МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерних технологій та професійної освіти
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
«___»_____ 2026 р.
Зав. кафедри _д.т.н., професор___
(науковий ступінь, вчене звання)
_____ __Володимир ДІДУР___
(підпис) (ініціали, прізвище)

Кваліфікаційна робота (дипломний проект)

перший (бакалаврський)
(назва освітнього рівня)

тема проекту: «Удосконалення технологічного процесу технічного обслуговування та ремонту системи живлення вантажних автомобілів з розробкою стенду для обкатки паливного насоса»

Виконав: студент 3 курсу, групи 31к-ім
освітньої програми___бакалавр_____
спеціальності _208 «Агроінженерія»_
__Овчіннік Максим Тарасович_____
(прізвище та ініціали)
Керівник доцент Петриченко Є.А.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Умань – 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерних технологій та професійної освіти
Кафедра агроінженерії
Освітня програма «Бакалавр»
Спеціальність 208 «Агроінженерія»
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри
_____ Володимир ДІДУР
«___» _____ 2026 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ)

Овчінніку Максиму Тарасовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту «Удосконалення технологічного процесу технічного обслуговування та ремонту системи живлення вантажних автомобілів з розробкою стенду для обкатки паливного насоса»
керівник проекту Петриченко Євгеній Анатолійович, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від
" 01 " травня 2026 р. № 01-06/129

2. Строк подання студентом проекту 18.05.2026 р.

3. Вихідні дані до проекту: основні несправності системи живлення вантажних автомобілів; визначення потужності двигуна внутрішнього згоряння та його швидкісної характеристики; визначення паливної економічності автомобіля КрАЗ-6437

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
аналіз стану досліджуваного питання; експериментальні дослідження; питання охорони праці; техніко-економічне обґрунтування проекту.

5. Ілюстративний матеріал: підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 10 слайдів) як додаток до доповіді за темою дипломного проекту: мета і завдання дослідження; технологічний процес ремонту паливної апаратури ДВЗ вантажних автомобілів; стенд для перевірки паливного насоса та випробування форсунок; результати розрахунку економічного ефекту; висновки.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		

7. Дата видачі завдання 26 вересня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	При-мітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	15.10.2025 р.	
2.	Розділ 1. Загальний розділ	19.11.2025 р.	
3.	Розділ 2. Конструкторсько-технологічний розділ	18.12.2025 р.	
4.	Розділ 3. Охорона праці	12.02.2026 р.	
5.	Розділ 4. Техніко-економічна частина	09.03.2026 р.	
6.	Виконання ілюстративної частини проекту	15.04.2026 р.	
7.	Представлення проекту керівнику на перевірку	18.05.2026 р.	

Студент _____ Овчіннік М.Т.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____ Петриченко Є.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ 6

1.1 Значення системи живлення вантажних автомобілів у забезпеченні працездатності двигуна 6

1.2 Основні несправності системи живлення вантажних автомобілів 7

1.3 Визначення потужності двигуна внутрішнього згоряння та його швидкісної характеристики 8

1.4 Визначення паливної економічності автомобіля КрАЗ-6437 11

2. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ 16

2.1 ТО та ремонт КрАЗ-6437 16

2.2 Роботи при ПР автомобілів 17

2.3 Трудомісткість поточного ремонту автомобіля КрАЗ-6437 17

2.4 Розрахунок середньорічного пробігу рухомого складу і річної виробничої програми 18

2.5 Розрахунок кількості постів поточного ремонту 19

2.6 Розроблення технологічного процесу ремонту паливної апаратури ДВЗ вантажних автомобілів 20

2.7 Вибір методів і типів устаткування для проведення поточного ремонту системи живлення 32

2.8 Стенд для перевірки паливного насоса та випробування форсунок 35

2.9 Дільниця виконання поточного ремонту паливної системи 43

3 ОХОРОНА ПРАЦІ 47

3.1 Загальна характеристика умов праці під час ремонту системи живлення 47

3.2 Вимоги безпеки до робочого місця 47

3.3 Безпека під час роботи зі стендом для обкатки паливного насоса 48

3.4 Засоби індивідуального захисту 49

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА 50

4.1 Обґрунтування економічної доцільності розробки стенду 50

4.2 Розрахунок трудових витрат 50

4.3 Розрахунок економії заробітної плати 51

4.4 Розрахунок вартості виготовлення стенду 51

4.5 Розрахунок строку окупності 51

4.6 Порівняння трудомісткості робіт до та після впровадження стенду 51
ВИСНОВОК 53
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 54

1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Значення системи живлення вантажних автомобілів у забезпеченні працездатності двигуна

Система живлення дизельного двигуна вантажного автомобіля є однією з основних функціональних систем, від технічного стану якої безпосередньо залежать потужність двигуна, витрата палива, димність відпрацьованих газів, стабільність пуску, рівномірність роботи циліндрів і загальна надійність транспортного засобу. У сучасних умовах експлуатації вантажні автомобілі працюють із високими навантаженнями, часто в змінних температурних, дорожніх і виробничих умовах, тому система живлення повинна забезпечувати точне дозування палива, своєчасне його впорскування та якісне розпилення у камері згоряння [1, 4, 9].

До складу системи живлення дизельного вантажного автомобіля входять паливний бак, фільтри грубого та тонкого очищення, паливопідкачувальний насос, трубопроводи низького й високого тиску, паливний насос високого тиску, форсунки, регулятор частоти обертання, пристрої керування подачею палива та допоміжні елементи. Основне функціональне навантаження припадає на паливний насос високого тиску, оскільки саме він створює необхідний тиск, дозує паливо за циліндрами та забезпечує подачу у визначений момент робочого циклу двигуна [2, 5, 10].

Технічний стан колісних транспортних засобів повинен відповідати вимогам безпеки дорожнього руху, охорони навколишнього середовища та нормативним документам виробника. Це положення узгоджується з вимогами ДСТУ 3649:2010, у якому визначено загальні вимоги до безпечності технічного стану транспортних засобів і методи контролювання [6]. Для системи живлення це означає, що несправності, які призводять до підтікання палива, нестабільної роботи двигуна, надмірної димності або підвищеної витрати палива, повинні своєчасно виявлятися та усуватися.

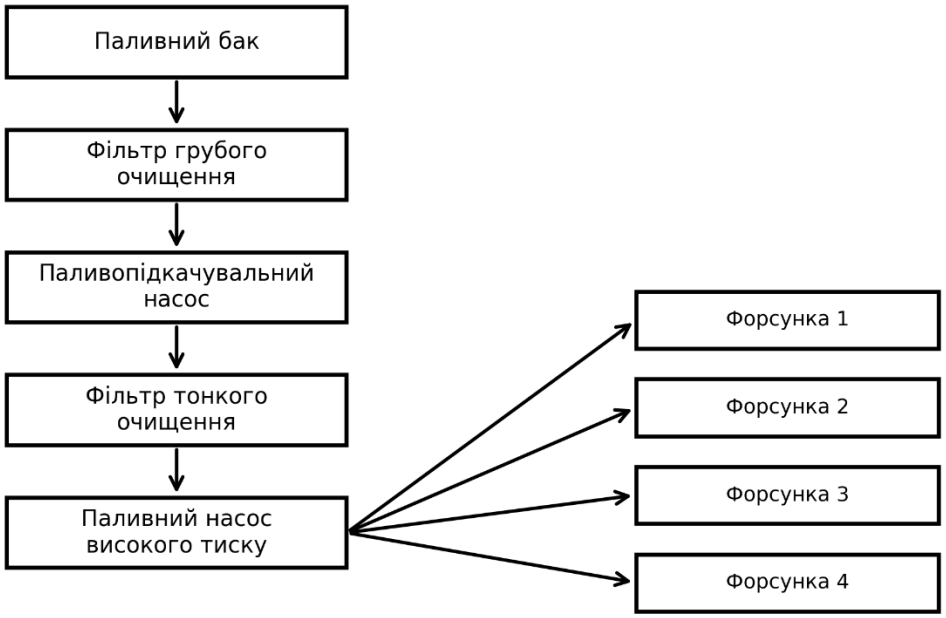


Рисунок 1.1 – Загальна схема системи живлення дизельного двигуна вантажного автомобіля

1.2 Основні несправності системи живлення вантажних автомобілів

У процесі експлуатації системи живлення вантажних автомобілів виникають несправності, пов’язані із забрудненням палива, зношуванням прецизійних пар, порушенням герметичності трубопроводів, засміченням фільтрів, зміною кута початку подачі палива, нерівномірністю циклової подачі за секціями насоса, зниженням тиску впорскування та порушенням роботи форсунок [3, 7, 11].

Найбільш характерними ознаками несправностей системи живлення є:

- утруднений запуск двигуна;
- нестійка робота на холостому ходу;
- зниження потужності двигуна;
- збільшення витрати палива;
- підвищена димність відпрацьованих газів;
- нерівномірна робота циліндрів;
- підтікання палива у з’єднаннях;
- перегрів окремих деталей паливної апаратури;
- збільшення шуму роботи паливного насоса.

Особливо відповідальним вузлом є паливний насос високого тиску. Його технічний стан визначає точність подачі палива, рівномірність роботи двигуна та економічність автомобіля. Порушення регулювання насоса або зношування плунжерних пар призводить

до зменшення тиску подачі, зміни кількості палива, що подається до циліндрів, і погіршення процесу згоряння [8, 10].

Таблиця 1.1 – Типові несправності системи живлення та способи їх усунення

Несправність	Ймовірна причина	Спосіб усунення
Двигун важко запускається	Завоздушення системи, забруднення фільтрів, зношення плунжерної пари	Видалити повітря, замінити фільтри, перевірити насос
Двигун працює нерівномірно	Нерівномірна подача палива секціями насоса	Відрегулювати ПНВТ на стенді
Підвищена димність	Надмірна подача палива, несправні форсунки	Відрегулювати подачу, перевірити форсунки
Зниження потужності	Недостатній тиск подачі, забруднені фільтри	Перевірити тиск, очистити або замінити фільтри
Підтікання палива	Пошкодження трубопроводів або ущільнень	Замінити ущільнення, підтягнути з’єднання
Підвищена витрата палива	Порушення кута випередження впорскування	Відрегулювати момент початку подачі

1.3 Визначення потужності двигуна внутрішнього згоряння та його швидкісної характеристики

Щоб забезпечити стабільний і рівномірний рух транспортного засобу при повному завантаженні, необхідно правильно визначити потужність двигуна. Її значення має бути таким, щоб автомобіль був здатний підтримувати найбільшу розрахункову швидкість під час руху по рівній дорозі з асфальтобетонним покриттям. При цьому важливе значення має потужність, що витрачається на подолання опору коченню. Цей показник позначають як N_k і вимірюють у кіловатах. Його обчислення здійснюють за відповідною формулою:

$$N_k = \frac{G_a \cdot f_v \cdot V_{max}}{1000} \tag{1.1}$$

Коефіцієнт опору коченню:

$$f_v = L_0\left(1 + \frac{V_{max}^2}{1500}\right) \tag{1.2}$$

$$f_v = 0{,}02\left(1 + \frac{22{,}2^2}{1500}\right) = 0{,}027$$

$$N_k = \frac{144452 \cdot 0{,}027 \cdot 22{,}2}{1000} = 86{,}56 \text{ кВт}$$

Потужність, що витрачається на подолання опору повітря, $N_\text{В}$, кВт:

$$N_\text{В} = \frac{К_\text{В} \cdot F \cdot V_{max}^3}{1000} = \frac{W \cdot V_{max}^3}{1000} \tag{1.3}$$

Площа лобового опору для вантажних автомобілів:

$$F = B_a \cdot H_a \text{ м}^2$$

$$F = 2{,}50 \cdot 2{,}56 = 6{,}4 \text{ м}^2$$

$$N_\text{В} = \frac{0{,}686 \cdot 6{,}4 \cdot 22{,}2^3}{1000} = 48{,}04 \text{ кВт}$$

Потужність двигуна при максимальній швидкості руху N_V, кВт:

$$N_V = (N_\text{К} + N_\text{В}) \cdot \frac{1}{\eta_\text{ТР}} \tag{1.4}$$

$$N_V = (86{,}58 + 48{,}04)\frac{1}{0{,}92} = 146{,}33 \text{ кВт}$$

Коефіцієнт корисної дії трансмісії для різних категорій автомобілів зазвичай перебуває в межах 0,8–0,92 і приймається залежно від особливостей будови та технічної схеми конкретного транспортного засобу.

Кутова швидкість обертання колінчастого вала ω_V, що відповідає руху автомобіля з максимальною швидкістю V_{max}, не збігається з кутовою швидкістю ω_N, яка відповідає режиму досягнення двигуном найбільшої потужності. У зв'язку з цим максимальну потужність двигуна N_{max}, кВт, визначають за емпіричною залежністю, що відображає взаємозв'язок між основними параметрами його роботи:

$$N_{max} = \frac{N_V}{a\frac{\omega_V}{\omega_N} + \text{в}(\frac{\omega_V}{\omega_N})^2 - c(\frac{\omega_V}{\omega_N})^3} \tag{1.5}$$

Для проведення розрахунку використовують такі значення коефіцієнтів: $a = 0{,}87;\ b = 1{,}13;\ c = 1{,}0$.

$$N_{max} = \frac{146{,}33}{0{,}87 \cdot 0{,}97 + 1{,}13 \cdot (0{,}97)^2 - (0{,}97)^3} = 147{,}15 \text{ кВт}$$

$$\omega_V = 0{,}97 \cdot 220 = 213 \text{ рад/с}$$

Значення поточної потужності двигуна N_e, кВт, що відповідають різним фактичним кутовим швидкостям ω_e, обчислюють за відповідною формулою:

$$N_e = N_{max}[a\frac{\omega_e}{\omega_N} + \text{в}\left(\frac{\omega_e}{\omega_N}\right)^2 - \text{с}(\frac{\omega_e}{\omega_N})^3\ ] \tag{1.6}$$

$$N_{e60} = 147{,}15[0{,}87 \cdot 0{,}273 + 1{,}13 \cdot (0{,}273)^2 - (0{,}273)^3] = 44{,}35 \text{ кВт}$$

$$N_{e90} = 147{,}15[0{,}87 \cdot 0{,}409 + 1{,}13 \cdot (0{,}409)^2 - (0{,}409)^3] = 70{,}11 \text{ кВт}$$

$$N_{e125} = 147{,}15[0{,}87 \cdot 0{,}568 + 1{,}13 \cdot (0{,}568)^2 - (0{,}568)^3] = 99{,}40 \text{ кВт}$$

$$N_{e\text{М}157} = 147{,}15[0{,}87 \cdot 0{,}714 + 1{,}13 \cdot (0{,}714)^2 - (0{,}714)^3] = 122{,}61 \text{ кВт}$$

$$N_{e180} = 147{,}15[0{,}87 \cdot 0{,}818 + 1{,}13 \cdot (0{,}818)^2 - (0{,}818)^3] = 135{,}44 \text{ кВт}$$

$$N_{e205} = 147{,}15[0{,}87 \cdot 0{,}932 + 1{,}13 \cdot (0{,}932)^2 - (0{,}932)^3] = 144{,}62 \text{ кВт}$$

$$N_{eN220} = 147{,}15 \cdot 1 = 147{,}15 \text{ кВт}$$

$$N_{eV213} = 147{,}15[0{,}87 \cdot 0{,}97 + 1{,}13 \cdot (0{,}97)^2 - (0{,}97)^3] = 146{,}33 \text{ кВт}$$

Величину крутного моменту M_e, Н·м, обчислюють за залежністю, що пов'язує його з основними робочими параметрами двигуна:

$$M_e = 1000 \frac{N_e}{\omega_e} \quad (1.7)$$

$$M_{e60} = 1000 \cdot \frac{44{,}35}{60} = 739{,}17 \text{ Нм}$$

$$M_{e90} = 1000 \cdot \frac{70{,}11}{90} = 779{,}0 \text{ Нм}$$

$$M_{e125} = 1000 \cdot \frac{99{,}40}{125} = 795{,}20 \text{ Нм}$$

$$M_{e\text{M}157} = 1000 \cdot \frac{122{,}61}{157} = 780{,}96 \text{ Нм}$$

$$M_{e180} = 1000 \cdot \frac{135{,}44}{180} = 752{,}44 \text{ Нм}$$

$$M_{e205} = 1000 \cdot \frac{144{,}62}{205} = 705{,}46 \text{ Нм}$$

$$M_{eN220} = 1000 \cdot \frac{147{,}15}{220} = 668{,}86 \text{ Нм}$$

$$M_{eV213} = 1000 \cdot \frac{146{,}33}{213} = 687{,}0 \text{ Нм}$$

Таблиця 1.1 – Показники зовнішньої швидкісної характеристики двигуна автомобіля КрАЗ-6437

Характерні крапки	ω_{e1}	ω_{e2}	ω_{e3}	ω_{e4}	ω_{e5}	ω_{e6}	ω_{e7}	ω_{e8}
ω_e/ω_N	0,273	0,409	0,568	0,714	0,818	0,923	1,0	0,97
ω_e	60	90	125	157	180	205	220	213
Ne, кВт	44,35	70,11	99,40	122,61	135,44	144,62	147,15	146,33
Me, Н·м	739,17	779,0	795,20	780,96	752,44	705,46	668,86	687,0

На основі отриманих результатів можна визначити такі важливі показники, як питома потужність, резерв крутного моменту та коефіцієнт зменшення кутової швидкості обертання колінчастого вала в умовах перевантаження. Надалі ці величини зіставляють із параметрами базового автомобіля, що дає змогу встановити можливі розбіжності між розрахунковими значеннями та характеристиками прототипу.

