**ЖИТОМИРСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ**

(повне найменування закладу освіти )

**ВІДДІЛЕННЯ «АГРОІНЖЕНЕРІЯ»**

(повне найменування відділення)

**ЦИКЛОВА КОМІСІЯ СПЕЦІАЛЬНОСТІ «АГРОІНЖЕНЕРІЯ»**

(повна назва циклової комісії))

## Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

**фахового молодшого бакалавра**

(освітньо-професійний ступінь)

на тему: «Удосконалення технічного обслуговування і ремонту паливної апаратури з удосконаленням операцій відновлення плунжерів паливних насосів високого тиску».

.

Виконав: студент ІІІ курсу, групи Аі-45

Галузь знань 20 «Аграрні науки і продовольство»

Спеціальність 208 «Агроінженерія»\_\_\_\_\_

(шифр і назва галузі знань, спеціальності)

\_\_\_\_\_Висоцький Микола

(прізвище та ініціали)

Керівник Власюк О.І.

(прізвище та ініціали)

Рецензент\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

м. Житомир– 2025 року

**Ж и т о м и р с ь к и й а г р о т е х н і ч н и й ф а х о в и й к о л е д ж**

( повне найменування закладу освіти)

# Відділення «Агроінженерія»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

# Циклова комісія спеціальності «Агроінженерія» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Освітньо-професійний ступінь **фаховий молодший бакалавр\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

Галузь знань  **20 «Аграрні науки і продовольство» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

# (шифр і назва)

# Спеціальність 208 «Агроінженерія» \_\_

# (шифр і назва)

# ЗАТВЕРДЖУЮ

**Голова циклової комісії спеціальності**

**«Агроінженерія»**

***\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_* Тамара ВЕРЕМІЙ**

“\_\_\_\_” \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_ року

## З А В Д А Н Н Я

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

**Висоцькому Миколі**

(Власне прізвище та ім’я, )

Тема кваліфікаційної роботи: «Удосконалення технічного обслуговування і ремонту паливної апаратури з удосконаленням операцій відновлення плунжерів паливних насосів високого тиску». -

Керівник проекту (роботи) Власюк О.І.

( прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу від «11» листопада 2024року № 467-н

2. Строк подання студентом проєкту *01.06.2025року*

3. Вихідні дані до проєкту: *ґрунтово-кліматичні умови, перелік обладнання в МРМ, склад машино-тракторного парку та фермерського обладнання, графік ТО і Р МТП, технологічні карти ТО і Р фермерського обладнання*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): *вступ, характеристика проектного господарства, технологічна частина проекту, розрахунковий розділ, конструктивна частина проекту, економічна частина охорона праці, висновки, список використаної літератури, додатки.*

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

*Технологічні креслення дефектування і відновлення плунжерів*

*План дільниці по ремонту плунжерних пар*

*Складальне креслення*

*Деталювання*

6. Консультанти розділів проєкту

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Розділ | Власне прізвище та ім’я консультанта | Підпис, дата | |
| завдання видав | завдання  прийняв |
| Н.контроль | Бучко Ігор |  |  |
|  |  |  |  |
| Економічна | Веремій Тамара |  |  |
| частина |  |  |  |
|  |  |  |  |
| Охорона | Герасимчук Дмитро |  |  |
| праці |  |  |  |

7. Дата видачі завдання\_20.11.2024 року \_\_\_\_\_\_\_\_**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

#### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| №  з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
| 1 | Загальна частина | 12.12.2024 | *Виконано* |
| 2 | Характеристика господарства | 20.12.2024 | *Виконано* |
| 3 | Технологічна частина | 20.01.2025 | *Виконано* |
| 4 | Розрахунковий розділ | 13.02.2025 | *Виконано* |
| 5 | Конструктивна частина | 02.03.2025 | *Виконано* |
| 6 | Економічна частина | 26.03.2025 | *Виконано* |
| 7 | Охорона праці | 15.04.2025 | *Виконано* |
| 8 | Висновки, специфікації | 06.05.2025 | *Виконано* |
| 9 | Оформлення проекту | 30.05.2025 | *Виконано* |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

**Студент \_\_\_\_\_\_\_\_\_ Микола ВИСОЦЬКИЙ**

( підпис ) (власне ім’я та прізвище)

**Керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Олексій ВЛАСЮК**

( підпис ) (власне ім’я та прізвище)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *№*  *п/п* | | | | *Формат* | | | | *Позначення* | | | | | | | | *Найменування* | | | | *К-ть. арк.* | | | | *№ прим.* | | *Примітка* | | |
|  | | | |  | | | |  | | | | | | | |  | | | |  | | | |  | |  | | |
|  | | | |  | | | |  | | | | | | | | Документація | | | |  | | | |  | |  | | |
|  | | | |  | | | |  | | | | | | | |  | | | |  | | | |  | |  | | |
|  | | | |  | | | |  | | | | | | | | Текстові документи | | | |  | | | |  | |  | | |
|  | | | |  | | | |  | | | | | | | |  | | | |  | | | |  | |  | | |
| 1 | | | | А4 | | | | ДП 208.045.467н.072.ПЗ | | | | | | | | Розрахунково-пояснювальна | | | |  | | | |  | |  | | |
|  | | | |  | | | |  | | | | | | | | записка. | | | |  | | | |  | |  | | |
|  | | | |  | | | |  | | | | | | | |  | | | |  | | | |  | |  | | |
|  | | | |  | | | |  | | | | | | | | Графічні матеріали | | | |  | | | |  | |  | | |
|  | | | |  | | | |  | | | | | | | |  | | | |  | | | |  | |  | | |
| 2 | | | | А2 | | | | ДП 208.045.467н.072.РК | | | | | | | | Плунжер ПНВТ 236-1111076-А | | | | 1 | | | |  | |  | | |
|  | | | |  | | | |  | | | | | | | | (Ремонтне креслення) | | | |  | | | |  | |  | | |
|  | | | |  | | | |  | | | | | | | |  | | | |  | | | |  | |  | | |
| 3 | | | | А2 | | | |  | | | | | | | | Технологічні карти дефектування | | | | 1 | | | |  | |  | | |
|  | | | |  | | | |  | | | | | | | | плунжера ПНВТ | | | |  | | | |  | |  | | |
|  | | | |  | | | |  | | | | | | | |  | | | |  | | | |  | |  | | |
| 4 | | | | А1 | | | |  | | | | | | | | Технологічні карти | | | | 1 | | | |  | |  | | |
|  | | | |  | | | |  | | | | | | | | відновлення плунжера ПНВТ | | | |  | | | |  | |  | | |
|  | | | |  | | | |  | | | | | | | |  | | | |  | | | |  | |  | | |
| 5 | | | | А1 | | | | ДП 208.045.467н.072.СК | | | | | | | | Виконавчий механізм | | | | 1 | | | |  | |  | | |
|  | | | |  | | | |  | | | | | | | | притирання плунжерних пар | | | |  | | | |  | |  | | |
|  | | | |  | | | |  | | | | | | | | (Складальне креслення) | | | |  | | | |  | |  | | |
|  | | |  | | | |  | | |  | |  | | ДП 208.045.467н.072.ВДП | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | |  | | | |  | | |  | |  | |
| *Зм.* | | | Лист | | | | *№ докум.* | | | *Підп.* | |  | |
| *Розроб.* | | | | | | | *Висоцький М.* | | |  | |  | | ВІДОМІСТЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ | | | *Літ.* | | | | | | *Лист* | | | | | *Листів* |
| *Перев.* | | | | | | | *Власюк О.* | | |  | |  | |  | Д | | |  | | *3* | | | | | *2* |
|  | | | | | | |  | | |  | |  | | *ЖАТФК, Аі-45стн* | | | | | | | | | | | |
| *Н.контр.* | | | | | | | *Бучко І.* | | |  | |  | |
| *Затв.* | | | | | | | *Руденко В.* | | |  | |  | |
| *№*  *п/п* | | | *Формат* | | | | *Позначення* | | | | | | | | | *Найменування* | | | | *К-ть. Арк.* | | | *№ прим.* | | | *Примітка* | | | | |
| 6 | | | А4 | | | | *ДП 208.045.467н.072.002* | | | | | | | | | Важіль утримання | | | | 1 | | |  | | |  | | | | |
|  | | |  | | | |  | | | | | | | | | підвісного пристрою | | | |  | | |  | | |  | | | | |
|  | | |  | | | |  | | | | | | | | |  | | | |  | | |  | | |  | | | | |
| 7 | | | А4 | | | | *ДП 208.045.467н.072.003* | | | | | | | | | Важіль керування | | | | 1 | | |  | | |  | | | | |
|  | | |  | | | |  | | | | | | | | | підвісним пристроєм | | | |  | | |  | | |  | | | | |
|  | | |  | | | |  | | | | | | | | |  | | | |  | | |  | | |  | | | | |
| 8 | | | А3 | | | | *ДП 208.045.467н.072.СК* | | | | | | | | | Кришка | | | | 1 | | |  | | |  | | | | |
|  | | |  | | | |  | | | | | | | | | (Складальне креслення) | | | |  | | |  | | |  | | | | |
|  | | |  | | | |  | | | | | | | | |  | | | |  | | |  | | |  | | | | |
| 9 | | | А4 | | | | *ДП 208.045.467н.072.004* | | | | | | | | | Ручка | | | | 1 | | |  | | |  | | | | |
|  | | |  | | | |  | | | | | | | | |  | | | |  | | |  | | |  | | | | |
| 10 | | | А4 | | | | *ДП 208.045.467н.072.05* | | | | | | | | | Важіль приводу | | | | 1 | | |  | | |  | | | | |
|  | | |  | | | |  | | | | | | | | | фіксатора пристрою | | | |  | | |  | | |  | | | | |
|  | | |  | | | |  | | | | | | | | |  | | | |  | | |  | | |  | | | | |
| 11 | | | А4 | | | | *ДП 208.045.467н.072.07* | | | | | | | | | Вал керування | | | | 1 | | |  | | |  | | | | |
|  | | |  | | | |  | | | | | | | | |  | | | |  | | |  | | |  | | | | |
| 12 | | | А4 | | | | *ДП 208.045.467н.072.13* | | | | | | | | | Втулка вала-шестерні | | | | 1 | | |  | | |  | | | | |
|  | | |  | | | |  | | | | | | | | |  | | | |  | | |  | | |  | | | | |
| 13 | | | А1 | | | | *ДП 208.045.467н.072.ПД* | | | | | | | | | Дільниця по ремонту | | | | 1 | | |  | | |  | | | | |
|  | | |  | | | |  | | | | | | | | | паливної апаратури | | | |  | | |  | | |  | | | | |
|  | | |  | | | |  | | | | | | | | | (Проєкт дільниці) | | | |  | | |  | | |  | | | | |
|  | | |  | | | |  | | | | | | | | |  | | | |  | | |  | | |  | | | | |
|  | | |  | | | |  | | | | | | | | |  | | | |  | | |  | | |  | | | | |
|  | | |  | | | |  | | | | | | | | |  | | | |  | | |  | | |  | | | | |
|  | |  | | | |  | | | |  | |  | | *ДП 208.045.467н.072.ВДП* | | | | | | | | | | | | | | *Лист* | | |
|  | |  | | | |  | | | |  | |  | | *4* | | |
| *Зм.* | | Лист | | | | *№ докум.* | | | | *Підп.* | | Дата | |

