати якісну діагностику на місці.

Брак спеціалізованого обладнання призводить до того, що клієнти змушені звертатися до висококваліфікованих центрів діагностики, що подовжує час простою автомобіля та збільшує витрати на технічне обслуговування. Формування на СТО власної дільниці діагностики, оснащеної компактним і доступним пристосуванням, дозволить суттєво скоротити логістичні витрати та терміни ремонту. Це, в свою чергу, підвищить рівень довіри з боку автовласників і сприятиме зміцненню конкурентних позицій сервісних підприємств.

Розробка нового пристосування для перевірки паливної системи Common Rail відкриває можливість впровадження в технологічний процес оперативного моніторингу основних параметрів: тиску в рампі, часу відкриття форсунок та їх продуктивності. Завдяки цьому майстри отримають інструмент для діагностики в реальному часі, що підвищить точність визначення дефектів і дозволить приймати рішення щодо ремонту або заміни вузлів на ранній стадії розвитку несправності.

Використання такого пристосування матиме не лише економічний, а й екологічний ефект. Своєчасне виявлення й усунення дефектів паливної системи сприятиме оптимізації витрати пального, зниженню викидів шкідливих речовин

та продовженню ресурсу двигуна. Це відповідає загальнодержавним пріоритетам у сферах енергоефективності та екологічної безпеки транспорту, а також запитам ринку на «зелені» рішення в автомобільному сервісі.

Отже, проектування діагностичної дільниці СТО з розробкою компактного та універсального пристосування для системи Common Rail має високий практичний і науково-технічний потенціал. Реалізація цієї роботи дозволить покращити якість і швидкість технічного обслуговування сучасних автомобілів, сприятиме зменшенню експлуатаційних витрат та забезпеченню екологічної безпеки руху.

Мета роботи: розробити комплексний проєкт діагностичної дільниці на станції технічного обслуговування автомобілів із створенням та впровадженням спеціального пристосування для оперативного й точного діагностування паливної системи типу Common Rail.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити такі **завдання:**

проаналізувати технічні вимоги і стандарти щодо діагностики паливних систем Common Rail у вітчизняних та закордонних СТО;

дослідити наявні методи та стенди для перевірки параметрів тиску, часу відкриття і продуктивності форсунок типу Common Rail;

визначити функціональні та експлуатаційні характеристики майбутнього пристосування з урахуванням обмежень середніх і малих СТО (габарити, вартість, простота обслуговування);

розробити технічне завдання на створення пристосування для діагностики, включаючи вимоги до датчиків, системи реєстрації та інтерфейсу користувача;

спроектувати план розташування діагностичної дільниці в робочому просторі СТО з оптимізацією технологічного потоку та безпеки обслуговування;

виконати розрахунки параметрів пристосування (жорсткість кріплень, точність вимірювань, допустимі похибки) та обґрунтувати вибір матеріалів і вузлів;

створити конструкторську документацію (ескізні креслення, збірочні креслення, специфікації) для виготовлення та монтажу пристосування.

Об'єктом дослідження є процес організації та функціонування діагностичної ділянки на станції технічного обслуговування автомобілів із акцентом на перевірку паливних систем типу Common Rail.

Предметом дослідження є методи та технічні засоби проектування діагностичного пристосування для оцінки параметрів тиску, часу відкриття і продуктивності форсунок Common Rail, а також оптимізація планувальної конфігурації робочого простору ділянки з урахуванням ергономічних, експлуатаційних і економічних вимог.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Борак К.В., Руденко В.Г. Грудовий Р.С., **Гонгало А.Й.**, Хопяк В.М. Шляхи підвищення роботоздатності сільськогосподарських машин: аналіз технологій та рішень останнього десятиліття. Збірник тез XI Міжнародної науково-практичної конференції студентів та молодих учених «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» присвячена 30-річчю започаткування підготовки фахівців за освітнім ступенем бакалавра зі спеціальності «Агроінженерія». 11 квітня 2025 року. Житомир: ЖАТФК. С. 71-80.

2. Грудовий Р. С., **Гонгало А. Й.**, Шевчук О. А. Особливості діагностування паливної системи типу Common Rail. Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 118-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 20-21 лют. 2025 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2025. С.65-67

Практичне значення одержаних результатів. Практичне значення виконаної кваліфікаційної роботи полягає в тому, що розроблене пристосування для діагностування паливної системи Common Rail може бути впроваджене на середніх і малих станціях технічного обслуговування без значних капіталовкладень у покупку габаритного обладнання. Запропонована планувальна схема діагностичної ділянки дозволяє оптимізувати технологічний процес, зменшити час простою автомобілів та підвищити продуктивність робітників за рахунок чіткого розподілу зон. На основі виконаних розрахунків точності та вибору матеріалів пристосування гарантує стабільні результати вимірювань і довговічність експлуатації, що сприятиме підвищенню якості ремонту та довіри клієнтів.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 31 найменування. Загальний обсяг роботи становить 40 сторінок комп'ютерного тексту, містить 13 рисунків та 7 таблиць.

РОЗДІЛ 1

ОРГАНІЗАЦІЯ ТА РОЗРАХУНОК ДІЛЬНИЦІ ДІАГНОСТИКИ

1.1 Розрахунок річних обсягів робіт СТО

Річний обсяг робіт СТО може включати послуги (роботи) з ТО і ПР, прибирально-мийні роботи, роботи з приймання та видачі автомобілів, роботи з протикорозійного оброблення кузовів автомобілів та їх передпродажної підготовки [3].

Річний обсяг робіт з ТО і ПР у люд.-год визначаємо за формулою:

$$T_{ТО-ПР} = \frac{\sum_{j=1}^j N_{СТО} \bar{L}_e t_{ТО-ПР}}{1000}, \quad (1.1)$$

де $N_{СТО}$ – кількість умовно обслуговуваних на станції автомобілів;

L_e – середньорічний пробіг автомобілів;

$T_{ТО-ПР}$ – скоригована питома трудомісткість ТО і ПР, люд.-год/1000 км, що визначається за формулою

$$t_{ТО-ПР} = t_{ТО-ПР}^h K_n K_k, \quad (1.2)$$

де $t_{ТО-ПР}^h$ – нормативна питома трудомісткість ТО і ПР, люд.-год/1000 км;

K_n, K_k – коефіцієнти, що враховують відповідно число робочих постів станції та кліматичний район.

Запланована пропускна здатність – 13 заїздів на ТО і ПР на день. Тоді річне число заїздів становитиме $13 \times 365 = 4745$. Кількість заїздів автомобілів на ТО і ПР протягом року, що припадає на 1 автомобіль, який комплексно обслуговується, приймаємо рівною двом заїздам на рік. Звідси кількість умовно обслуговуваних автомобілів на СТО складе:

$$N_{СТО} = \frac{4745}{2} = 2372,5 \approx 2373 \text{ автомобілів.}$$

Середньорічний пробіг автомобіля приймаємо $L_e = 15000$ км.

