

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАРА

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Підвищення надійності дизельного двигуна ЯМЗ-236 з відновленням
деталей паливної апаратури

Виконав: студент 4 курсу, групи МА-41
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Дмитро
ТИШКОВЕЦЬ
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Роман ХОРОШУН
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Марія СПРАВСЬКА
(підпис) (прізвище та ініціали)

Зав. кафедри Олег ЦЬОНЬ
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Олег ЦЬОНЬ
(підпис) (прізвище та ініціали)
«24» січня 2025 р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)
студенту Тишковця Дмитра Миколайовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення надійності дизельного двигуна ЯМЗ-236 з відновленням деталей паливної апаратури

Керівник роботи Хорошун Роман Васильович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 24 » січня 2025 року № 4/7-46
2. Термін подання студентом завершеної роботи 09 червня 2025
3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес

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

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Несправності системи живлення дизельного двигуна – 1А1;
Технологічні карти – 1А1;
Стенд для притирання плунжерних пар – 1А1;
Виконавчий механізм притирання плунжерних пар – 1А1;
Проект ділянки діагностування системи живлення – 1А1;

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.	к.т.н. доц. Сенчишин В.С.		

7. Дата видачі завдання 24.січня 2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	04.02.2025	
2	Технологічний розділ	04.06.2025	
3	Конструкторський розділ	09.06.2025	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	13.06.2025	
5	Оформлення графічної частини	17.06.2025	
6	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра	25.06.2025	

Студент

(підпис)

Тишковець Дмитро Миколайович

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Хорошун Роман Васильович

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему: «Підвищення надійності дизельного двигуна ЯМЗ-236 з відновленням деталей паливної апаратури».

Робота виконана на кафедрі автомобілів Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра Хорошун Роман Васильович.

Пояснювальна записка складається з п'яти розділів і 55 сторінок формату А4 та 6 аркушів формату А1 графічної частини сторінок додатків.

Ключові слова: ремонт, зношування, ресурс, надійність, технічне обслуговування.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	7
1.1 Конструктивні особливості та умови експлуатації паливної системи двигуна ЯМЗ-236.....	7
1.2 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу бакалавра....	16
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	17
2.1 Типові відмови паливної системи дизельного двигуна.....	17
2.2 Обґрунтування вибору технологічного оснащення та засобів контролю...	20
2.3 Підвищення ефективності роботи паливної системи дизельного двигуна шляхом застосування функціональних присадок.....	24
2.4 Методика застосування присадок у системах живлення дизельних двигунів.....	26
2.5 Перспективи застосування етилового спирту як присадки до дизельного палива.....	31
2.6 Технологічний процес відновлення деталей паливної апаратури двигуна ЯМЗ-236.....	34
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	39
3.1 Призначення та вимоги до параметрів.....	39
3.2 Аналіз сучасних варіантів конструкцій затискних пристроїв.....	39
3.3 Розробка конструкції універсального пристосування для обслуговування паливної апаратури.....	41
3.4 Оцінка конструктивних параметрів.....	42
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	48
4.1 Організаційні заходи щодо забезпечення безпечних умов праці.....	48
4.2 Протипожежні заходи.....	51
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	53
БІБЛІОГРАФІЯ.....	54
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Дизельні двигуни широко застосовуються у вантажному, сільськогосподарському та спеціальному транспорті завдяки високій економічності, надійності та значному моторесурсу. Одним із таких двигунів є ЯМЗ-236 – шестициліндровий V-подібний дизельний силовий агрегат, який уже десятиліттями успішно експлуатується в автомобілях сімейства КрАЗ, Урал, МАЗ та інших видах техніки. Проте, за умов тривалої експлуатації у важких режимах, істотно підвищується ймовірність зносу та виходу з ладу елементів паливної апаратури, що призводить до зниження потужності, погіршення паливної економічності й екологічних характеристик двигуна.

У сучасних умовах підвищення надійності дизельних двигунів неможливе без удосконалення процесів технічного обслуговування та впровадження ефективних методів ремонту зношених елементів. Важливу роль у забезпеченні стабільної роботи двигуна відіграє своєчасне відновлення деталей паливної апаратури – паливних насосів високого тиску, плунжерних пар, форсунок тощо. Саме ці компоненти визначають якість подачі палива, точність дозування та рівномірність розпилення, що безпосередньо впливає на показники роботи двигуна.

Метою даної кваліфікаційної роботи є аналіз конструктивних і експлуатаційних особливостей паливної апаратури дизельного двигуна ЯМЗ-236, виявлення основних причин зниження її надійності та розробка технологічних заходів з відновлення зношених деталей. Реалізація таких заходів дозволить збільшити ресурс двигуна, знизити витрати на його обслуговування та підвищити ефективність експлуатації транспортних засобів у цілому.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Конструктивні особливості та умови експлуатації паливної системи двигуна ЯМЗ-236

Паливна система дизельного двигуна ЯМЗ-236 являє собою сукупність функціональних елементів і вузлів, призначених для зберігання, очищення, подачі палива до циліндрів, забезпечення згоряння паливно-повітряної суміші та виведення продуктів згоряння з робочої зони. Вона також виконує регулювання кількості палива відповідно до змін навантаження та режимів роботи силового агрегату.

Заправка дизельного палива здійснюється через заливну горловину, оснащену металевим сітчастим фільтром, який затримує великі механічні забруднення. Об'єм пального в баку визначається вручну за допомогою вимірювальної лінійки. У нижній частині паливного бака розміщується дренажний кран, що слугує для видалення осаду та води, які накопичуються під час експлуатації. У верхній зоні бака встановлений запірний вентиль з паливозабірником, який слугує початковою ланкою у системі подачі пального.

Паливо через забірник надходить по магістралі до фільтра грубого очищення, де відбувається відділення води та значних механічних домішок. Після цього очищене пальне транспортується до підкачувального насоса, який створює тиск приблизно 0,17 МПа (1,7 кгс/см²), подаючи його далі до фільтра тонкої очистки. Останній етап фільтрації гарантує подачу пального з високим ступенем чистоти, що є критично важливим для ефективної та безвідмовної роботи паливної апаратури і двигуна в цілому.

Очищене паливо з фільтра тонкої очистки надходить по відповідному паливопроводу до паливного насоса високого тиску (ПНВТ), який здійснює його подачу під тиском до інжекторів. Через систему високонапірних магістралей паливо спрямовується до форсунок, де під тиском приблизно 12,5 МПа (125 кгс/см²) воно впорскується безпосередньо в камери згоряння циліндрів наприкінці такту стискання.

У результаті тонкого розпилення пального, що забезпечується конструкцією форсунок, досягається ефективне змішування з нагрітим стисненим повітрям. Це сприяє своєчасному самозайманню паливно-повітряної суміші, що є характерною ознакою роботи дизельного двигуна. Процес горіння супроводжується вивільненням теплової енергії, яка перетворюється в механічну роботу.

Після завершення такту робочого ходу, у момент відкриття випускних клапанів, відпрацьовані гази спрямовуються з циліндрів у випускний колектор, звідки далі виводяться в атмосферу через випускну систему, включаючи глушник та вихлопну трубу.

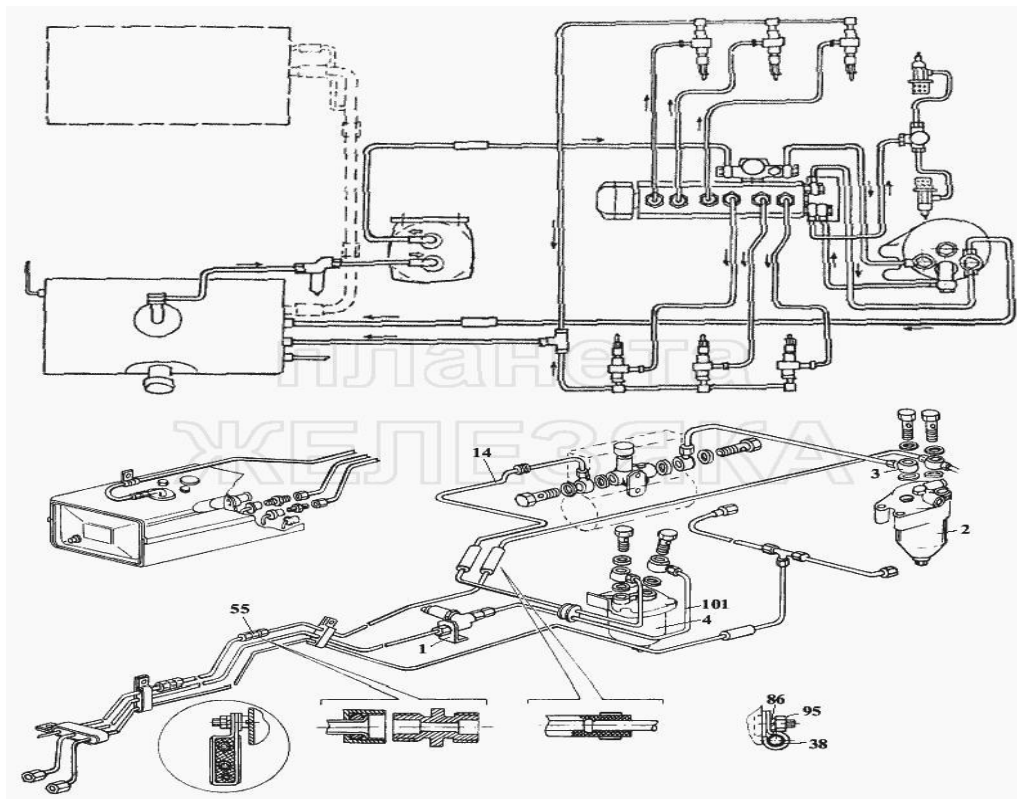


Рис. 1.1. Схематична структура паливної системи двигуна ЯМЗ-236.

Обсяг палива, який подається паливним насосом високого тиску (ПНВТ) до форсунок, регулюється як вручну, так і автоматично – за допомогою всережимного регулятора, що забезпечує оптимальну подачу пального відповідно до навантаження та режиму роботи двигуна. Надлишкова кількість палива, що нагнітається підкачувальним насосом у напрямку до ПНВТ, по

зворотному паливопроводу повертається до вхідної сторони системи, що дозволяє уникнути надмірного тиску у магістралях низького тиску.

Паливо, яке проникає крізь мікрозазори у вузлах форсунки внаслідок конструктивної необхідності для змащення, направляється по дренажних трубках до фільтра тонкої очистки або повертається в паливний бак, залежно від схеми зворотного зливу. Це дозволяє запобігти втратам пального та підвищити ресурс елементів паливної системи.

Повітря, що надходить до камер згоряння, попередньо проходить фільтрацію в повітроочиснику, завдяки чому забезпечується видалення пилу та інших забруднювальних частинок, що можуть викликати абразивний знос циліндро-поршневої групи.

ПНВТ подає точно дозовану порцію пального в кожен циліндр у суворо визначені моменти робочого циклу. У конструкції ЯМЗ-236 паливний насос розміщено між блоками правого та лівого рядів циліндрів. Його приводний вал обертається за допомогою зубчастої передачі, що зв'язує його з розподільним валом двигуна. Частота обертання вала насоса становить половину частоти обертання колінчастого вала. Таким чином, за два оберти колінчастого вала, що відповідають одному повному циклу роботи чотиритактного двигуна, вал насоса здійснює один оберт і забезпечує подачу палива в усі циліндри відповідно до порядку роботи.

У конструкції паливного насоса високого тиску (ПНВТ) привідний кулачковий вал розміщується всередині корпусу та обертається в опорах, виконаних у вигляді кулькових підшипників, а в модернізованих версіях – на роликових, що підвищує зносостійкість і довговічність вузла.

Кожен кулачок вала забезпечує привід окремої секції насоса, яка виконує функцію одноплунжерного насоса високого тиску для подачі палива до одного циліндра. Така секція включає в себе гільзу, плунжер, нагнітальний клапан і штовхач з роликом. Плунжер вільно переміщується вздовж осі гільзи у вертикальному напрямку. На нижньому торці плунжера передбачена проточка для встановлення опорної шайби пружини. Верхній кінець пружини через шайбу впирається в головку корпусу насоса, забезпечуючи постійний контакт

між плунжером та регулювальним гвинтом штовхача. Водночас ролик штовхача щільно притискається до поверхні кулачка.

У процесі обертання вала, при наближенні виступу кулачка до штовхача, останній підіймається, стискаючи пружину та здійснюючи підйом плунжера, що спричиняє нагнітання палива. Після проходження виступу кулачка під роликом, дія пружини повертає штовхач і плунжер у нижнє положення, відновлюючи їх початковий стан.

Таким чином, у процесі роботи дизельного двигуна плунжер кожної секції здійснює безперервний зворотно-поступальний рух, що є основою для дозованої подачі палива під високим тиском у відповідні циліндри.