***«Удосконалення технічного обслуговування і ремонту паливної апаратури з удосконаленням операцій відновлення плунжерів паливних насосів високого тиску».***

**АНОТАЦІЯ**

Дипломна робота включає дві основні частини: текстову у формі розрахунково-пояснювальної записки та графічну складову.  
У розрахунково-пояснювальній записці, що містить 43 сторінки, розглянуто чотири тематичні розділи, подано 5 таблиць, 9 зображень та використано 19 інформаційних джерел.

Ключові слова: технічне обслуговування, ремонтна зона, плунжерна пара, відновлення, процес, паливна система.

Графічна частина представлена шістьма аркушами формату А1, які містять технічні креслення з виявлення дефектів, методів відновлення плунжерних пар, схему організації ремонтної ділянки паливної апаратури, а також конструкцію пристрою для притирання плунжерів.

У ході виконання проєкту розроблено спеціалізоване пристосування для притирання плунжерних пар, що застосовується при ремонті паливної техніки. Обґрунтовано ефективні способи їх технічного відновлення. Запропоновано облаштування ремонтної зони з акцентом на механізацію процесів, проведено техніко-економічний аналіз, визначено необхідне обладнання. Окрему увагу приділено покращенню умов праці та забезпеченню безпеки робочого середовища.

Розрахований термін повернення вкладень становить 1,73 роки.

**ЗМІСТ**

Змн.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

Арк.

6

ДП. 208. 045. 467н. 072. ПЗ

Розроб.

*Висоцький М.*

Перевір.

*Власюк О.І..*

Реценз.

Н. Контр.

Бучко І.О.

Затверд.

Руденко В.Г.

*Удосконалення технічного обслуговування і ремонту паливної апаратури з удосконаленням операцій відновлення плунжерів паливних насосів високого тиску*

Літ.

Аркушів

2

ЖАТФК, Аі-45

**ВСТУП**

Актуальність теми, мета та завдання дослідження. Обґрунтування вибору об’єкта дослідження та напрямів технічного вдосконалення.

**РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ АСПЕКТІВ РЕМОНТУ ПАЛИВНОЇ АПАРАТУРИ**

1.1 Огляд конструкції паливної апаратури двигуна ЯМЗ-236 та особливості її роботи

1.2 Умови експлуатації та механізми зношування елементів паливної системи

1.3 Характеристика зносу: чинники виникнення, види пошкоджень і масштаби впливу

1.4 Аналіз плунжерних пар як основних вузлів ПНВТ: технічні властивості і роль у системі

1.5 Діагностика та виявлення дефектів зношених деталей: методика та етапи

1.6 Порівняння можливих способів відновлення та вибір оптимального методу

1.7 Розроблення послідовності технологічного процесу відновлення

1.8 Визначення установчих баз при виконанні технологічних операцій

**РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТОРСЬКА РОЗРОБКА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РЕМОНТУ**

2.1 Аналіз існуючих пристроїв та розробка вдосконаленого варіанту

2.2 Технічні умови роботи пристосування для притирання плунжерних пар

2.3 Проведення розрахунків для забезпечення надійності та ефективності конструкції

**РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНИХ УМОВ ПРАЦІ ТА ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ**

3.1 Заходи з безпеки при ремонті вузлів паливної апаратури

3.2 Розрахунок системи захисного заземлення на виробничій дільниці

**РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОЄКТУ**

Зм.

Арк.

№ Документа

Підпис

Дата

Арк.

7

*ДП.208.045.467н.072.ПЗ*

**ВИСНОВКИ**

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

ДОДАТКИ

**ВСТУП**

Змн.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

Арк.

8

ДП. 208. 045. 467н. 072. ПЗ

Розроб.

*Висоцький М.*

Перевір.

*Власюк О.І..*

Реценз.

Н. Контр.

Бучко І.О.

Затверд.

Руденко В.Г.

*ВСТУП*

Літ.

Аркушів

1

ЖАТФК, Аі-45

Сучасна автомобільна та тракторна техніка, що оснащена дизельними двигунами, вимагає високої надійності та стабільності роботи паливної системи. Ключовим елементом у забезпеченні ефективної подачі пального є паливний насос високого тиску (ПНВТ), в конструкції якого центральне місце займають плунжерні пари. Саме від їхнього технічного стану залежать продуктивність двигуна, економічність витрати пального та рівень шкідливих викидів.

У процесі тривалої експлуатації паливна апаратура зазнає інтенсивного зношування, що знижує її ефективність і призводить до порушення робочих характеристик двигуна. Особливо критичними є зношення плунжерів, які функціонують у важких умовах високих тисків і температур. Тому проблема своєчасного та якісного технічного обслуговування і ремонту ПНВТ, зокрема операцій, пов’язаних із відновленням плунжерних пар, є надзвичайно актуальною.

Ця дипломна робота присвячена вдосконаленню технічного обслуговування паливної апаратури шляхом впровадження більш ефективних методів відновлення плунжерів. У рамках дослідження буде проаналізовано існуючі способи ремонту, визначено їхні недоліки та розроблено конструктивно й технологічно доцільне рішення, яке дозволить підвищити якість ремонту, зменшити витрати та продовжити ресурс обладнання.