За результатами проведеного аналізу будують графік зовнішньої швидкісної характеристики двигуна внутрішнього згоряння, який відображає взаємозв'язок між

швидкістю руху транспортного засобу та потужністю двигуна. Такий графік дає можливість наочно оцінити ефективність роботи силового агрегату в різних режимах руху.

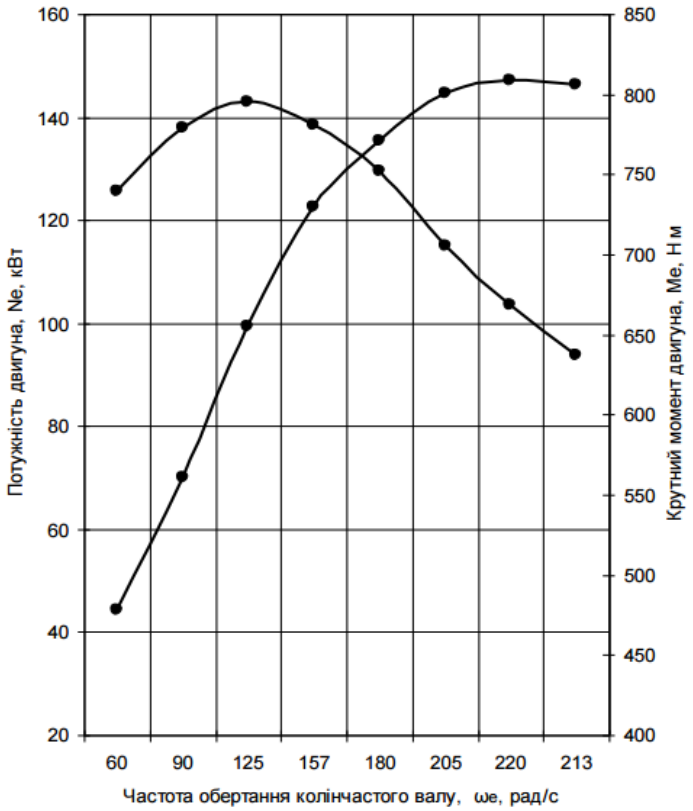


Рисунок 1.2 – Зовнішня швидкісна характеристика двигуна автомобіля КрАЗ-6437

1.4 Визначення паливної економічності автомобіля КрАЗ-6437

Шляхова витрата палива $q_{\text{П}}$, л/100 км — це показник, який характеризує обсяг палива, що споживається автомобілем під час проходження 100 кілометрів шляху. Його виражають у літрах на 100 км пробігу, і він дає змогу оцінити паливну економічність транспортного засобу в процесі експлуатації:

$$q_{\text{П}} = \frac{g_e}{36 \cdot v \cdot \rho_T \cdot \eta_{\text{ТР}}} \cdot (N_{\text{д}} + N_{\text{В}} + N_{\text{И}}) \qquad (1.8)$$

Під час розрахунку шляхової витрати палива $q_{\text{П}}$ зазвичай виходять з умови, що автомобіль рухається рівномірно по горизонтальній ділянці дороги. За таких умов інерційна складова потужності дорівнює нулю, тобто $N_{\text{И}} = 0$, а потужність двигуна, що витрачається на рух, прирівнюється до потужності подолання опору коченню, тобто $N_{\text{д}} = N_{\text{К}}$.

Тоді маємо:

$$q_{\text{П}} = \frac{g_e}{36 \cdot v \cdot \rho_T \cdot \eta_{\text{ТР}}} \cdot (N_{\text{д}} + N_{\text{В}}) \qquad (1.9)$$

Залежність $g_e = f(N_e, \omega_e)$у даному випадку відсутня, тому значення g_e визначають

із застосуванням наближених методів розрахунку:

$$g_e = g_{eN} \cdot K_{\text{И}} \cdot K_{\text{Ч}} \tag{1.10}$$

Коефіцієнт $K_{\text{И}}$:

$$K_{\text{И}} = \text{A} - \text{B} \cdot \text{И} + \text{C} \cdot \text{И}^2 \tag{1.11}$$

Для дизельних двигунів внутрішнього згоряння приймають такі значення коефіцієнтів: $\text{A} = 1{,}7; \text{B} = 2{,}63; \text{C} = 1{,}92$,

Коефіцієнт використання потужності И характеризує ступінь реалізації ефективної потужності двигуна в заданих умовах роботи автомобіля:

$$\text{И} = \frac{N_{\text{К}} + N_{\text{В}}}{N_e \cdot \eta_{\text{ТР}} \cdot \text{К}_{\text{Р}}} \tag{1.12}$$

Значення швидкостей руху автомобіля, при яких розраховуютьN_{Ki}, N_{Bi}, N_{ei}, знаходять за встановленою залежністю:

$$\omega_e = \frac{v_i \cdot i_{\text{кп.в}} \cdot i_0}{r_{\text{к}}} \tag{1.13}$$

$$v_i = \frac{\omega_e \cdot r_{\text{к}}}{i_{\text{кп.в}} \cdot i_{\text{р.к}} \cdot i_0} \tag{1.14}$$

$$v_1 = \frac{60 \cdot 0{,}554}{0{,}66 \cdot 1 \cdot 7{,}24} = 6{,}96 \text{ м/с} \qquad v_2 = \frac{90 \cdot 0{,}554}{0{,}66 \cdot 1 \cdot 7{,}24} = 10{,}43 \text{ м/с}$$

$$v_3 = \frac{125 \cdot 0{,}554}{0{,}66 \cdot 1 \cdot 7{,}24} = 14{,}49 \text{ м/с} \qquad v_4 = \frac{157 \cdot 0{,}554}{0{,}66 \cdot 1 \cdot 7{,}24} = 18{,}20 \text{ м/с}$$

$$v_5 = \frac{180 \cdot 0{,}554}{0{,}66 \cdot 1 \cdot 7{,}24} = 20{,}87 \text{ м/с} \qquad v_6 = \frac{205 \cdot 0{,}554}{0{,}66 \cdot 1 \cdot 7{,}24} = 23{,}77 \text{ м/с}$$

$$v_7 = \frac{220 \cdot 0{,}554}{0{,}66 \cdot 1 \cdot 7{,}24} = 25{,}51 \text{ м/с} \qquad v_6 = \frac{213 \cdot 0{,}554}{0{,}66 \cdot 1 \cdot 7{,}24} = 24{,}69 \text{ м/с}$$

$$N_k = \frac{G_a \cdot f_v \cdot V_{max}}{1000}$$

$$N_{k1} = \frac{144452 \cdot 0{,}02 \cdot 6{,}96}{1000} = 20{,}11 \text{ кВт}$$

$$N_{k2} = \frac{144452 \cdot 0{,}02 \cdot 10{,}43}{1000} = 30{,}13 \text{ кВт}$$

$$N_{k3} = \frac{144452 \cdot 0{,}02 \cdot 14{,}49}{1000} = 41{,}86 \text{ кВт}$$

$$N_{k4} = \frac{144452 \cdot 0{,}024 \cdot 18{,}20}{1000} = 63{,}10 \text{ кВт}$$

$$N_{k5} = \frac{144452 \cdot 0{,}024 \cdot 20{,}87}{1000} = 78{,}38 \text{ кВт}$$

$$N_{k6} = \frac{144452 \cdot 0{,}028 \cdot 23{,}77}{1000} = 96{,}14 \text{ кВт}$$

$$N_{k7} = \frac{144452 \cdot 0{,}029 \cdot 25{,}51}{1000} = 106{,}86 \text{ кВт}$$

$$N_{k8} = \frac{144452 \cdot 0{,}028 \cdot 24{,}69}{1000} = 99{,}86 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{В}} = \frac{\text{К}_{\text{В}} \cdot F \cdot V_{max}^3}{1000}$$

$$N_{\text{В1}} = \frac{0{,}686 \cdot 6{,}4 \cdot 6{,}96^3}{1000} = 1{,}480 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{В2}} = \frac{0{,}686 \cdot 6{,}4 \cdot 10{,}43^3}{1000} = 4{,}981 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{В3}} = \frac{0{,}686 \cdot 6{,}4 \cdot 14{,}49^3}{1000} = 13{,}357 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{В4}} = \frac{0{,}686 \cdot 6{,}4 \cdot 18{,}20^3}{1000} = 26{,}468 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{В5}} = \frac{0{,}686 \cdot 6{,}4 \cdot 20{,}87^3}{1000} = 39{,}909 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{В6}} = \frac{0{,}686 \cdot 6{,}4 \cdot 23{,}77^3}{1000} = 58{,}965 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{В7}} = \frac{0{,}686 \cdot 6{,}4 \cdot 25{,}51^3}{1000} = 72{,}885 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{В8}} = \frac{0{,}686 \cdot 6{,}4 \cdot 24{,}69^3}{1000} = 66{,}080 \text{ кВт}$$

Визначаємо значення коефіцієнта використання потужності двигуна:

$$\text{И}_1 = (20{,}11 + 1{,}480)/44{,}35 \cdot 0{,}92 \cdot 0{,}95 = 0{,}557;$$
$$\text{И}_2 = (30{,}13 + 4{,}981)/70{,}11 \cdot 0{,}92 \cdot 0{,}95 = 0{,}573;$$
$$\text{И3} = (41{,}86 + 13{,}357)/99{,}40 \cdot 0{,}92 \cdot 0{,}95 = 0{,}636;$$
$$\text{И4} = \big(63{,}10 + 26{,}468\big)/122{,}61 \cdot 0{,}92 \cdot 0{,}95 = 0{,}836;$$
$$\text{И5} = \big(78{,}38 + 39{,}909\big)/135{,}44 \cdot 0{,}92 \cdot 0{,}95 = 0{,}999;$$
$$\text{И6} = (96{,}14 + 58{,}965)/144{,}62 \cdot 0{,}92 \cdot 0{,}95 = 1{,}227;$$
$$\text{И7} = (106{,}86 + 72{,}885)/147{,}15 \cdot 0{,}92 \cdot 0{,}95 = 1{,}398;$$
$$\text{И8} = \big(99{,}86 + 66{,}080\big)/146{,}33 \cdot 0{,}92 \cdot 0{,}95 = 1{,}297.$$

$$\text{К}_{\text{И1}} = 1{,}7 - 2{,}63 \cdot 0{,}557 + 1{,}92 \cdot 0{,}557^2 = 0{,}831;$$
$$\text{К}_{\text{И 2}} = 1{,}7 - 2{,}63 \cdot 0{,}573 + 1{,}92 \cdot 0{,}573^2 = 0{,}823;$$
$$\text{К}_{\text{И 3}} = 1{,}7 - 2{,}63 \cdot 0{,}636 + 1{,}92 \cdot 0{,}636^2 = 0{,}804;$$
$$\text{К}_{\text{И 4}} = 1{,}7 - 2{,}63 \cdot 0{,}836 + 1{,}92 \cdot 0{,}836^2 = 0{,}843;$$
$$\text{К}_{\text{И 5}} = 1{,}7 - 2{,}63 \cdot 0{,}999 + 1{,}92 \cdot 0{,}999^2 = 0{,}989;$$
$$\text{К}_{\text{И 6}} = 1{,}7 - 2{,}63 \cdot 1{,}227 + 1{,}92 \cdot 1{,}227^2 = 1{,}364;$$
$$\text{К}_{\text{И 7}} = 1{,}7 - 2{,}63 \cdot 1{,}398 + 1{,}92 \cdot 1{,}398^2 = 1{,}776;$$
$$\text{К}_{\text{И 8}} = 1{,}7 - 2{,}63 \cdot 1{,}297 + 1{,}92 \cdot 1{,}297\ 2 = 1{,}519.$$

Коефіцієнт $K_{\text{ч}}$:

$$K_{\text{Ч}} = \text{A} - \text{B}\frac{n}{n_N} + C(\frac{n}{n_N})^2 \quad (1.15)$$

У розрахунках використовуємо такі значення коефіцієнтів: А=1,23; В=0,792; С=0,56.

$$\text{К}_{\text{Ч }1} = 1{,}23 - 0{,}792 \cdot 0{,}273 + 0{,}56 \cdot 0{,}273^2 = 1{,}056;$$
$$\text{К}_{\text{Ч }2} = 1{,}23 - 0{,}792 \cdot 0{,}409 + 0{,}56 \cdot 0{,}409^2 = 0{,}999;$$
$$\text{К}_{\text{Ч }3} = 1{,}23 - 0{,}792 \cdot 0{,}568 + 0{,}56 \cdot 0{,}568^2 = 0{,}961;$$
$$\text{К}_{\text{Ч }4} = 1{,}23 - 0{,}792 \cdot 0{,}714 + 0{,}56 \cdot 0{,}714^2 = 0{,}950;$$
$$\text{К}_{\text{Ч }5} = 1{,}23 - 0{,}792 \cdot 0{,}818 + 0{,}56 \cdot 0{,}818^2 = 0{,}957;$$
$$\text{К}_{\text{Ч }6} = 1{,}23 - 0{,}792 \cdot 0{,}932 + 0{,}56 \cdot 0{,}932^2 = 0{,}978;$$
$$\text{К}_{\text{Ч }7} = 1{,}23 - 0{,}792 \cdot 1 + 0{,}56 \cdot 1^2 = 0{,}998;$$
$$\text{К}_{\text{Ч }8} = 1{,}23 - 0{,}792 \cdot 0{,}97 + 0{,}56 \cdot 0{,}97^2 = 0{,}989.$$

Під час розрахунку враховують коефіцієнт питомої витрати палива, який дає змогу точніше визначити паливну економічність двигуна в конкретних умовах експлуатації:

$$g_{e1} = 167 \cdot 0{,}831 \cdot 1{,}056 = 146{,}55 \text{ г/кВт·год}$$
$$g_{e2} = 167 \cdot 0{,}823 \cdot 0{,}999 = 137{,}30 \text{ г/кВт·год}$$
$$g_{e3} = 167 \cdot 0{,}804 \cdot 0{,}961 = 129{,}03 \text{ г/кВт·год}$$
$$g_{e4} = 167 \cdot 0{,}843 \cdot 0{,}950 = 133{,}74 \text{ г/кВт·год}$$
$$g_{e5} = 167 \cdot 0{,}989 \cdot 0{,}957 = 158{,}06 \text{ г/кВт·год}$$
$$g_{e6} = 167 \cdot 1{,}364 \cdot 0{,}978 = 222{,}78 \text{ г/кВт·год}$$
$$g_{e7} = 167 \cdot 1{,}776 \cdot 0{,}998 = 295{,}99 \text{ г/кВт·год}$$
$$g_{e8} = 167 \cdot 1{,}519 \cdot 0{,}989 = 250{,}88 \text{ г/кВт·год}$$