Кулачки, розміщені на кулачковому валу паливного насоса високого тиску, орієнтовані таким чином, щоб кожна секція здійснювала впорскування палива у відповідності до встановленої послідовності роботи циліндрів дизельного двигуна. Така конфігурація забезпечує синхронізацію подачі пального з тактами робочого циклу кожного циліндра.

Привід вала насоса здійснюється через відцентрову муфту автоматичного регулювання кута випередження впорскування палива, яка встановлена між приводним валом і валом ПНВТ. Зі збільшенням частоти обертання колінчастого вала дизеля ця муфта автоматично змінює фазу впорскування пального, збільшуючи кут випередження для забезпечення ефективного згоряння суміші при високих обертах. За принципом дії дана система є аналогічною відцентровим механізмам випередження запалювання, які застосовуються у бензинових двигунах з карбюраторним живленням.

На тильному кінці вала паливного насоса змонтована зубчаста шестерня, що передає обертальний момент на вал, розташований у корпусі всережимного регулятора частоти обертання. Цей регулятор забезпечує підтримання заданої частоти обертання колінчастого вала, яку водій встановлює за допомогою педалі подачі палива. Крім того, регулятор виконує функцію обмеження максимальної частоти обертання двигуна, не допускаючи перевищення допустимого діапазону, який для ЯМЗ-236 становить 2250–2275 об/хв.

Масило елементів паливного насоса високого тиску здійснюється роздільно залежно від типу деталей. Так, підшипникові опори, кулачки

привідного вала, штовхачі та деталі всережимного регулятора змащуються моторним мастилом, яке заливається безпосередньо в корпуси паливного насоса та регуляторного механізму. У той час як плунжерні пари секцій насоса мають внутрішнє мастило за рахунок самого дизельного палива, яке виконує функцію не лише енергоносія, а й охолоджувача та змащувального середовища для високоточних пар тертя.

Керування подачею палива відбувається з кабіни водія через систему важелів і тяг, які передають зусилля з педалі акселератора на важіль регулятора. Регулятор, у свою чергу, змінює положення рейки, яка синхронно керує об'ємом подачі палива всіма плунжерними парами. Зупинка дизельного двигуна здійснюється натисканням на кнопку, пов'язану тросовим приводом із скобою відключення. При витягуванні кнопки скоба повертається вниз, приводячи в дію механізм обмеження подачі. Через важільний механізм регулятора рейка зсувається до крайнього положення, що відповідає нульовій подачі пального. У результаті цього впорскування палива припиняється в усіх секціях насоса, і двигун зупиняється.

Що стосується паливного насоса високого тиску, встановленого на дизельному двигуні, то він функціонує за аналогічним принципом, що і насос типу ЯМЗ-236. Основна відмінність полягає у кількості секцій – насос має вісім секцій, які розташовані у корпусі V-подібної форми, по чотири секції в кожному ряді, розташованих під кутом 90° один до одного.

У верхній частині плунжера передбачені два отвори – осьовий та радіальний, які, перебуваючи в робочому положенні всередині гільзи, сполучають надплунжерний простір із парою спіральних канавок, сформованих на бічній поверхні плунжера шляхом профілювання. Таке конструктивне рішення забезпечує контрольований обмін палива між внутрішніми порожнинами під час різних фаз руху плунжера.

У момент, коли плунжер опускається вниз, об'єм надплунжерного простору, а також канали плунжера й самі спіральні канавки, заповнюються паливом. Пальне надходить у гільзу з відповідного каналу в корпусі паливного насоса через впускний отвір. На початковому етапі підйому плунжер витісняє

паливо назад у канал, однак як тільки край плунжера перекриває впускний отвір у гільзі, надплунжерний простір перетворюється на герметичну камеру.

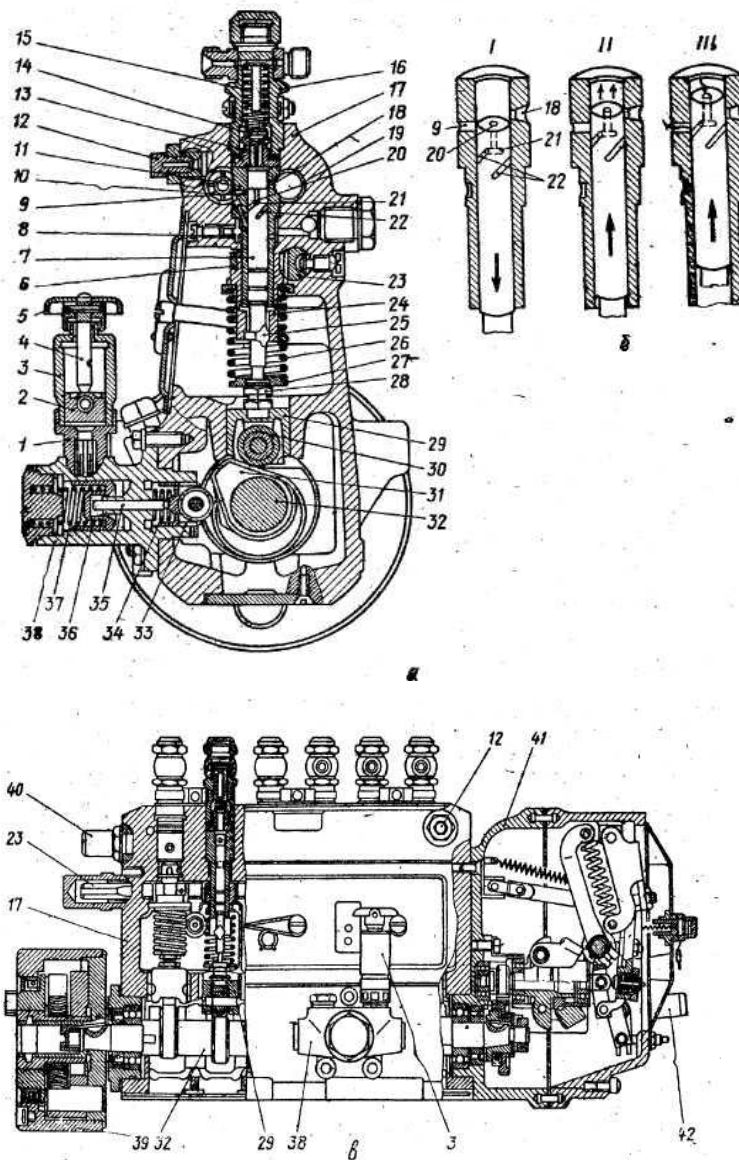


Рис. 1.1. Конструктивна будова паливного насоса високого тиску:

а – поперечний переріз агрегату; б – функціональна схема дії однієї секції насоса; в – поздовжній переріз вузла.

1 – корпус ручного підкачувального насоса; 2 – плунжер ручного підкачування; 3 – циліндрична камера; 4 – шток передачі зусилля; 5 – рукоятка ручного підкачування; 6 – зубчастий вінець для взаємодії з рейкою; 7 – плунжер робочої секції; 8 – гвинт фіксації гільзи; 9, 18 – перепускний і впускний отвори гільзи; 10, 19 – внутрішні паливні канали; 11 – гільза плунжерної пари; 12 – вентиль для видалення повітря з системи; 13 – посадкове місце нагнітального клапана; 14 – зворотний клапан нагнітання; 15 – пружинний елемент клапана; 16 – штуцер високого тиску для з'єднання з паливопроводом; 17 – основний корпус

паливного насоса; 20, 21 – відповідно осьовий і радіальний отвори плунжера; 22 – спіральні канавки для регулювання циклової подачі палива; 23 – зубчаста рейка регулювання об'єму подачі; 24 – поворотна втулка плунжера; 25 – виступ (поводок) для взаємодії з штовхачем; 26 – пружина зворотного ходу плунжера; 27 – опорна шайба для пружини; 28 – регулювальний гвинт установки ходу; 29 – штовхач приводу секції; 30 – ролик штовхача, що контактує з кулачком; 31 – кулачок привідного вала; 32 – вал паливного насоса; 33 – штовхач підкачувального вузла; 34 – зворотна пружина штовхача підкачування; 35 – шток передачі зусилля у підкачувальному насосі; 36 – поршень підкачувального насоса; 37 – пружина поршня; 38 – корпус підкачувального насоса; 39 – муфта автоматичного регулювання кута випередження впорскування; 40 – ковпак перепускного клапана; 41 – корпус відцентрового регулятора частоти обертання; 42 – скоба механізму аварійної зупинки двигуна.

Подальший рух плунжера вгору спричиняє стрімке зростання тиску в замкнутому об'ємі над плунжером. Коли тиск досягає критичного значення, спрацьовує нагнітальний клапан, у результаті чого відбувається впорскування палива через паливопровід високого тиску до форсунки, а звідти – безпосередньо в камеру згоряння циліндра дизеля.

Процес нагнітання пального триває доти, доки верхній край лівої спіральної канавки на плунжері не досягне рівня перепускного отвору в гільзі. У цей момент встановлюється гідравлічне з'єднання надплунжерного простору з каналом у корпусі насоса через внутрішні отвори плунжера та спіральну канавку. Внаслідок цього тиск у надплунжерній камері миттєво знижується, нагнітальний клапан зачиняється, і подача пального до форсунки припиняється.

Об'єм палива, який подається в циліндр протягом одного циклу, регулюється поворотом плунжера навколо його осі. Такий поворот змінює момент закінчення подачі при фіксованому моменті її початку. Якщо обертати плунжер за годинниковою стрілкою (при спостереженні зверху), то край спіральної канавки раніше перетне перепускний отвір у гільзі, внаслідок чого подача палива припиниться раніше, і циклова доза зменшиться.

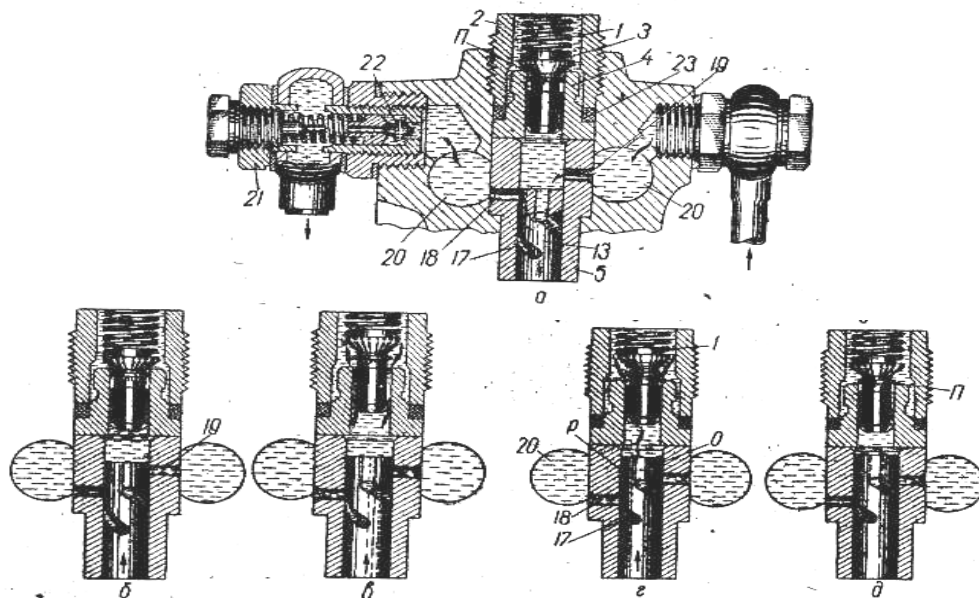


Рис. 1.3. Принципова схема функціонування секції паливного насоса високого тиску:

а – стадія заповнення надплунжерного об'єму паливом, що надходить через впускний отвір у гільзі з корпусного каналу насоса; б – момент перекриття впускного отвору плунжером, що знаменує завершення фази наповнення і перехід до стискання пального; в – етап активного впорскування: унаслідок подальшого ходу плунжера вгору створюється високий тиск, який відкриває нагнітальний клапан і забезпечує подачу пального через паливопровід до форсунки; г – фаза початку відкриття перепускного отвору гільзи – тиск у надплунжерному об'ємі починає спадати; д – завершальний етап: перепуск палива через перепускний канал із подальшим скиданням тиску в магістралі високого тиску, що забезпечує розвантаження системи після завершення циклу впорскування. 1, 2, 3, 5, 13, 17, 18, 19 – складові компоненти конструкції секції плунжера відповідно до схеми; 20 – П-подібний перепускний канал, що з'єднує простір плунжерної пари з системою розвантаження; 21 – штуцер із вбудованим перепускним клапаном, який забезпечує контроль зворотного тиску; 22 – запірний клапан системи розвантаження; 23 – ущільнювальна прокладка, що гарантує герметичність з'єднання.