Метою цієї роботи є розробка практичних заходів з удосконалення технологічного процесу обслуговування ПНВТ, зосередженого на операціях відновлення плунжерних пар, а також створення умов для підвищення надійності роботи двигуна в цілому..

**РОЗДІЛ 1**

Змн.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

Арк.

9

ДП. 208. 045. 467н. 072. ПЗ

Розроб.

*Висоцький М.*

Перевір.

*Власюк О.І..*

Реценз.

Н. Контр.

Бучко І.О.

Затверд.

Руденко В.Г.

*АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ АСПЕКТІВ РЕМОНТУ ПАЛИВНОЇ АПАРАТУРИ*

Літ.

Аркушів

ЖАТФК, Аі-45

**АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ АСПЕКТІВ РЕМОНТУ ПАЛИВНОЇ АПАРАТУРИ**

**1.1** **Огляд конструкції паливної апаратури двигуна ЯМЗ-236 та особливості її роботи**

Паливна апаратура дизельного двигуна виконує надзвичайно важливу функцію — вона забезпечує подачу необхідної кількості палива в циліндри двигуна під високим тиском, у чітко визначені моменти часу і з необхідною рівномірністю. У двигуні ЯМЗ-236, який широко використовується в транспортних і сільськогосподарських машинах, паливна система побудована за класичною схемою з використанням рядного паливного насоса високого тиску (ПНВТ), плунжерних пар, трубопроводів високого тиску та форсунок.

Основним елементом системи є ПНВТ, у якому кожен циліндр має окрему плунжерну пару. Ці плунжери приводяться в рух через кулачковий вал, оберти якого синхронізовані з колінчастим валом двигуна. Завдяки цій синхронізації забезпечується своєчасна подача палива в кожен циліндр відповідно до порядку роботи двигуна.

Плунжерна пара складається з гільзи (втулки) та самого плунжера, що рухається всередині неї. При русі плунжера вгору в замкненому об’ємі створюється високий тиск, внаслідок чого відбувається впорскування пального через форсунку. Управління об’ємом впорскування здійснюється за допомогою повороту плунжера навколо власної осі, що змінює момент відкриття дренажного каналу.

Форсунки двигуна ЯМЗ-236 — розпилювального типу, розраховані на точне дозування пального в камеру згоряння. Вони працюють у тандемі з ПНВТ, відкриваючись під тиском і забезпечуючи дрібнодисперсне розпилення, що покращує змішування пального з повітрям та сприяє повнішому згорянню.

Особливістю роботи паливної апаратури ЯМЗ-236 є необхідність підтримання високого ступеня герметичності у всіх елементах системи, зокрема у плунжерних парах. Найменше зношення або порушення посадок може призвести до зниження тиску, нестабільної роботи двигуна або повної відмови одного з циліндрів. Тому конструкція апаратури передбачає використання точних з’єднань і високоякісних матеріалів.

Зм.

Арк.

№ Документа

Підпис

Дата

Арк.

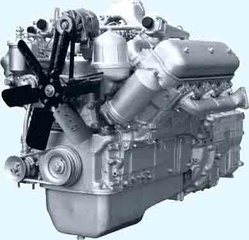
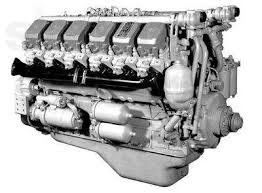
10

*ДП.208.045.467н.072.ПЗ*

Загалом, паливна апаратура двигуна ЯМЗ-236 вирізняється надійністю, чіткістю дії та високим ступенем ремонтопридатності, що робить її зручною для діагностики, технічного обслуговування та відновлення.

Паливна система дизельного двигуна виконує одну з найвідповідальніших функцій – вона забезпечує своєчасне і дозоване подання пального в робочі циліндри з урахуванням конкретного режиму роботи мотора. У двигуні ЯМЗ-236, який відзначається широким застосуванням у транспортній та сільськогосподарській техніці, паливна апаратура реалізована за традиційною схемою з використанням рядного ПНВТ, комплекту форсунок, плунжерних пар і мережі трубопроводів високого тиску.

Система починається з паливного бака, у якому передбачено механізми для забору, контролю рівня та видалення осаду. Паливо спочатку проходить через фільтр попереднього очищення, потім потрапляє до підкачувального насоса, який створює первинний тиск для подальшого транспортування. Наступним етапом є очищення через фільтр тонкого очищення, після чого пальне подається до головного елемента — паливного насоса високого тиску.

а) б) в)

Рисунок 2.1 – Схематичне зображення двигунів серії ЯМЗ: модифікація 236 (а), модель 238 (б), варіант 240 (в)

Зм.

Арк.

№ Документа

Підпис

Дата

Арк.

11

*ДП.208.045.467н.072.ПЗ*

У ПНВТ кожному циліндру двигуна відповідає окрема плунжерна пара. Вона складається з циліндричної гільзи та рухомого плунжера, який приводиться в дію від розподільного вала через кулачковий механізм. Коли плунжер піднімається, він стискає паливо до високого тиску, після чого воно спрямовується до форсунки. Керування кількістю подачі здійснюється завдяки обертанню плунжера, що змінює момент відкриття зливного каналу.

Форсунки системи відповідають за точне впорскування пального в циліндри. Вони відкриваються під дією тиску і розпилюють паливо на дрібні частинки, що забезпечує його ефективне змішування з нагрітим повітрям і сприяє повному згорянню.

Однією з важливих особливостей цієї апаратури є жорсткі вимоги до точності виготовлення та щільності з’єднань. Будь-яке порушення герметичності у вузлах, особливо в плунжерних парах, може викликати зниження тиску та збої в роботі двигуна. Саме тому система потребує регулярного обслуговування і точного ремонту.

Загалом, паливна апаратура ЯМЗ-236 характеризується простотою конструкції, високою ремонтопридатністю та надійністю в експлуатації. Це робить її зручною в обслуговуванні і дозволяє зберігати стабільну роботу двигуна навіть в умовах підвищених навантажень.

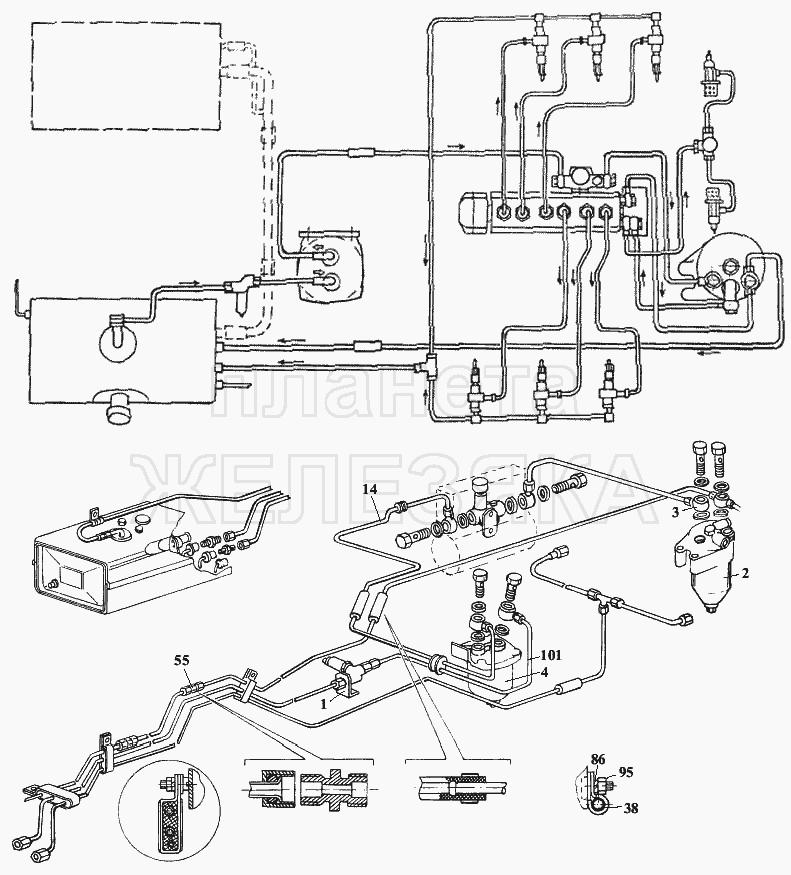


Рисунок 1.2 Схема паливної апаратури двигуна ЯМЗ-236

Зм.