Залежність витрати палива від швидкості руху автомобіля:

$$g_{\text{П1}} = \frac{146{,}55}{36 \cdot 6{,}96 \cdot 0{,}82 \cdot 0{,}92}(20{,}11 + 1{,}480) = 16{,}74 \text{ л/100 км}$$
$$g_{\text{П2}} = \frac{137{,}30}{36 \cdot 10{,}43 \cdot 0{,}82 \cdot 0{,}92}(30{,}13 + 4{,}981) = 17{,}02 \text{ л/100 км}$$
$$g_{\text{П3}} = \frac{129{,}03}{36 \cdot 10{,}49 \cdot 0{,}82 \cdot 0{,}92}(41{,}86 + 13{,}357) = 18{,}10 \text{ л/100 км}$$
$$g_{\text{П4}} = \frac{133{,}74}{36 \cdot 18{,}20 \cdot 0{,}82 \cdot 0{,}92}(63{,}10 + 26{,}468) = 24{,}23 \text{ л/100 км}$$
$$g_{\text{П5}} = \frac{158{,}06}{36 \cdot 20{,}87 \cdot 0{,}82 \cdot 0{,}92}(78{,}38 + 39{,}909) = 32{,}99 \text{ л/100 км}$$
$$g_{\text{П6}} = \frac{222{,}78}{36 \cdot 23{,}77 \cdot 0{,}82 \cdot 0{,}92}(96{,}14 + 58{,}965) = 53{,}53 \text{ л/100 км}$$
$$g_{\text{П7}} = \frac{295{,}99}{36 \cdot 25{,}51 \cdot 0{,}82 \cdot 0{,}92}(106{,}86 + 72{,}885) = 76{,}79 \text{ л/100 км}$$

$$g_{П8} = \frac{250,88}{36 \cdot 24,69 \cdot 0,82 \cdot 0,92}(99,86 + 66,080) = 92,09 \text{ л/100 км}$$

Таблиця 1.2 – Результати розрахунків для автомобіля КрАЗ-6437

ω_e, рад/с	60	90	125	157	180	205	220	213
v, м/с	6,96	10,43	14,49	18,20	20,87	23,77	25,51	24,69
f	0,02	0,02	0,02	0,024	0,026	0,028	0,029	0,028
N_K, кВт	20,11	30,13	41,86	63,10	78,38	96,14	106,86	99,86
N_B, кВт	1,480	4,981	13,357	26,468	39,909	58,965	72,885	66,080
Ne, кВт	44,35	70,11	99,40	122,61	135,44	144,62	147,15	146,33
И	0,557	0,573	0,636	0,836	0,999	1,227	1,398	1,297
$K_И$	0,831	0,823	0,804	0,843	0,989	1,364	1,776	1,519
$K_Ч$	1,056	0,999	0,961	0,950	0,957	0,978	0,998	0,989
g_e, г/кВтч	146,55	137,30	129,03	133,74	158,06	222,78	295,99	250,88
$q_П$, л/100км	16,74	17,02	18,10	24,23	32,99	53,53	76,79	92,09

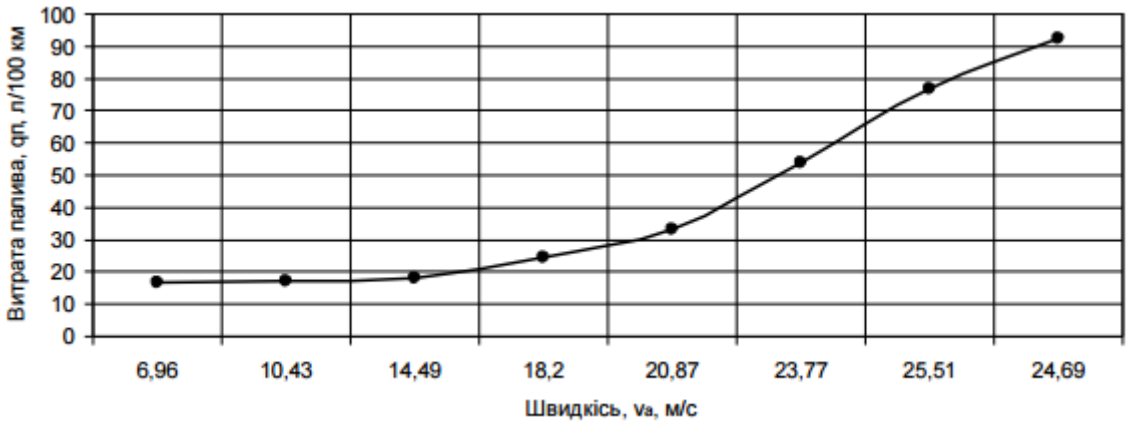


Рисунок 1.3 – Графічна характеристика двигуна автомобіля КрАЗ-6437

2. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 ТО та ремонт КрАЗ-6437

Діюче положення передбачає застосування планово-попереджувальної системи технічного обслуговування та ремонту автомобільного транспорту. Такий підхід ґрунтується на проведенні регулярних профілактичних робіт після визначеного пробігу автомобіля, а також виконанні ремонтних операцій у разі виявлення несправностей під час експлуатації. Основною метою цих заходів є забезпечення надійної роботи транспортних засобів при мінімальних витратах і скороченні часу їх простою.

Оновлене положення спрямоване на підвищення ефективності системи технічного обслуговування та ремонту завдяки вдосконаленню організації виробничих процесів, поліпшенню обліку умов експлуатації техніки та використанню сучасних засобів діагностики.

Технічне обслуговування призначене для підтримання автомобілів у справному стані, зменшення зношування деталей і запобігання виникненню несправностей. Воно передбачає проведення періодичних профілактичних перевірок і регламентних робіт після досягнення певного пробігу або терміну експлуатації транспортного засобу.

Ремонт автомобілів поділяють на поточний і капітальний. Поточний ремонт здійснюється безпосередньо на автотранспортних підприємствах або в спеціалізованих майстернях і спрямований на усунення незначних несправностей, що дозволяє підтримувати працездатність автомобіля до наступного капітального ремонту з мінімальними простоями. Капітальний ремонт виконують на спеціалізованих ремонтних підприємствах і він передбачає відновлення технічного стану автомобіля до рівня, максимально наближеного до нового.

Використання агрегатного методу під час виконання поточного ремонту дає змогу значно скоротити час простою транспортних засобів. Суть цього методу полягає в заміні несправних агрегатів на заздалегідь відремонтовані або нові вузли, які зберігаються у спеціальному обмінному фонді. Такий фонд формується з нових, відновлених агрегатів, а також вузлів, демонтованих із транспортних засобів, що вибули з експлуатації.

Крім того, сумарний обсяг робіт, пов’язаних із поточним ремонтом, повинен становити не більше 15–20 % від загального обсягу робіт з технічного обслуговування.

Таке обмеження дає змогу підвищити ефективність організації ремонтних робіт та раціонально використовувати час і матеріальні ресурси.

2.2 Роботи при ПР автомобілів

Ремонт автомобілів передбачає виявлення та усунення пошкоджень і несправностей, що виникають у процесі їх експлуатації, а також проведення контрольних і діагностичних операцій. Під час ремонту можуть виконуватися як часткове, так і повне розбирання окремих вузлів і агрегатів з метою їх відновлення або заміни.

Перелік робіт, які входять до поточного ремонту, визначається встановленими нормативами. До них можуть належати різноманітні операції: технічна діагностика, розбирання та складання механізмів, регулювання, механічна обробка деталей, зварювальні роботи, відновлення поверхонь, ремонт електрообладнання, шиномонтажні роботи, фарбування та інші технологічні операції.

Ремонтні роботи виконують на спеціально обладнаних робочих місцях — у цехах, на виробничих дільницях або в майстернях. Зазвичай вони здійснюються на автотранспортних підприємствах або на станціях технічного обслуговування. При цьому витрати на проведення поточного ремонту можуть становити близько половини загальних витрат, пов’язаних з експлуатацією, технічним обслуговуванням і ремонтом автомобіля протягом усього періоду його використання.

Ефективність виконання поточного ремонту та його собівартість значною мірою залежать від рівня технічного оснащення підприємства, наявності необхідного інструменту, пристроїв і обладнання. Зазвичай ремонтні роботи планують у проміжках між основними змінами, що дає змогу забезпечити максимальне використання автомобільного парку.

Перед початком виконання поточного ремонту проводять миття, очищення та зовнішній огляд вузлів і агрегатів. Розбирання здійснюють лише до такого рівня, який дозволяє виявити та усунути несправності, уникаючи повного демонтажу без необхідності. Деталі та вузли знімають з автомобіля тільки у випадках, коли це потрібно для виконання ремонтних операцій.

2.3 Трудомісткість поточного ремонту автомобіля КрАЗ-6437

Для визначення обсягу робіт із поточного ремонту за середньодобового пробігу автомобіля $L_{\text{с.д}} = 200$ км, експлуатаційного пробігу автомобіля КрАЗ-6437 на рівні 280

тис. км та кількості рухомого складу $А_{сп} = 200$ автомобілів необхідно скоригувати нормативні показники з урахуванням фактичних умов роботи.

Оскільки автомобілі експлуатуються за третьою категорією умов, у помірному природно-кліматичному районі, а річна кількість робочих днів становить $Д_{роб} = 305$, нормативи також підлягають уточненню відповідно до цих умов.

Коригування нормативних значень виконують шляхом множення базових нормативів на підсумковий коефіцієнт. При цьому загальний коефіцієнт коригування визначають як добуток окремих поправочних коефіцієнтів.

Питому трудомісткість поточного ремонту $t_{ТР}$,люд.-год, визначаємо за формулою:

$$t_{ТР} = t_н \cdot К_1 \cdot К_2 \cdot К_3 \cdot К_4 \cdot К_5 \quad (2.1)$$

Для автомобіля КрАЗ-6437 умови експлуатації відносимо до ІІІ категорії. Відповідно до прийнятих умов для подальших розрахунків використовуємо такі коригувальні коефіцієнти: $К_1 = 1{,}2, К_2 = 1, К_3 = 1.$

Співвідношення фактичного пробігу автомобіля КрАЗ-6437 до нормативного пробігу до капітального ремонту визначаємо для подальшого врахування технічного стану автомобіля в розрахунках.

$$\frac{280000}{300000} = 0{,}93$$

Для подальших розрахунків приймаємо значення коригувальних коефіцієнтів: $К_4 = 1{,}2, К_5 = 1{,}05.$

$$t_{ТР} = 8{,}5 \cdot 1{,}2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1{,}2 \cdot 1{,}05 = 13 \text{ люд.год}$$

2.4 Розрахунок середньорічного пробігу рухомого складу і річної виробничої програми

Під час планування та визначення загального обсягу робіт з поточного ремонту важливо враховувати розподіл трудомісткості між операціями, що виконуються безпосередньо на постах біля автомобіля, і роботами, які здійснюються в цехових умовах.

До робіт, що виконуються на робочих місцях біля автомобіля, належать переважно діагностичні операції та нескладні ремонтні втручання, зокрема заміна фільтрів, мастила, окремих невеликих вузлів та інші оперативні роботи. Такі операції, як правило, мають меншу трудомісткість і не потребують значного розбирання автомобіля.

У цехах виконують більш складні та трудомісткі види ремонту, які пов’язані з демонтажем, відновленням і складанням великих вузлів та агрегатів із застосуванням

спеціалізованого обладнання. До таких робіт належать ремонт двигуна, трансмісії, елементів підвіски та інших складних систем автомобіля.

Загальний обсяг робіт з поточного ремонту необхідно розподіляти між зазначеними видами робіт з урахуванням їх трудомісткості та періодичності виконання. Такий розподіл здійснюють на основі статистичних даних експлуатації, нормативних документів або рекомендацій заводу-виробника. Це дає можливість більш раціонально планувати потребу в робочій силі, обладнанні, матеріалах і часі, що забезпечує ефективну організацію ремонтного процесу.

Величину середньорічного пробігу автомобіля L_2, км, обчислюємо за залежністю:

$$L_2 = L_{\text{с.с}} \cdot Д_{\text{роб}} \tag{2.2}$$

$$L_2 = 200 \cdot 305 = 61000 \text{ км}$$

Величину річної виробничої програми, вираженої у трудових показниках $\text{Т}_{\text{ТР}}^{\text{р}}$, обчислюємо за залежністю:

$$\text{Т}_{\text{ТР}}^{\text{р}} = \frac{L_2 \cdot \text{А}_{\text{сп}} \cdot t_{\text{ТР}}}{1000} \tag{2.3}$$

$$\text{Т}_{\text{ТР}}^{\text{р}} = \frac{61000 \cdot 180 \cdot 13}{1000} = 158600 \text{ люд.год}$$

2.5 Розрахунок кількості постів поточного ремонту

Під час визначення кількості постів у зоні поточного ремонту необхідно враховувати річний обсяг ремонтних робіт, а також трудомісткість операцій, що виконуються на кожному посту.

Як правило, загальний обсяг робіт розподіляється між постами залежно від характеру ремонтних операцій і наявного технологічного обладнання. Так, пости, призначені для виконання регулювальних робіт, можуть обслуговувати більшу кількість автомобілів, ніж пости, на яких здійснюються більш складні ремонтні операції, пов’язані, наприклад, із відновленням рами чи кузова.

Кількість постів у зоні ПР визначаємо з урахуванням річної трудомісткості постових робіт поточного ремонту автомобілів:

$$X_n^{\text{ПР}} = \frac{\text{С}_{\text{ПР}} \cdot \text{Т}_{\text{ПР}}^{\text{р}} \cdot \text{К}_{\text{н.п}}}{Д_{\text{роб}} \cdot n_{\text{с}} \cdot t_c \cdot \text{Р}_{\text{ПР}} \cdot \varphi_n \cdot q} \tag{2.4}$$

У розрахунках використовуємо такі прийняті параметри: $\text{С}_{\text{ПР}} = 0{,}4, \text{К}_{\text{н.п}} = 1{,}2, n_{\text{с}} = 2, t_c = 8,\ \text{Р}_{\text{ПР}} = \frac{1}{3}, \varphi_n = \frac{0{,}8}{0{,}9}, q = 1$. При цьому чисельність робітників у кожній зміні вважаємо однаковою.

$$X_n^{\text{ПР}} = \frac{0{,}4 \cdot 158600 \cdot 1{,}2}{305 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 3 \cdot 0{,}9 \cdot 1} = 5{,}7 \text{ пости}$$

Додатково слід враховувати продуктивність кожного поста, яка залежить від кваліфікації виконавців, рівня технічного оснащення та інших організаційно-виробничих чинників. На підставі цих показників можна зробити висновок, чи забезпечує прийнята кількість постів, а саме 6, виконання необхідного обсягу ремонтно-обслуговувальних робіт для всього парку автомобілів упродовж року.

За наявності точніших даних щодо річного обсягу робіт або трудомісткості операцій, що виконуються на кожному посту, розрахунок можна уточнити та обґрунтувати більш детально.

2.6 Розроблення технологічного процесу ремонту паливної апаратури ДВЗ вантажних автомобілів

Система живлення дизельного двигуна охоплює сукупність основних вузлів і елементів, які забезпечують своєчасну подачу, дозування та очищення палива перед його надходженням у циліндри двигуна відповідно до фаз робочого циклу. До складу цієї системи входять паливні баки, фільтри, насоси, паливопроводи, форсунки та інші складові, від справної роботи яких залежить ефективність функціонування двигуна.

Кожен елемент системи виконує певне призначення. Паливні баки слугують для зберігання запасу пального на автомобілі. Розподільні крани забезпечують можливість перемикання подачі палива між окремими баками. Паливопідкачувальний насос подає паливо з баків у систему живлення. Паливний насос високого тиску, оснащений регулятором частоти обертання та автоматичною муфтою випередження упорскування, забезпечує точне дозування й подачу пального до циліндрів двигуна. Форсунки призначені для впорскування палива безпосередньо в камери згоряння, а фільтри виконують очищення пального від механічних домішок і забруднень.

Окрему роль відіграють допоміжні елементи системи, зокрема підігрівачі палива, демпфери для згладжування коливань тиску та паливопроводи. Їх застосування сприяє стабільній роботі системи в різних умовах експлуатації, підвищує її надійність і забезпечує триваліший ресурс роботи двигуна.