У разі повороту плунжера настільки, що його радіальний канал збігається з перепускним отвором гільзи вже на початку ходу, подача палива припиняється повністю – система переходить у режим нульової подачі. Якщо ж плунжер обертати проти годинникової стрілки, край канавки буде перетинати

отвір пізніше, що призведе до збільшення тривалості нагнітання й, відповідно, об'єму поданого пального.

Для здійснення обертального руху плунжера в плунжерно-гільзовій парі передбачено зубчасту рейку, що взаємодіє з поворотною втулкою, встановленою на гільзу. Зубчастий вінець цієї втулки перебуває у постійному зачепленні з рейкою. Передача керувального імпульсу на рейку здійснюється через систему важелів від педалі подачі пального, яка розташована в кабіні водія, та зв'язана з регулятором частоти обертання колінчастого вала двигуна.

При лінійному переміщенні рейки вздовж її осі, зубчасте зачеплення змушує поворотну втулку обертатися. Обертальний момент передається на плунжер за допомогою виступів (поясів), виконаних на його нижній частині, що забезпечує одночасне та синхронне обертання всіх плунжерів паливного насоса на однаковий кут. Такий механізм реалізує узгоджену зміну циклової подачі палива в кожній секції відповідно до положення педалі керування.

Гільзи усіх шести робочих секцій встановлені в єдиному литому корпусі насоса й фіксуються за допомогою гвинтових з'єднань. Зверху в корпус укручуються штуцери, що виконують подвійну функцію – притискають сидла нагнітальних клапанів до верхніх торців гільз і слугують приєднувальними елементами для паливопроводів високого тиску. Через ці паливопроводи здійснюється подача пального до форсунок відповідних циліндрів.

Конструктивно рядні паливні насоси мають схожий принцип побудови. Їхня кількість секцій завжди відповідає числу циліндрів двигуна, на якому встановлено конкретний насос, що забезпечує індивідуальну подачу палива в кожну камеру згоряння.

Паливні насоси високого тиску (ПНВТ) за конструктивною ознакою класифікують на багатоплунжерні (рядного типу) та розподільчі. У багатоплунжерних насосах кожна секція призначена для індивідуального циліндра двигуна і розташована в загальному корпусі, утворюючи єдину систему подачі палива. Кожна з таких секцій виконує впорскування безпосередньо до відповідного циліндра через окрему форсунку.

Розподільчі насоси, навпаки, мають одну робочу секцію, яка здійснює як нагнітання, так і розподіл пального між усіма циліндрами або групами

циліндрів двигуна. За принципом організації розподілу палива розподільчі насоси поділяються на плунжерного та роторного типів. У плунжерних варіантах функцію розподілу виконує сам плунжер, що рухається як поступально, так і обертово, реалізуючи дозування й розподіл пального. У роторних конструкціях плунжери вбудовані в ротор, що обертається навколо своєї осі, забезпечуючи почергове подання палива до кожного циліндра.

Щодо механізмів приводу, у плунжерних системах найчастіше застосовується кулачковий профіль зовнішнього або торцевого типу, який забезпечує необхідну кінематику плунжерного вузла. Для роторних насосів характерним є використання внутрішнього кулачкового профілю, що дозволяє реалізувати компактний і ефективний приводний механізм з високим ступенем синхронізації обертального руху.

1.2 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу бакалавра

Розробити техніко-технологічне обґрунтування та конструктивне рішення, спрямоване на підвищення ефективності та надійності роботи паливної системи дизельного двигуна шляхом аналізу типових відмов, вибору сучасних засобів контролю та впровадження функціональних присадок. Визначити перспективність використання етилового спирту як добавки до дизельного палива, розробити методику його застосування.

Дослідити технологію відновлення вузлів паливної апаратури двигуна ЯМЗ-236, розглянути сучасні конструкції затискних пристроїв, розробити універсальне пристосування для обслуговування ПНВТ, провести його розрахунок, моделювання та оцінку технічних параметрів.

Забезпечити дотримання вимог безпеки життєдіяльності та охорони праці, розробивши відповідні організаційні й протипожежні заходи для безпечної експлуатації обладнання при відновленні та діагностиці паливної апаратури дизельних двигунів.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Типові відмови паливної системи дизельного двигуна

Під час експлуатації дизельного силового агрегату в його паливній системі можуть виникати різноманітні відмови, що проявляються у неможливості запуску, жорсткому характері роботи з детонаційними звуками, нестабільному режимі з перебоями й димленням, втраті номінальної потужності, незмінності частоти обертання колінчастого вала за переміщення педалі акселератора, а також у підвищенні витрати пального.

Джерелом таких несправностей є пошкодження або порушення герметичності елементів та магістралей як низького, так і високого тиску. До характерних відмов у контурі низького тиску належать:

Підсмоктування повітря через нещільності з'єднань, тріщини у шлангах або дефекти прокладок, що призводить до завоздушення системи та зниження продуктивності підкачувального насоса.

Засмічення паливопроводів чи фільтрувальних елементів, яке спричинює підвищений гідравлічний опір і, як наслідок, недостатню подачу пального до насоса високого тиску.

Порушення працездатності підкачувального насоса (спрацювання клапанів, втрата герметичності плунжерної пари, зниження продуктивності), що теж призводить до дефіциту тиску на вході ПНВТ.

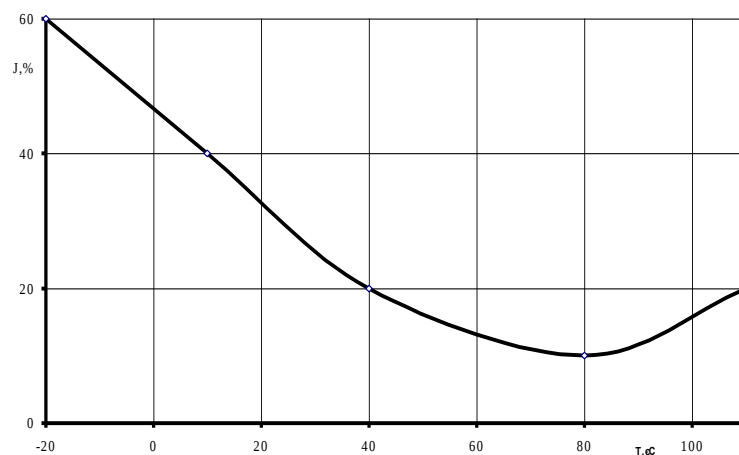


Рис. 2.1. Залежність інтенсивності зношування вузлів тертя двигуна від температурного режиму його роботи.

Несправності, що виникають у паливопроводах високого тиску, насамперед стосуються порушень нормального функціонування паливного насоса високого тиску (ПНВТ) та форсунок. Такі дефекти часто спричиняють труднощі при запуску двигуна, нестабільну роботу окремих циліндрів, втрату потужності, надмірне димлення вихлопу та порушення регулювання частоти обертання колінчастого вала.

Однією з найпоширеніших проблем у контурі низького тиску є порушення герметичності, що зазвичай зумовлене нещільностями в з'єднаннях. Особливо критичними є витоки у ділянці між паливним баком і підкачувальним насосом, де навіть незначне підсмоктування повітря призводить до зниження об'єму подачі пального. У таких випадках двигун демонструє нестійку роботу на малих обертах і може припинити роботу під дією навантаження.

Під час монтажу системи живлення особливу увагу приділяють забезпеченню максимальної герметичності в найбільш вразливих ділянках – зокрема, у з'єднаннях паливного бака, фільтра попереднього очищення та підкачувального насоса.

Засмічення елементів паливної системи низького тиску – зокрема фільтрів і паливопроводів – негативно впливає на робочі характеристики двигуна, особливо на етапах пуску й під навантаженням. Одним з основних діагностичних критеріїв забруднення є зниження тиску пального на вході до паливного насоса високого тиску. Для вимірювання цього параметра використовують контрольний манометр, який під'єднують до штуцера під пробкою для випуску повітря на фільтрі тонкої очистки.

За умови герметичності з'єднань системи і зниженого тиску, нижчого від установленого мінімального значення, першочергово перевіряють стан фільтрувальних елементів. У разі потреби здійснюють їхню заміну, а також оцінюють технічний стан паливопідкачувального насоса.

Вихід з ладу або зниження ефективності паливопідкачувального насоса зумовлює падіння тиску у системі живлення, що ускладнює пуск двигуна. На низьких обертах колінчастого вала насос подає недостатню кількість пального, внаслідок чого не створюється потрібного тиску для нормальної роботи ПНВТ. При збільшенні навантаження на двигун і збереженні малої подачі пального

виникають перебої в роботі – нестабільність частоти обертання, втрата потужності.

Основними причинами порушення роботи підкачувального насоса є: проникнення твердих частинок під запірні клапани, поломка або втрата пружності клапанних пружин, зношення штовхального стержня. Інтенсивне спрацювання робочих поверхонь призводить до істотного зниження продуктивності насоса, що, своєю чергою, негативно позначається на тиску у системі живлення.

У процесі експлуатації дизельного двигуна лише частину дефектів паливного насоса високого тиску (ПНВТ) та форсунок можливо виявити без демонтажу. Переважна більшість відмов і відхилень у роботі цих елементів діагностуються виключно за допомогою спеціалізованого діагностичного обладнання та випробувальних стендів. Нижче систематизовано характерні ознаки несправностей, що виникають у роботі ПНВТ і форсунок, а також імовірні причини їх появи.

Основні причини утрудненого пуску двигуна: зношування плунжерних пар (плунжерів і гільз), а також зниження герметичності в нагнітальних секціях; поломка або втрата пружності пружин плунжерів і нагнітальних клапанів; зменшення тиску впорскування палива через зниження жорсткості пружин штоків форсунок; ерозійне розширення соплових отворів форсунок; зміщення або порушення заводських регулювань у ПНВТ.

Ознаки нерівномірної роботи окремих циліндрів можуть бути викликані: нерівномірною подачею пального між секціями ПНВТ; розбалансуванням параметрів упорскування через відхилення у калібруванні форсунок; зависанням нагнітальних клапанів; послабленням з'єднань трубопроводів високого тиску, що призводить до мікропротікань або пульсацій тиску.

Рівномірність подачі пального перевіряється на спеціалізованому стенді, що дозволяє оцінити відхилення об'єму впорскування між секціями насоса. Порушення герметичності магістралей високого тиску виявляють візуально під час роботи двигуна або з використанням приладів для детектування витоків.

Втрати потужності дизельного двигуна, як правило, зумовлені зменшенням об'єму палива, що впорскується в циліндри, а також порушеннями

процесів займання і згоряння паливно-повітряної суміші. Дефіцит подачі пального часто виникає внаслідок відмов або несправностей у компонентах магістралі низького тиску, а також через некоректне налаштування паливного насоса високого тиску (ПНВТ) та регулятора частоти обертання.

У випадках, коли двигун успішно запускається, не демонструє підвищеного димлення, але не виходить на номінальну потужність, доцільно перевірити кут випередження упорскування палива, а також рівномірність і об'єм подачі пального в усі циліндри. Ці параметри мають вирішальне значення для повноцінного згоряння суміші та реалізації оптимального тиску в робочому циклі.

Поява інтенсивного димлення у вихлопних газах свідчить про порушення в роботі паливної апаратури. Серед поширених причин: залишкова подача пального секціями насоса у фазі, коли впорскування вже має припинятись; неправильне встановлення кута початку упорскування; зниження тиску відкриття форсунок через втрату пружності їхніх елементів; заїдання голки розпилювача або збільшення діаметра соплових отворів унаслідок ерозії.

Неможливість зміни частоти обертання колінчастого вала часто пов'язана з механічним заїданням рейки в корпусі насоса або плунжера в гільзі. Додатковими причинами можуть бути обрив або ослаблення пружини важеля рейки та інші несправності регулятора.

2.2 Обґрунтування вибору технологічного оснащення та засобів контролю

Робочі місця фахівців з технічного обслуговування та ремонту обладнуються виключно високоякісним інструментом, виготовленим провідними європейськими виробниками, зокрема HAZET, WÜRTH, TONA та STANLEY. Вибір зазначених брендів зумовлений їхньою надійністю, ергономічністю, довговічністю та відповідністю міжнародним стандартам, що забезпечує високий рівень точності при виконанні складальних, діагностичних і регулювальних робіт.

У складі інструментального фонду станції технічного обслуговування передбачено наявність понад 400 найменувань спеціалізованої оснастки, пристосувань та пристроїв, розроблених безпосередньо для сервісного обслуговування автомобілів марки Opel. Застосування оригінального оснащення дозволяє значно підвищити рівень механізації робіт, скоротити трудомісткість технологічних операцій і забезпечити необхідну точність та якість при виконанні процедур діагностики, демонтажу, монтажу та регулювання.



Рис. 2.2. Стенд перевірки паливних насосів високого тиску BOSCH EPS 707.