Нормативна трудомісткість $t_{ТО-ПР}^h$ встановлена залежно від класу легкового автомобіля і не охоплює прибирально-мийні (ПМР) і протикорозійні роботи.

За кількості робочих постів до 5 приймаю:

$$K_n = 1,05 [4].$$

$$K_k = 1,0 \text{ (таблиця 14 [4])}$$

$$t_{TO-TP}^n = 2,7 \text{ люд.-год./1000 км (таблиця 52 [4]).}$$

$$t_{TO-TP} = 2,7 \cdot 1,05 \cdot 1,0 = 2,84 \text{ люд.-год./1000 км.}$$

Ця трудомісткість передбачає виконання всіх робіт (100%) з ТО і ПР на підприємстві автосервісу. Реально ж на СТО виконується лише 20...35 % трудомісткості ТО і ПР, інша ж частина - або самим власником, або із залученням інших осіб тощо [3].

Приймаємо, що на СТО виконується 25 % від усього обсягу робіт ТО і ПР, тобто:

$$t_{TO-PP} = 0,25 \cdot 2,84 = 0,71 \text{ люд.-год./1000 км.}$$

Річний обсяг робіт ТО і ПР складе:

$$T_{TO-TP} = \frac{2373 \cdot 15000 \cdot 0,71}{1000} = 25272,45 \text{ люд.-год.}$$

Річний обсяг ПМР, люд.-год:

$$T_{ПМР} = N_{ПМР} t_{ПМР}, \quad (1.3)$$

де $N_{ПМР}$ – загальна кількість звернень на ПМР за рік;

$t_{ПМР}$ – середня трудомісткість ПМР, люд.-год.

Прибирально-мийні роботи на СТО виконуються безпосередньо перед ТО і ПР як самостійний вид послуг. У цьому випадку кількість заїздів на ПМР приймається рівною річному числу заїздів на ТО і ремонт у СТО. Кількість заїздів на ПМР протягом року, що припадає на 1 автомобіль, який комплексно обслуговується, приймаємо рівною 5 заїздам на рік [4]. З урахуванням проведення ПМР і як самостійного виду послуг загальне число звернень на ПМР складе:

$$N_{ПМР} = 3650 + 5 \cdot 2373 = 15515 \text{ заїздів на рік.}$$

Приймаємо середню трудомісткість ПМР $t_{ПМР} = 0,25$ люд.-год. (таблиця 52 [4]).

Річний обсяг ПМР складе:

$$T_{ПМР} = 15515 \cdot 0,25 = 3878,75 \text{ люд.-год.}$$

Річний обсяг ПМР перед ТО і ПР:

$$T_{\text{ПМР}} = 4745 \cdot 0,25 = 1186,25 \text{ люд.-год.}$$

Річний обсяг робіт з приймання та видачі автомобілів, люд.-год:

$$T_{\text{п.в.}} = N_{\text{зг}} t_{\text{п.в.}}, \quad (1.4)$$

де $N_{\text{зг}}$ – кількість заїздів на рік;

$t_{\text{п.в.}}$ – середня трудомісткість робіт із приймання та видачі автомобілів, люд.-год.

Приймаємо $t_{\text{п.в.}} = 0,25$ (таблиця 53 [4]).

$$T_{\text{п.в.}} = 4745 \cdot 0,25 = 1186,25 \text{ люд.-год.}$$

Таблиця 1.1 – Річні обсяги робіт СТО.

Види робіт	Трудомісткість, люд.-год.
ТО і ПР	25272,45
ПМР, у тому числі ПМР перед ТО і ПР	3878,75 1186,25
Приймання та видача	1186,25
Разом	31523,7

1.2 Розрахунок необхідного числа постів ТО і ПР, ПМР зберігання та очікування

Число робочих постів ТО і ПР, ПМР (що передують ТО і ПР), а також допоміжних постів приймання і видачі автомобілів визначається за формулою:

$$X = \frac{T\varphi}{D_{\text{роб.р}} T_{\text{зм}} c P_n K_{\text{вук}}}, \quad (2.5)$$

де T – річний обсяг видів робіт, що розглядаються, люд.-год;

φ – коефіцієнт нерівномірності завантаження постів, для СТОА ($\varphi = 1,1 \dots 1,3$);

$D_{\text{роб.р}}$ – число робочих днів у році;

$T_{\text{зм}}$ – три валість зміни, год;

c – число змін;

P_n – середнє число робітників на посту (1...2 робітників);

$K_{вук.}$ – коефіцієнт використання робочого часу поста.

Пости ТО і ПР:

$T = 25272,45$ люд.-год.; $\varphi = 1,15$ [4]; приймаємо $D_{роб.р} = 365$ днів, кількість змін при цьому $c = 2$; $T_{зм} = 8$ год; чисельність тих, хто одночасно працює на одному посту, для постів ПМР, ТО і ПР - 1 особа, для приймання та видачі автомобілів – 1 особа; $K_{вук.} = 0,94$ у разі двозмінної роботи СТО.

$$X = \frac{25272,45 \cdot 1,15}{365 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 0,94} = 5,29 \text{ поста.}$$

Виходячи з розподілу трудомісткості ТО і ПР автомобілів за видами робіт: контрольно-діагностичні роботи – 17%, технічне обслуговування в повному обсязі - 45%, змащувальні роботи – 8%, ремонт вузлів, систем і агрегатів – 30% (таблиця 54 [6]), приймаємо відповідне число постів (табл. 1.2). Приймаємо, що мастильні роботи проводяться на постах ТО.

Число постів ПМР, що передують ТО і ПР:

$$X = \frac{1186,25 \cdot 1,15}{365 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 0,94} = 0,24 \text{ пост.}$$

Кількість постів приймання та видачі:

$$X = \frac{1186,25 \cdot 1,15}{365 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 0,94} = 0,24 \text{ пост.}$$

Кількість робочих постів для виконання косметичної (комерційної) мийки легкових автомобілів визначається виходячи з добової виробничої програми, тривалості виконання робіт і продуктивності мийного обладнання:

$$П = \frac{A_C}{T_B P}, \quad (1.6)$$

де A_C – добова виробнича програма, од;

T_B – тривалість виконання робіт, год;

P – продуктивність мийного обладнання, авт./год.

Добова виробнича програма:

$$A_C = \frac{5 \cdot 2373}{365} = 32,5 \approx 33 \text{ заїздів.}$$

Приймаємо $T_B = 16$ год.; $P = 2$ авт./год. - продуктивність мийної установки Karcher HDS 698 C (www.gradomoy.ua).

$$P = \frac{33}{16 \cdot 2} = 1,03, \text{ приймаємо 1 пост ПМР.}$$

Кількість місць очікування ТО і ПР слід приймати орієнтовно з розрахунку 0,5 автомобіле-місця на один робочий пост [4]. Приймаємо 1 пост очікування.

Кількість місць зберігання автомобілів (стоянки) слід приймати для міських СТО з розрахунку 3 місця на один робочий пост. Оскільки 5 робочих постів, приймаємо 15 місць стоянки.