Арк.

№ Документа

Підпис

Дата

Арк.

12

*ДП.208.045.467н.072.ПЗ*

Кількість палива, що подається паливним насосом високого тиску в циліндри, регулюється вручну або автоматично всережимним регулятором. Надлишкове паливо, що постачається підкачувальним насосом до паливного насосу високого тиску, відводиться по паливопроводу назад до підкачувального насосу. Паливо, що просочується через зазори між деталями форсунок, стікає по трубопроводам у фільтр тонкої очистки.

**1.2 Умови експлуатації та механізми зношування елементів паливної системи**

У процесі тривалої експлуатації паливної системи виникають фізичні та механічні впливи, що сприяють поступовому зносу її окремих компонентів. Навіть незначні пошкодження або відхилення в геометрії можуть спричинити порушення роботи або повний вихід з ладу системи. Нижче детально розглянуто типові прояви зношування плунжерної пари.

**Плунжер**

Внаслідок тертя та взаємодії з абразивними часточками, на поверхні плунжера з часом формуються характерні пошкодження. Найбільш інтенсивно знос спостерігається в зоні головки, зокрема у верхній її частині, яка прилягає до вікна втулки.

На цьому місці утворюється борозенкоподібна виїмка, що простягається від торця вниз на довжину приблизно 9,5–10 мм. Ширина канавки у верхній частині сягає 4,5–5 мм, глибина – до 0,023–0,025 мм. Чим ближче до середини, тим меншими стають ці параметри, і в нижній частині пошкодження практично зникає.

Зм.

Арк.

№ Документа

Підпис

Дата

Арк.

13

*ДП.208.045.467н.072.ПЗ*

Крім цього, на поверхні плунжера з’являються дрібні поздовжні подряпини глибиною 0,004–0,005 мм, які змінюють блиск і роблять поверхню тьмяною. При спостереженні через збільшувальну оптику помітно характерне гребінчасте мікрорельєфне пошкодження, ознака абразивного впливу. На початкових етапах частинки мають гострі краї, які знімають мікроскопічні стружки, поступово притупляючись. Через це інтенсивність зношування зменшується вглиб деталі.

Що стосується гвинтової кромки, вона зношується менше, однак у зоні близько 5,5 мм від верхнього торця виявляється зосереджене пошкодження. Найвищий ступінь зносу — до 0,018–0,020 мм — спостерігається напроти перепускного отвору, що розташований на 6,5 мм від торця. У місці на відстані 9,5 мм знос мінімальний — близько 0,003–0,005 мм.

Форма відсічної кромки також змінюється під впливом швидкого потоку палива, що проходить з області високого тиску до низького. Це призводить до її вимивання, особливо в області перепускного отвору.

***Втулка***

Втулка плунжерної пари також піддається зношуванню, зокрема в місцях контакту з отворами. Найінтенсивніше пошкодження виявляється біля впускного вікна. Тут зношення має форму поздовжньої смуги, шириною 4,5–5 мм. Над отвором пошкодження розповсюджується на 6–7 мм догори, а під отвором — на 4,5–5 мм униз. Максимальні величини зносу: 0,025–0,027 мм у верхній частині та 0,015–0,017 мм у нижній.

Поверхня втулки вище отвору має паралельні подряпини, а край самого отвору виглядає рваним і нерівним, що свідчить про значний ступінь механічного руйнування.

На відміну від впускного, зона перепускного отвору зношується асиметрично.

Пошкодження спостерігається з лівого боку, має вигляд складної смуги шириною 2–2,5 мм. Цей знос простягається на 2–3 мм у напрямку торця втулки зверху і на 4,5–5 мм униз. Найбільше значення — 0,015–0,017 мм — фіксується на кромці вікна. У напрямку до торців втулки зношення поступово зменшується. З правого боку вікна пошкодження майже не спостерігається, що пояснюється конструкцією плунжера з лівосторонньою гвинтовою кромкою. Саме ліва частина отвору першою взаємодіє з паливом при відкритті, тому й зазнає більшого абразивного навантаження.

Зм.

Арк.

№ Документа

Підпис

Дата

Арк.

14

*ДП.208.045.467н.072.ПЗ*



Рисунок 1.7 – Схематичний вигляд плунжерої пари.

**1.3 Характеристика зносу: чинники виникнення, види пошкоджень і масштаби впливу**

У процесі складання паливної секції двигуна під час затягування штуцера високого тиску можуть виникати деформації внутрішньої частини втулки плунжера. При зусиллі затягування, що дорівнює рекомендованому значенню 120 Н·м, спостерігається зменшення зазору в області вікон до 1,5 мкм, тоді як у зоні нижче них (на відстані приблизно 10–15 мм) цей зазор, навпаки, збільшується до 3 мкм. Таке явище пов'язане з конструктивною чутливістю втулки до деформацій, особливо в місцях розміщення впускного і відсічного вікон.

Унаслідок еластичних змін матеріалу втулки в безпосередній близькості до вікон формуються виступи з гострими краями. Під час початку подачі палива, коли впускне вікно ще частково відкрите, потік під тиском починає проникати в нього, спричиняючи ерозійне руйнування країв за рахунок гідроабразивної дії.

Втрата цілісності кромок призводить до зростання втрат палива в компресійній частині. Підвищення моменту затягування штуцера до 140–150 Н·м істотно пришвидшує зношування плунжерних пар — приблизно на 20% у порівнянні з тими, що зібрані при 100–120 Н·м.

Зм.

Арк.

№ Документа

Підпис

Дата

Арк.

15

*ДП.208.045.467н.072.ПЗ*

У випадку, коли початковий зазор у парі становить лише 0,5–1 мкм, уже при затягуванні з моментом 60 Н·м виникає заїдання плунжера в зоні вікон. Хоча при роботі під тиском заклинювання не настає, у плунжерних парах із зазором 1–1,5 мкм при затягуванні 12–15 Н·м може виникнути затирання в компресійній ділянці через викривлення осі втулки, що спричинене зовнішнім навантаженням.

Коли плунжер виконує нагнітальний хід, після закриття вікна, має відбутися вприскування палива. Однак при зношених деталях процес починається із запізненням — паливо спочатку повертається через утворену канавку. У міру просування плунжера зношена зона зменшує свій вплив, але запізнення подачі зберігається. Чим глибше пошкодження, тим інтенсивніше зворотне перетікання і пізніше починається вприскування.

У разі максимального зношення плунжера та втулки момент упорскування може затримуватися до 5° обертання кулачкового вала (на прикладі ПНВТ ЯМЗ-238НБ). Зменшення ефективності пари через втрати палива особливо помітне при запуску двигуна, коли швидкість обертання мала і час для перетікання зростає.

Нерівномірність зносу окремих пар призводить до нерівномірної подачі пального. На середніх обертах розбіжності можуть бути втричі більші, а на пускових — у п’ять разів, порівняно зі справною системою. При сильному зносі пари можуть генерувати тиск лише 10–15 МПа замість необхідних 50–60 МПа. Якщо тиск не перевищує 30 МПа, така пара підлягає заміні.

До затримок моменту впорскування також можуть призводити знос штовхача, нагнітального клапана та інших пов’язаних компонентів. Крім того, зміна форми гвинтової кромки плунжера і знос перепускного отвору впливають на тривалість подачі палива, ще більше знижуючи ефективність роботи системи.

**1.4 Аналіз плунжерних пар як основних вузлів ПНВТ: технічні властивості і роль у системі**

Зм.

Арк.

№ Документа

Підпис

Дата

Арк.