Стенд для діагностики паливних насосів високого тиску типу BOSCH EPS 707 забезпечує можливість високоточних електронних вимірювань ключових параметрів, зокрема кута початку руху плунжера та моменту початку подачі палива. Завдяки цифровому контролю забезпечується висока достовірність результатів та їхня повторюваність у процесі калібрування й регулювання насосів різних модифікацій.

Комплектація стенда включає механічну вимірювальну систему типу MGT, яка призначена для визначення об'ємної подачі пального. Зокрема, використовується система MGT 812, що реалізує контроль подачі в замкнутому гідравлічному контурі. Вона обладнана датчиком частоти обертання, що дозволяє враховувати вплив швидкості обертання на точність вимірів, а також вбудованим температурним регулятором, який забезпечує стабільність умов випробування шляхом підтримання заданого температурного режиму робочої рідини.



Рис. 2.3. Системний тестер BOSCH, KTS – 500.

Сучасне діагностичне обладнання, призначене для обслуговування електронних систем керування двигуном, забезпечує автоматичне розпізнавання функціональних модулів із підтримкою вбудованої самодіагностики. У процесі тестування система проводить перевірку блоків електронного управління, аналізує сигнали виконавчих елементів і надає порівняльну оцінку фактичних параметрів із еталонними (номінальними) значеннями.

Діагностичне устаткування забезпечує повноцінну перевірку таких підсистем автомобіля. Системи керування подачею палива та запалюванням – включаючи контроль за утворенням паливно-повітряної суміші та моментом іскрового займання (для бензинових двигунів); Електронна система керування силовим агрегатом – охоплює сенсори, контролери, регулятори подачі повітря та палива; Системи впорскування дизельного палива – аналіз точності упорскування, роботи форсунок, ПНВТ, тиску й фаз упорскування; Системи пасивної та активної безпеки – включно з ABS, ESP, подушками безпеки, системами утримання смуги тощо; Системи керування трансмісією – зокрема електронне управління автоматичними або роботизованими коробками передач; Комфортні підсистеми – клімат-контроль, електрорегулювання сидінь, дзеркал, вікон, освітлення та мультимедіа.

Пристрій для контролю тиску в паливній системі моделі М 8012 призначений для проведення діагностики елементів системи живлення двигуна внутрішнього згоряння. Він забезпечує точне вимірювання тиску пального у різних зонах системи, дозволяючи здійснювати оперативну перевірку працездатності паливного насоса, регулятора тиску, а також оцінювати тиск палива безпосередньо на форсунках.



Рис. 2.3. Прилад для перевірки тиску паливної системи М 8012.

Стенд моделі 625 для випробування форсунок і плунжерних пар призначений для проведення стендової перевірки технічного стану форсунок та плунжерних елементів паливної апаратури дизельних двигунів.

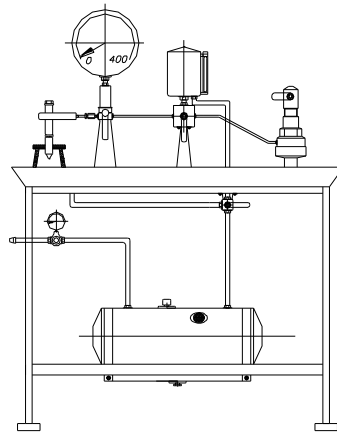


Рис. 2.5. Стенд для перевірки форсунок та плунжерів модель 625.

Серед широкого спектра сучасного діагностичного обладнання особливу увагу заслуговують стенди фірм Motronic Diagnost і BOSCH KTS 550, які забезпечують повноцінну багатофункціональну перевірку стану електронних систем автомобіля, зокрема системи електронного впорскування палива.

Стенд BOSCH KTS 550 оснащений вбудованим цифровим осцилографом, що дозволяє проводити поглиблений аналіз сигналів датчиків, виконавчих механізмів та елементів керування у режимі реального часу. Така функціональність особливо цінна при діагностиці складних електронних несправностей, які не фіксуються стандартними сканерами.

Комплекс Motronic Diagnost забезпечує точну діагностику електронних блоків управління різних систем автомобіля, включаючи живлення, запалювання, трансмісію, безпеку й комфорт. Його перевагою є простий

інтерфейс, широка база сумісності з різними моделями автомобілів та оперативне оновлення програмного забезпечення.

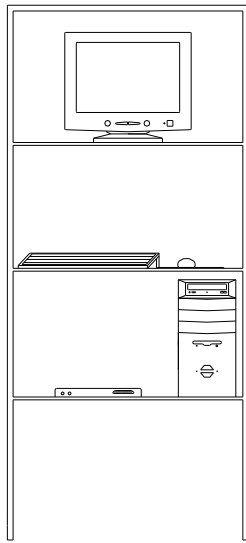


Рис. 2.6. Стенд для діагностики фірм
BOSCH KTS 550.

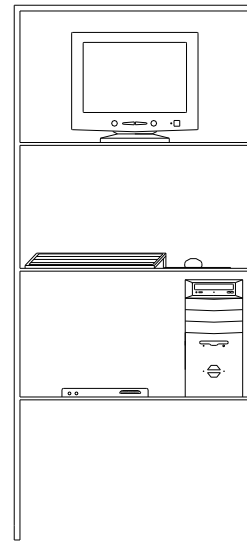


Рис. 2.7. Стенд для діагностики фірм
Motronic Diagnost.

2.3 Підвищення ефективності роботи паливної системи дизельного двигуна шляхом застосування функціональних присадок

Одним із ключових чинників, що обмежують ресурс роботи дизельного двигуна, є інтенсивне зношування елементів його паливної системи та компонентів циліндро-поршневої групи. Для забезпечення підвищеної зносостійкості цих вузлів застосовують низку інженерних рішень, які, як правило, реалізуються під час виготовлення силового агрегату або його капітального ремонту.

Однак із практичної та економічної точки зору особливої уваги заслуговують технології, що дозволяють покращити експлуатаційні характеристики двигуна безпосередньо під час його використання. У таких умовах можливі два основні підходи: розробка та використання палив із поліпшеними властивостями або введення до палива спеціалізованих добавок – присадок.

У сучасних умовах застосування паливних присадок розглядається як один із найбільш економічно виправданих та технологічно гнучких способів підвищення якості пального. Їх ефективність виявляється як на стадії

виробництва палива, так і під час його транспортування, зберігання та безпосереднього використання в експлуатаційних умовах.

Завдяки використанню присадкових компонентів вдається зберігати чистоту каналів подачі палива та елементів системи упорскування, зменшити інтенсивність відкладень у вузлах змішування паливно-повітряної суміші, а також стабілізувати процес згоряння. Це сприяє підтриманню високої потужності та прийомистості двигуна, зниженню питомої витрати пального та мінімізації токсичності відпрацьованих газів.

До складу сучасних дизельних та бензинових палив додають широкий спектр присадок, кожна з яких виконує специфічну функцію – від миючої до антикорозійної. Залежно від призначення та концентрації, їх масова частка в паливі варіюється від 0,0001% до 15%, що дозволяє гнучко адаптувати характеристики пального до вимог конкретного двигуна та умов експлуатації.

Нижче наведено приклади додаткових класів, що відіграють важливу роль у забезпеченні експлуатаційної надійності палив:

Антипінні – зменшують інтенсивність та стійкість піни під час перекачування й заправляння;

Біоцидні – пригнічують розвиток мікроорганізмів у ході тривалого зберігання палива;

Деактиватори металів – блокують каталітичне окиснення, інгібуючи дію іонів Cu, Fe, Ni, Mn тощо;

Барвники – використовуються для маркування палив з підвищеною екологічною безпекою;

Маркери – запобігають фальсифікації та несанкціонованому змішуванню різних сортів пального;

Модифікатори горіння – оптимізують кінетику згоряння й формування теплового фронту;

Носії (carrier fluids) – служать базовою рідиною для рівномірного розподілу активних компонентів у суміші;

Демульгатори / освітлювачі – прискорюють виділення розчиненої води та запобігають емульгуванню;

Антизношувальні – формують протизношувальні плівки на деталях паливної апаратури;

Антисажові – інгібують утворення сажі та полегшують роботу сажових фільтрів і каталізаторів;

Цетанопідвищувальні (процетанові) – збільшують цетанове число дизельних палив, покращуючи запалювання;

Реодорантні – зменшують неприємні запахи, що виникають при спалюванні;

Ко-розчинники – підвищують взаємну розчинність компонентів у пакетах присадок;

Стабілізатори – покращують хімічну стійкість палива щодо некаталітичних процесів старіння;

Багатофункціональні пакети – поєднують одразу кілька перелічених властивостей.

На світовому ринку широкий вибір таких продуктів пропонують як великі транснаціональні, так і спеціалізовані компанії: Aditivos, Amoco Performance, Du Pont, Ethyl Corporation, Lubrizol, Monsanto, Shell, ExxonMobil, а також торгові марки LIQUI MOLY, STP, K&W, ХАДО, ДІТО та інші. Саме завдяки різноманітності й доступності присадкових пакетів можлива гнучка адаптація характеристик палива до вимог сучасних дизельних двигунів і нормативів щодо викидів.

2.4 Методика застосування присадок у системах живлення дизельних двигунів

Усі присадки, що використовуються для покращення роботи паливної системи дизельного двигуна, умовно поділяють на дві функціональні категорії. До першої належать ті, що безпосередньо змінюють фізико-хімічні властивості самого пального – такі присадки взаємодіють із паливом і покращують його експлуатаційні характеристики. Друга група включає присадки, які не впливають на властивості пального, а реалізують свою дію виключно в межах

паливної системи, використовуючи паливо лише як транспортне середовище для доставки активних компонентів.

Перший тип – модифікатори властивостей палива.

Прикладом є депресорні присадки, які застосовуються для покращення низькотемпературних показників дизельного пального – зокрема, зниження температури застигання та граничної температури фільтрувальності. Хоча основна частина таких присадок вводиться безпосередньо на нафтопереробних підприємствах під час виготовлення комерційних сортів пального, вони також можуть використовуватися споживачем у разі необхідності адаптації палива до холодного клімату.

Механізм дії депресорів базується на специфічній взаємодії з вуглеводневими структурами пального. У дизельному паливі присутні нормальні парафіни (н-парафіни), які за зниження температури схильні до кристалізації. Процес починається з помутніння, що свідчить про зародження кристалів, які згодом ростуть і, досягнувши критичного розміру та концентрації, формують сітчасту структуру, що блокує рух палива через фільтри й трубопроводи. Депресорні присадки адсорбуються на поверхні новоутворених кристалів, пригнічують їх подальший ріст і перешкоджають агрегації, зберігаючи текучість і прокачуваність пального при низьких температурах.

Цетанозбільшуючі присадки призначені для покращення займистості дизельного палива під час його впорскування у камеру згоряння. Одним із ключових параметрів, що визначає якість дизельного пального, є його цетанове число – показник, який характеризує здатність палива до самозаймання за умов стиску. Чим вище цетанове число, тим кращі пускові характеристики двигуна, особливо в умовах низьких температур, що є типовими для більшості регіонів України.

Застосування цетанопідвищуючих присадок дозволяє значно покращити експлуатаційні властивості дизельного пального. Зокрема, такі присадки сприяють полегшенню запуску двигуна при холодному пуску, знижують утворення нагару в камері згоряння, зменшують димність відпрацьованих газів і забезпечують більш повне згоряння палива, що, своєю чергою, знижує його

питому витрату. Такі добавки зазвичай використовують у дизельних паливах, виготовлених на основі нафти з високим вмістом нафтових вуглеводнів або із газоконденсатної сировини, яка є поширеною у регіонах нафтовидобутку.

Механізм дії цетанозбільшувачів присадок ґрунтується на здатності їхніх молекул швидко розкладатися за низької енергії активації. У процесі цього розпаду утворюються активні вільні радикали, які ініціюють ланцюгову реакцію запалення пального. Це дозволяє скоротити затримку займання і забезпечити стабільніше згоряння паливно-повітряної суміші у дизельному двигуні.

Використання каталітичних та антидимних присадок у дизельному паливі спрямоване на підвищення екологічної безпечності функціонування двигуна за рахунок інтенсифікації процесів згоряння. Ці присадки забезпечують більш повне окиснення вуглеводневих фракцій пального, що призводить до зменшення концентрації токсичних компонентів у складі відпрацьованих газів.

Особливо ефективними виявляються композиції на основі органічних кислот, зокрема похідних ацетилацетонату заліза та ефірів кремнієвої кислоти. Їх введення до складу дизельного пального дає змогу покращити не лише екологічні показники, а й економічні – зокрема, зменшити витрату пального завдяки підвищенню повноти його згоряння. Хімічні компоненти таких присадок виконують функції каталізаторів процесу горіння, прискорюючи початок реакції займання та сприяючи більш рівномірному поширенню полум'я в камері згоряння.