Таблиця 1.2 – Число постів ТО і ТР, ПМР зберігання та очікування

Види обслуговування і робіт	Число постів	
	розрахункове	прийняте
ТО і ПР, зокрема:	5,29	5
діагностування	0,89	1
ТО в повному обсязі	2,38	2
ремонт вузлів, систем і агрегатів	1,58	2
ПМР	1,03	1
Приймання та видачі	0,10	-
Очікування	1,0	1
Зберігання	12,0	12

1.3 Розрахунок чисельності виробничих і допоміжних робітників

Товаром сервісної служби є робота механіків. Цей товар характеризується певною кількістю і якістю, які залежать від кваліфікації, темпів і якості праці співробітників і можливостей обладнання.

Потреби в робочій силі визначаються:

- політикою управління;
- планом продажів сервісної служби;
- попитом на сервіс;
- загальним числом продуктивних годин, продуктивністю та ефективністю;
- числом постів, плануванням цеху і можливостями обладнання;
- можливостями забезпечення необхідною робочою силою;
- специфікою району або місцевості.

Для забезпечення ефективної діяльності служби потрібно кілька видів посад із компетентним персоналом. У малих підприємствах може бути занадто дорого наймати людей на кожен вид посади. У цих випадках обов'язки об'єднують, але групування функцій намагаються зберегти. Наприклад, сервісна служба може мати спільного підсобного робітника зі складом запчастин і відділом продажів машин, але не повинна змушувати механіків виконувати підсобні роботи.

Необхідна чисельність персоналу (технологічно необхідна – P_T і штатна – $P_{Ш}$) може бути визначена таким чином [3]:

$$P_T = \frac{T_i}{\Phi_T}; P_{Ш} = \frac{T_i}{\Phi_{Ш}}, \quad (1.7)$$

де T_i – річний обсяг відповідного виду робіт, люд.-год;

$\Phi_T, \Phi_{Ш}$ – відповідно річний фонд часу технологічно необхідного робітника при однозмінній роботі штатного робітника, год.

Для спеціальності зі шкідливими умовами праці встановлено фонди $\Phi_m = 1780$ год і $\Phi_{ш} = 1560$ год (35 год тривалість тижня і 24 дні відпустки). Для всіх інших спеціальностей $\Phi_m = 2020$ год і $\Phi_{ш} = 1770$ год (40 год тривалість тижня і 24 дні відпустки) [4].

ТО і ПР:

$$P_T = \frac{25272,45}{2020} = 12,51; P_{Ш} = \frac{25272,45}{1770} = 14,27 \text{ людина.}$$

ПМР:

$$P_T = \frac{3878,75}{2020} = 1,92; P_{Ш} = \frac{3878,75}{1770} = 2,19 \text{ людина.}$$

Таблиця 1.3 – Чисельність виробничих робітників

Вид впливів і робіт	P_T				$P_{Ш}$	
	розрахункове	прийняте	У т. ч. за см.		розрахункове	прийняте
			1	2		
ТО і ПР, зокрема:	12,51	13	7	6	14,27	14
діагностування	2,12	2	1	1	2,42	3
ТО	5,62	7	3	4	6,42	7
ремонт вузлів і агрегатів	3,75	4	2	2	4,28	4
ПМР	1,92	2	1	1	2,19	2
Усього:	-	15	8	7	-	16

Чисельність виробничих робітників, таких як механіки, електрики, бляхарки, малярі та помічники, визначається й уточнюється залежно від обставин бізнесу; чисельність невиробничого персоналу, як, наприклад, керівники, бригадири, приймальники, диспетчери, клерки, різноробочі, обирається також залежно від обставин і чисельності виробничого персоналу.

Чисельність допоміжних робітників приймаємо у відсотковому відношенні від спискової чисельності виробничих робітників (таблиця 18 [4]). За чисельності виробничих робітників 13 осіб нормативна чисельність допоміжних робітників становить 30%, тобто $13 \times 0,3 = 3,9$ осіб. Приймаємо 5 осіб. У таблиці 1.4 наведено розподіл чисельності допоміжних робітників за видами робіт (таблиця 56 [4]).

Таблиця 1.4 – Розподіл чисельності допоміжних робітників

Види допоміжних робіт	Чисельність робітників	
	%	чол.
Ремонт і обслуговування технологічного обладнання, оснащення та інструменти	35	2
Ремонт і обслуговування інженерного обладнання, мереж і комунікацій	25	1
Приймання, зберігання та видача матеріальних цінностей	25	1
Прибирання виробничих приміщень	7	1
Прибирання території	8	
Усього:	100	5

У таблиці 1.5 наведено чисельність персоналу інженерно-технічних працівників (ІТП) і службовців підприємства, молодшого обслуговуючого персоналу, пожежно-сторожевої охорони (ПСО) (таблиця 57 [4]).

Таблиця 1.5 – Персонал ІТП, ПСО

Найменування функції управління, персоналу	Чисельність персоналу, осіб.
Загальне керівництво	1
Техніко-економічне планування	-
Організації праці та заробітної плати	-
Бухгалтерський облік і фінансова діяльність	1
Комплектування та підготовка кадрів	-
Загальне діловодство та господарське обслуговування	-
Матеріально-технічне постачання	-

Виробничо-технічна служба	2
Молодший обслуговуючий персонал	1
Пожежно-сторожева охорона (ПСО)	2
Разом:	7

Разом, виходячи з даних таблиць 1.3, 1.4 і 1.5, планується утримувати штат із 28 робітників.

1.4 Визначення площ підрозділів СТО

Площу виробничих приміщень орієнтовно розраховують за питомою площею $S_{шт}$ на один робочий пост, яку з урахуванням проїздів приймають 60-100 м² [3].

Приймаємо $S_{шт} = 100$ м², тоді площа виробничих приміщень $S_{пр}$ дорівнюватиме:

$$S_{пр} = 100 \times 6 = 600 \text{ м}^2$$

Приблизний розподіл виробничої площі станції обслуговування у відсотках:

- зона постових робіт (ПМР, ТО, ПР) – 60...65; $S_{п.р.} = 600 \times 0,60 = 360$ м²;
- пости діагностування – 15...20; $S_{д.} = 600 \times 0,15 = 90$ м²;
- ділянки позапостових робіт – 10...15; $S_{в.л.} = 600 \times 0,15 = 90$ м².

У складі адміністративних приміщень слід передбачати приміщення замовників, що включає зону для розміщення співробітників, які оформляють замовлення і виконують грошові операції, зону продажу запасних частин, автоприладдя, інструменту та автокосметики й автоматичні камери зберігання особистих речей замовників.

Площу приміщення для замовників S_3 слід для міських СТОА приймати з розрахунку 9...12 м² на 1 робочий пост [4].

$$S_3 = 10 \times 5 = 50 \text{ м}^2.$$

Площа зони продажу запчастин, автоприладдя, інструменту та автокосметики $S_{пр}$ становить 30% від загального приміщення замовників.

$$S_{пр} = 0,3 \times 50 = 15 \text{ м}^2.$$

Площу складу запасних частин і матеріалів приймаємо 30 м².