Для окремих моделей двигунів, зокрема ЯМЗ-238Л, що встановлюється на автомобіль КрАЗ-6437, конструкція системи живлення має певні особливості. До них належать наявність насоса з електроприводом, установленого на основному паливному

баку, додаткового паливного бака для полегшення запуску двигуна, а також насоса низького тиску. Такі конструктивні рішення дають змогу адаптувати систему живлення до специфіки роботи автомобіля та умов його експлуатації.

Крім того, система керування подачею палива забезпечує водієві можливість регулювати подачу пального та, за необхідності, зупиняти двигун, що підвищує зручність керування і контроль за роботою силового агрегату.

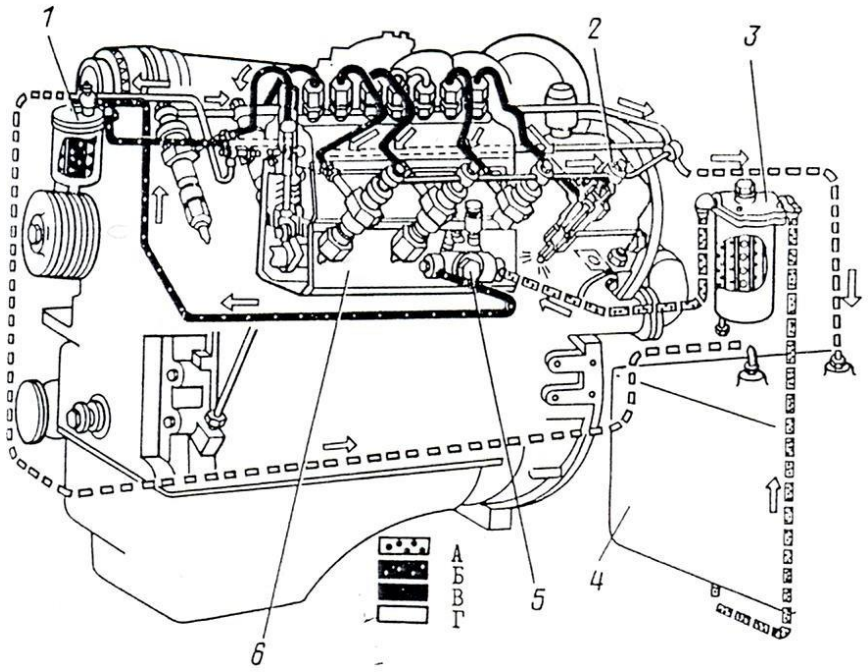


Рисунок 2.1 – Принципова схема системи живлення:

1 — фільтр тонкого очищення палива; 2 — форсунка; 3 — фільтр грубого очищення палива; 4 — паливний бак; 5 — паливопідкачувальний насос; 6 — паливний насос високого тиску; А — всмоктувальна магістраль; Б — магістраль низького тиску; В — магістраль високого тиску; Г — лінія зливу надлишкового палива в бак.

На паливопідкачувальному насосі двигуна не передбачено пристрою для ручного прокачування палива. Для зменшення впливу імпульсів тиску на нагнітальній магістралі встановлено демпфер, який одночасно забезпечує відведення палива, що просочується, назад у бак.

На автомобілях КрАЗ-6437 паливо, яке після проходження через фільтр тонкого очищення повертається в паливний бак, додатково проходить через обігрівач, розміщений на випускній трубі системи відведення відпрацьованих газів. Це сприяє покращенню умов роботи паливної системи, особливо за низьких температур.

На автомобілі встановлено два паливні баки (рис. 2.2), місткість кожного з яких становить 165 л. Баки виготовлені з листової сталі товщиною 1,4 мм і закріплені на рамі

автомобіля за допомогою кронштейнів та хомутів. Усередині кожного бака розміщено паливозабірник.

Конструктивною особливістю паливозабірників є можливість підігріву палива, що всмоктується, за рахунок використання надлишкового пального, яке повертається від паливного насоса високого тиску та фільтра тонкого очищення. Таке рішення сприяє покращенню роботи паливної системи, особливо в умовах знижених температур.

Насос паливного бака, який встановлюється на автомобілях із двигуном ЯМЗ-238Л, виконаний в одному вузлі з електродвигуном і призначений для забезпечення безперервної подачі палива в систему.

Розподільний кран має пробкову конструкцію і використовується для перемикання забору та зливу палива з лівого або правого бака. У його корпусі передбачено два канали: верхній — для всмоктування палива, нижній — для його зливу. Залежно від положення пробки ці канали з’єднують паливопроводи з паливозабірниками відповідного бака. Перемикання здійснюється за допомогою ручки, яка може займати положення, позначені літерами «Л», «П» і «З», нанесеними на корпус крана: «Л» — увімкнений лівий бак, «П» — увімкнений правий бак, «З» — кран закритий.

Контроль рівня палива в баках здійснюється за допомогою електричного покажчика, встановленого на панелі приладів у кабіні водія.

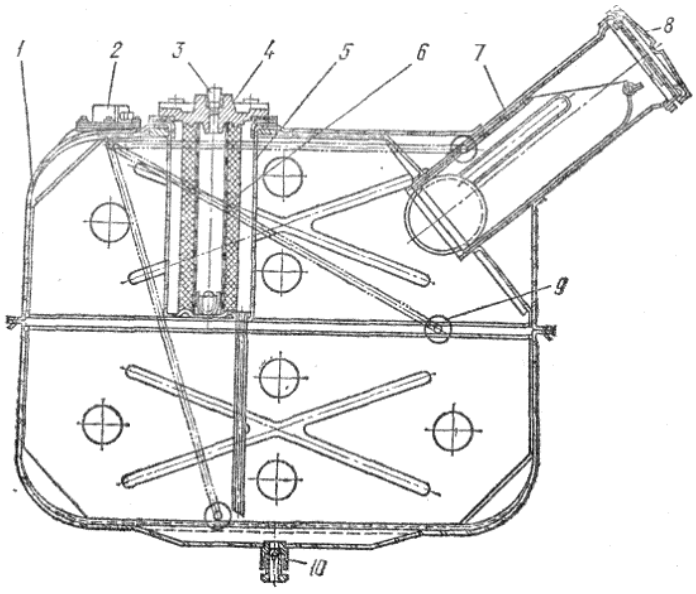


Рисунок 2.2 – Конструкція паливного бака

1 – стінка бака; 2 – датчик покажчика рівня пального; 3, 8, 10 – пробки; 4 – кришка; 5 – корпус фільтра попереднього очищення палива; 6 – фільтруючий елемент; 7 – горловина для заправлення; 9 – поплавок датчика рівня пального.

Паливопроводи забезпечують подачу палива до форсунок, а також повернення надлишкового пального назад у паливні баки. Їх виготовляють з оцинкованих сталевих трубок із внутрішнім діаметром 8 мм і 5 мм. Паливопроводи високого тиску виконані зі спеціальних сталевих трубок з внутрішнім діаметром 2 мм.

Фільтр грубого очищення палива (див. рисунок 2.3) призначений для попереднього очищення пального перед його надходженням у систему живлення. Він установлений у підкапотному просторі на передньому щиті кабіни з правого боку. Конструкція фільтра включає штампований сталевий корпус, кришку та фільтрувальний елемент. Для видалення відстою в нижній частині корпусу передбачено спеціальний отвір, який закривається зливною пробкою.

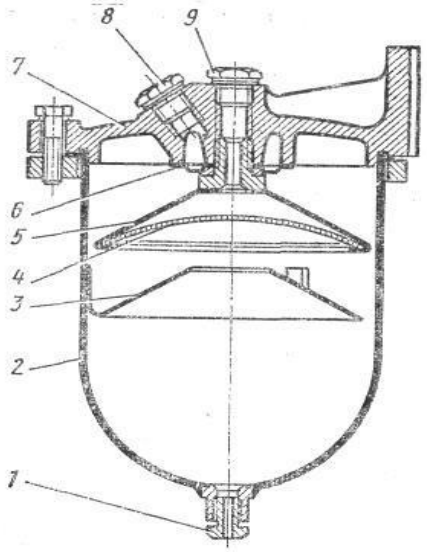


Рисунок 2.3 – Конструкція фільтра грубого очищення палива:

1 — зливна пробка; 2 — стакан; 3 — заспокоювач; 4 — фільтрувальна сітка; 5 — відбивач; 6 — розподільник; 7 — корпус; 8 — підвідний штуцер; 9 — відвідний штуцер.

Фільтр тонкого очищення палива (рис. 2.4) призначений для остаточного очищення пального від дрібнодисперсних частинок розміром менше 4,5 мкм, які не були затримані фільтром грубого очищення. Його встановлюють між паливопідкачувальним насосом і паливним насосом високого тиску. Фільтр кріпиться до верхньої кришки блоку циліндрів двома болтами.

Фільтрувальний елемент є змінним і виконаний у вигляді сталевого зварного каркаса з великою кількістю отворів.

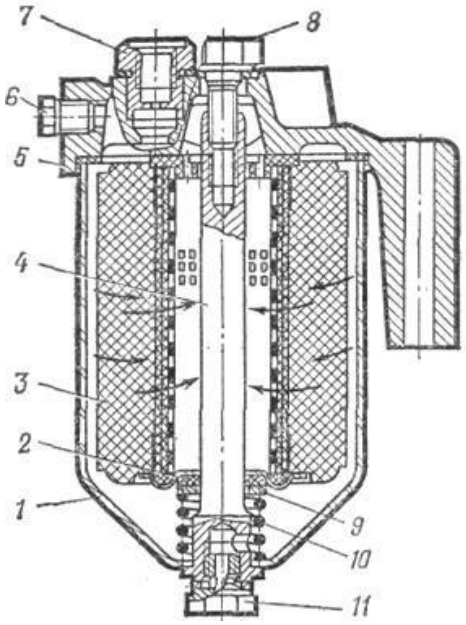
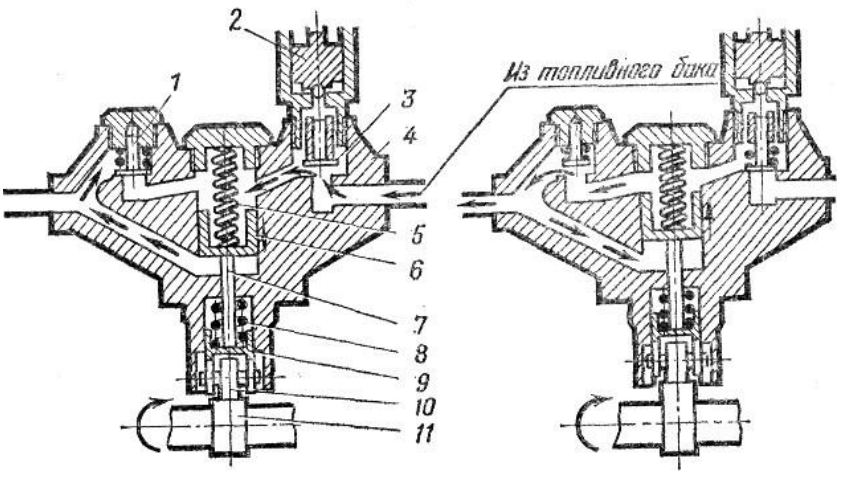


Рисунок 2.4 – Конструкція фільтра тонкого очищення пального:

1 — корпус; 2 — прокладка; 3 — фільтрувальний елемент; 4 — стрижень; 5 — кришка; 6 — пробка; 7 — жиклер; 8 — болт; 9 — шайба; 10 — пружина; 11 — пробка.

Паливопідкачувальний насос, схема якого наведена на рис. 2.5, призначений для подачі палива з бака до впускної порожнини паливного насоса високого тиску. Насос має поршневу конструкцію, встановлюється на лівій стінці насоса високого тиску та приводиться в дію ексцентриком кулачкового вала.

Підклапанний простір всмоктувального клапана через отвір сполучається з паливопідвідним трубопроводом, а надклапанний простір — каналом із поршневою порожниною насоса. Водночас підклапанний простір нагнітального клапана з'єднаний каналом із поршневою порожниною, а надклапанний — через нагнітальний канал із паливопроводом, яким паливо подається до фільтра тонкого очищення.



всмоктування нагнітання

Рисунок 2.5 – Паливопідкачуючий насос:

1 — нагнітальний клапан; 2 — поршень насоса ручної підкачки палива; 3 — всмоктувальний клапан; 4 — корпус насоса; 5 — пружина; 6 — поршень; 7 — шток; 8 — пружина штовхача; 9 — штовхач; 10 — ролик; 11 — ексцентрик кулачкового вала паливного насоса високого тиску.

Паливний насос високого тиску призначений для точного дозування та подачі визначених порцій палива до циліндрів двигуна через форсунки. Він розміщується в розвалі двигуна між рядами циліндрів і приводиться в дію шестеренчастим приводом. Конструктивно насос складається з окремих секцій, об'єднаних в одному корпусі. Кількість секцій відповідає числу циліндрів двигуна і, як правило, становить вісім.

Форсунка служить для впорскування у камеру згоряння двигуна точної дози палива у дрібнорозпиленому стані (див. рис. 2.7). Це форсунка закритого типу, оснащена чотирьохотворчастим розпилювачем і голкою з гідравлічним керуванням. Діаметр соплових отворів розпилювача становить 0,34 мм, а хід голки розпилювача перебуває в межах 0,22–0,29 мм.

Привід керування подачею палива (див. рис. 2.8) призначений для регулювання подачі пального безпосередньо з місця водія в кабіні автомобіля. Цей комбінований привід належить до дистанційного типу та передбачає можливість як ножного керування за допомогою педалі, так і ручного — за допомогою спеціальної рукоятки.

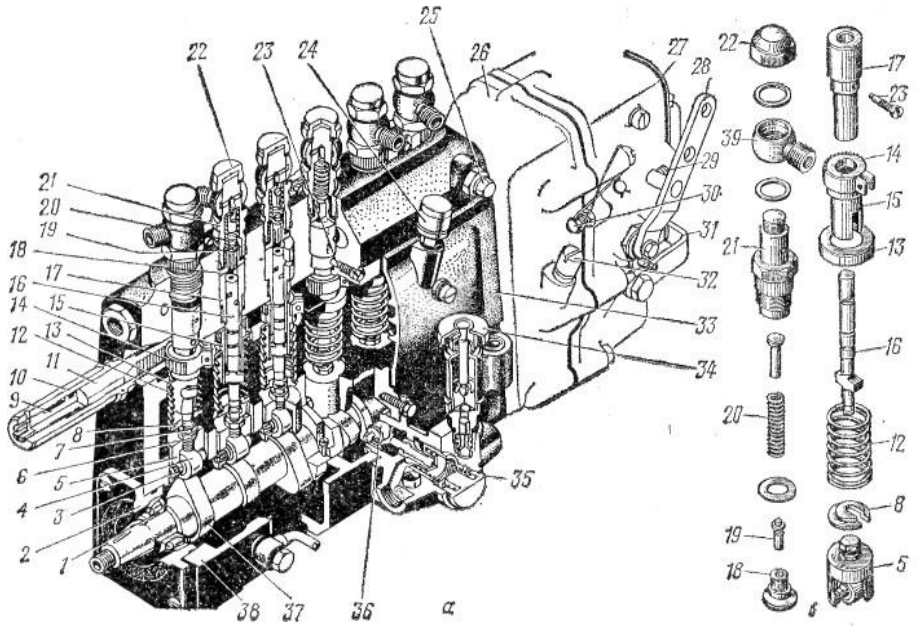


Рисунок 2.6 – Конструкція паливного насоса високого тиску:

а – загальний вигляд; б – складові насосної секції та штовхача;

1 – роликовий підшипник; 2 – кришка підшипника; 3 – вісь ролика; 4 – ролик штовхача; 5

– штовхач; 6 – контргайка; 7 – гвинт регулювання; 8 – нижня тарілка; 9 – гвинт-обмежувач потужності; 10 – втулка обмежувача; 11 – рейковий механізм; 12 – відтискна пружина; 13 – верхня тарілка; 14 – зубчастий вінець; 15 – поворотна втулка; 16 – плунжер; 17 – плунжерна гільза; 18 – сідло нагнітального клапана; 19 – нагнітальний клапан; 20 – пружина клапана; 21 – штуцер; 22 – накидна гайка; 23 – установний гвинт гільзи плунжера; 24 – сапун; 25 – пробка; 26 – корпус регулятора; 27 – кришка корпусу; 28 – важіль регулювання подачі палива; 29 – болт обмеження мінімальної частоти обертання; 30 – болт обмеження максимальної частоти обертання; 31 – скоба зупинки подачі палива; 32 – покажчик рівня мастила в регуляторі; 33 – бічна кришка; 34 – насос ручного підкачування; 35 – паливопідкачувальний насос; 36 – ролик штовхача підкачувального насоса; 37 – кулачковий вал; 38 – корпус насоса; 39 – ніпель.