Окрім основного впливу на згоряння, зазначені присадки мають і другорядну, проте важливу дію – миючий ефект. Вони сприяють видаленню наявних нагарових відкладень на деталях циліндропоршневої групи та системи живлення, а також гальмують утворення нових. Це позитивно позначається на стабільності термодинамічного процесу і сприяє підтриманню оптимального стану елементів дизельного двигуна впродовж тривалого періоду експлуатації.

Присадки, що діють через систему живлення дизельного двигуна: миючі та відновлювальні компоненти

До категорії присадок, які не змінюють хімічного складу палива, але впливають на технічний стан і функціонування елементів паливної апаратури,

належать миючі та відновлювальні (геомодифікуючі) композиції. Ці речовини використовуються з метою оптимізації експлуатаційних параметрів шляхом безпосереднього впливу на деталі паливної системи.

Миючі присадки мають функцію очищення внутрішніх поверхонь системи живлення та камери згорання від смолистих відкладень, коксування та інших продуктів згорання. Їх дія спрямована не лише на видалення уже наявних забруднень, але й на профілактику їх подальшого утворення. Завдяки цьому зберігається ефективність роботи форсунок, клапанів, розпилювачів та елементів високоточного дозування.

Геомодифікатори та відновлювальні присадки функціонують як засоби для регенерації поверхонь деталей, що зазнали зношування. Їх застосування дозволяє сформувати на поверхнях тертя захисну мікроплівку, яка зменшує контактні навантаження, знижує коефіцієнт тертя, зменшує інтенсивність механічного руйнування поверхонь та підвищує ресурс насосів, плунжерних пар, форсунок і насос-форсунок.

Серед ефективних рішень варто відзначити два механізми дії:

Присадки на основі м'яких металів (молібдену, олова, срібла, міді тощо), які під час роботи двигуна утворюють на деталях тонкий захисний шар, що виконує роль роздільної прокладки. Вони можуть вводитись у паливо у вигляді нанодисперсій або як реагенти, що вивільняють метали в іонізованій формі в процесі хімічних реакцій у зоні тертя (наприклад, продукти типу «РИМЕТ», «Lubrifilm»).

Металокондиціонери, що ініціюють утворення на поверхнях тертя ультратонких прошарків нових структур завдяки фізико-хімічним процесам – до них належать, зокрема, препарати «ER», «MILI-TEK», «FENOM».

Застосування присадок, що містять м'які метали, передбачає вирішення двох ключових технологічних задач. По-перше, необхідно забезпечити стабільність тонкодисперсної металевої фази в рідкому паливі, тобто створити довготривалу гомогенну суспензію. По-друге, слід узгодити концентрацію введених металів таким чином, щоб вона була достатньою для досягнення потрібного ефекту в зоні тертя, але при цьому не перевищувала допустимі

норми, що забезпечують повне згоряння пального без утворення шкідливих залишків.

Навіть при вирішенні зазначених проблем, ефективність таких типів присадок залишається часово обмеженою. Крім того, утворення захисного шару з м'яких металів не гарантує захист від задирів і критичного зносу в умовах високих навантажень або аварійних режимів роботи.

На відміну від них, геомодифікатори тертя (ГМТ) демонструють принципово інший механізм дії. Вони створюються на основі природних мінералів ультраосновної групи, таких як серпентиніти чи хлоріти, і вносяться в дизельне паливо у вигляді стабілізованої активної фази. Потрапляючи в зону інтенсивного тертя, частинки геомодифікатора викликають перебудову поверхневих шарів матеріалу, сприяючи формуванню нової структури, яка є термодинамічно стійкою та триботехнічно вигідною.

Серед беззаперечних переваг геомодифікаторів варто виділити:

Здатність до формування самовідновлюваних динамічних захисних плівок, що утворюються внаслідок взаємодії частинок мінералу з продуктами зношування. Такий шар має властивості квазірідини і забезпечує ефективний захист поверхонь тертя протягом тривалого часу;

Зменшення коефіцієнта тертя, що призводить до зниження механічних втрат енергії та зменшення температури у контактних зонах;

Високу економічну ефективність, зумовлену доступністю та невеликою вартістю природної сировини;

Екологічну безпечність мінерального походження таких присадок, що не створюють токсичних сполук під час згоряння.

Однією з принципових особливостей геомодифікаторів тертя є їх здатність активувати відновлювальні трибопроцеси в парах тертя паливної апаратури високого тиску, а також у конструктивних елементах дизельних механізмів, шляхом ініціювання фізико-хімічної взаємодії між поверхневим шаром зношеного елемента та тонкодисперсною фазою природного мінерального походження, введеною в паливне середовище.

Процес відновлення геометрії деталей відбувається завдяки самоорганізованим структуруючим реакціям, де матеріал зношеної поверхні та

дисперсні частинки геомодифікатора утворюють новий композитний шар. Цей шар проявляє підвищену стійкість до зношування та має змінені триботехнічні властивості.

У нормальних умовах тертя в трибосистемах встановлюється динамічна рівновага між процесами руйнування поверхні і її частковим природним відновленням. Проте при інтенсивній експлуатації зношена поверхня перебуває в нестабільному стані, що супроводжується флуктуаціями, мікродеструкцією, диспергуванням продуктів зносу та нестабільною циркуляцією частинок в зоні тертя. Введення до складу паливної суміші геомодифікатора тертя у вигляді тонкодисперсного порошку (діаметром часток у межах 0,01...5 мкм) у концентраціях від 0,01 до 0,4 мас.%, змінює характер цих процесів. Завдяки втручання у трибологічну рівновагу, цей добавковий компонент зміщує баланс у бік домінування механізмів формування фізико-хімічно стабільного захисного шару, що забезпечує поверхневе відновлення форми і розмірів функціональних зон тертя.

Таким чином, геомодифікатори тертя не лише знижують інтенсивність зношування, але й реалізують ефект регенеративної компенсації втрат матеріалу, що особливо важливо в умовах експлуатації зношених або з ресурсом, що вичерпується, паливних систем дизельних двигунів.

Процес самоорганізації в триботехнічному контексті передбачає наявність структурної спадковості або, інакше кажучи, «матеріальної пам'яті» поверхневого шару, яка забезпечує відновлення функціональних характеристик елемента у взаємодії з відповідним середовищем. Встановлено, що вміщені в склад геомодифікатора частинки алюмінію (Al) та заліза (Fe) виконують роль каталізаторів, сприяючи формуванню піролітичного вуглецю вздовж міжзернових границь у напрямку до поверхні контакту.

2.5 Перспективи застосування етилового спирту як присадки до дизельного палива

Аналіз численних експериментальних досліджень свідчить про позитивний вплив введення етилового спирту до складу дизельного палива на

екологічні та економічні параметри роботи двигунів внутрішнього згоряння.

Зокрема, використання спиртово-дизельних сумішей сприяє суттєвому зменшенню димності вихлопних газів, що підтверджує підвищення повноти згоряння пального. Зростання паливної ефективності при цьому може сягати 8–20%, що є суттєвим резервом зниження витрат пального під час експлуатації.

Крім того, додавання етанолу до бензинів дозволяє покращити їх детонаційну стійкість шляхом збільшення октанового числа, що позитивно впливає на режим роботи бензинових двигунів. Утім, незважаючи на ці переваги, впровадження етанолу до дизельних палив у широкій практиці поки що обмежене. Основними причинами залишаються технологічні та експлуатаційні складнощі, пов'язані з гідрофільною природою спирту, нестабільністю суміші при зберіганні та потенційною несумісністю з окремими елементами паливної системи.

Застосування етилового спирту як компонента дизельних паливних сумішей супроводжується низкою фізико-хімічних змін, що негативно впливають на експлуатаційні характеристики пального. Зокрема, при збільшенні концентрації етанолу у складі суміші спостерігається зниження цетанового числа, що погіршує займання палива в камері згоряння дизельного двигуна. Одночасно знижується кінематична в'язкість, полегшується дистиляційна поведінка, зменшується температура спалаху в умовах закритого тигля, а також погіршуються низькотемпературні властивості пального.

Особливу увагу слід приділити стабільності сумішей дизельного палива зі спиртом: при як позитивних, так і негативних температурах навколишнього середовища можлива їх стратифікація, тобто розшарування компонентів, що унеможливорює стабільну роботу паливної апаратури. Крім того, введення етилового спирту в дизельне паливо супроводжується зниженням антикорозійного захисту: зі зростанням вмісту спирту, особливо понад 15%, різко підвищується агресивність композиції щодо металевих елементів паливної системи.

Через обмежену взаємну розчинність дизельного пального, етилового спирту та води, паливно-спиртові суміші характеризуються низькою фазовою стабільністю. Це призводить до ризику розшарування та втрати однорідності

пального під час зберігання або експлуатації. Для забезпечення стабільного стану суміші до її складу необхідно вводити спеціальні стабілізуювальні компоненти. До найбільш досліджених і ефективних належать аліфатичні спирти, альдегіди, кетони, ефіри, а також їхні композиційні суміші, які забезпечують підтримання однорідної структури суміші протягом усього циклу використання.

Аналітичні дані, отримані в процесі дослідження фізико-хімічних властивостей паливних сумішей з додаванням етанолу (у межах 5–15 %), вказують на незначний вплив на фракційний склад, помірне зменшення густини, а також легке підвищення коефіцієнта фільтрованості. Водночас, інші ключові властивості, зокрема змащувальні, антикорозійні та низькотемпературні, суттєво погіршуються із зростанням концентрації спирту.

Результати випробувань демонструють, що навіть незначне введення етанолу (близько 5%) до дизельного палива істотно впливає на його фізико-хімічні властивості. Зокрема, фіксується стрімке зменшення температури спалаху – з 82 °C до лише 14 °C. Подальше зростання концентрації спирту в суміші суттєво погіршує її низькотемпературні характеристики, що обмежує придатність такого пального в умовах холодного клімату.

З підвищенням вмісту етанолу кінематична в'язкість при температурі +20 °C знижується з 4,39 до 3,63 мм²/с, що негативно впливає на якість змащування елементів паливної апаратури. Окрім того, спостерігається істотне зниження цетанового числа – з нормативних 51 до 43...37 одиниць, що не відповідає стандарту EN 590, де мінімальне допустиме значення становить 45 одиниць.

Таким чином, включення спирту до дизельного пального призводить до деградації ключових параметрів – зниження цетанового числа, зменшення температури помутніння та критично низького показника спалаху в закритому тиглі. Для сумішей з етанолом у концентраціях 10–15% неможливо навіть надійно визначити температуру застигання через розшарування. Ця фазова нестабільність фіксується не лише при мінусових, а й при плюсових температурах, що ускладнює транспортування та експлуатацію таких сумішей. Проте, як показали експерименти, введення стабілізуючих добавок, таких як

ізоаміловий або гептиловий спирти у кількості 6%, дозволяє суттєво покращити однорідність суміші та усунути схильність до розшарування в широкому температурному діапазоні.

2.6 Технологічний процес відновлення деталей паливної апаратури двигуна ЯМЗ-236

Перелік відновлюваних деталей. Плунжерні пари паливного насоса високого тиску (ПНВТ). Нагнітальні клапани. Форсунки (голка, корпус). Корпуси секцій насоса. Штовхачі та пружини.

Дефектація. Візуальний контроль (тріщини, деформації, сліди корозії). Перевірка геометрії (довжина, діаметри, конусність, биття). Гідравлічне випробування на герметичність (особливо для форсунок). Контроль твердості елементів тертя. Вимірювання зазорів у парі "плунжер–гільза".

Підготовчо-механічні операції. Очищення деталей в ультразвуковій ванні або в мийці з нейтральними ПАР. Промивання каналів паливопроводу. Обдувка стисненим повітрям і сушка.

Відновлювальні операції. Плунжерні пари. Відновлення діаметра плунжера металізацією або гальванопокрыттям (Cr). Притирання плунжера до гільзи за допомогою паст ГОІ або спеціальних складів. Контроль ущільнення – не менше 2 хвилин без падіння рівня пального.

№	Найменування операції	Норма часу (год)	Вартість за 1 год, грн	Вартість, грн
1	Механічне зачищення плунжера перед нанесенням покриття	0.2	250	50.0
2	Відновлення діаметра металізацією / гальванопокрыттям Cr	0.7	400	280.0
3	Термічна обробка (якщо потрібно після покриття)	0.3	300	90.0
4	Притирання плунжера до гільзи	0.6	270	162.0

	(ручна / механізована)			
5	Контроль ущільнення під тиском / на витік	0.25	250	62.5
6	Мийка, сушка, консервація, маркування	0.15	200	30.0

Загальна орієнтовна вартість відновлення однієї плунжерної пари: 674.50 грн

Нагнітальні клапани. Відновлення торця притіркою. Замінювання пружини при втраті жорсткості. Контроль герметичності у зібраному стані.