Площу адміністративно-побутових приміщень приймаємо рівною 80 м².

Разом загальна площа СТО складе .475 м²

2.5 Технологічне планування поста діагностики

На постах діагностики за показаннями штатних приладів, датчиків, стаціонарного обладнання виявляють приховані несправності автомобіля.

На даному посту проводяться роботи з перевірки швидкісних і навантажувальних режимів роботи автомобіля і визначення за заданих умов вихідних параметрів.

Визначають герметичність робочих об'ємів, ступінь зносу циліндропоршневої групи двигуна. Контроль параметрів уприскування палива, вимірювання частоти обертання колінчастого вала двигуна, первинної напруги, вторинної напруги, сили постійного струму, сили опору постійному струму, кута замкненого стану контактів, кута випередження впорскування палива, відносної компресії за циліндрами, потужності механічних втрат, тривалості впорскування палива, максимального тиску впорскування.

Здійснюється контроль димності відпрацьованих газів (діапазон вимірювання димності 0...99%)

Ширину проїзду визначаємо за умови виїзду автомобіля з поста заднім ходом. Планувальне рішення поста діагностики з розміщенням обладнання: наведемо площі обладнання в таблиці 1.6, що використовується на посту діагностики.

Таблиця 1.6 – Відомість технологічного обладнання та організаційного оснащення

№	Найменування	Модель	Кількість	Габаритні розміри, мм	Площа, м ²	
					Одиниці Обладнання	Загальна
1	2	3	4	5	6	7
1	Вентиляційна шафа	-	1	1500x1000	1,5	1,5
2	Системний модуль	Bosch KTS 520	1	300x500	0,15	0,15
3	Компресометр	179	1	365x170	0,06	0,06
4	Верстак діагноста	К 53	2	2000x1000	2	4
5	Діагностичний комплекс	Bosch FSA 740	1	1100x1000	1,1	1,1
6	Скриня для обтиральних матеріалів	Планувальний	1	500x500	0,25	0,25
7	Скриня для відходів	Планувальний	1	500x500	0,25	0,25
8	Стелаж	Планувальний	1	2000x1000	2	2
9	Пилосос промисловий	Karcher Puzzi 100	1	665x320	0,21	0,21
10	Мультиметр	Bosch MMD 302	1	100x200	0,02	0,02
1	2	3	4	5	6	7
11	Валіза діагностична	Delphi YDT278	1	600x400	0,24	0,24
12	Площа автомобіля		1	2100x4800	10,08	10,08
Разом					17,86	19,86

Площу, яку займають обладнання та автомобіль, округлюю до 20 м²

Площа поста:

$$F_3 = f_{об} \times K_{П}, \quad (1.8)$$

де $f_{об}$ – площа обладнання, м²,

K_{II} – коефіцієнт щільності розміщення обладнання;

$$K_{II} = 4,5 \dots 5,5;$$

$$F_3 = 20 \cdot 4,5 = 90 \text{ м}^2$$

1.6 Компонування поста діагностики

Пристаюючи до компонування поста діагностики, необхідно враховувати схему технологічного процесу робіт на ділянці. Передбачити вимоги техніки безпеки і наукової організації праці. Відстані між елементами обладнання та елементами будівель мають бути не меншими за нормативні. Обладнання необхідно розташовувати так, щоб переміщення робітників при виконанні роботи відповідно до технологічного процесу були мінімальними. Також під час розміщення обладнання слід врахувати зручність монтажу та обслуговування стаціонарного обладнання, що встановлюється на фундаментах, забезпечити доступ до нього з усіх боків. Врахувати ширину проїздів для доставки до робочих місць агрегатів, деталей і матеріалів. З урахуванням вищесказаного було зроблено компонування агрегатної ділянки, з розміщенням необхідного технологічного обладнання, показане на аркуші.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ СИСТЕМ ТИПУ COMMON RAIL

2.1 Обґрунтування необхідності розроблення конструкції

Парк автомобілів з дизельними двигунами на дорогах безперервно зростає. Повсюдне поширення набуває система живлення із загальною паливною рампою високого тиску, що отримала назву Common Rail. У зв'язку з цим підвищується необхідність універсального діагностичного обладнання, яке було б універсальним, недорогим і давало б змогу використовувати заводські технології в умовах СТО [3].

Винахід належить до галузі випробувань паливоподавальної системи Common Rail. Винахід дає змогу виміряти максимальний тиск подачі паливного насоса високого тиску та тиску в гідроаккумуляторі [3].

2.2 Аналіз наявних конструкцій

Розвиток і ускладнення конструкції сучасних автотракторних двигунів, а також їхніх систем управління вимагало не тільки вдосконалення традиційного діагностичного обладнання, такого як мотортестери, газоаналізатори, а й створення принципово нових його видів – наприклад, сканерів, спеціалізованих тестерів різних електронних систем тощо [3].

З удосконаленням систем керування роботою ДВЗ відбувається ускладнення систем паливоподачі та її основних елементів окремо. Це, своєю чергою, потребує модернізації та створення новітнього діагностичного обладнання для випробування та регулювання знятої з автомобіля паливної апаратури [3].

Поряд із сучасними електронно-керованими системами дизельного впорскування високого тиску та їхніми компонентами Bosch розробляє та

виробляє обладнання, оснащення та програмне забезпечення для перевірки, ремонту та регулювання дизельної паливної апаратури [3].

Rabotti TEC 200 – обладнання для діагностики паливної апаратури.



Рис. 2.1 Rabotti TEC 960

Стенд EPS 815 – універсальний стенд для випробування ПНВТ двигунів до 12 циліндрів (рис. 2.2) [3].



Рис. 2.2 Стенд для перевірки ПНВТ EPS 815.

Випробувальний стенд із високою потужністю приводу (15 кВт) відкриває можливості роботи з високопродуктивними насосами найостанніших поколінь за умови дотримання всіх технічних вимог виробників [3].

Завдяки електронній вимірювальній системі КМА та наборам дооснащення, стенд забезпечує всі необхідні умови для проведення перевірки звичайних рядних насосів, розподільчих ПНВТ, сучасних Common Rail-насосів (комплект CRS 845), а також електронно-керованих насосів (VP 29/30/44) (комплект VPM 844) [3].

Електронна система безперервного аналізу подачі палива КМА - комп'ютерна система вимірювання для традиційних і прогресивних систем уприскування дизельного палива (рис. 2.3).



Рис. 2.3 Вимірювальна система КМА [3].