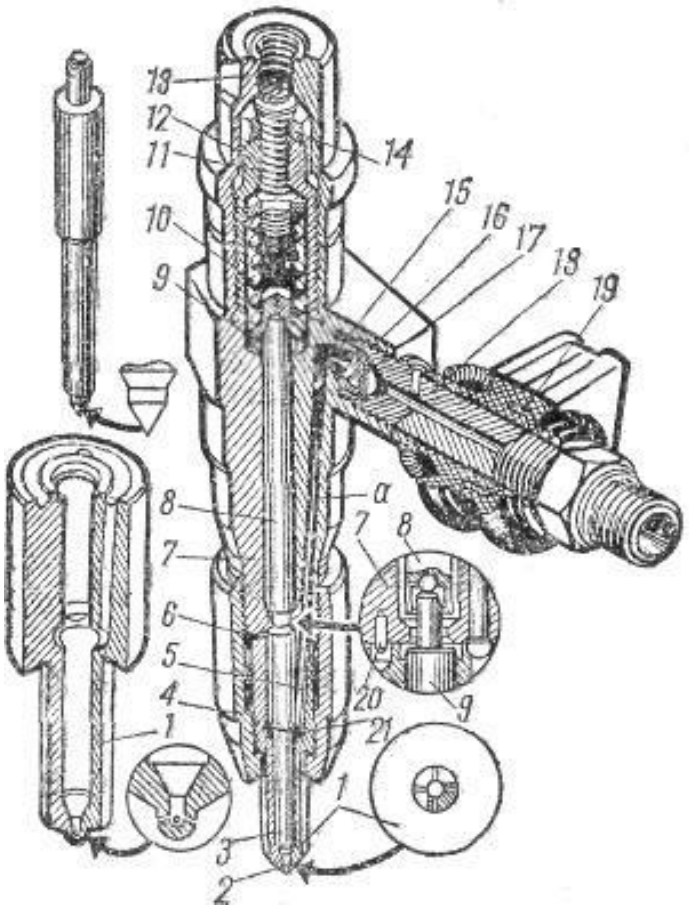


Рисунок 2.7 – Конструкція форсунки ДВЗ ЯМЗ-236-238

1 – розпилювач; 2 – сопловий отвір; 3 – голка розпилювача; 4 – гайка корпуса розпилювача; 5 – похилий канал; 6 – кільцева проточка; 7 – корпус; 8 – штанга; 9 – опорна тарілка пружини; 10 – пружина; 11 – гвинт регулювання; 12 – гайка пружини; 13 – ковпак; 14 – контргайка; 15 – втулка; 16 – обойма; 17 – фільтр сітчастого типу; 18 – штуцер; 19 – ущільнювач штуцера; 20 – штифт; 21 – паливна камера; а – канал,

виконаний у корпусі форсунки.

Рукоятка ручного керування також виконує функцію зупинки двигуна. Зв’язок між рукояткою 3 і педаллю 6 здійснюється за допомогою тяги 2 та важеля 9. Конструкція цієї системи передбачає, що після встановлення частоти обертання колінчастого вала двигуна ручним керуванням подальше її коригування можливе лише в бік збільшення за допомогою педалі.

У таблиці 2.1 наведено основні можливі несправності системи живлення двигуна паливом, які можуть виникати під час експлуатації автомобіля.

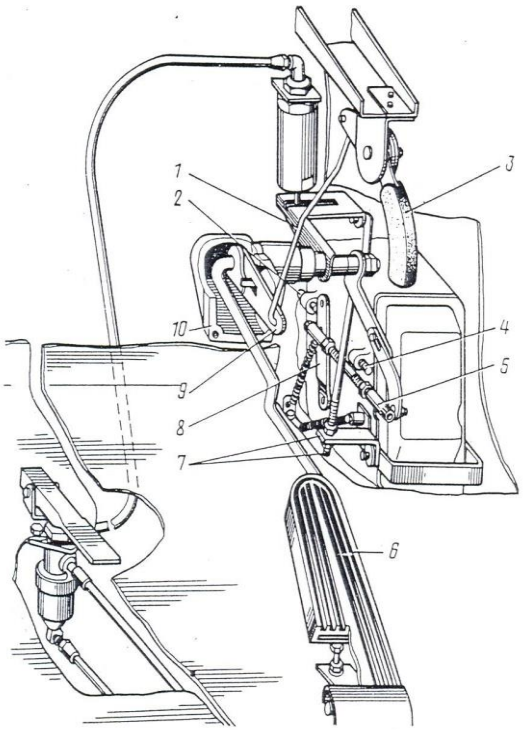


Рисунок 2.8 – Схема приводу керування подачею пального

1 – болт обмеження максимальної частоти обертання; 2 – тяга ручного регулювання подачі палива; 3 – рукоятка ручного керування подачею палива та вимкнення двигуна; 4 – болт обмеження мінімальної частоти обертання; 5 – тяга; 6 – педаль подачі палива; 7 – тяга; 8 – важіль керування регулятором; 9 – важіль зупинки двигуна; 10 – кронштейн.

Таблиця 2.1 – Перелік характерних несправностей системи живлення двигуна

Найменування несправностей, зовнішній прояв і додаткові ознаки	Вірогідна причина	Спосіб усунення
Двигун не	Засмічення паливопроводів або заборника в паливному баку	Промити забірник, промити і продути паливопроводи.

запускається	Замерзання води в паливопроводах або на сітці забірника паливного бака	Обережно прогріти паливні трубки, фільтри і бак
	Загусання палива в трубопроводах.	Замінити паливо іншим, відповідним сезону, і прокачати систему.
	Засмічення елементів паливних фільтрів, що фільтрують.	Замінити елементи, що фільтрують.
	Неправильний кут випередження уприскування палива.	Відрегулювати кут випередження уприскуванн
	Наявність повітря в паливній системі.	Прокачати систему, усунут негерметичність.
	Не працює паливопідкачуючий насос.	Розібрати насос і усунути несправність або замінити насос новим.
	Заїдання рейки паливного насоса високого тиску.	Усунути дефект, що викликає заїдання рейки.
	Затруджене переміщення рейки паливного насоса із-за загусання мастила.	Обережно прогріти паливний насос.
Двигун не розвиває потужність, димить.	Важіль управління регулятором не доходить до болта максимальної частоти обертання.	Перевірити і відрегулювати систему важелів і тяги управління подачею палива
	Наявність повітря в паливній системі.	Прокачати систему живлення паливом і усунут негерметичність
	Неправильний кут випередження уприскування палива.	Відрегулювати кут випередження уприскуванн
	Порушення регулювання або засмічення форсунки	Відрегулювати форсунки і, якщо необхідно, промити і прочистити їх.
	Несправність клапанів паливопідкачуючого насоса.	Промити гнізда і клапани насоса.
	Порушення регулювання циклових подач паливного насоса високого тиску.	Відрегулювати циклові подачі паливного насоса.

	Поломка пружин штовхачів паливного насоса високого тиску.	Замінити пружину і відрегулювати насос на стенді.
	Поломка пружини або негерметичність нагнітального клапана паливного насоса високого тиску.	Замінити пружини і усунут негерметичність клапана.
	Ослаблення кріплення зубчатого вінця втулки плунжера паливного насоса високого тиску.	Затягнути гвинт зубчатого вінця і відрегулювати насос на стенді.
	Зависання плунжера паливного насоса високого тиску	Замінити плунжерну пару і відрегулювати насос на стенді
Двигун стукає	Раннє уприскування палива в циліндрі	Відрегулювати кут випередження уприскування палива
Стукіт муфти випередження уприскування	Викид масла з муфти через сальник	Замінити сальник муфти випередження уприскування
	Відсутність масла в корпусі муфти	Заповнити корпус муфти моторним маслом

Таблиця 2.2 – Послідовність розбирання ПНВТ у вигляді технологічної карти

Номер опер.	Номер перех.	Найменування операції та переходів	Спеціальність та розряд виконавця	Обладнання та інструмент	Штучно калькуляційний час, люд-год	Технічні умови та вимоги
1		Мийка паливного насоса високого тиску	Слюсар-ремонтник 2 розряду	Мийна установка 146 М	0,15	Стаціонарна, однокамерна, потужність 4,5 кВт
2		Розбирання паливного насоса високого тиску				
	1	Установка ПНВТ на приспособлення для розбирання	Слюсар-ремонтник 3 розряду	Приспособлення для розбирання ПНВТ	0,1	Виконується на посту ремонту ПНВТ двигунів ЯМЗ Р-611
	2	Зняття кільцевої гайки та муфти	Слюсар-ремонтник 3 розряду	Головка під ключ, вороток власного виготовлення, ключ 7811 – 007,	0,20	
	3	Зняття паливопідкачуючого насоса та оглядового люка з буферною пружиною	Слюсар-ремонтник 4 розряду	Викрутка 7810-0342 ГОСТ 17199 – 71, ключ 7811 –	0,2	
	4	Зняття кришки регулятора та пружини рейки	Слюсар-ремонтник 3,4 розряду	Викрутка 7810–0342, головка під ключ ключ 7811 – 007	0,2	Пост слюсаря-авторемонтника НИИАТ Р-506 пересувний
	5	Зняття сухарів штуцерів та сальник штуцера	Слюсар-ремонтник 3,4 розряду	Ключ 7811 – 10	0,1	

	6	Зняття упоров пружин нагнітальних клапанів	Слюсар-ремонтник 3,4 розряду	Зйомник нагнітальних клапанів РСТ 1510-85, зйомник пружин РСТ 1720 – 87	0,2	
	7	Зняття тарілок пружин штовхачів	Слюсар-ремонтник 3,4 розряду	Викрутка 7810-03233, зйомник пружин РСТ 1720 – 87	0,2	
	8	Зняття втулок плунжерів та плунжерних пар	Слюсар-ремонтник 3,4 розряду	Плоскогубці викрутка 7810 – 03241	0,1	
	9	Розбірка насосних секцій	Слюсар-ремонтник 3,4 розряду	Викрутка 4515 – 03213 головка під ключ	0,2	Пост слюсаря-авто ремонтника НИИАТ Р-506 пересувний
	10	Демонтаж кулачкового вала	Слюсар-ремонтник 3,4 розряду	Вороток власного виготовлення, ключ 7811 – 10	0,3	
	11	Зняття демпфера	Слюсар-ремонтник 3,4 розряду	Зйомник для демонтажу демпфера, зйомник для зняття шпонок, викрутка 7810 – 03123	0,5	
	12	Випресовка шпонки, зняття кришки кріплення переднього підшипника	Слюсар-ремонтник 3,4 розряду	Ключ гайковий, плоскогубці, зйомник для зняття шпонок	0,4	
	13	Зняття рейки паливного насоса та обмежувача потужності	Слюсар-ремонтник 3,4 розряду	Ключ гайковий викрутка 7810 – 03123	0,5	

2.7 Вибір методів і типів устаткування для проведення поточного ремонту системи живлення

Для обґрунтованого визначення основних засад підбору та розрахунку необхідного обладнання для автотранспортних підприємств слід враховувати характер виконуваних робіт, а також особливості рухомого складу. Устаткування має відповідати потребам виробничого процесу та забезпечувати раціональну організацію технічного обслуговування і ремонту.

На автотранспортних підприємствах з однотипним парком автомобілів доцільно застосовувати високопродуктивне спеціалізоване обладнання, що дає змогу підвищити ефективність виконання робіт. Для підприємств, які експлуатують різноманітний рухомий склад, більш доцільним є використання універсального устаткування, придатного для обслуговування різних типів транспортних засобів.

Верстаки, обладнання загального призначення та спеціалізовані пристрої повинні підбиратися відповідно до кількості робочих місць і виробничих потреб, забезпечуючи належні умови для якісного виконання ремонтних операцій. Підйомно-транспортні засоби, зокрема конвеєри, тельфери, кран-балки та інші механізми, необхідно добирати з урахуванням обсягу переміщуваних деталей і агрегатів, їх маси та конструктивних особливостей, що дає можливість забезпечити безпечне й ефективне транспортування у межах виробництва.

Розрахунок необхідної кількості обладнання може виконуватися на основі аналізу трудомісткості робіт, тривалості виробничих операцій, а також геометричних і масових характеристик деталей, що обробляються або ремонтуються. Урахування цих чинників під час проектування технологічних процесів і вибору обладнання дає змогу досягти оптимальної продуктивності праці, раціонального використання виробничих площ та належного рівня безпеки на підприємстві.

Отже, для автотранспортних підприємств з однотипним рухомим складом доцільно застосовувати спеціалізоване високопродуктивне обладнання, тоді як для підприємств зі змішаним складом автомобілів більш ефективним буде універсальне устаткування. Верстаки та інше обладнання загального призначення визначають і підбирають з урахуванням кількості робочих місць та специфіки виконуваних робіт.

Кількість діагностичного, мийного та іншого обладнання визначають за його паспортною продуктивністю та добирають відповідно до вимог технологічного процесу.

Що стосується технологічного устаткування, то число його одиниць встановлюють або підбирають залежно від функціонального призначення та характеру операцій, які на ньому виконуються.

Методи розрахунку устаткування залежать від особливостей технологічних процесів і умовно поділяються на три основні групи: за трудомісткістю операцій, за тривалістю їх виконання та за фізичними параметрами ремонтованих виробів, зокрема їх масою і площею поверхні. Відповідно до цього і все обладнання можна розподілити на три категорії, для кожної з яких застосовується свій підхід до розрахунку та вибору.

Під час розрахунку за трудомісткістю технологічних операцій визначають потребу в обладнанні, яке використовується для розбирання та складання агрегатів і автомобіля, а також для механічної обробки деталей.

Розрахунок за тривалістю технологічних операцій застосовують для підбору обладнання, що використовується при зовнішньому митті шасі та агрегатів, випробуванні агрегатів і автомобіля, а також під час сушіння виробів після фарбування.

Метод розрахунку за фізичними параметрами ремонтованих виробів, такими як маса та площа поверхні, використовують для визначення кількості обладнання, необхідного для нагрівання, ковальської обробки деталей, виконання мийно-очисних робіт, зварювання, наплавлення та гальванічного осадження металів.

Підйомно-транспортне обладнання є важливою складовою виробничого процесу. Тому при його виборі слід прагнути до максимально можливої, економічно обґрунтованої механізації всіх підйомно-транспортних операцій.

Під час вибору підйомно-транспортного обладнання для виконання поточного ремонту системи живлення дизельних двигунів необхідно враховувати низку важливих чинників.

Насамперед слід брати до уваги масу та габаритні розміри деталей і агрегатів, що входять до складу системи живлення. Вибране обладнання повинно забезпечувати безпечне, надійне та зручне піднімання і переміщення цих елементів у процесі ремонту.

Не менш важливим є врахування траєкторії переміщення та довжини транспортних шляхів у межах робочої зони. Конфігурація виробничого приміщення, розташування робочих місць і відстані між окремими ділянками визначають доцільність застосування того чи іншого виду підйомно-транспортного устаткування.

Також під час підбору обладнання необхідно враховувати продуктивність

ремонтних робіт і вимоги до безпеки праці. Обладнання повинно не лише сприяти ефективному виконанню технологічних операцій, а й забезпечувати належний рівень безпеки для працівників, особливо з огляду на наявність пожежо- та вибухонебезпечних речовин, з якими доводиться працювати під час ремонту паливної системи.

Вибір виробничого інвентарю також має здійснюватися з урахуванням вимог технологічного процесу та необхідності створення безпечних і зручних умов праці. Його підбирають відповідно до оснащення робочих місць та принципів раціональної організації виробничого простору.