№	Найменування операції	Норма часу (год)	Вартість за 1 год, грн	Вартість, грн
1	Притирання торця клапана	0.25	270	67.5
2	Заміна пружини (роботи)	0.15	250	37.5
3	Вартість нової пружини	-	-	50.0
4	Контроль герметичності у зібраному стані	0.2	250	50.0
5	Мийка, сушка, консервація, маркування	0.1	200	20.0

Загальна орієнтовна вартість відновлення одного нагнітального клапана: 225.00 грн.

Форсунки. Притирання голки до сидла розпилювача. Усунення дефектів корпусу зварюванням з подальшим шліфуванням. Заміна розпилювача при збільшенні діаметра отворів >10% номіналу.

№	Найменування операції	Норма часу (год)	Вартість за 1 год, грн	Вартість, грн
1	Притирання голки до сидла розпилювача	0.3	270	81.0
2	Усунення дефектів корпусу зварюванням	0.4	320	128.0

3	Шліфування корпусу після зварювання	0.25	280	70.0
4	Заміна розпилювача	-	-	180.0
5	Мийка, обдув, консервація	0.1	200	20.0

Загальна орієнтовна вартість відновлення однієї форсунки: 479.00 грн.

Корпус секції. Відновлення посадочних поверхонь методом наплавлення з наступним обробленням. Розточування отворів під втулки. Притирання ущільнювальних поверхонь з'єднання "корпус–гільза".

№	Найменування операції	Норма часу (год)	Вартість за 1 год, грн	Вартість, грн
1	Наплавлення зношених посадочних поверхонь	0.6	350	210.0
2	Механічна обробка наплавлених поверхонь	0.45	300	135.0
3	Розточування отворів під втулки	0.4	320	128.0
4	Притирання ущільнювальних площин з'єднання 'корпус–гільза'	0.3	270	81.0
5	Мийка, сушка, контроль геометрії	0.15	220	33.0

Загальна орієнтовна вартість відновлення одного корпусу секції ПНВТ: 587.00 грн.

Складання та регулювання. Збирання секцій ПНВТ за допомогою шаблонів. Установлення пружин, штовхачів, клапанів. Регулювання початку подачі палива. Перевірка циклової подачі на стенді EPS 707 або аналогічному.

№	Найменування операції	Норма часу (год)	Вартість за 1 год, грн	Вартість, грн
1	Збирання секції ПНВТ з використанням шаблонів	0.45	280	126.0

2	Установлення пружин, штовхачів, клапанів	0.3	250	75.0
3	Регулювання початку подачі палива	0.4	300	120.0
4	Перевірка циклової подачі на стенді EPS 707	0.35	350	122.5
5	Підсумкове очищення, маркування	0.1	200	20.0

Загальна орієнтовна вартість складання та регулювання однієї секції ПНВТ: 463.50 грн.

Контроль якості. Вимірювання тиску впорскування форсунки. Перевірка герметичності під тиском. Оцінка факела розпилу. Контроль рівномірності подачі ПНВТ на стенді. Видача сертифіката придатності після відновлення.

№	Найменування операції	Норма часу (год)	Вартість за 1 год, грн	Вартість, грн
1	Вимірювання тиску впорскування форсунки	0.25	270	67.5
2	Перевірка герметичності під тиском	0.2	250	50.0
3	Оцінка факела розпилу	0.15	250	37.5
4	Контроль рівномірності подачі ПНВТ на стенді	0.3	350	105.0
5	Оформлення сертифіката придатності	0.15	220	33.0

Загальна орієнтовна вартість комплексу контрольних операцій: 293.00 грн.

Технологічний процес відновлення деталей паливної апаратури дизельного двигуна ЯМЗ-236 охоплює повний комплекс операцій – від дефектації до контрольних випробувань, що забезпечує досягнення високих показників герметичності, точності дозування та циклової подачі пального.

До складу відновлюваних елементів увійшли найбільш зношені вузли – плунжерні пари, форсунки, нагнітальні клапани, корпуси секцій та елементи приводу (штовхачі, пружини). Для кожної деталі передбачено власний маршрут операцій: механічна підготовка, відновлення геометричних розмірів (металізація, гальваніка, наплавлення), притирання, перевірка на герметичність, регулювання й складання з використанням шаблонів і стендового обладнання.

Застосування сучасного обладнання – зокрема, стенда EPS 707 – дозволяє точно регулювати початок подачі пального і контролювати параметри впорскування, включно з тиском, факелом розпилу та рівномірністю подачі.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Призначення та вимоги до параметрів

Контрольні випробування та налаштування паливних насосів високого тиску (ПНВТ) здійснюються за допомогою спеціалізованого випробувального обладнання. У ремонтному підрозділі з обслуговування паливної апаратури застосовуються стенди моделей NC-128 і NC-108, призначені для ремонту ПНВТ, що встановлюються на двигуни. Однак для виконання процедур регулювання сучасних насосів, зокрема як українського, так і іноземного виробництва, наявні стенди потребують спеціалізованої технологічної оснастки.

З огляду на це, конструкція запропонованого пристрою повинна відповідати ряду технічних критеріїв: граничне значення зовнішнього діаметра – не більше 300 мм; максимальний діаметр деталі, що фіксується – до 150 мм; мінімальний діаметр об'єкта затиску – не менше 15 мм; допустима швидкість обертання – до 5000 об/хв; довжина зони фіксації – не перевищує 250 мм; мінімальне осьове зміщення між шпинделем стенда і кулачковим валом – 35 мм; кут відхилення осі карданного механізму – щонайменше 8°; сумісність з різними типами ПНВТ, що забезпечує універсальність застосування; відповідність вимогам безпеки під час експлуатації; спрощене технічне обслуговування та ремонт; високий рівень надійності в умовах експлуатації; зручність користування; зменшена вага конструкції; раціональні габарити, що забезпечують компактність пристрою.

3.2 Аналіз сучасних варіантів конструкцій затискних пристроїв

У галузі машинобудування для надійного закріплення заготовок або складових частин у шпинделях різного технологічного обладнання створено широкий спектр інженерних рішень. Ці конструкції суттєво відрізняються за принципами дії, компоновальними характеристиками та сферою застосування. Розглянемо найбільш поширені технічні реалізації.

Установлення токарного патрона на шпиндель верстата, як правило, виконується із використанням перехідного фланця (рис. 3.1). Такий фланець являє собою сталевий диск, у якому виконано монтажні отвори та встановлено направляючі втулки, що забезпечують точне позиціонування та надійність з'єднання.

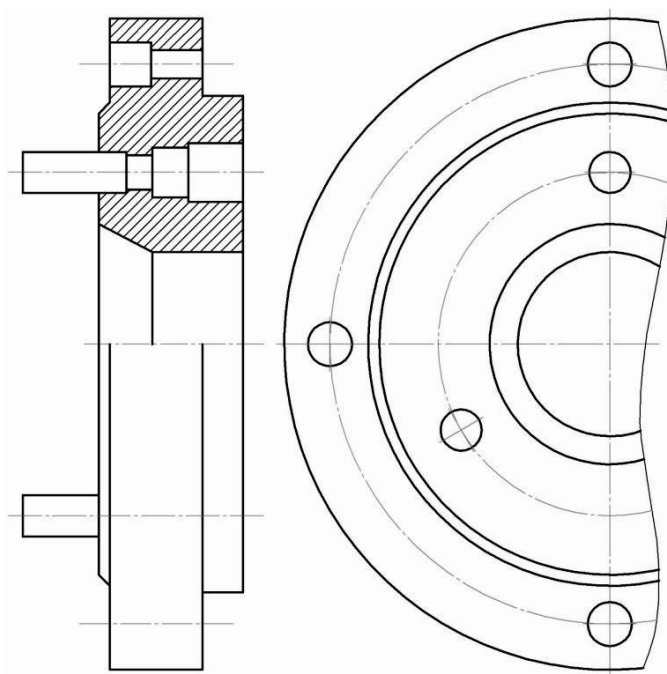


Рис. 3.1. Перехідний фланець.

Конструктивне з'єднання фланця зі шпинделем верстата здійснюється через болтові з'єднання, що проходять крізь отвори, розміщені на визначеному діаметрі монтажного кола. Водночас втулки, розташовані по іншому монтажному колу, забезпечують надійне кріплення токарного патрона або іншого адаптивного оснащення. Конструкція перехідних фланців передбачає суворе дотримання нормативних параметрів згідно з чинними технічними стандартами, які встановлюють гранично допустимі розміри отворів, втулок і діаметрів розташування кріплень.

У складі діагностичних стендів моделей NC-128 і NC-108 використовуються нестандартизовані фланцеві елементи, що виконують функцію з'єднання шпинделя із приводом регулювання моменту початку впорскування пального.

Для фіксації паливного насоса високого тиску (ПНВТ) на шпинделі випробувального стенда можливо використовувати різноманітні типи

затискних механізмів, що були розглянуті вище. Водночас існуючий перехідний фланець, який наразі використовується для закріплення ПНВТ та передавання обертового моменту, має обмежену функціональність і не дозволяє забезпечити універсальність у закріпленні насосів різних конструктивних виконань і типорозмірів.

Цангові затиски вирізняються простою будовою та зручністю експлуатації, однак їх використання у даному випадку є малоефективним через малий діапазон діаметрів, придатних для надійного захоплення. Це значно обмежує сферу їх застосування у рамках поставленого завдання. Порівняльний аналіз ефективності та конструктивних особливостей наявних затискних систем наведено в графічному розділі.

3.3 Розробка конструкції універсального пристосування для обслуговування паливної апаратури

У процесі конструювання нового пристрою основна увага приділяється досягненню максимальної універсальності – пристосування має забезпечувати можливість кріплення паливних насосів широкого спектра моделей двигунів вітчизняного та закордонного виробництва, які підлягають діагностиці та регулюванню.

Для досягнення зазначеної мети конструкція повинна передбачати універсальний затискний модуль з можливістю регулювання співвісного положення компонентів. Це дозволить адаптувати пристосування до різних типорозмірів і конфігурацій ПНВТ без потреби у спеціалізованому доопрацюванні. Принципова структура запропонованого пристрою представлена на рисунку 3.2.

Фіксація таких компонентів, як муфта системи випередження вприскування пального чи кулачковий вал, здійснюється за допомогою самоустановлювального патрона з чотирма кулачками. Конструкція передбачає застосування затискних елементів (позиція 8), гвинтової напрямної (позиція 7) та механізму конічної передачі (позиція 6).

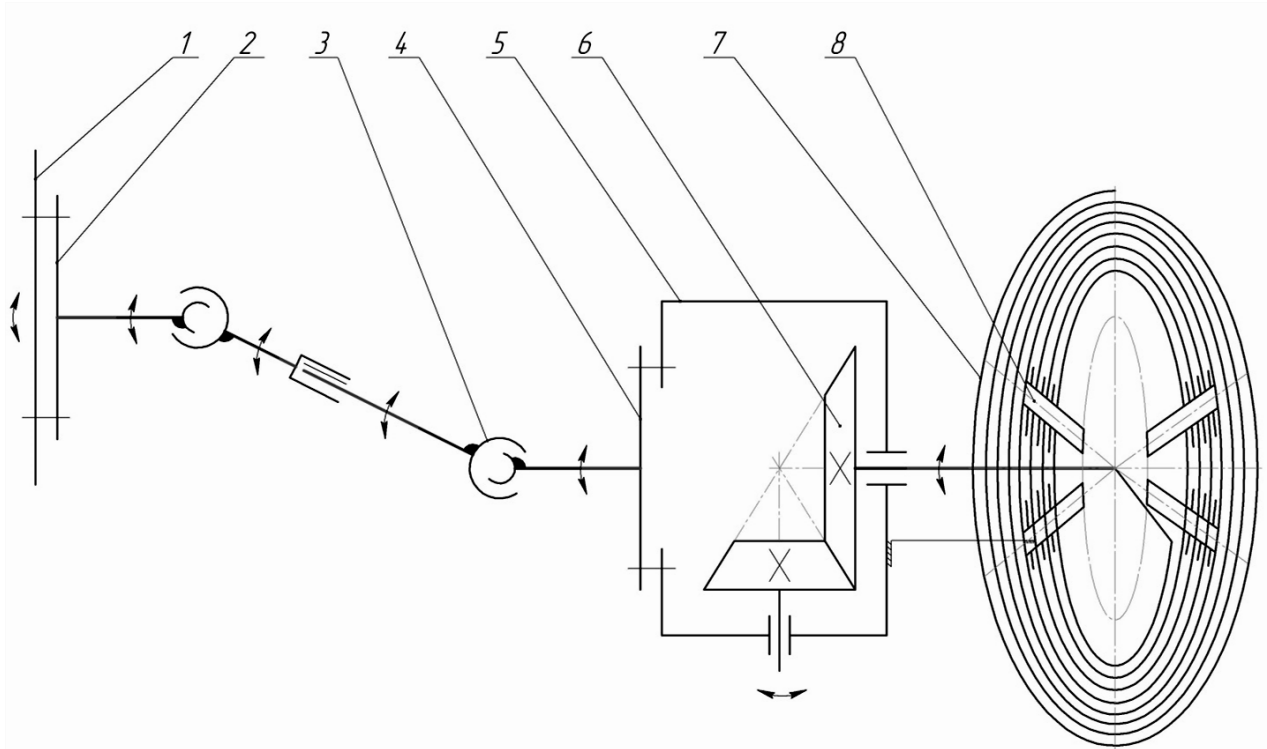


Рис. 3.3. Принципова кінематична схема пристрою:

1 – опорний фланець стенда; 2 – адаптерний (перехідний) фланець; 3 – карданний вузол передачі обертального моменту; 4 – фланець затискного патрона; 5 – самозатискний патрон; 6 – механізм конічної передачі; 7 – гвинтова напрямна втулка; 8 – елементи затиску.