Це зручна у використанні, точна і водночас перспективна електронна система безперервного аналізу подачі палива. Висока відтворюваність результатів вимірювань гарантується прецизійними електронними витратомірами. Мінімальний час налаштування та вимірювальна індикація на моніторі у вигляді діаграм із кольоровим позначенням допустимих відхилень роблять випробування швидким і зручним. За допомогою програмного

забезпечення можна попередньо вибрати всі важливі налаштування насосів і визначити перевірочні кроки. Дані насосів можуть імпортуватися безпосередньо з інформаційного диска Test data і пакета Diesel ESI [4].

Одним із найважливіших недоліків стендів Rabotti TEC 960 і EPS 815 є необхідність демонтажу паливної апаратури, що значно підвищує трудомісткість робіт із пошуку несправності [5].

BOSCH EPS 200 – новітня розробка фірми BOSCH дає змогу перевіряти форсунки системи CR з електроактуацією, насосні форсунки, а також форсунки традиційного типу (одно- і двоступеневі). Можливості стенду [5]:

- автоматична процедура тестів;
- прилад простий у користуванні завдяки наявності сенсорного екрана;
- інтегрована база даних із тестовими специфікаціями та користувацькою базою даних;
- вимірювання подачі форсунок.

Недолік приладу в тому, що перевірка проводиться тільки форсунок.

Цей стенд зображено на рис. 2.4 [5].



Рис. 2.4 Стенд EPS 200.

Системний тестер KTS 200 – портативний незалежний енергонезалежний сканер, що працює з будь-якими електронними системами управління автомобіля (система управління двигуном, АКПП, АБС, подушкою безпеки і т.д.)



Рис. 2.5 Системний тестер KTS 200 Системний тестер KTS 200.

Обладнаний вбудованим мультиплексором і ISO-CAN адаптером.

Покриття понад 70 марок автомобілів, визначається програмним продуктом ESI [tronic]. Прилад повністю готовий до роботи після деблокування встановленого програмного забезпечення. Оновлення завантажуються в незнімну пам'ять тестера через USB-роз'єм [5].

Особливістю інтерфейсу є два варіанти формату надання даних і функціональної навігації:

- систематизація за блоками керування;
- систематизація за типом сервісної операції, що задіює блоки управління (гальма, двигун, колеса тощо).

Це робить інтерфейс зрозумілим і простим для користування не тільки висококваліфікованими діагностами, а й фахівцями з сервісних операцій.

Тестер ідеальний для [5]:

- експрес-діагностики на прийманні;



а)

б)

Рис. 2.6 Діагностичний комплект для перевірки ТПС типу CR виробництва фірми а) Delphi, б) NIXTECH.

- операцій техобслуговування (заміна оливи, скидання інтервалів, адаптація тощо);
- роботи в режимі виїзної техдопомоги;
- спеціалізованого сервісу (шиномонтаж, кондиціонери, встановлення додаткового обладнання);
- оцінки автомобілів за системою trade-in у дилерських автосалонах.

Подібного роду діагностичні комплекти виробляються багатьма іноземними фірмами, а також ними розробляються технології перевірки.

Діагностичний комплект переводить діагностику систем Common-Rail на новий рівень шляхом визначення конкретного несправного компонента системи. Складається з тестера високого тиску і набору вимірювання кількості об'єкта, таким чином він дає змогу визначити справність насоса високого тиску та індивідуально кожної з форсунок. При використанні цього комплекту будуть визначатися і замінюватися тільки несправні компоненти, що істотно знизить вартість ремонту. Даний комплект розроблений з урахуванням сумісності з більшістю наявних на сьогодні на ринку систем CR таких виробників як Delphi, Bosch, Denso і Siemens. Головним недоліком комплекту є його дорожнеча [2-7].

Основні особливості [5]:

- дає змогу визначити конкретний несправний елемент ТПС;
- діагностика проводиться безпосередньо на автомобілі, таким чином немає необхідності проводити демонтаж і монтаж компонентів;
- дає змогу виміряти продуктивність ПНВТ;
- дає змогу виміряти протоку форсунок;
- можливість перевірки систем фірм Delphi, Bosch, Denso і Siemens;
- в комплект входять усі необхідні перехідники та адаптери;
- зменшує вартість і скорочує час ремонту.

2.3 Пристрій і принцип роботи пристосування

Пристрій для вимірювання тиску, що містить корпус, у який вкручено штуцер, датчик тиску і запірний клапан, який складається з гвинта, пружини, кульки і жиклера [8-13].

Пристрій працює таким чином:

Через штуцер паливо надходить у внутрішню порожнину корпусу. Датчик тиску передає сигнал до вимірювального тестера, який видає його чисельне значення. При підвищенні тиску вище допустимого, відкривається запірний клапан і відбувається скидання тиску. При зміні навантаження на пружину за допомогою регулювального гвинта регулюється значення тиску відкривання запірного клапана.

Для перевірки тиску в паливному акумуляторі на різних частотах обертання колінчастого вала ДВЗ за допомогою вольтметра зняти значення напруги на різних частотах обертання колінчастого вала двигуна і порівняти отримані значення зі значеннями графіка, отриманого експериментальним шляхом [6-12].

Аналіз отриманих значень дає змогу виявити, чи є причиною несправності, що виникла в роботі автомобіля, неполадки в системі подачі палива [7-16].

2.4 Технологічні та конструктивні розрахунки пристосування для діагностування ТПС типу Common rail

2.4.1 Конструктивний розрахунок пружини

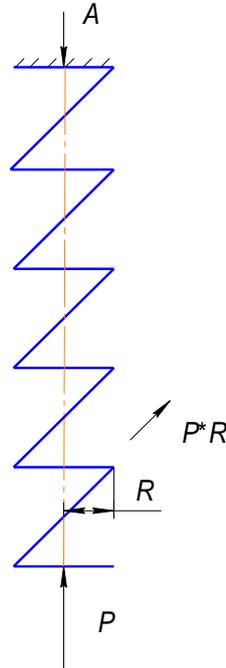


Рис. 2.7 Сили, що діють на пружину.

$$Pf = \frac{M_{кр}^2 \cdot l}{2 \cdot G \cdot I_p} \quad (3.1)$$

$l = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot n$ – довжина пружини

$M_{кр} = P \cdot R$ – крутний момент

$I_p = \frac{\pi \cdot d^4}{32}$ – полярний момент інерції

Підставимо у формулу:

$$\frac{Pf}{2} = \frac{P^2 \cdot R^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \cdot n \cdot 32}{2 \cdot G \cdot \pi \cdot d^2} \quad (2.2)$$

G – модуль пружності 2-го ряду (для сталі $G = 8 \times 10^4$ МПа)

$$f = \frac{64 \cdot P \cdot R^3 \cdot n}{G \cdot d^4} \quad (2.3)$$

$P = 160$ МПа;

$n = 15$.

$$f = \frac{64 \cdot 160 \cdot 10^6 \cdot 10^3 \cdot 15}{8 \cdot 10^4 \cdot 10^6 \cdot 10^4} = 22,5 \quad (2.4)$$

Умови:

$$P=0 \quad f=0$$

$$P=50 \text{ МПа} \quad f = \frac{50}{160} \cdot 22,5 = 7,03$$

$$P=100 \text{ МПа} \quad f = \frac{100}{160} \cdot 22,5 = 14$$

$$P=150 \text{ МПа} \quad f = \frac{150}{160} \cdot 22,5 = 21,09$$

3.4.2 Розрахунок різьби на міцність

Проведемо розрахунок на зріз різьблення і на міцність стрижня гвинта.