Для поточного ремонту системи живлення дизельних двигунів можуть застосовуватися різні види обладнання, зокрема верстаки для розбирання і складання агрегатів, підйомні механізми — тельфери, кран-балки або інші пристрої для переміщення важких деталей, а також засоби індивідуального захисту і спеціальні пристрої, що підвищують безпеку під час роботи з небезпечними речовинами.

Отже, вибір відповідного устаткування повинен здійснюватися з урахуванням конкретних умов виконання ремонтних робіт, технічних характеристик агрегатів та вимог до безпеки і продуктивності праці.

Таблиця 2.3 – Відомість устаткування для дільниці ПР системи живлення дизелів

Найменування технологічного устаткування	К-ть. устаткув., шт	Розміри один.обл., мм	Загальна площа $м^2$
1. Стенд для обкатки паливних насосів високого тиску	1.0	800 х 1200	0,96
2. Пристосування для розбірки-збірки паливних насосів високого тиску	1	900 х 1300	1,17
3. Знімач плунжерних пар	1	700 х 1400	0,98
4. Знімач стаканів форсунок	1	850 х 1100	0,93
5. Мийна установка 146М	1	1200 х 2400	2,88
6. Стелаж для запасних частин	1	600 х 1500	0,9

7. Стелаж для відремонтованих паливних насосів високого тиску	1	800 х 1000	0,8
8. Точильно-шліфувальний верстат 3Б638	1	700 х 800	0,56
9. Пристрій висікання шайб	1	600 х 500	0,3
10. Знімач обойм підшипників	1	900 х 200	0,18
11. Знімач нагнітального клапана	1	850 х 1000	0,85
12. Слюсарний верстак	2	900 х 1300	2,3
РАЗОМ:	12,81		

2.8 Стенд для перевірки паливного насоса та випробування форсунок

Стенд для обкатування паливних насосів і перевірки форсунок, описаний у даному розділі, є важливим технічним засобом для підприємств та майстерень, що виконують ремонт дизельних двигунів. Використання такого обладнання дає змогу підвищити точність регулювання елементів паливної системи, покращити якість ремонту та забезпечити надійність їх подальшої роботи в експлуатації.

До основних переваг стенду належать такі особливості. Однією з них є можливість тривалої обкатки паливних насосів, що сприяє більш повному виявленню прихованих несправностей і точнішому налаштуванню агрегатів. Важливою перевагою також є циклічна зміна режимів навантаження, завдяки якій можна відтворити різні умови роботи, характерні для реальної експлуатації автомобіля. Це дозволяє отримати більш об’єктивну оцінку технічного стану паливного насоса.

Під час обкатки забезпечується примусове мащення вузлів, що зменшує інтенсивність спрацювання деталей і запобігає можливим пошкодженням у процесі перевірки. Конструкція стенду також передбачає швидку заміну форсунок, що спрощує виконання випробувань та підвищує продуктивність роботи. Додатковою перевагою є

можливість одночасної перевірки паливних насосів і форсунок, завдяки чому скорочується загальна тривалість діагностування та ремонту.

Суттєве значення має і можливість візуального контролю процесу розпилення палива. Оператор може безпосередньо спостерігати за якістю факела розпилу, що дає змогу точніше оцінити правильність регулювання форсунок і паливного насоса. У результаті застосування такого стенду сприяє не лише покращенню якості ремонту паливної апаратури, а й зменшенню витрат часу та коштів завдяки скороченню кількості повторних ремонтних втручань.

2.8.1 Призначення стенду

Стенд для обкатування паливних насосів і випробування форсунок призначений для перевірки та налаштування елементів паливної апаратури дизельних двигунів після виконання капітального ремонту. Його застосування забезпечує відновлення працездатності паливної системи та приведення її параметрів у відповідність до встановлених технічних вимог.

Основне призначення стенду полягає в обкатуванні паливних насосів і форсунок двигунів типу ЯМЗ-236, ЯМЗ-238 та КамАЗ-740 після ремонту. Завдяки цьому забезпечується точне регулювання подачі палива, перевірка працездатності форсунок та підтвердження готовності вузлів до подальшої експлуатації.

Застосування такого стенду доцільне на авторемонтних підприємствах і спеціалізованих майстернях, які виконують капітальний ремонт дизельних двигунів. За його допомогою проводять налаштування паливного насоса високого тиску, а також випробування форсунок з метою перевірки їх відповідності технічним параметрам.

Конструктивно стенд являє собою раму, на якій змонтовано основні робочі вузли та механізми. До її складу входять електродвигун, система шківів, клиноремінна передача, паливні насоси та форсунки. У нижній частині розміщено ємність для збирання відпрацьованого палива, а також фільтрувальний елемент для його очищення. У середній частині рами встановлено електродвигун і привідний механізм, що забезпечують функціонування паливних насосів у процесі випробування.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики електродвигуна

Технічна характеристика	
Тип	стаціонарний
Привід	електромеханічний

Електродвигун:	
тип	А 51/6
потужність, кВт	2,8
Швидкість обертання валу, с-1 (об/хв).	15,36 (два)
Передача	Клиноремінна
Насос	гідропідсилювача руля
Тиск, МПа(кгс/см2)	0,5(5)
Зажим форсунок	ручний
Пневмомуфта	автомобіля «КрАЗ»
Фільтр паливний	двигуна ЯМЗ-236, ЯМЗ-238,
Управління роботою	ручне, кнопочне
Габаритні розміри, мм	820х620х1500
Маса, кг	314

Робочий процес стенда. Паливні насоси високого тиску приводяться в обертання від електродвигуна, завдяки чому забезпечується подача палива під високим тиском до форсунок.

Система керування та регулювання дає змогу встановлювати різні режими роботи стенда, відтворюючи умови, наближені до реальної експлуатації двигуна.

Контрольно-вимірювальна апаратура забезпечує спостереження за тиском палива в системі та його регулювання, що дозволяє досягти необхідної точності під час обкатування і випробування паливної апаратури.

Застосування такого стенда у виробничих умовах сприяє підвищенню якості ремонту й налагодження паливних систем дизельних двигунів, зменшує ймовірність повторних несправностей та підвищує ефективність подальшої експлуатації автомобілів після ремонту.

2.8.2 Розрахунок клиноремінної передачі стенду

Клиноремінну передачу паливного насоса високого тиску розраховуємо при таких параметрах: потужність, що передається, становить $N = 2{,}7$ кВт, частота обертання ведучого вала $n_1 = 1000$ хв$^{-1}$, передавальне відношення $u = 1$, міжосьова відстань $a = 550$ мм. За умови передавання потужності до 4 кВт доцільно застосувати ремінь типу «В». Діаметр шківа для розрахунку приймаємо $D = 150$ мм.

Швидкість ременя υ, м/с, обчислюємо за виразом:

$$\upsilon = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60 \cdot 1000} \qquad (2.5)$$

$$\upsilon = \frac{3{,}14 \cdot 150 \cdot 1000}{60 \cdot 1000} = 7{,}85 \text{ м/с}$$

Розрахована швидкість відповідає допустимим значенням для прийнятого профілю ременя.

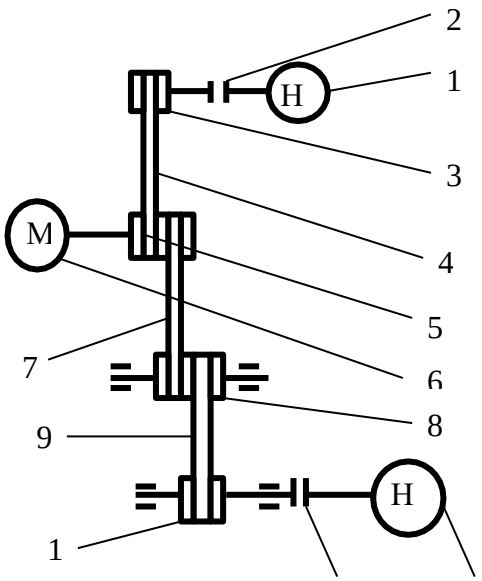


Рисунок 2.9 – Схема приводу паливних насосів високого та низького тиску:
1 – насос високого тиску; 2 – муфта випередження упорскування палива; 3 – шків; 4 – ремінь; 5 – шків; 6 – електродвигун; 7 – ремінь; 8 – шків; 9 – ремінь; 10 – шків; 11 – муфта; 12 – насос низького тиску.

Діаметр шківа, встановленого на валу двигуна, приймаємо $D_1 = 150$ мм, а діаметр шківа на валу насоса — $D_2 = 150$ мм. Довжину ременя l, мм, визначаємо за формулою:

$$l = 2 \cdot a + \frac{\pi}{2}(D_1 + D_2) + \frac{(D_1 - D_2)^2}{4 \cdot a} \quad (2.6)$$

$$l = 2 \cdot 550 + \frac{3{,}14}{2}(150 + 150) + \frac{(150 - 150)^2}{4 \cdot 550} = 1571 \text{ мм}$$

У розрахунку приймаємо стандартну довжину ременя $l = 1600$ мм. Необхідний натяг ременя забезпечується зміщенням електродвигуна.

Кількість пробігів ременя ν обчислюємо за виразом:

$$\nu = \frac{\upsilon}{l} \quad (2.7)$$

$$\nu = \frac{7{,}85}{1{,}6} = 4{,}9 < [\nu] = 5$$

У даному випадку кут обхвату шківів становить $\alpha = 80\,\circ$. За цього значення коефіцієнт, що враховує кут обхвату, дорівнює $Z_\alpha = 1{,}0$. Коефіцієнт швидкості C_v враховує режим роботи ремінної передачі.

$$C_v = 1{,}05 - 0{,}0005 \cdot \upsilon^2 \quad (2.8)$$

$$C_v = 1{,}05 - 0{,}0005 \cdot 7{,}85^2 = 1{,}019$$

Базове значення корисного напруження приймаємо $[\sigma_t]_0 = 1{,}5$ МПа за умови попереднього напруження $\sigma_0 = 1{,}2$ МПа.

Допустиме корисне напруження $[\sigma_t]$, МПа, для заданих умов визначаємо за відповідною залежністю.

$$[\sigma_t] = [\sigma_t]_0 \cdot \mathrm{C}_a \cdot C_v \cdot C_p \tag{2.9}$$

$$[\sigma_t] = 1{,}5 \cdot 1 \cdot 1{,}019 \cdot 1{,}0 = 1{,}53 \text{ МПа}$$

Зусилля, що діє на ремінь, F_t, Н, обчислюємо за виразом:

$$F_t = \frac{1000 \cdot N}{v} \tag{2.10}$$

$$F_t = \frac{1000 \cdot 2{,}7}{7{,}85} = 343 \text{ Н}$$

Число ременів Z обчислюємо за відповідним виразом:

$$Z = \frac{F_t}{[\sigma_t] \cdot \mathrm{A}} \tag{2.11}$$

$$Z = \frac{343}{1{,}53 \cdot 230} = 0{,}975$$

За результатами розрахунку до монтажу приймаємо 1 ремінь профілю В. Навантаження на вали Q, Н, обчислюємо за відповідною залежністю.

$$Q = 2 \cdot \sigma_0 \cdot Z \cdot A \cdot \sin\frac{a}{2} \tag{2.12}$$

$$Q = 2 \cdot 1{,}2 \cdot 1 \cdot 230 \cdot \sin\frac{180}{2} = 506 \text{ Н}$$

Максимальне напруження у ведучій гілці ременя σ_{max} МПа, у місці його набігання на шків обчислюємо за виразом:

$$\sigma_{max} = \sigma_0 + \frac{\sigma_t}{2} + \sigma_F + \sigma_V \tag{2.13}$$

$$\frac{\sigma_t}{2} = \frac{F_t}{Z \cdot 2A} \tag{2.14}$$

$$\frac{\sigma_t}{2} = \frac{343}{1 \cdot 2 \cdot 230} = 0{,}745 \text{ МПа}$$

Отже, відповідно до проведених розрахунків:

$$\sigma_{max} = 1{,}2 + 0{,}745 + 7{,}2 + 0{,}74 = 9{,}88 \text{ МПа}$$

Величину напруження вигину ременя σ_F, МПа, при його огинанні шківа обчислюємо за виразом:

$$\sigma_F = \mathrm{E} \cdot \frac{\delta}{A_{min}} \tag{2.15}$$

$$\sigma_F = 80 \cdot \frac{13{,}5}{150} = 7{,}2 \text{ МПа}$$

Напругу, що виникає під дією відцентрової сили, σ_v, МПа, обчислюємо за виразом:

$$\sigma_v = \rho \cdot V^2 10^{-6} \quad (2.16)$$

$$\sigma_v = 1200 \cdot 7{,}85^2 \cdot 10^{-6} = 0{,}74 \text{ МПа}$$

Ресурс роботи ременя L_h, год, обчислюємо за відповідною залежністю:

$$L_h = \left(\frac{\sigma_y}{\sigma_{max}}\right)^m \cdot \frac{10^7 \cdot C_u \cdot C_н}{2 \cdot 3600 \cdot v} \quad (2.17)$$

$$L_h = \left(\frac{9}{9{,}88}\right)^8 \cdot \frac{10^7 \cdot 1 \cdot 1}{2 \cdot 3600 \cdot 4{,}9} = 134{,}4 \text{ год}$$

2.8.3 Розрахунок вала для з'єднання шківа з валом муфти насоса

Для забезпечення з'єднання шківа з валом муфти насоса необхідно спроєктувати вал відповідних розмірів і міцності.

Крутний момент, що передається валом, М, Н·м, визначаємо за формулою:

$$\text{М} = \frac{N}{\omega_{дв}} \quad (2.18)$$

$$\omega_{дв} = \frac{\pi \cdot n_{дв}}{30} \quad (2.19)$$

$$\omega_{дв} = \frac{3{,}14 \cdot 1000}{\frac{30}{47}} = 104{,}6 \text{ с}^{-1}$$

$$\text{М} = \frac{2700}{104{,}6} = 25{,}8 \text{ Н·м}$$

Попереднє значення діаметра вала d, мм, визначаємо за відповідною залежністю:

$$d = \sqrt[3]{\frac{\text{М}_н}{0{,}2 \cdot [\tau]}} \quad (2.20)$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{25800}{0{,}2 \cdot 20}} = 18{,}6 \text{ мм}$$

Конструктивно приймаємо діаметр вала під шків ремінної передачі, діаметр вала під підшипники $d_2 = 45$ мм, а діаметр ділянки вала, призначеної для з'єднання з муфтою, — $d_3 = 40$ мм.

Ескіз вала наведено на рисунку 2.10.