Механізм затискання приводиться в дію шляхом обертання шестірні конічної передачі за допомогою спеціального ключа. Це забезпечує переміщення напрямної, що, у свою чергу, синхронізує рух кулачків у напрямку до центра, щільно фіксуючи заготовку або вузол.

Трансмісія обертального моменту здійснюється через карданну передачу, що складається з двох пружних муфт та корпусної частини патрона, забезпечуючи надійність та компенсацію осьового зміщення в умовах динамічного навантаження.

3.4 Оцінка конструктивних параметрів

Для аналітичного розрахунку перерізу вала враховується характер навантаження, прикладеного до його опор. Схематичне зображення дії сил на опорні вузли наведено на рисунку 3.4.

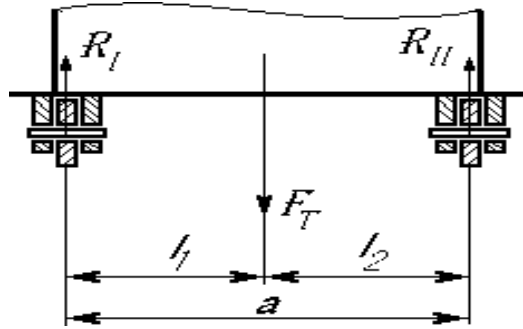


Рис. 3.4. Схема прикладення сил, що діють на опори важеля.

Розрахунковий діаметр вала визначається на основі умов міцності за наступною залежністю:

$$d_0 = \sqrt[3]{\frac{M_{II}}{0,1 \cdot [\sigma_{II}]}} \text{ м}, \quad (3.1)$$

M_{II} – згинальний момент, що впливає на вал, Н·м;

$$M_{II} = P \cdot a, \quad (3.2)$$

a – міжосьова відстань (у розрахунках приймається значення $a = 0,6$ м);

P – прикладене навантаження на вал, Н;

$$P = \frac{M_y \cdot g}{3}, \quad (3.3)$$

M_y – маса, прикладена до важеля (у даному випадку $M_U = 80$ кг).

Тоді:

$$P = \frac{80 \cdot 10}{3} = 267 \text{ Н},$$

$$M_{II} = 267 \cdot 0,6 = 160 \text{ Н·м}$$

$$d_0 = \sqrt[3]{\frac{160}{0,1 \cdot 90 \cdot 10^6}} = 0,0207 \text{ м}.$$

Узгоджуємо мінімальний діаметр осі: $d_0 \geq 21$ мм.

Проводимо перевірку міцності з'єднання двох деталей завтовшки 4 мм, які з'єднуються за допомогою однієї накладки. Для даного типу шва приймаємо:

граничне напруження зсуву – 110 МПа;

допустиме розтягальне напруження – 160 МПа.

Схематичне зображення навантаження та конфігурації з'єднання подано на рисунку 3.5.

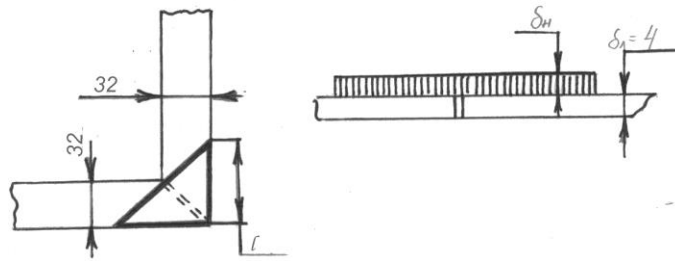


Рис. 3.5. Розрахункова модель зварного шва.

Щоб забезпечити місце під флангові шви, ширину накладки вибираємо трохи меншою за відповідну ширину кутика; точне значення визначаємо за теоремою Піфагора з урахуванням геометрії елементів.

$$b_y = c^2 = 2 * a^2, \quad (3.4)$$

$$b_y = \sqrt{\frac{8,45^2}{2}} = 59,7 \text{ мм.}$$

$$b_n = b_y - 2$$

$$b_n = 59,7 - 2 * 0,4 = 58,9 \text{ мм}$$

Відповідно до вимог міцності, площа поперечного перерізу накладки повинна бути щонайменше рівною площі перерізу кутика. На основі цього розрахунку визначаємо необхідну товщину накладки за формулою:

$0,4 * 9,52 / (2 * 8,45) = 0,26$ см. Для подальших розрахунків приймаємо товщину накладки рівною $\delta = 0,3$ см, що відповідає умовам конструктивної та технологічної доцільності.

Робочу довжину флангових зварних швів визначаємо, виходячи з умов забезпечення міцності зварного з'єднання при експлуатаційних навантаженнях.

$$F_{\phi n} = (8,45 + 59,7) * 0,7 * k * l_{\phi} = 0,5$$

$$k = 0,004$$

$$l_{\phi} * 1,41 = 0,5,$$

$$l_{\phi} = 36,8 \text{ см.}$$

Для виготовлення з'єднувальних болтів передбачено застосування сталі марки 20, яка має задовільні показники міцності та технологічності. Визначення необхідного діаметра болта здійснюється на основі розрахунку на зріз із урахуванням допустимого напруження зсуву. Розрахунок проводять за

наступним виразом:

$$d = \sqrt{\frac{4P}{\pi[\tau_{CP}]}} \quad (3.5)$$

Для матеріалу болта $[\tau_{CP}] = 140 \text{ МПа}$.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 1400}{3,14 \cdot 120 \cdot 10^6}} = 0,095 \text{ м}$$

Із типового ряду метричних кріплень обрано болт розміру М10×80, який відповідає вимогам міцності з'єднання.

Подальший аналіз передбачає перевірку елемента на прогин при дії максимальної сили, що прикладається в центральній частині лапи. Відповідна схема навантаження представлена на рисунку 3.6.

$$y = \frac{P \cdot l^3}{48 \cdot I_x \cdot E} \leq [y] \quad (3.6)$$

$I_x = 491 \text{ см}^4$ – осьовий момент інерції швеллера №10;

$E = 2 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2 = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}$ – модуль жорсткості для Ст3; $P = 420 \text{ кг}$.

$L = 0,95 \text{ м}$;

$[y] = 6 \text{ мм}$ – допустимий прогин.

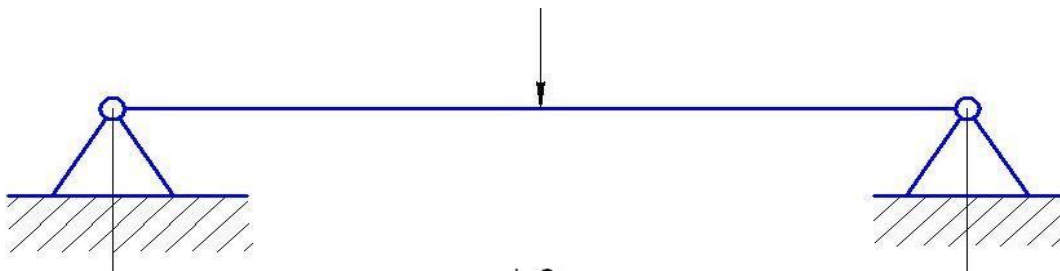


Рис. 3.6. Схема напруження.

$$y = \frac{3175 \cdot 200^3}{48 \cdot 491 \cdot 2 \cdot 10^6} = 0,54 \text{ см} = 5,4 \text{ мм} \leq [y] = 8 \text{ мм}$$

Здійснюється аналіз деформаційної стійкості елемента під впливом силового навантаження, зумовленого дією прикладеного тиску, з метою визначення відповідності конструкції вимогам жорсткості та недопущення надмірного прогину під робочим навантаженням.

$$y = \frac{P \cdot l^3}{192 \cdot E \cdot I_y \cdot n} \leq [y] \quad (3.7)$$

$P = 7500 \text{ кг} = 75000 \text{ Н}$; $l = 1,3 \text{ м} = 130 \text{ см}$; $E = 2 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2 = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}$; $I_y = 45,4 \text{ см}^4$; $N = 4$; $[y] = 4 \text{ мм}$.

$$y = \frac{7500 \cdot 130^3}{192 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 45,4 \cdot 3} = 0,32 \text{ см} = 3,2 \text{ мм} \leq [y] = 4 \text{ мм}$$

Для оцінки напружено-деформованого стану осей під впливом зрізуючих сил використано відповідну розрахункову модель, зображену на рисунку 3.7.

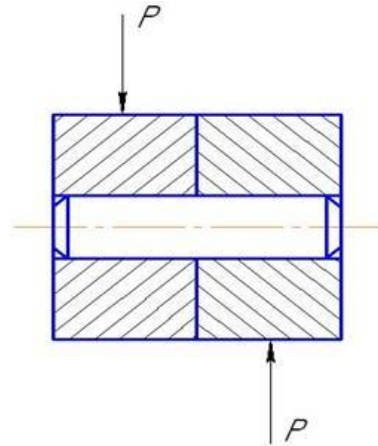


Рис. 3.7. Схема розрахунку на зсув.

Значення напружень, що виникають унаслідок дії зсувного навантаження, обчислюються за стандартними аналітичними залежностями. Розрахунок ґрунтується на величині діючої сили та площі поперечного перерізу відповідного елемента.

$$\tau_c = \frac{P}{\pi \cdot \frac{d^2}{4}} \leq [\tau_c] \quad (3.8)$$

$$\tau_c = \frac{18750}{3,14 \cdot \frac{0,03^2}{4}} = 265 \cdot 10^5 \text{ Па} \leq [\tau_c] = 600 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

Якщо умова міцності на зминання виконується, конструктивний елемент вважається придатним до експлуатації в заданих умовах навантаження.

$$\tau_{CM} = \frac{P}{d \cdot S} \leq [\tau_{CM}] \quad (3.9)$$

$S = 60 \text{ мм} = 0,06 \text{ м}$; $[\tau_{CM}] = 800 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

$$\tau_{CM} = \frac{18750}{0,03 \cdot 0,06} = 104,2 \cdot 10^5 \text{ Па} \leq [\tau_{CM}] = 800 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

Перевірка на кручення.

$$M = \frac{P \cdot l}{10 \cdot 2 \cdot 1000} = 1200 H \cdot m$$

Виконаємо перевірку опори на кручення.

$$\tau_K = \frac{M}{W_P} \leq [\tau_K] \quad (3.10)$$

$$W_P = 0,2 \cdot d^3 = 0,2 \cdot 7^3 = 68,6 \text{ см}^3$$

$$[\tau_K] = 1800 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

$$\tau_K = \frac{1200 \cdot 10^6}{68,6} = 1749 \cdot 10^5 \text{ Па} < [\tau_K] = 1800 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

У процесі виконання розрахунків було створено конструктивне рішення спеціалізованого пристосування, призначеного для діагностики та ремонту паливної апаратури.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Організаційні заходи щодо забезпечення безпечних умов праці

Техніка безпеки вивчає загальні та спеціальні питання, що стосуються безпеки праці і які відображені в правилах безпеки. Всі роботи з монтажу, демонтажу, ремонту та експлуатації складного технологічного устаткування, будівельно-монтажні роботи виконуються за проектами проведення робіт, що містять розділ з техніки безпеки, і за типовими інструкціями з охорони праці.

На основі типових інструкцій підприємства, враховуючи місцеві особливості, розробляють інструкції з охорони праці, які погоджують у встановленому порядку.

Виконання робіт з підвищеною небезпекою обов'язково включає розробку організаційних і технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпеки трудового процесу.

Підвищені вимоги з техніки безпеки ставляться як до деяких видів робіт, так і до окремих професій робітників, наприклад: газо- і електрозварники; монтажники; слюсарі з монтажу технологічного устаткування і зв'язаних з ним конструкцій; такелажники, стропальники, сигнальники на монтажі; трубоукладачі; машиністи кранів, механізмів і будівельно-дорожніх машин; працівники, що використовують у процесі роботи радіоактивні речовини або етилований бензин; водії автомобільного транспорту і робітники залізничного транспорту; працівники, що займаються обслуговуванням і ремонтом електроустановок, а також експлуатацією й ремонтом механічного і електрифікованого інструменту.