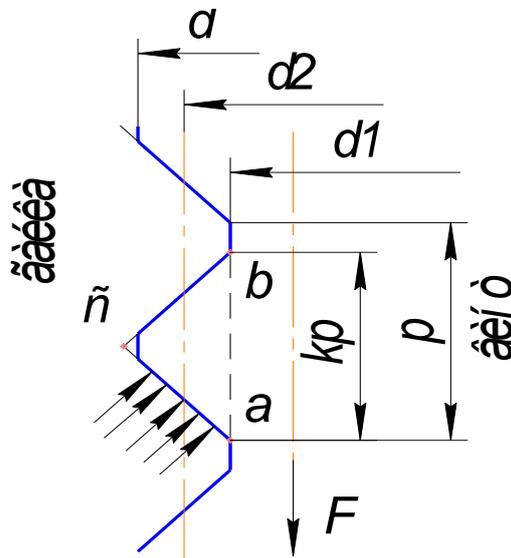


Рис. 2.8 Сили, що діють на різьбу.

Умова міцності різьби за напруженнями зрізу [6]:

$$\tau = \frac{F}{(\pi \cdot d_1 \cdot K \cdot H \cdot K_m)} \leq [\tau], \quad (2.5)$$

де $[\tau]$ – допустима напруга зрізу, МПа;

F – сила, що діє на болт, Н;

H – висота гайки, мм;

K - коефіцієнт повноти різьби, $K = 0,87$ (таблиця 1,2 /8/);

K_m - коефіцієнт нерівномірності навантаження по гвинтах різьби;

$K_m = 0,65$ (таблиця 1,2 [8]);

$[\tau] = 85$ МПа.

$$\tau = \frac{5353,4}{(\pi \cdot 18 \cdot 20 \cdot 0,87 \cdot 0,65)} = 8,4 \text{ МПа.}$$

Отримане значення входить у допустиму межу.

Розрахунок на міцність стрижня болта.

Умова міцності за напруженнями розтягування в стрижні:

$$\sigma = \frac{F}{\left(\frac{\pi}{4} \cdot d_1^2\right)} \leq [\sigma],$$

де $[\sigma]$ – допустиме напруження, $[\sigma] = 120 \text{ МПа}$ (таблиця 1,2 [8]);

$$\sigma = \frac{5353,4}{\left(\frac{\pi}{4} \cdot 18^2\right)} = 21 \text{ МПа}$$

Далі наведемо розрахунок різьби кріплення електронного датчика тиску до пристосування на міцність.

Різьблення датчика M14×2 з глибиною загвинчування $H = 15 \text{ мм}$.
Матеріал гвинта Сталь 45, для якої $\sigma_m = 560 \text{ МПа}$.

Основний вид руйнування кріпильних різьблень – зріз витків [9]. Умови міцності різьблення за напруженнями зрізу

$$\tau_e = \frac{F}{\pi d_1 H k k_t} \leq [\tau]_e \text{ для гвинта,} \quad (2.4)$$

$$\tau_z = \frac{F}{\pi d H k k_t} \leq [\tau]_z \text{ для гайки,} \quad (2.5)$$

де F – діюча сила, Н;

d_1 – внутрішній діаметр різьби, мм, $d_1 = 11,835 \text{ мм}$;

d – зовнішній діаметр, мм, $d = 14 \text{ мм}$

k – коефіцієнт повноти різьби, для трикутної різьби $k = 0,87$;

k_t – коефіцієнт нерівномірності навантаження за витками різьби, $k_t = 0,7$;

$[\tau]$ – допустиме напруження, МПа.

$$[\tau] = 0,8[\sigma], \quad (2.6)$$

$$[\tau]_z = 0,8 \cdot 120 = 96 \text{ МПа};$$

$$[\tau]_e = 0,8 \cdot \frac{520}{2} = 208 \text{ МПа.}$$

Зусилля F у Н визначаємо за формулою [4]:

$$F = p \cdot \pi \cdot r^2, \quad (2.7)$$

де p – тиск у каналах, Па.

$$F = 60 \cdot 10^6 \cdot \pi \cdot 0,003^2 = 1696 \text{ Н.}$$

Підставляючи значення у вирази (2.4) і (2.5) отримаємо:

$$\tau_6 = \frac{1696}{\pi \cdot 11,835 \cdot 15 \cdot 0,87 \cdot 0,7} \leq 208 \text{ МПа,}$$

$$\tau_6 = 5 \leq 208 \text{ МПа,}$$

$$\tau_2 = \frac{1696}{\pi \cdot 14 \cdot 15 \cdot 0,87 \cdot 0,7} \leq 96 \text{ МПа,}$$

$$\tau_2 = 4,2 \leq 96 \text{ МПа.}$$

Як видно з розрахунків умова міцності дотримується.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ДІАГНОСТУВАННЯ СИСТЕМ ТИПУ COMMON RAIL

Таблиця 3.1 – Комплектність діагностичного набору

Найменування	Кількість, шт.
Мановакуумметр	1
Вимірювач тиску	1
Колби	7
Штуцери	2
Заглушки	16
Перехідники	6
Адаптер	1
Трубопроводи низького тиску	2
Трубопроводи високого тиску	2

3.1 Розробка технологічної карти діагностування ТПС типу **Common rail**

Діагностика паливної апаратури в підприємствах технічного обслуговування і ремонту є частиною технологічного процесу. Діагностика дає можливість кількісно оцінити безвідмовність і ефективність паливної апаратури та прогнозувати ці властивості в межах залишкового ресурсу або заданого напрацювання.

Складемо план операцій для подальшого розроблення технологічної карти на діагностування ТПС. Операції мають розташовуватися в раціональній послідовності, при цьому керуємося таким:

- послідовність виконання операцій повинна унеможливити повторне надходження пост;

- насамперед візуально діагностують поверхні сполучених вузлів і деталей на предмет патьоків палива і мастила;

- потім виконується підготовка автомобіля: очищення від забруднень

елементів системи подачі палива;

Далі виконуються основні діагностичні роботи.

Послідовність робіт із діагностування ПНВТ:

1) Демонтувати трубопровід високого тиску від ПНВТ до паливного акумулятора.

2) Встановити пристрій для визначення тиску, створюваного ПНВТ (рис. 3.1).

3) Ініціювати стартером 5 секунд.

4) Зняти показання приладу.

Тиск, створюваний ПНВТ, не має бути меншим за 1050 бар.



Рис. 3.1 Визначення тиску, створюваного ПНВТ.

3.1.2 Перевірка лінії низького тиску:

Візуально перевірити систему на відсутність течі і відсутність підсосу повітря.