16

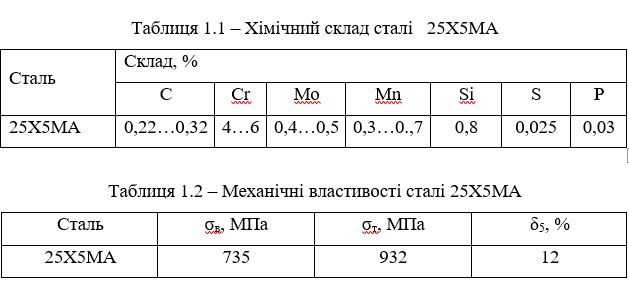
*ДП.208.045.467н.072.ПЗ*

Ключовим елементом у конструкції паливного насоса високого тиску є плунжерна пара, що складається з двох точно підібраних деталей — плунжера і гільзи. Ці компоненти утворюють єдину робочу одиницю, з’єднану з високою точністю. Вони формуються в межах однієї розмірної групи шляхом ретельного селективного добору без необхідності притирки. Такий підхід забезпечує герметичність, необхідну для ефективної подачі палива під високим тиском, при цьому зазор між сполученими поверхнями повинен залишатися в межах 0,001–0,003 мм. У зв’язку з цим розукомплектовування чи взаємозаміна деталей не допускаються.

Гільза плунжера виготовляється із спеціальної легованої сталі, що пройшла термічну обробку до високого рівня твердості. Для забезпечення міцності при дії тиску у верхній частині передбачено потовщення з буртиком, який виконує функцію опори у корпусі насоса. У цій же верхній частині розташовано два протилежно орієнтовані вікна — одне для надходження пального, інше — для його перепуску під час роботи.

Сам плунжер також виготовляється з легованої сталі з високою твердістю, і має складну геометрію: на ньому передбачено два отвори та пару симетричних гвинтових канавок. Одна з них використовується для регулювання кількості впорскуваного палива, інша — для вирівнювання тиску на бічній поверхні деталі під час функціонування.

Хімічний склад та механічні властивості сталі, з якої виготовлено плунжерну пару, наведені в таблицях 2.1 та 2.2.



Матеріалом для виготовлення обох компонентів слугує високолегована корозійностійка сталь марки 25Х5МА. Цифри та букви в маркуванні вказують на хімічний склад: середній вміст вуглецю та легуючі елементи, а літера "А" свідчить про підвищену якість сплаву.

Зм.

Арк.

№ Документа

Підпис

Дата

Арк.

17

*ДП.208.045.467н.072.ПЗ*

Щоб покращити експлуатаційні властивості, поверхня плунжера піддається азотуванню. Обробка забезпечує шар глибиною 0,1–0,5 мм з твердістю 820–1000 HV, при цьому серцевина має твердість 24–30 HRC. Овальність деталі не повинна перевищувати 0,0002 мм, а крихкість — не більше 2 HV.

Плунжер (позначення 236-1111076А) та гільза (236-1111078) утворюють взаємодіючу пару, яка після підбору вважається цілісною. Заміна будь-якої з деталей окремо заборонена. Перед установленням виконується ретельне промивання та змащування очищеним дизельним паливом. Перевірка на вільний хід проводиться шляхом підняття плунжера на 20–25 мм у вертикальному положенні. У цьому стані він повинен плавно опуститися під власною вагою, без будь-яких заїдань, при зміні кута повороту.

Допустимим вважається лише плавне ковзання без зупинок на всій довжині руху та в кожному положенні плунжера.

Для перевірки щільності плунжерну пару випробовують гідравлічно при температурі 18–22ºC. Як робочу рідину використовують суміш дизельного палива, мастил (веретенне, авіаційне або тракторний керосин), профільтровану згідно нормативів ДСТУ.

Під час випробування торцевий отвір втулки герметично закривається, а на плунжер подається навантаження, що відповідає тиску 195–205 кг/см².

Зм.

Арк.

№ Документа

Підпис

Дата

Арк.

18

*ДП.208.045.467н.072.ПЗ*

У результаті впливу цієї сили плунжер повинен повністю піднятися, при цьому витік палива через сполучення має тривати не менше 20 секунд. Якщо щільність пари перевищує 40 секунд, її додатково перевіряють: після змащення та витримки у вертикальному положенні плунжерна пара має вільно роз’єднуватися під дією ваги втулки.

**1.5 Діагностика та виявлення дефектів зношених деталей: методика та етапи**

Одним з важливих етапів ремонтного процесу машин і агрегатів є дефектування – процедура, спрямована на виявлення технічного стану окремих деталей або вузлів для подальшого прийняття рішення щодо їхнього використання. Ця операція дозволяє визначити, чи підлягає деталь повторному використанню, ремонту, чи вона повинна бути списана.

Виконання дефектування відбувається згідно з установленими вимогами, які регламентуються відповідними технічними стандартами та внутрішніми інструкціями. У роботі використовуються спеціальні інструменти, прилади та оснащення, що дозволяють з високою точністю проводити контроль параметрів.

Процес має чітку послідовність: спочатку здійснюється перевірка критичних ознак, за наявності яких подальший аналіз припиняється, і деталь визнається непридатною. У випадках, коли такі ознаки не виявлені, проводиться перевірка інших характеристик, що мають вплив на функціонування деталі.

Придатність оцінюється на основі порівняння фактичних розмірів у зонах найбільшого зношування з гранично допустимими значеннями, передбаченими у технічній документації. Після аналізу деталі поділяються на категорії: ті, що можуть бути відновлені, ті, що придатні до подальшої експлуатації без ремонту, та ті, що підлягають утилізації.

Дефектування виконується у спеціально облаштованих зонах, оснащених усіма необхідними засобами контролю.

Роботи проводять досвідчені фахівці-дефектувальники згідно з техпроцесами, які оформлені у вигляді технологічних карт. Саме системність і професійність проведення цього етапу значною мірою визначає якість подальшого ремонту.

Зм.

Арк.

№ Документа

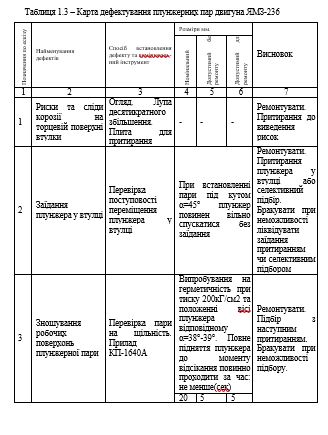
Підпис

Дата

Арк.

19

*ДП.208.045.467н.072.ПЗ*



У межах цієї кваліфікаційної роботи запропоновано вдосконалений підхід до відновлення плунжерів, який передбачає нанесення хромового покриття з подальшою термічною обробкою для зміцнення поверхні. Такий метод дозволяє значно покращити зносостійкість та продовжити ресурс деталі.

Серед сучасних способів ремонту особливо ефективною вважається маршрутна технологія. Її перевага полягає в тому, що в реальних умовах експлуатації пошкодження деталей виникають нерівномірно, і кожен тип зносу потребує індивідуального підходу. Завдяки маршрутному підходу можна гнучко адаптувати процес відновлення до конкретного технічного стану деталі, що підвищує ефективність ремонту загалом. Вибираємо маршрут для розробки технологічного процесу відновлення плунжера (табл. 1.4).

Зм.

Арк.

№ Документа

Підпис

Дата

Арк.

20

*ДП.208.045.467н.072.ПЗ*



Щоб забезпечити стабільну й тривалу роботу плунжера у складі плунжерної пари, необхідно дотримуватись чітко визначених технічних вимог до процесу його відновлення. Ці вимоги покликані забезпечити точність сполучення та запобігти передчасному зношенню.

До основних характеристик, які включаються в технічні умови, належать показники геометричної точності плунжера, показники твердості контактних поверхонь, а також допустимі відхилення при їх взаємному розташуванні. Усі ці параметри відіграють ключову роль у забезпеченні герметичності з’єднання та ефективної подачі пального під тиском. **1.6 Порівняння можливих способів відновлення та вибір оптимального методу**

Надійність і довговічність деталей, які пройшли капітальний ремонт, значною мірою залежать від правильного вибору методів відновлення та технологій, які при цьому застосовуються. На відміну від виготовлення нових деталей, де в якості заготовки використовується новий матеріал, при ремонті сировиною слугує зношена деталь.

Основна мета технологічного процесу у цьому випадку — повернути елементу його функціональність максимально економічним і ефективним способом, забезпечивши при цьому достатній строк служби.

Зм.

Арк.

№ Документа

Підпис

Дата

Арк.