У місці встановлення шківа, у перерізі 1, на вал діє зусилля Q від ремінної передачі, яке визначаємо за формулою:

$$\text{М}_u = Q \cdot \alpha \quad (2.21)$$

$$\text{М}_u = 506 \cdot 45 = 22770 \text{ Н·м}$$

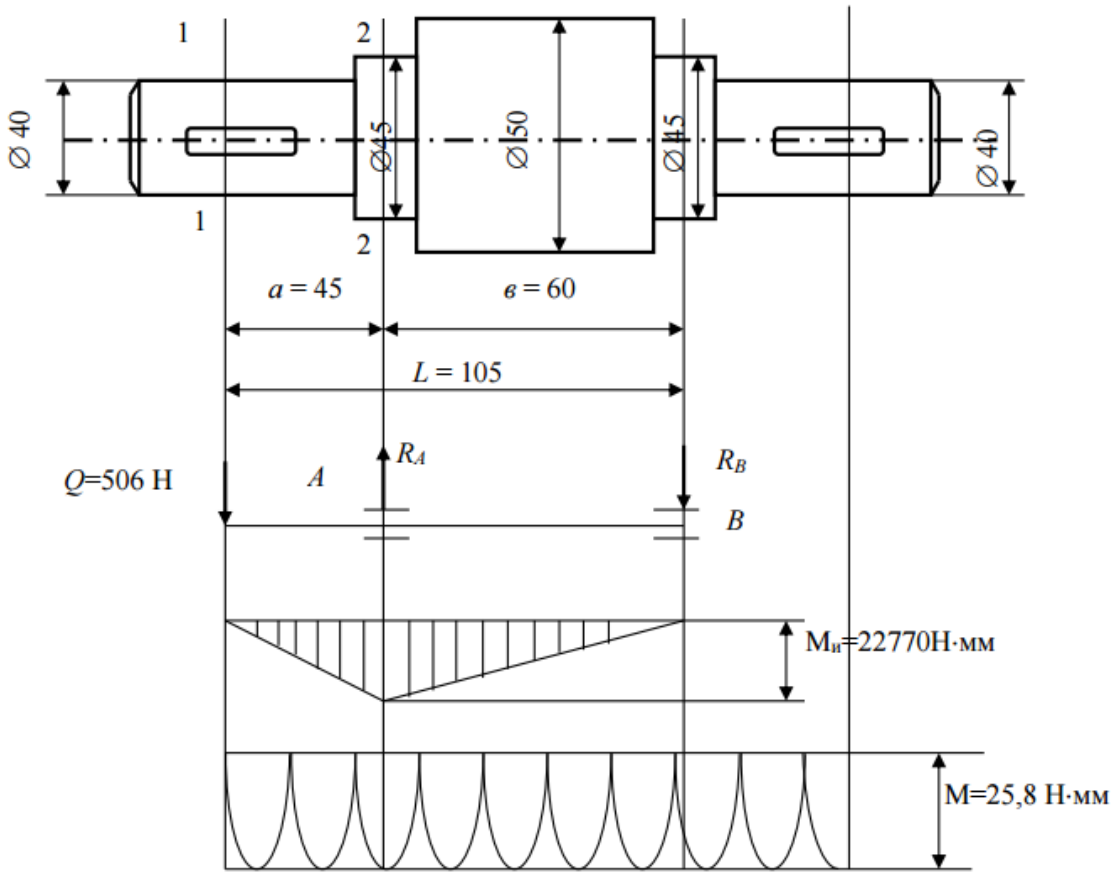


Рисунок 2.10 – Схема вала та епюри моментів

Вал передає крутний момент $M = 25800$ Н·мм.

Найбільш небезпечним є переріз 2-2.

Момент опору для перерізу 2-2 визначаємо за формулою:

$$W_u = \frac{\pi d^2}{32} \tag{2.22}$$

$$W_u = \frac{3{,}14 \cdot 45^2}{16} = 8941$$

Полярний момент перерізу вала обчислюємо за відповідною залежністю:

$$W_n = \frac{\pi d^2}{16} \tag{2.23}$$

$$W_n = \frac{3{,}14 \cdot 45^2}{16} = 17882$$

Амплітуду напруження вигину σ_a, МПа, обчислюємо за відповідним виразом:

$$\sigma_a = \frac{\mathrm{M}_u}{W_u} \tag{2.24}$$

$$\sigma_a = \frac{22770}{8941} = 2{,}54 \text{ МПа}$$

Амплітудну дотичну напругу τ_a, МПа, обчислюємо за відповідною залежністю:

$$\tau_a = \frac{\mathrm{M}_к}{W_n} \tag{2.25}$$

$$\tau_a = \frac{25800}{17882} = 2{,}71 \text{ МПа}$$

Середнє значення напруження циклу при вигині приймаємо рівним $\sigma_m = 0$, а при крученні середня дотична напруга становить $\tau_m = \tau_a = 2{,}71$ МПа.

Далі виконуємо уточнений розрахунок вала. На розглянутій ділянці основним концентратором напружень є посадка підшипника з натягом $к_6$. У зв'язку з цим ефективний коефіцієнт концентрації напружень з урахуванням масштабного чинника при вигині становить $K_\sigma/\varepsilon_\sigma = 2{,}7$, а при крученні $K_\tau/\varepsilon_\tau = 2{,}15$.

Коефіцієнт, що враховує вплив якості обробки поверхні, приймаємо $\beta = 0{,}95$. Коефіцієнт, який враховує асиметрію циклу навантаження, дорівнює $\varphi = 0{,}1$.

Межа витривалості матеріалу вала при вигині становить $\sigma_{-1} = 165$ МПа, а при крученні $\tau_{-1} = 98$ МПа.

Коефіцієнт запасу міцності за напруженням вигину S_σ визначаємо за формулою:

$$S_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_\sigma}{\beta \cdot \varepsilon_\sigma} \cdot \sigma_\alpha} \tag{2.26}$$

$$S_\sigma = \frac{165}{\frac{2{,}15}{0{,}95} \cdot 2{,}54} = 28{,}7$$

Величину коефіцієнта безпеки за дотичними напруженнями S_τ знаходимо за формулою:

$$S_\tau = \frac{\tau_{-1}}{\frac{K_\tau}{\beta \cdot \varepsilon_\tau} \cdot \tau_\alpha + \varphi_\tau \cdot \tau_m} \tag{2.27}$$

$$S_\tau = \frac{98}{\frac{2{,}15}{0{,}95} \cdot 2{,}71 + 0{,}1 \cdot 2{,}71} = 15{,}3$$

Сумарне значення коефіцієнта безпеки в перерізі 2-2обчислюємо за відповідною залежністю:

$$S = \frac{S_\sigma \cdot S_\tau}{\sqrt{S_\sigma^2 + S_\tau^2}} \tag{2.28}$$

$$S = \frac{28{,}7 \cdot 15{,}3}{\sqrt{28{,}7^2 + 15{,}3^2}} = 12{,}9 > [S] = 2{,}5$$

2.8.4 Розрахунок підшипників вала

Суму моментів сил відносно точки В визначаємо за формулою:

$$Q \cdot (a + b) - R_A \cdot \text{в} = 0 \tag{2.29}$$

$$R_A = \frac{Q(a+b)}{\text{в}} \tag{2.30}$$

$$R_A = \frac{506(45+60)}{60} = 885{,}5 \text{ Н}$$

Сума моментів сил щодо опори A обчислюється за таким виразом:

$$R_{\text{в}} \cdot \text{в} - Q \cdot \alpha = 0 \quad (2.31)$$

З отриманих залежностей визначаємо:

$$R_{\text{в}} = \frac{Q \cdot \alpha}{\text{в}} \quad (2.32)$$

$$R_{\text{в}} = \frac{506 \cdot 45}{60} = 378{,}5 \text{ Н}$$

Для контролю правильності визначення реакцій опор використовуємо таку умову:

$$Q + R_{\text{в}} - R_A = 506 + 378{,}5 - 885{,}5 = 0$$

Величину еквівалентного динамічного навантаження P, Н, визначаємо за формулою:

$$P = X \cdot V \cdot F_r \cdot K_\delta \cdot K_{\text{Т}} \quad (2.33)$$

$$P = 1 \cdot 1 \cdot 885{,}5 \cdot 1{,}2 \cdot 1{,}05 = 1115{,}7 \text{ Н}$$

Для встановлення приймаємо радіальний підшипник 309, який має такі основні розміри: внутрішній діаметр $d = 45$ мм, зовнішній діаметр $D = 100$ мм, ширина $B = 25$ мм. Статична вантажопідйомність підшипника становить $C = 37{,}1$ кН, а динамічна вантажопідйомність — $C_0 = 26{,}2$ кН.

Довговічність підшипника L визначаємо за формулою:

$$L = \left(\frac{\text{C}_0}{\text{p}}\right)^{\text{p}} \quad (2.34)$$

$$L = \left(\frac{26200}{1115{,}7}\right)^3 = 12946{,}43 \text{ млн.об}$$

Розрахунковий ресурс підшипника дорівнює $L = 12946{,}43$млн об.

2.9 Дільниця виконання поточного ремонту паливної системи

Модернізація виробничої зони, зокрема дільниці поточного ремонту дизельних двигунів, є важливою умовою підвищення ефективності функціонування автотранспортного підприємства. Під час розроблення проєкту реконструкції необхідно враховувати низку організаційних і технологічних чинників, що впливають на продуктивність праці та якість виконання ремонтних робіт.

Насамперед доцільно провести аналіз наявних планувальних рішень, використовуючи типові проєкти, довідкові джерела та практичний досвід передових підприємств галузі. Такий підхід дає змогу обґрунтувати найбільш раціональне розташування робочих зон, визначити оптимальні маршрути переміщення агрегатів,

підібрати необхідне обладнання та забезпечити належну послідовність технологічних операцій.

Технологічне планування реконструкції повинно здійснюватися відповідно до чинних норм проєктування автотранспортних підприємств. При цьому слід враховувати обсяги поточного ремонту, особливості обслуговування паливної апаратури, рівень оснащення робочих місць та ефективність організації виробничого процесу.

Особливу увагу потрібно приділяти способу доставки агрегатів і вузлів до робочих постів. Переміщення може виконуватися вручну або із застосуванням підйомно-транспортних засобів, що залежить від маси деталей, конструктивних особливостей вузлів та параметрів виробничого приміщення.

Доцільним є впровадження спеціалізованих постів для поточного ремонту системи живлення. Такі пости повинні включати зони приймання та видачі агрегатів і бути укомплектованими необхідним технологічним обладнанням для виконання повного комплексу ремонтних операцій.

Оснащення дільниці спеціалізованим устаткуванням забезпечує можливість виконання всіх передбачених технологічним процесом робіт, що сприяє підвищенню продуктивності праці, покращенню якості ремонту та зменшенню ймовірності пошкодження деталей. Під час реконструкції також обов’язково слід передбачити безпечні умови праці, раціональну організацію робочих місць і економічно обґрунтоване застосування підйомно-транспортних механізмів.

У цілому реконструкція виробничої дільниці повинна бути спрямована на вдосконалення організації робочого процесу, покращення планування виробничого простору та підвищення загальної ефективності ремонтних робіт на підприємстві.

2.9.1 Планувальні рішення розташування обладнання

Технологічне планування виробничої дільниці, призначеної для ремонту агрегатів, потребує раціонального підходу до організації робочого простору. Правильне розміщення технологічного устаткування, підйомно-транспортних засобів і виробничого інвентарю має забезпечувати безперервність ремонтного процесу, зручність виконання операцій та безпечні умови праці.

Обладнання необхідно розташовувати таким чином, щоб максимально ефективно використовувати виробничу площу, забезпечити вільний доступ до робочих місць і створити належні умови для технічного обслуговування та ремонту. При цьому слід

дотримуватися нормативних відстаней між обладнанням, а також між устаткуванням і будівельними конструкціями.

Однією з головних умов є забезпечення безпеки працівників. Відстані між окремими одиницями обладнання повинні бути достатніми для вільного пересування персоналу, транспортування деталей та безпечного використання інструменту й механізмів.

Раціональна організація зберігання деталей, вузлів та матеріалів також має велике значення. Не допускається розміщення агрегатів і деталей безпосередньо на підлозі, оскільки це погіршує умови праці та знижує рівень безпеки. Для впорядкованого зберігання доцільно використовувати стелажі, шафи, контейнери та інші засоби виробничого оснащення.

Під час розроблення планувальних рішень необхідно враховувати вимоги пожежної та вибухопожежної безпеки, а також норми щодо освітлення, санітарно-гігієнічних умов і параметрів зорової роботи. Усі ці вимоги мають бути відображені в кресленнях плану дільниці та у відповідній технічній документації.

До плану розстановки обладнання повинна додаватися специфікація, яка містить повну інформацію про встановлене устаткування, його технічні характеристики, функціональне призначення та місце розташування. Це дозволяє полегшити організацію роботи дільниці та підвищити ефективність використання обладнання у виробничому процесі.

Отже, ретельно продумане планування дільниці ремонту агрегатів дає можливість забезпечити якісне виконання ремонтних операцій, підвищити продуктивність праці та покращити організацію виробничого процесу в цілому.

2.9.2 Площа дільниці ПР паливної апаратури

Під час проєктування виробничої дільниці важливо правильно визначити та розподілити площу між виробничою, допоміжною та адміністративно-побутовою зонами. Такий підхід забезпечує раціональне використання приміщення, створює належні умови праці та сприяє ефективній організації виробничого процесу.

Виробнича площа призначена для безпосереднього виконання технологічних операцій, пов’язаних із монтажем, ремонтом, регулюванням та обслуговуванням вузлів і агрегатів. Її величина визначається з урахуванням габаритів обладнання, необхідних робочих зон навколо нього, а також проходів для переміщення працівників, інструменту та матеріалів. Крім того, у складі виробничої площі необхідно передбачати місця для

розміщення інструментів і матеріалів, що постійно використовуються в процесі ремонту.

Допоміжна площа охоплює приміщення та зони, призначені для зберігання матеріалів, інструменту та обладнання, які не використовуються безперервно, а також технічні приміщення для обслуговування виробничих потреб. Її слід організовувати так, щоб забезпечити зручний доступ до необхідних ресурсів без порушення основного технологічного процесу.

Адміністративно-побутова площа включає службові кабінети, роздягальні, санітарно-побутові приміщення, кімнати відпочинку, а за потреби — медичний пункт та інші допоміжні приміщення. Хоча ця зона не пов’язана безпосередньо з виконанням ремонтних операцій, вона є важливою складовою створення належних умов праці для персоналу.

При загальному плануванні дільниці необхідно враховувати напрямки переміщення працівників, деталей, вузлів і матеріалів, щоб мінімізувати зайві переміщення та уникнути перехрещення потоків. Одночасно слід забезпечити відповідність усіх зон вимогам охорони праці, пожежної безпеки та іншим нормативним документам.

Раціональний розподіл площі виробничої дільниці сприяє створенню безпечного, зручного та ефективного середовища для виконання ремонтних робіт.

Виробничу площу дільниці ремонту системи живлення $F_{\text{діл}}$ визначаємо за формулою:

$$F_{\text{діл}} = F_{\text{об}} \cdot \text{К}_n \tag{2.35}$$

Загальна площа, зайнята технологічним обладнанням, дорівнює $F_{\text{об}} = 12{,}81$ м^2. Значення коефіцієнта переходу для дільниці ремонту двигунів приймаємо на рівні $K_{\text{п}} = 4{,}5$.

$$F_{\text{діл}} = 12{,}81 \cdot 4{,}5 = 27{,}65 \text{ м}^2$$

Розрахункову площу дільниці ремонту двигунів приймаємо:

$$F_{\text{діл}} = 12{,}0 \cdot 6{,}0 = 72 \text{ м}^2$$

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Загальна характеристика умов праці під час ремонту системи живлення

Роботи з технічного обслуговування та ремонту системи живлення вантажних автомобілів належать до робіт підвищеної відповідальності, оскільки пов’язані з використанням паливно-мастильних матеріалів, обертових механізмів, електрообладнання, стисненого повітря, мийних рідин і контрольно-вимірювальних приладів. Організація таких робіт повинна відповідати вимогам правил охорони праці на автомобільному транспорті, які поширюються на підприємства, що здійснюють роботи з технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів [17].

Під час виконання ремонтних операцій працівник може зазнавати впливу таких небезпечних і шкідливих виробничих факторів:

- рухомі частини стенду та привідного механізму;
- можливе розбризкування палива під час перевірки насоса;
- підвищена пожежна небезпека дизельного палива;
- ураження електричним струмом;
- підвищений рівень шуму;
- недостатня освітленість робочої зони;
- забруднення повітря парами палива;
- травмування рук під час демонтажу та встановлення паливної апаратури;
- ковзання через потрапляння палива або мастила на підлогу.

З метою зменшення ризику травмування робоче місце повинно бути обладнане справним інструментом, місцевим освітленням, вентиляцією, засобами пожежогасіння, захисними екранами та пристроями аварійного вимкнення стенду.

3.2 Вимоги безпеки до робочого місця

Робоче місце слюсаря з ремонту паливної апаратури повинно бути організоване так, щоб забезпечити зручність виконання операцій, вільний доступ до стенду, безпечне розміщення інструменту й деталей, а також можливість швидкого вимкнення обладнання в аварійній ситуації [17, 18].

Основні вимоги до робочого місця:

- підлога повинна бути рівною, неслизькою та стійкою до дії паливно-мастильних матеріалів;

– стенд необхідно встановити на міцній основі та надійно закріпити;

– електрообладнання повинно мати захисне заземлення;

– обертові частини приводу мають бути закриті кожухами;

– мірні колби та паливні трубопроводи повинні бути розміщені так, щоб виключити випадкове пошкодження;

– біля стенду необхідно розмістити вогнегасник;

– освітлення робочої зони має забезпечувати чітке спостереження за шкалами приладів;

– проходи біля стенду не можна захаращувати деталями, тарою або інструментом.