3.1.2.1 Перевірка паливоприймача.

1) Під'єднати вакуумметр до лінії низького тиску (рис. 3.2) між паливним баком і фільтром.

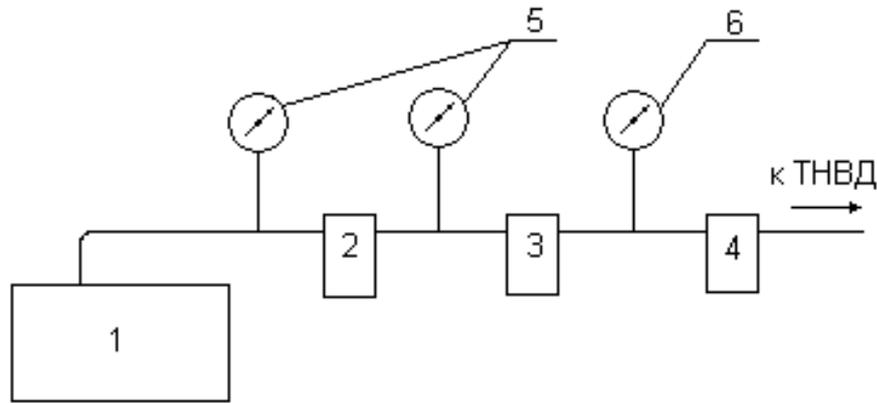


Рис. 3.2 Схема лінії низького тиску: 1 – паливний бак; 2 – паливний фільтр; 3 – паливопідкачувальний насос; 4 – електричний переривник подачі палива; 5 – вакуумметр; 6 – манометр

2) Запустити двигун, значення розрядження має становити – 200...300 кПа.

Якщо це значення не досягається, перевірити паливоприймач у баку на наявність засмічення.

3.1.2.2 Перевірка паливного фільтра.

- 1) Установити вакуумметр після фільтра (рис. 3.2).
- 2) Запустити двигун і визначити падіння тиску, воно має становити 300...800 кПа. В іншому разі замінити фільтр.

3.1.2.3 Перевірка тиску паливопідкачувального (шестеренного) насоса.

- 1) Підключити після паливоподавального насоса манометр (рисунок 4.2).
- 2) Запустити двигун.

При цьому тиск має становити: під час пуску 400...1800 кПа; на холостому ходу 2200...2900 кПа. Якщо задані параметри не досягаються, замінити паливопідкачувальний насос.

3.1.2.4 Перевірка електричного переривника подачі палива (ELAB).

- 1) Вимкнути запалювання.
- 2) Від'єднати роз'єм ELAB і виміряти опір між контактами ELAB (температура довкілля 20 °C).

Значення опору має лежати в межах 10...15 Ом. Якщо значення не входить у допустимі межі, замінити ELAB. Якщо ж входить, перевірити

електропроводи від блока керування (БУ) автомобіля до клапана ELAV на відсутність обриву або короткого замикання.

3.1.3 Діагностика інжекторів

3.1.3.1 Двигун не запускається.

Перевірка інжекторів на герметичність.

1) Від'єднати зворотний трубопровід 1 від усіх інжекторів (рис. 3.3). Для цього видалити затискну скобу 2 і видалити з'єднувачі;

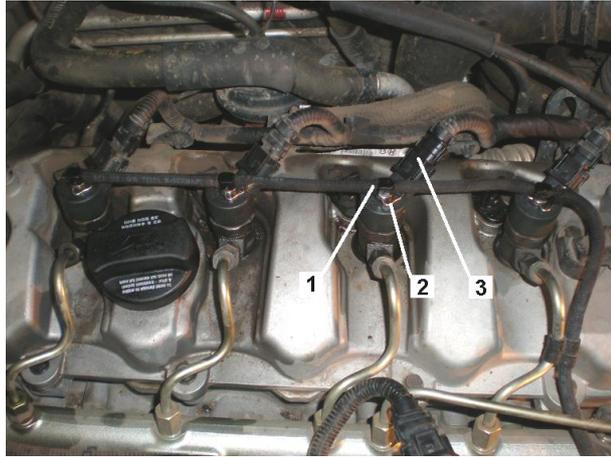


Рис. 3.3 Перевірка керуючого клапана інжектора: 1 – зворотний трубопровід; 2 – затискна скоба; 3 – штекер.

2) Перекрити зворотний трубопровід між інжектором і накопичувачем стоку;

3) Від'єднати штекер 3 від усіх інжекторів (рис. 3.3);

4) Ініціювати стартером (5 с).

Якщо інжектор протікає під час запуску через перепуск (з'єднання зворотного трубопроводу), значить у нього внутрішня негерметичність - замінити інжектор.

3.1.3.2 Двигун запускається.

Перевірити нерівномірність перепускання палива через керівні клапани інжекторів (рис. 3.4).

Номінальне значення, встановлене експериментальним шляхом, дорівнює $(10 \pm 2 \text{ мм}^3)/\text{хв}$. За більших значень перепуску необхідна заміна інжекторів.



Рис. 3.4 Перевірка нерівномірності перепуску палива.

3.1.3.3 Перевірка опору електромагнітних клапанів інжекторів.

Виміряти опір між контактами електромагнітного клапана інжектора. Опір за 20⁰С має становити 0,3...0,6 Ом. Якщо задане значення не досягається, замінити інжектор.

3.1.4 Перевірка редукційного клапана (DRV).

1) Перевірити з'єднувальні дроти, вимкнути запалювання і від'єднати роз'єм клапана.

2) Виміряти опір між контактами 1 і 2 DRV (рис. 3.5).

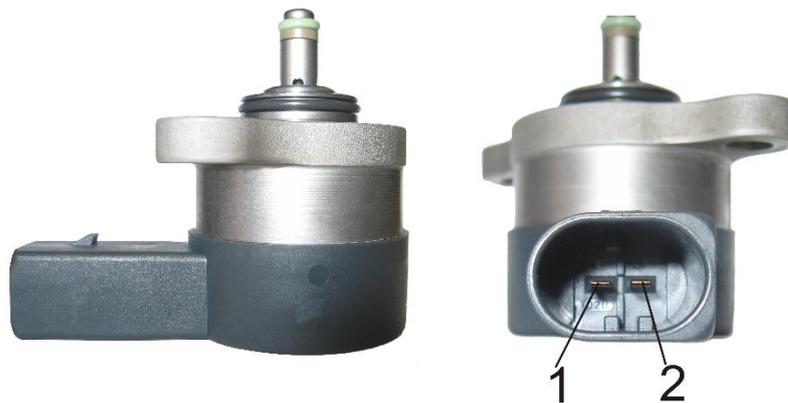


Рис. 3.5 Клапан регулювання тиску

Опір на DRV між контактами 1 і 2 має становити 1,5...3,5 Ом. Якщо задане значення не досягається, замінити DRV.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи було всебічно обґрунтовано необхідність створення діагностичної дільниці на СТО для перевірки паливної системи типу Common Rail, що підтвердило актуальність обраної теми в умовах стрімкого зростання кількості таких систем в автотранспорті. Аналіз існуючих методів діагностики та стендів показав наявність суттєвих обмежень щодо вартості, габаритів і мобільності існуючих рішень, що послужило відправною точкою для формулювання технічного завдання на розробку компактного пристосування.