21

*ДП.208.045.467н.072.ПЗ*

Підбір конкретного методу залежить від багатьох чинників: конструкції та умов роботи деталі, рівня її зношення, вимог до ресурсу після відновлення, а також вартості самого процесу. Для підприємств, що спеціалізуються на відновленні компонентів, доцільно користуватись методикою, яка враховує кілька критеріїв: придатність способу, очікувану довговічність та економічну ефективність. Найкращий результат забезпечує той спосіб, який водночас задовольняє всі ці умови.

У рамках цієї роботи для ремонту плунжера обрано метод хромування з попереднім шліфуванням. Такий підхід дозволяє не лише видалити зони зносу, а й нанести захисний шар, після чого проводиться доведення поверхні до необхідного номінального розміру. Метод дозволяє досягти високої точності сполучення, зменшити зношування в процесі експлуатації та забезпечити стабільність роботи плунжерної пари.

Покриття може виконуватися хромом або залізом, однак хромування переважає за рівнем зносостійкості. Попри менший вихід за струмом, хромоване покриття забезпечує кращу адгезію до основного металу. Слід зазначити, що хромові електроліти є дорожчими і мають екологічні обмеження, але кінцевий результат виправдовує витрати.

Для підвищення ресурсу плунжера використовується технологія холодного хромування із застосуванням спеціального електроліту. Один з методів, що довів свою ефективність — це точне ступінчасте хромування, за якого формується шар хрому товщиною 30–40 мкм із збереженням геометричної точності. Конусність і еліпсоподібність після процедури не перевищують 1–2 мкм.

Перед нанесенням покриття виконується притирання плунжера з абразивною пастою для усунення подряпин. Далі проводиться перевірка розмірів і підвішування деталей із зазором 1,0–1,5 мм, який створюється шайбою. Поверхні знежирюють пастою з гірчиці, далі промивають холодною водою.

Після цього проводиться декапування у ванні з залишками хромового електроліту протягом 40–60 секунд.

Зм.

Арк.

№ Документа

Підпис

Дата

Арк.

22

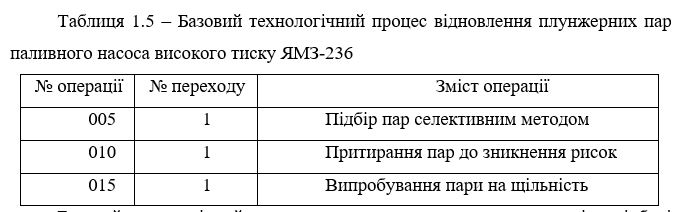
*ДП.208.045.467н.072.ПЗ*

Хромування відбувається у ванні при температурі 54–58 ºC. Склад електроліту: хромовий ангідрид — 50–60 г/л, сірчана кислота — 0,5–0,6 г/л. Початкова щільність струму — 20–25 А/дм² з поступовим підвищенням до 40 А/дм². Ванна виготовляється з вініпласту товщиною 10 мм з металевими кріпленнями, підігрів здійснюється за допомогою змійовиків.

При товщині покриття понад 75 мкм спостерігається зниження якості зчеплення. Після процедури плунжери промивають, знімають із підвіски, обробляють у 3% розчині тринатрійфосфату, а потім ще раз промивають холодною водою. Поверхня повинна бути чистою, без лущення, напливів чи ділянок без покриття.

Фінальна термообробка проходить у мінеральному мастилі при температурі 140–160 ºC протягом 1,5 години. Після цього проводиться доведення поверхні на спеціальному верстаті, і плунжер спарюється з гільзою.

Базовий технологічний процес відновлення плунжерів наведено в табл. 1.5.



## Основною процедурою при ремонті плунжерних пар є операції з притирання та точного підбору плунжера і втулки до заданого ремонтного розміру. Після завершення цих операцій перевіряють герметичність пари, використовуючи спеціальний контрольно-вимірювальний прилад типу КП-1640А.

## Щоб оцінити технічну придатність пари до подальшої експлуатації, проводять вимірювання тиску, який створюється у процесі роботи. Це здійснюється на зібраному насосі за допомогою манометра або максиметра.

## Якщо з'єднання деталей не дозволяє досягти належного рівня тиску, або якщо технічно неможливо забезпечити притирання чи точний підбір, така плунжерна пара вважається непридатною і підлягає списанню.

Зм.

Арк.

№ Документа

Підпис

Дата

Арк.

23

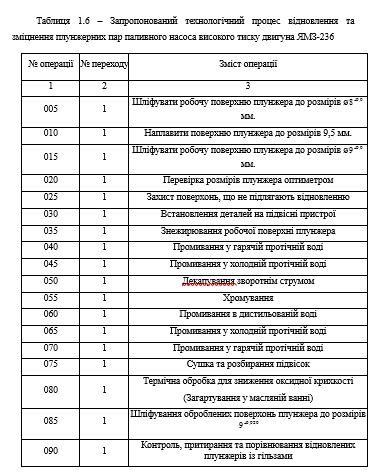
*ДП.208.045.467н.072.ПЗ*

## **1.7 Розроблення послідовності технологічного процесу відновлення**

Формування структурної послідовності є ключовим етапом під час проєктування технологічного процесу ремонту. Від того, наскільки точно визначено порядок виконання операцій, залежить не лише ефективність виробництва та зниження тривалості ремонтного циклу, а й відповідність відновленої деталі встановленим технічним вимогам.

Технологічна схема повинна враховувати раціональне використання всіх наявних ресурсів — як у вигляді ремонтопридатних деталей, так і засобів механізації, оснащення та часу робітників. Саме правильна структуризація дій дозволяє забезпечити стабільність якості та надійність результату.

У цій роботі послідовність операцій для ремонту та підсилення плунжерних пар ПНВТ двигуна ЯМЗ-236 розроблено відповідно до прийнятого методу відновлення. Детальна технологічна схема наведена у таблиці 1.6.



**1.8 Визначення установчих баз при виконанні технологічних операцій**

Зм.

Арк.

№ Документа

Підпис

Дата

Арк.

24

*ДП.208.045.467н.072.ПЗ*

Установчими базами вважаються ті поверхні деталі, які використовуються для її точного розміщення відносно інструменту чи обладнання під час виконання обробки. Щоб досягти максимальної точності, бажано, щоб усі етапи технологічного процесу виконувалися, орієнтуючись на одну базу. Проте в умовах практичного виробництва це не завжди можливо, тому важливо обмежити кількість використовуваних баз до мінімуму.

Найдоцільніше базування проводити по ділянках, що не піддаються зносу і не зазнають навантажень у процесі експлуатації. У випадку плунжера це, як правило, його торцеві поверхні, які можуть слугувати надійною опорою при установці.

При хромуванні деталі монтують на спеціальні підвісні пристрої. Вони дозволяють не лише забезпечити якісний контакт для подачі струму, але й оптимально розміщувати деталі у ванні, забезпечуючи рівномірність покриття. Крім того, підвіски спрощують завантаження й дозволяють обробляти одразу кілька деталей.

Для виготовлення анодів застосовують свинцевий сплав із вмістом сурми від 6 до 10%. Це дає змогу надавати анодам складну форму, завдяки якій досягається рівномірний зазор між ними та деталями. У деяких випадках використовують аноди з заліза, яке утворює пасивну плівку при контакті з електролітом на основі хромового ангідриду. Такі аноди мають нижчу розчинність, проте сприяють накопиченню тривалентного хрому, що може негативно впливати на процес.

Щоб захистити ті поверхні, які не повинні піддаватися хромуванню, використовують ізоляційні матеріали: спеціальні лаки, пластикат, плівки та ковпачки. Найпоширенішими є емаліт, перхлорвініловий лак і цапон-лак, який наноситься в кілька шарів з подальшим висушуванням. Циліндричні поверхні зручно закривати за допомогою ковпачків із целулоїду або гнучкого пластику.

**РОЗДІЛ 2**

Змн.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

Арк.

25

ДП. 208. 045. 467н. 072. ПЗ

Розроб.

*Висоцький М.*

Перевір.

*Власюк О.І..*

Реценз.

Н. Контр.

Бучко І.О.

Затверд.

Руденко В.Г.

*КОНСТРУКТОРСЬКА РОЗРОБКА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РЕМОНТУ*

Літ.