Перед початком роботи необхідно перевірити справність стенду, стан електропроводки, наявність заземлення, герметичність паливної системи, справність вимірювальних приладів і наявність засобів індивідуального захисту.

3.3 Безпека під час роботи зі стендом для обкатки паливного насоса

Під час роботи зі стендом оператор повинен дотримуватися встановленої технологічної послідовності. Паливний насос необхідно надійно закріпити на плиті стенду, після чого з’єднати його з приводом через муфту. Забороняється запускати стенд за наявності відкритих обертових частин, несправного кожуха, пошкоджених паливопроводів або підтікання палива [13, 17].

Перед увімкненням стенду необхідно:

– перевірити кріплення паливного насоса;

– переконатися у правильності з’єднання трубопроводів;

– перевірити рівень контрольної рідини в баку;

– переконатися у справності тахометра, манометра та вимикачів;

– прибрати зайві предмети з робочої зони;

– увімкнути вентиляцію.

Під час обкатки насоса забороняється торкатися обертових деталей, підтягувати кріплення на працюючому стенді, відкривати захисний кожух, нахилятися над паливними трубками та виконувати регулювання без використання справного інструменту. У разі появи стороннього шуму, вібрації, підтікання палива або перегрівання електродвигуна стенд необхідно негайно вимкнути.

Після завершення роботи потрібно вимкнути електроживлення, перекрити подачу

палива, злити залишки контрольної рідини у спеціальну тару, протерти робоче місце та прибрати інструмент.

3.4 Засоби індивідуального захисту

Працівник, який виконує ремонт і регулювання паливної апаратури, повинен використовувати засоби індивідуального захисту. До них належать спецодяг, захисні окуляри, рукавиці, взуття з неслизькою підошвою, а за потреби — засоби захисту органів дихання.

Захисні окуляри необхідні для запобігання потраплянню палива або контрольної рідини в очі. Рукавиці захищають руки від механічних пошкоджень і контакту з паливом. Спецодяг не повинен мати вільно звисаючих частин, які можуть потрапити в обертові елементи стенду.

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Обґрунтування економічної доцільності розробки стенду

Економічна ефективність удосконалення технологічного процесу технічного обслуговування та ремонту системи живлення вантажних автомобілів визначається зменшенням трудомісткості ремонтних робіт, скороченням простою автомобілів, підвищенням якості ремонту паливного насоса та зменшенням кількості повторних регулювань. Використання стенду для обкатки паливного насоса дає змогу перевіряти насос до встановлення на двигун, що зменшує ймовірність повторного демонтажу та додаткових витрат [13, 14, 16].

Для економічної оцінки приймаємо такі вихідні дані.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для економічного розрахунку

Показник	Позначення	Значення
Річна кількість паливних насосів, що ремонтуються	N	120 шт.
Трудомісткість перевірки без стенду	T_1	3,2 люд.-год
Трудомісткість перевірки зі стендом	T_2	1,8 люд.-год
Годинна тарифна ставка слюсаря	$\mathrm{C}_\mathrm{г}$	95 грн/год
Додаткові нарахування на заробітну плату	$\mathrm{K}_\mathrm{н}$	1,22
Вартість матеріалів для виготовлення стенду	$\mathrm{C}_\mathrm{м}$	8500 грн
Вартість комплектуючих	$\mathrm{C}_\mathrm{к}$	14200 грн
Вартість електрообладнання	$\mathrm{C}_\mathrm{е}$	6800 грн
Інші витрати	$\mathrm{C}_\mathrm{ін}$	3500 грн
Нормативний коефіцієнт додаткових витрат	$\mathrm{K}_\mathrm{д}$	1,15

4.2 Розрахунок трудових витрат

Економія трудомісткості на одному паливному насосі визначається за формулою:

$$\Delta \mathrm{T} = \mathrm{T}_1 - \mathrm{T}_2 \tag{4.1}$$

$$\Delta \mathrm{T} = 3{,}2 - 1{,}8 = 1{,}4 \text{ люд.-год}$$

Річна економія трудомісткості:

$$\mathrm{T}_{\text{ек}} = \Delta \mathrm{T} \cdot N \tag{4.2}$$

Отже, застосування стенду дозволяє скоротити трудові витрати на 168 люд.-год за

рік.

4.3 Розрахунок економії заробітної плати

Економія заробітної плати визначається за формулою:

$$Е_{зп} = Т_{ек} \cdot С_{г} \cdot К_{н} \quad (4.3)$$

$$Е_{зп} = 168 \cdot 95 \cdot 1{,}22 = 19471{,}2 \text{ грн}$$

4.4 Розрахунок вартості виготовлення стенду

Загальна вартість виготовлення стенду визначається за формулою:

$$С_{ст} = (С_{м} + С_{к} + С_{е} + С_{ін})К_{д} \quad (4.4)$$

$$С_{ст} = (8500 + 14200 + 6800 + 3500)1{,}15 = 37950 \text{ грн}$$

Таблиця 4.2 – Кошторис виготовлення стенду

Стаття витрат	Сума, грн
Матеріали для рами та кріплень	8500
Комплектуючі елементи	14200
Електродвигун, пускова апаратура, кабелі	6800
Інші витрати	3500
Разом без додаткових витрат	33000
Загальна вартість з коефіцієнтом 1,15	37950

4.5 Розрахунок строку окупності

Строк окупності визначається за формулою:

$$Т_{ок} = \frac{С_{ст}}{Е_{річ}} \quad (4.5)$$

Річний економічний ефект приймаємо як суму економії заробітної плати та умовної економії від зменшення повторних ремонтів. Якщо умовна економія від зменшення повторних робіт становить 15000 грн на рік, тоді:

$$Е_{річ} = 19471{,}2 + 15000 = 34471{,}2 \text{ грн}$$

Отже, строк окупності стенду становить приблизно 1,1 року, що підтверджує економічну доцільність його впровадження.

4.6 Порівняння трудомісткості робіт до та після впровадження стенду

Таблиця 4.3 – Порівняння трудомісткості перевірки паливного насоса

Показник	До впровадження стенду	Після впровадження стенду	Економія
Трудомісткість на один насос, люд.-год	3,2	1,8	1,4
Річна	384	216	168

трудомісткість, люд.-год			
Витрати на оплату праці, грн	44505,6	25034,4	19471,2

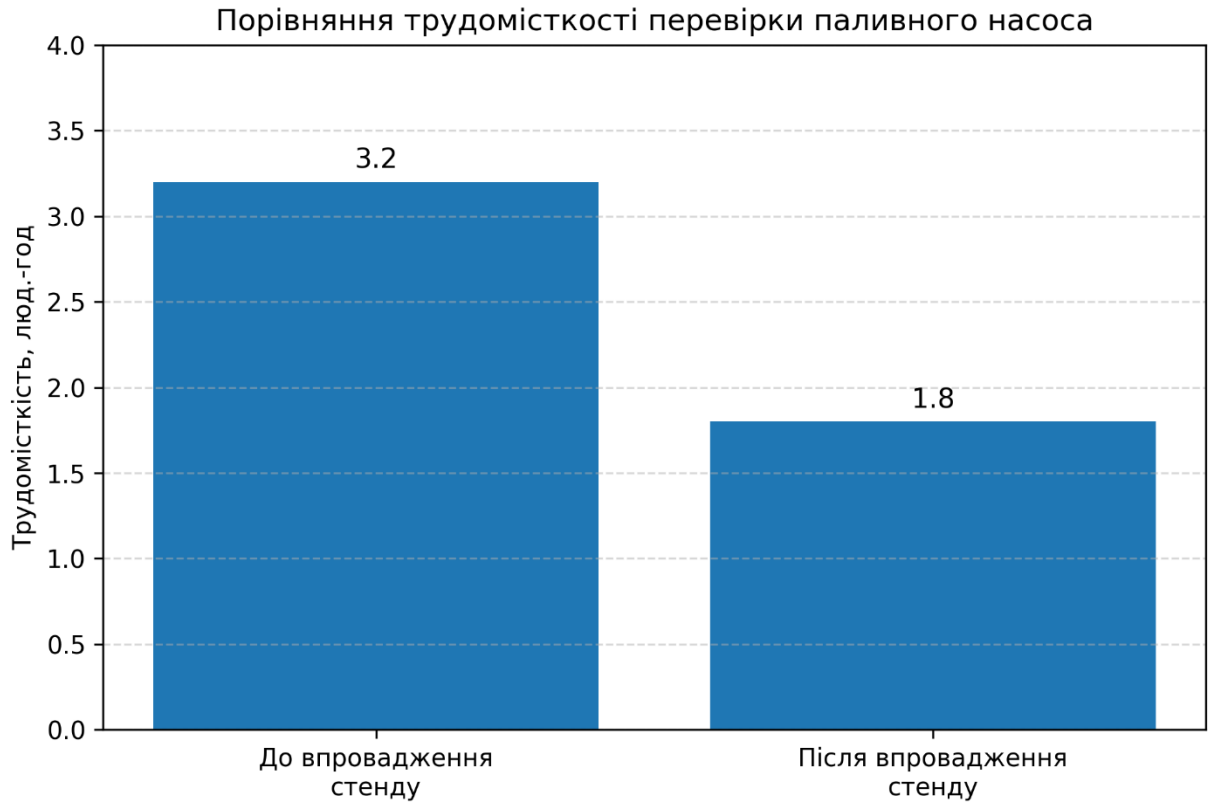


Рисунок 4.1 – Порівняння трудомісткості перевірки паливного насоса

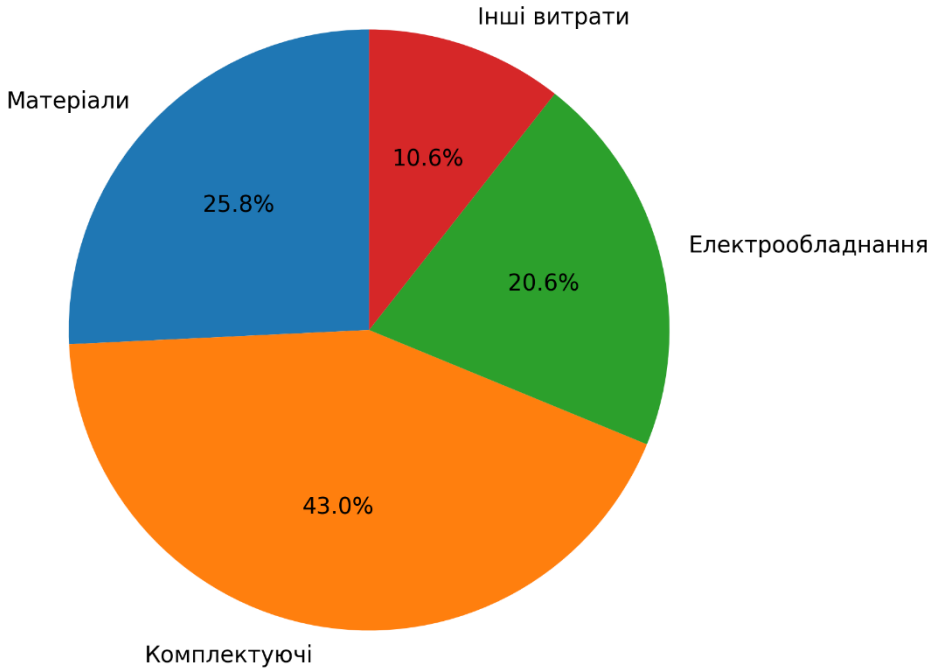


Рисунок 4.2 – Структура витрат на виготовлення стенду

ВИСНОВОК

На підставі виконаної кваліфікаційної роботи бакалавра можна зробити висновок, що проведене дослідження має практичне значення для вдосконалення технічного обслуговування та ремонту автомобілів КрАЗ-6437. У ході роботи було проаналізовано технічні характеристики автомобіля та основні показники роботи двигуна, що дало можливість краще оцінити його експлуатаційні властивості, динамічні можливості та паливну економічність. Дослідження взаємозв’язку між потужністю, крутним моментом і частотою обертання вала двигуна дозволило глибше охарактеризувати особливості функціонування силового агрегату в різних режимах роботи.

У процесі виконання роботи було здійснено розрахунок виробничої програми дільниці поточного ремонту, що дало змогу обґрунтувати організацію ремонтних робіт, визначити необхідний обсяг виробничих операцій та підвищити ефективність використання наявних ресурсів. Значну увагу приділено розробці технологічного процесу поточного ремонту паливного насоса високого тиску, оскільки якісне виконання таких робіт безпосередньо впливає на надійність функціонування паливної системи та загальну працездатність автомобіля.

Важливою складовою роботи стало технічне вдосконалення і реконструкція дільниці поточного ремонту. Запропоновані рішення спрямовані на поліпшення організації виробничого процесу, підвищення продуктивності праці, створення більш сприятливих умов для персоналу та забезпечення відповідності сучасним вимогам до ремонтного виробництва.

Окрему увагу було приділено питанням безпеки життєдіяльності та охорони праці. Це має важливе значення для створення безпечного виробничого середовища, запобігання травматизму та підтримання належних умов праці працівників.

Отже, виконана кваліфікаційна робота підтверджує доцільність комплексного підходу до організації технічного обслуговування і ремонту автотранспортних засобів. Отримані результати свідчать про важливість модернізації виробничих дільниць, удосконалення технології ремонту та дотримання вимог охорони праці для підвищення ефективності роботи автотранспортного підприємства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автомобілі. Технічна експлуатація : навч. посіб. / В. П. Волков, В. М. Кужель, В. П. Матейчик та ін. Харків : ХНАДУ, 2020. 356 с.

2. Технічна експлуатація автомобілів : підручник / за ред. В. М. Сидоренка. Київ : Каравела, 2019. 432 с.

3. Канарчук В. Є., Лудченко О. А., Чигринець А. Д. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Київ : Вища школа, 2018. 352 с.

4. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів : підручник. Київ : Знання-Прес, 2017. 478 с.

5. Паливна апаратура дизельних двигунів : навч. посіб. / І. М. Бендера, С. М. Грушецький, В. В. Адамчук. Кам’янець-Подільський : ФОП Сисин Я. І., 2020. 244 с.

6. ДСТУ 3649:2010. Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання. Київ : Держспоживстандарт України, 2011. 28 с.

7. ДСТУ 4276:2004. Норми і методи вимірювання димності відпрацьованих газів автомобілів з дизелями або газодизелями. Київ : Держспоживстандарт України, 2004. 18 с.

8. Двигуни внутрішнього згоряння : навч. посіб. / А. П. Марченко, М. К. Рязанцев, А. Ф. Шеховцов. Харків : НТУ «ХПІ», 2019. 360 с.

9. Bosch R. Diesel-Engine Management. 5th ed. Hoboken : Wiley, 2014. 520 p.

10. Heywood J. B. Internal Combustion Engine Fundamentals. 2nd ed. New York : McGraw-Hill Education, 2018. 1056 p.

11. Stone R. Introduction to Internal Combustion Engines. 4th ed. London : Palgrave Macmillan, 2012. 516 p.

12. Pulkrabek W. W. Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine. 2nd ed. Upper Saddle River : Pearson, 2014. 504 p.

13. ISO 4008-1:2017. Road vehicles — Fuel injection pump testing — Part 1: Dynamic conditions. Geneva : International Organization for Standardization, 2017.

14. ISO 4008-2:2017. Road vehicles — Fuel injection pump testing — Part 2: Static conditions. Geneva : International Organization for Standardization, 2017.

15. Diesel Fuel Injection Pumps, DPA, DP200, DPS, EPIC, DPC, DPCN. Service Manual. Delphi Technologies, 2019. 286 p.

16. Bosch Automotive Handbook. 10th ed. Hoboken : Wiley, 2018. 1750 p.

17. НПАОП 0.00-1.62-12. Правила охорони праці на автомобільному транспорті :

наказ МНС України від 09.07.2012 № 964. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/z1299-12 (дата звернення: 29.04.2026).

18. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-XII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12 (дата звернення: 29.04.2026).

19. Правила пожежної безпеки в Україні : наказ МВС України від 30.12.2014 № 1417. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15 (дата звернення: 29.04.2026).

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