Проведені дослідження технологічних вимог до діагностичної дільниці дозволили спроектувати оптимальне планування робочого простору СТО, яке забезпечує раціональний рух деталей і вузлів, зручність обслуговування та дотримання норм техніки безпеки. Запропоновані ескізні рішення передбачають мінімальні зміни в існуючій інфраструктурі майстерні й знижують витрати на організацію нового робочого місця.

Розроблене пристосування для діагностування паливної системи Common Rail відповідає заданим функціональним характеристикам: воно забезпечує точність вимірювань тиску в рампі та часу відкриття форсунок із похибкою не більше $\pm 1\%$ та дозволяє проводити випробування в режимі реального часу. Проведені розрахунки жорсткісних параметрів конструкції й обґрунтування вибору матеріалів гарантують надійність і тривалий термін служби пристрою.

Економічне обґрунтування впровадження проєкту засвідчило високу ефективність інвестицій: скорочення часу діагностики в середньому на 30% і зниження логістичних витрат дозволяють окупити вартість виготовлення пристосування протягом року експлуатації. Крім того, своєчасне виявлення несправностей сприяє зменшенню витрат на ремонт двигунів та підвищенню лояльності клієнтів.

Отже, реалізація розробленого проєкту дозволить значно підвищити якість та оперативність технічного обслуговування автомобілів із системою Common Rail, оптимізувати робочий простір СТО та забезпечити екологічну безпеку за рахунок зниження шкідливих викидів. Запропоноване технічне рішення має практичну цінність і може бути рекомендоване до впровадження на середніх та малих СТО регіону.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алпатович Ю.Є. Діагностика паливних систем дизельних двигунів: монографія. Київ: Наукова думка, 2018. 342 с.
2. Бондаренко С.В. Системи впорскування пального Common Rail: монографія. Харків: Машинобудування, 2017. 276 с.
3. Івашкевич О.П. Діагностика та ремонт паливної апаратури дизельних двигунів: підручник. Київ: Техніка, 2015. 320 с.
4. Коваленко П.І., Литвиненко А.В. Методи контролю тиску палива в рампі Common Rail: стаття. Техніка. Транспорт. Надійність. 2019. № 4. С. 45–52.
5. Назаренко О.М. Конструювання пристроїв для випробувань паливних форсунок: дис. канд. техн. наук: 05.02.09. Одеса, 2020. 180 с.
6. Іваненко В.Т., Петренко О.С. Бюджетне пристосування для випробування паливної системи Common Rail: патент UA 1234567; опубл. 25.08.2019.
7. Шевченко М.М., Кузьменко П.І. Спосіб оцінки продуктивності форсунок дизельного двигуна: патент UA 2345678; опубл. 15.12.2020.
8. Міністерство енергетики України. Розпорядження № 210-р від 12.04.2021 «Про затвердження методів діагностики дизельних паливних систем».
9. ДСТУ ISO 22241-1:2016 Дизельні двигуни — Речовини для знебарвлення відпрацьованих газів (DEF) — Частина 1: Вимоги до розчину. Київ: Мінекономрозвитку, 2016.
10. ДСТУ ISO 11147:2017 Методи визначення продуктивності та часу відкриття паливних форсунок. Київ: Мінекономрозвитку, 2017.
11. Федорук В.К. Організація технологічного процесу на діагностичній дільниці СТО: монографія. Львів: Новий Світ, 2020. 256 с.
12. Грищенко І.Ю. Ергономіка робочого місця в автосервісі: стаття. Безпека праці в автомобільній галузі. 2018. Вип. 12. С. 23–31.

13. Литвиненко А.В., Мельник О.С. Автоматизовані системи контролю паливного включення: стаття. Автоматика й обчислювальна техніка. 2019. № 7. С. 68–75.
14. Петренко О.С. Моделювання роботи паливних форсунок Common Rail у Matlab/Simulink: стаття. Сучасні інформаційні технології. 2021. № 3. С. 102–110.
15. Савченко П.П. Матеріали і покриття для виготовлення пристосувань діагностики: монографія. Київ: Логос, 2017. 224 с.
16. Іванова Н.В. Аналітичні методи обробки результатів діагностики паливних систем: дис. канд. техн. наук: 05.02.09. Дніпро, 2019. 192 с.
17. Олексієнко Ю.М. Планування просторової конфігурації СТО: стаття. Архітектура й інженерні рішення. 2018. № 5. С. 55–63.
18. Кучеренко М.А. Автотехнічні прилади і обладнання: підручник. Київ: Арістей, 2016. 368 с.
19. Сидоренко Т.Л. Стандартизація та сертифікація обладнання автосервісів: стаття. Стандарти та сертифікація. 2020. № 2. С. 14–21.
20. Мартиненко І.Ю., Назарчук В.Д. Електронні системи керування паливом Common Rail: монографія. Харків: Політехніка, 2021. 298 с.
21. Петров К.Л. Методи безконтактної діагностики параметрів розпилювання палива: стаття. Інженерний журнал. 2017. № 9. С. 77–84.
22. Верховний С.В. Енергетичний аналіз роботи дизельного двигуна: монографія. Київ: Енергоатом, 2015. 208 с.
23. Мельник О.С., Гнатюк П.І. Мікроконтролерні системи управління дільницею діагностики: стаття. Вісник автоматики. 2022. № 1. С. 18–27.
24. Коломієць В.Й. Розробка приладів для вимірювання тиску в паливній рампі: дис. канд. техн. наук: 05.02.09. Черкаси, 2020. 174 с.
25. Лозовий Д.П. Аналітичний огляд сучасних стендів для діагностики Common Rail: стаття. Автосервіс і ремонт. 2018. № 6. С. 12–19.

26. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин : дис. ... д-ра. техн. наук : 05.05.11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.
27. Шульга А.О. Обґрунтування вибору матеріалів для вузлів діагностичного пристосування: стаття. Матеріалознавство в машинобудуванні. 2019. № 3. С. 33–41.
28. Янчук І.Г. Економічна ефективність впровадження обладнання діагностики в СТО: монографія. Вінниця: Меркьюрі, 2021. 212 с.
29. Державний технічний університет Запоріжжя. Спеціалізовані матеріали з діагностики силових агрегатів: збірник. Запоріжжя: ДТУ, 2020. 160 с.
30. Бабенко О.В. Методика розрахунку окупності інвестицій у сервісне обладнання: стаття. Економіка транспорту. 2021. № 4. С. 90–98.
31. ISO 16331-1:2018 Diesel engines — Test methods for measuring fuel injection characteristics — Common Rail systems: міжнародний стандарт. Geneva: ISO, 2018.