Аркушів

ЖАТФК, Аі-45

**КОНСТРУКТОРСЬКА РОЗРОБКА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РЕМОНТУ 2.1 Аналіз існуючих пристроїв та розробка вдосконаленого варіанту**

2.1.1 Обґрунтування вибору пристосування, запропонованого в дипломному проєкті

Після завершення процесу відновлення плунжерів необхідно переконатися у точності їхнього сполучення з внутрішньою поверхнею гільзи. Однією з ключових умов є відсутність заїдань та забезпечення рівномірного прилягання по всій довжині робочої поверхні. Щоб досягти стабільної роботи відновлених плунжерних пар і гарантувати їх герметичність при подачі пального, обов’язковим є процес притирання плунжера до гільзи перед установленням у паливний насос високого тиску.

Для виконання цієї операції пропонується використовувати спеціальний стенд власної конструкції, призначений саме для якісного притирання плунжерів у складі пар.

2.1.2 Конструктивні особливості стенду для притирання плунжерів

Конструкція стенду включає станину, на якій розміщено шість зубчастих коліс, змонтованих на роликових підшипниках. Кожне з цих коліс оснащене круглими пазами, призначеними для встановлення втулок плунжерів, які надійно фіксуються за допомогою гвинтових затискачів. Обертання всіх шестерень синхронізоване, оскільки вони зчеплені між собою. Оберти на провідну шестерню передаються через комбінований конічно-циліндричний редуктор, що з'єднаний з електродвигуном через муфту.

Двигун моделі АИСЕ71В4 розміщується на станині і надійно кріпиться болтами. Його вихідний вал оснащений муфтою, з'єднаною шпонковим вузлом. Протилежний кінець муфти підключено до вала ведучої конічної шестерні. Вказана шестерня є нероздільною з валом, на якому також встановлено ведучу циліндричну шестерню, фіксовану шпонкою.

Вісь редуктора спирається на роликовий підшипник, змонтований у корпусі.

*Зм.*

*Арк.*

*№ Документа*

*Підпис*

*Дата*

*Арк*.

26

*ДП.208.045.467н.072.ПЗ*

Плунжери закріплюються у спеціальні підвісні фіксатори, які розміщені на поздовжній направляючій рейці. Для запобігання їхньому коливанню стенд оснащено додатковими штоками-фіксаторами. Ці штоки, які переміщуються у напрямних втулках, забезпечують лише поступальний рух плунжерів у прямолінійній траєкторії, що необхідно для якісного притирання.

**2.2 Технічні умови роботи пристосування для притирання плунжерних пар.**

Електродвигун, установленій на стенді, передає обертовий момент через муфтове з’єднання безпосередньо на головну конічну шестерню. Далі рух передається через пару конічних шестерень на ведучу циліндричну шестерню, яка, у свою чергу, зчеплена з шістьма циліндричними шестернями. Усі вони обертаються послідовно, приводячи в рух закріплені на них втулки плунжерів.

Перед початком процесу втулки заповнюються дизельним пальним приблизно на чверть об'єму. Це потрібно для імітації умов реальної експлуатації та забезпечення належного змащування. У процесі обертання, під впливом відцентрових сил, паливо рівномірно розподіляється по внутрішній поверхні втулок.

За допомогою ручного важеля оператор підводить підвішені плунжери до обертових втулок. Робоча частина кожного плунжера вводиться всередину втулки, поступово, у міру зростання обертів. Після повного занурення плунжера виконується зворотний хід — його повільне виведення зі втулки. Такий цикл дозволяє моделювати умови, максимально наближені до реальних робочих режимів плунжерної пари.

Після проведення притирання деталі перевіряються безпосередньо на стенді. Оцінюється герметичність сполучення, здатність пари розвивати тиск, а також відсутність пошкоджень або задирів на поверхнях деталей.

**2.3 Проведення розрахунків для забезпечення надійності та ефективності конструкції**

*Зм.*

*Арк.*

*№ Документа*

*Підпис*

*Дата*

*Арк*.

27

*ДП.208.045.467н.072.ПЗ*

2.3.1 Розрахунок стенда для притирання плунжерних пар.

Розрахунок конічної зубчастої передачі редуктора:

а) Визначаємо ККД привода:

*η=η1 η2 η3*, (3.1)

де η1- ККД конічної передачі;

η2- ККД циліндричної передачі;

η3- ККД пари підшипників кочення;

η= 0,970,98˙0,99²=0,93

б) Потрібна потужність електродвигуна:

*Nе= N1= (Рυ)/102η* (3.2)

Nе= N1= (130˙0,25)/102˙0,93=0,34

Для приводу обрано електродвигун моделі АИСЕ71В4 з частотою обертання 1500 об/хв, що оптимально підходить для використання в конструкції стенду. Двигуни цього типу широко застосовуються як у промислових установках, так і в сільськогосподарському обладнанні, побутових системах і механізованих пристроях малої потужності.

Електродвигун функціонує від мережі з напругою 220 або 380 В при частоті 50–60 Гц, має ступінь захисту IP54, що забезпечує надійний захист від пилу і вологи. Робочий режим – переривчастий, з допустимим навантаженням серії S3. Клас кліматичного виконання – У3.

Щодо динамічних характеристик, двигун забезпечує:

пусковий момент, який складає близько 40% від номінального (Мпуск./Мном. = 0,4),

максимальний момент – до 160% від номінального (Ммакс./Мном. = 1,6),

мінімальний момент – 38% від номінального значення (Мхв./Мном. = 0,38).

Фактична частота обертання валу становить 1320 об/хв. Потужність пристрою – 0,37 кВт, а енергоефективність, згідно з коефіцієнтом корисної дії, – 60%.

*Зм.*

*Арк.*

*№ Документа*

*Підпис*

*Дата*

*Арк*.

28

*ДП.208.045.467н.072.ПЗ*

Двигун оснащений валом діаметром 14 мм, при цьому момент інерції на валу дорівнює 0,00098 кг·м². Для запуску використовується конденсатор ємністю 10 мкФ з робочою напругою 450 В. Загальна маса агрегату – 6,2 кг.

У складі механізму електродвигун з’єднаний із редуктором, який забезпечує необхідне передавальне відношення між кутовими швидкостями вхідного і вихідного валів:

n1= nе=1320 об/хв.;

n2= n1/і1=1320/1=1320 об/хв.;

n3= n2/і2=1320/2,4=550 об/хв.;

n4= n5= n6= n7=n3/і3=550/1=550 об/хв.

Номінальні моменти на кожному валу редуктора (без урахування втрат) при розрахованій (використовуваній) потужності N1=0,37 кВт.

Втратами потужності зважаючи на порівняно високий ККД передачі нехтуємо.

На валу 1:

М1=97400(N1/ n1)

М1=97400(0,37/1320)=27,3 кг·см.

На валу 2:

*М2= М1 і1*

М2= М1 і1=27,3·1=27,3 кг·см;

На валу 3:

М3= М2 і2

М3=27,3·2,4=65,5 кг·см.

На валах 4,5,6,7:

М4= М5= М6= М7 = М3 і3=65,5·1=65,5 кг·см.

Матеріал зубчатих коліс: приймаємо для попередніх розрахунків редуктора матеріал – сталь з твердістю не менше НВ 200. Для шестерені z1 – приймаємо – Сталь 15Х, ДСТУ 7806:2015, для зубчастих коліс – Сталь 20ХН.

Зм.

Арк.

№ Документа

Підпис

Дата

Арк.

29

*ДП.208.045.467н.072.ПЗ*

Визначення основних параметрів зубчастих передач редуктора ведемо з умов контактної міцності.

А) Конічна передача (і=1)

Конусна відстань:

, (2.3)

см,

L=28мм

Числа зубців шестірні та зубчастого колеса приймаємо:

z1=14, тоді z2= z1 і1=14·1=14;

Максимальний модуль:

, (2.4)

мм;

По ДСТУ ISO 1340:2008 приймаємо ms=3 мм.

Уточнюємо L по прийнятому значенню модуля:

(2.5)

см,=21мм

Розміри зубчатої пари:

D1= ms z1=3·14=42, D2= ms z2=3·14=42

, (2.6)

мм.

Б) Перша циліндрична косозуба передача (і2=2,4). Міжцентрова відстань:

. (2.7)

Приймаємо ψА=В/А=0,3;

Мк= Мз=65,5 кГ·см,

Після підстановки маємо:

Зм.

Арк.