Як показала практика останніх років, слабким місцем в управлінні технічною безпекою на виробництві є саме організаційна сторона взаємодії людини з об'єктом праці.

Для безпечного проведення робіт необхідно виконувати такі організаційні заходи: призначити працівників, відповідальних за безпечне проведення робіт; видати наряд чи розпорядження; видати дозвіл на підготовку робочих місць; підготувати робочі місця; здійснити допуск до робіт; організувати нагляд при

виконанні роботи; організувати перехід на інше робоче місце; оформити перерви в роботі та її закінчення.

При цьому відповідальними за безпечне проведення робіт є: працівник, що видає наряд чи розпорядження; дає дозвіл на підготовку робочого місця і на допуск; підготовляє робоче місце; допускає до роботи; керівник робіт; виконавець робіт; працівник, що здійснює нагляд за безпечним виконанням робіт; член бригади.

Керівник робіт призначається у випадку виконання робіт за нарядом.

Необхідність призначення керівника робіт, що виконуються за розпорядженням, визначає той працівник, який віддає розпорядження.

У кожної з відповідальних осіб є чітко сформульовані обов'язки. Так, керівник робіт відповідає за:

- призначення виконавця робіт з числа осіб, які затверджені списками;
- кількісний склад бригади, який обумовлюється необхідністю забезпечення нагляду за бригадою з боку виконавця робіт (наглядаючого);

- достатність кваліфікації працівників, включених до складу бригади;
- чіткість і повноту інструктажу виконавцю робіт (наглядачеві) і членам бригади;

- виконання заходів безпеки, передбачених нарядом чи розпорядженням, та за їх достатність;

- наявність і придатність до застосування засобів захисту, інструменту, інвентарю, приладів, необхідних для проведення робіт;

- щоденний огляд лісів перед допуском бригади до роботи;

- організацію і безпечне виконання робіт та дотримання вимог Правил з безпеки робіт.

Керівник робіт разом з виконавцем робіт повинен приймати робоче місце від допускаючого і перевіряти виконання заходів безпеки, зазначених у наряді. Крім того, він має здійснювати періодичний контроль за роботою бригад щодо дотримання вимог правил безпеки і зобов'язаний усунути від роботи членів бригад, що порушують правила, а також тих, хто перебуває в стані алкогольного чи наркотичного сп'яніння.

Керівник газонебезпечних робіт повинен здійснювати безпосереднє керівництво роботою з наступною перевіркою герметичності ділянки, що ремонтується.

Керівниками робіт за нарядом призначають керівників і фахівців структурних підрозділів і підрядних організацій, що мають для цього достатню кваліфікацію.

Виконавець робіт відповідає за:

виконання заходів безпеки, передбачених нарядом чи розпорядженням, і за їхню достатність;

дотримання ним самим і членами бригади вимог інструкцій з охорони праці й виконання заходів безпеки, визначених нарядом,

проектами проведення робіт, технологічними процесами і технічними умовами;

чіткість і повноту інструктажу та вказівок, що він дає членам бригади безпосередньо на робочому місці;

наявність, придатність і правильність застосування засобів захисту інструменту, інвентарю та приладів у процесі проведення робіт;

стан збереження встановлених на робочому місці огорож, знаків безпеки, замикаючих пристроїв протягом робочої зміни.

Виконавцями робіт за нарядами і розпорядженнями призначають працівників підрозділів підприємства та підрядних організацій, що мають кваліфікацію не нижче IV розряду. При ремонті допоміжного устаткування допускається призначення виконавцями робіт працівників, що мають III розряд.

Черговий чи працівник зі складу оперативно-виробничих працівників, що підготовляє робоче місце, відповідає за правильне і точне виконання зазначених у наряді (розпорядженні) заходів для підготовки робочого місця.

Допускаючий відповідає за такі заходи:

правильність підготовки робочих місць, повноту вжитих заходів безпеки, необхідних для проведення робіт, і їх відповідність характеру і місцеві роботи;

правильність допуску до роботи і повноту інструктажу керівника та виконавця робіт (наглядаючого).

Іноді при виконанні ряду робіт у безпосередній близькості від діючого устаткування, наприклад, будівельниками, різноробочими, такелажниками та іншими працівниками, призначаються спостережники, що мають право бути виконавцями робіт.

Спостережники відповідають за:

захист членів бригади від впливу на них виробничих факторів з боку діючого технологічного устаткування (стежить, щоб працівники не наближалися на небезпечну відстань до працюючого устаткування і комунікацій, забезпечує безпечні умови для проходження оперативних працівників до робочого місця тощо);

відповідність підготовленого робочого місця вимогам, зазначеним у наряді;

наявність і збереженість встановлених на робочому місці огорож, захисних засобів, плакатів і попереджувальних знаків безпеки.

Відповідальним за безпеку технології проведення робіт працівниками при виконанні ними цих робіт є виконавець робіт, що повинен постійно знаходитися на робочому місці.

Члени бригади відповідають за:

виконання ними вимог інструкцій з охорони праці і заходів безпеки, отриманих при інструктажі перед допуском до роботи та під час її проведення;

застосування засобів захисту, спецодягу і справність використовуваних інструменту та приладів.

4.2 Протипожежні заходи

Виробництво цієї ділянки відноситься до категорії за вибухопожежною небезпекою - В, оскільки є рідини з температурою спалаху понад 61°C (бензин).

Пожежа, яка може виникнути в цій зоні, має клас - В і Е, оскільки є горючі рідини і плавкі при нагріванні матеріали (мазут, бензин, оливи) - клас В, а також є електропристрої, що знаходяться під напругою (підіймачі канавні) - клас Е.

Засоби пожежогасіння: легко-пінні вогнегасники ОВП-10 і порошкові марки ВП-1; ящик з сухим піском; автоматичний пристрій пожежогасіння пінно-спринклерний.

Місця розміщення пожежної техніки мають бути позначені вказівними знаками.

На ділянці не дозволяється зберігати порожню тару з-під палива і мастильних матеріалів. Після закінчення роботи необхідно проводити ретельне прибирання. Розлиті мастильні матеріали і паливо необхідно збирати за допомогою піску, а використані обтиральні матеріали складати в ящики для сміття. Після закінчення зміни усі вищеперелічені матеріали виносити в спеціально відведені і безпечні в пожежному відношенні місця. На ділянці вивішувати попереджувальні таблички з написом: "Не палити!"

Число первинних засобів пожежогасіння приймається з врахуванням норм:

- пінні вогнегасники місткістю 10 л (ОВП-10) - 4 шт.;
- порошкові вогнегасники ВП-1 - 4 шт.;
- ящик з піском місткістю 0,5 м³ і лопатою - 8 шт.;
- повсть, азбестове полотно або кошма 2×2 м - 2 шт.

Один раз в 10 днів необхідно проводити зовнішній огляд і очищення від забруднення вогнегасників. На ящики з піском необхідно нанести напис: "Пісок на випадок пожежі!"

Відповідальність за збереження і готовність первинних засобів пожежогасіння несе начальник ділянки.

Підприємства автотранспорту за своєю структурою, місцем розташування і наявністю виробничих циклів, є антропогенними джерелами для будь-якого населеного пункту. На обмеженій території знаходиться велика кількість виробничих циклів, де виконуються ремонтні, мийні, фарбувальні, монтажні, випробувальні і інші роботи.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи було всебічно досліджено проблематику обслуговування паливної системи дизельного двигуна, зокрема ПНВТ двигуна ЯМЗ-236, з урахуванням характерних відмов, сучасних засобів контролю, технологій відновлення деталей та перспективних напрямів покращення експлуатаційних властивостей палив.

Проаналізовано типові відмови паливної системи дизельного двигуна, виявлено основні причини порушення герметичності, зниження продуктивності й порушення фаз упорскування, що зумовлює необхідність регулярної діагностики та кваліфікованого ремонту паливної апаратури.

Обґрунтовано вибір технологічного обладнання та засобів контролю, придатних для проведення точної перевірки та регулювання паливних насосів високого тиску. Зокрема, у роботі застосовано стенди типу NC-128 і NC-108, а також обґрунтовано потребу у спеціальному затискному пристрої з можливістю регулювання співвідношення.

Запропоновано застосування функціональних присадок до дизельного палива, зокрема з метою зменшення зносу плунжерної пари та покращення змащувальних властивостей. Наведено методику використання присадок і досліджено можливість застосування етилового спирту як перспективного компонента дизельного пального.

Розроблено технологічний процес відновлення елементів паливної апаратури двигуна ЯМЗ-236, зокрема торців клапанів і зношених поверхонь з урахуванням вимог до точності й герметичності. Застосовано методи притірки, заміни пружин, перевірки герметичності у зібраному стані.

Спроектовано універсальне пристосування для обслуговування ПНВТ, що відзначається високим ступенем універсальності, можливістю точного налаштування та забезпеченням надійного затиску насосів різних типів. Проведено розрахунок основних елементів конструкції, включаючи діаметр валу, зварні з'єднання, болти та осі, з урахуванням умов міцності, кручення та зсуву.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. О.Л. Ляшук, Ю.І. Пиндус, М.Г. Левкович, Гупка А.Б., Хорошун Р.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за освітнім рівнем «бакалавр галузі знань 27 «Транспорт» спеціальність 274 «Автомобільний транспорт» – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2022. – 61 с.
2. Технічний контроль стану дорожніх машин / Малишев В., Кущевська Н., Петренко Т, Докуніхін В. - Університет "Україна", 2022. 252 с
3. Підручник з будови автомобіля. Видання третє. Виправлене й доповнене – Моноліт 2021 – 288 с
4. Коноваленко О.Д., Черниш А.А. Ідентифікація транспортних засобів: навчальний посібник. – Харків: Мадрид, 2020. – 259 с.
5. Кисликов В.Ф., В.В. Лущик Будова і експлуатація автомобілів. Підручник - Либідь м.Київ, 2018 – 400с.
6. Кузьмінський Р.Д., Шарибура А.О Технічний сервіс. Ремонт електрообладнання тракторів і автомобілів Львів 2017 – 376 с
7. Сукач М.К. Технічний сервіс машин. Навч. пос.. Гриф МОНМСУ - Ліра-К, 2017 – 288 с
8. Форнальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. Основи технічного сервісу транспортних засобів - Львівська політехніка 2017, - 324 с
9. Шапко В.Ф., Шапко С.В. Основи теорії та динаміки автомобільних двигунів : підручник. — Харків : Точка, 2016. – 232 с.
10. Шапко В.Ф. Автомобільні двигуни. Основи теорії та характеристики поршневих двигунів внутрішнього згорання: Навчальний посібник. - Кременчук: КНУ, 2011. - 194 с.
11. Коробочка О.М. Основи розрахунків, проектування і експлуатації технологічного обладнання для автомобільного транспорту: Навч. посібник / Коробочка О.М., Скорняков Е.С., Сасов О.О. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2007 – 252 с.
12. Кукурудзяк, Ю. Ю. Технічна експлуатація автомобілів. Організація технологічних процесів ТО і ПР навчальний посібник / Ю. Ю. Кукурудзяк, В. В. Біліченко. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 198 с.

13. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. – К.: Мінтранс України, 1998. – 16 с. – (Нормативний документ Мінтрансу України).

14. Андрусенко С. І. Технологічне проектування автотранспортних підприємств: навч. посіб. / Андрусенко С. І., Білецький В. О., Бортницький П. І.; за ред. проф. С. І. Андрусенка. – К. : Каравела, 2009. – 368 с.

15. Канарчук В. Є. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Книга 1 :теоретичні основи. Технологія: підручник / В. Є. Канарчук, О. А. Лудченко, А. Д. Чигиринець – К. : "Вища школа", 1994. – 342 с.

16. Канарчук В. Є. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Книга 2: організація, планування і управління : підручник / В. Є. Канарчук, О. А. Лудченко, А. Д. Чигиринець – К.: "Вища школа", 1994. – 383 с.

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

18. Кисликов В.Ф., Лущик В.В. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. — 8-те вид. - К.: Либідь, 2018. — 400 с.

19. Кисликов В.Ф. Лущик В.В. Будова й експлуатація автомобілів. – К.: Либідь, 2016. – 400 с. 5. Ю.А.

20. О.П. Строков, М.Г. Макаренко, В.Ф.Фролов Технічне обслуговування та ремонт вантажних і легкових автомобілів, автобусів. Підручник: У 2 кн. К.: Грамота, 2005.

21. Войналович, О. В., Марчиниша, Є. І., Кофто, Д. Г. (2020). Охорона праці в галузі (автомобільний транспорт): навчальний посібник. Харків: ХНАДУ. 695 с.

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