№ Документа

Підпис

Дата

Арк.

30

*ДП.208.045.467н.072.ПЗ*

мм

Нормальний модуль зачеплення розраховуємо за формулою:

Приймаємо по ГОСТу 9563-60 mn=1мм.

Орієнтовано приймаємо кут нахилу зубців β≈10º

Числа зубців визначаємо за формулою:

, (2.8)

, (2.8)

.

, (2.9)

.

Уточнюємо кут β за формулою:

, (2.10)

β=10º15׳.

Розміри коліс визначаємо за формулою:

(2.11)

мм

(2.12)

мм

мм

Всі інші циліндричні пари шестерень (і3=1):

Зм.

Арк.

№ Документа

Підпис

Дата

Арк.

31

*ДП.208.045.467н.072.ПЗ*

(2.13)

мм

Приймаємо А2=57 мм.

Модуль зачеплення:

Числа зубців:

, (2.14)

, (2.15)

, (2.16)

Розміри коліс:

, (2.17)

мм

, (2.18)

мм

2.3.2 Розрахунок валів редуктора.

1-й вал.

Визначаємо мінімальне значення вихідного кінця вала із розрахунку на кручення, приймаючи [τ]=150кГ/см²:

, (2.19)

мм

Розміри кінцевої частини валу зазвичай приймають такими, щоб вони максимально відповідали діаметру вала електродвигуна. Це дозволяє спростити конструкцію з'єднання та забезпечити ефективну передачу моменту. Інші ділянки валу проєктуються з урахуванням конструктивних вимог і умов монтажу елементів приводу.

Зм.

Арк.

№ Документа

Підпис

Дата

Арк.

32

*ДП.208.045.467н.072.ПЗ*

Щоб зменшити номенклатуру підшипників і спростити обслуговування, для обох валів редуктора доцільно застосовувати однакові типорозміри кулькових підшипників. Це рішення дозволяє оптимізувати закупівлю комплектуючих і знизити витрати на технічне обслуговування.

Остаточні параметри ведучого валу редуктора буде визначено після виконання розрахунків другого валу, який піддається більшому навантаженню.

Діаметр вала у небезпечному перерізі під шестернею визначимо заздалегідь із розрахунку на кручення по пониженій напрузі [τ]=150кГ/см²:

, (2.20)

мм

Приймаючи до уваги вказівки, при розрахунку першого валу, призначаємо:

d2 =15 мм. Діаметр першого вала d1 =15 мм.

3-й вал.

Діаметр вала під шестернею z4 – при [τ]=200кГ/см²:

Зм.

Арк.

№ Документа

Підпис

Дата

Арк.

33

*ДП.208.045.467н.072.ПЗ*

, (2.21)

мм

Приймаємо: *d3 = d4= d5= d6= d7= d8*= 15 мм.

**РОЗДІЛ 3**

Змн.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

Арк.

34

ДП. 208. 045. 467н. 072. ПЗ

Розроб.

*Висоцький М.*

Перевір.

*Власюк О.І.*

Реценз.

Н. Контр.

Бучко І.О.

Затверд.

Руденко В.Г.

*ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНИХ УМОВ ПРАЦІ ТА ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ*

Літ.

Аркушів

ЖАТФК, Аі-45

**ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНИХ УМОВ ПРАЦІ ТА ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ 3.1 Заходи з безпеки при ремонті вузлів паливної апаратури**

Під час виконання ремонтних робіт з паливною апаратурою важливо, щоб усі інструменти та обладнання перебували у справному стані, були чистими та впорядкованими. При використанні пневмоінструменту його необхідно тримати двома руками – за корпус і руків’я. У разі несправності пневматичний інструмент слід від'єднати від джерела подачі повітря. Установку або зняття робочих насадок дозволяється проводити лише після повного знеструмлення. Шланги, які подають повітря, повинні бути без тріщин, заломів або зношених ділянок, не натягнутими й не перекрученими. Контакт з оливами або пальними речовинами небажаний. Від'єднання шлангів проводиться тільки після перекриття крану, щоб уникнути ривків та травм.

Деталі, які мають пружинні елементи, дозволено розбирати лише на спеціалізованих стендах або з використанням спеціальних пристроїв, що виключають ризик травм. У разі випресування щільно встановлених елементів обов’язково використовують преси з захисними екранами.

Відновлення деталей проводиться на відповідних робочих місцях залежно від методу обробки. Зокрема, механічне відновлення здійснюється на обладнаних ділянках із кваліфікованим персоналом. Для зварювально-наплавлювальних робіт організовується спеціальний пост або робоча лінія, яка включає джерело живлення, зварювальні пристрої, системи керування, а також транспортне та допоміжне обладнання.

Для зварювання застосовують трансформатори (ТД-300, ТД-500), випрямлячі (ВД-201УЗ, ВС600) та універсальні установки (ВДУ-1201УЗ тощо). Їх рекомендується розміщувати в окремих приміщеннях із дистанційним управлінням.

Наплавлювальна установка включає автоматичні чи напівавтоматичні апарати, пристрої подачі і переміщення, обладнання для роботи під флюсом, вентиляцію та засоби керування.

*Зм.*

*Арк.*

*№ Документа*

*Підпис*

*Дата*

*Арк*.

35

*ДП.208.045.467н.072.ПЗ*

Стіл зварювальника має бути оснащений витяжкою для усунення парів, газів і аерозолів. Кожному зварювальнику необхідно облаштувати індивідуальну кабіну, захищену від дії ультрафіолетового випромінювання. Зварювальні роботи виконуються в спецодязі – брезентовому костюмі, захисних рукавицях, масці з фільтрами, спеціальному взутті. Заборонено прокладати кабелі по підлозі без ізоляції. Усе обладнання обов’язково має бути заземленим.

Під час хімічного або електрохімічного відновлення приміщення повинно бути ізольованим від інших цехів, мати кислотостійке покриття підлоги з нахилом до трапу, вентильовану систему та контроль мікроклімату. Стіни обробляють керамікою або фарбою, температура повітря в холодну пору – не нижча за 17 °C, а вологість – не вища за 75%.

Ефективна витяжна система забезпечує видалення шкідливих речовин. Повітря, що подається, повинно компенсувати до 90% обсягу, який витягується. Канали вентиляції виконують з металу з кислототривким покриттям і забезпечують їх герметичність.

Стічні води від промивання забруднюються хімікатами, тому перед відведенням у каналізацію їх знешкоджують. Спецодяг (гумові рукавички, чоботи, фартухи, окуляри) має зберігатися в окремих шафах, його не дозволено виносити з цеху. Заборонено зберігати їжу, курити або пити на робочому місці, а також ремонтувати обладнання під напругою або працювати без витяжки.

Всі хімікати необхідно зберігати в надійній упаковці, обережно відкривати, використовуючи індивідуальні засоби захисту. При змішуванні кислот і води обов’язково кислоту додають у воду, а не навпаки. У разі потрапляння реагентів на шкіру – промивати водою, потім нейтралізуючим розчином.

Після травм, опіків чи отруєнь необхідно одразу надати першу допомогу та направити постраждалого до медпункту.

Чищення анодів і підвісок виконується лише мокрим способом – щітками або абразивом, змоченим водою. Робота з великими деталями проводиться з використанням електротельферів, а впалі у ванну елементи дістають лише спеціальними інструментами.

*Зм.*

*Арк.*

*№ Документа*

*Підпис*

*Дата*

*Арк*.

36

*ДП.208.045.467н.072.ПЗ*

Усе електрообладнання повинно бути заземленим, оскільки короткі замикання у ваннах можуть спричинити серйозні опіки або навіть вибух унаслідок виділення газів при електролізі.

**3.2 Розрахунок системи захисного заземлення на виробничій дільниці**

У разі дотику людини до струмоведучих частин електроустановок або до металевих елементів, які опинилися під напругою через пошкодження ізоляції, виникає ризик ураження електричним струмом. Це може призвести як до короткочасного електрошоку, так і до тяжких тілесних ушкоджень або навіть летального наслідку.

Щоб уникнути подібних небезпечних ситуацій, у мережах з напругою до 1000 В та вище впроваджуються технічні засоби захисту. Зокрема, обов’язковим є заземлення всіх струмопровідних і металевих конструкцій, які можуть опинитися під напругою. В системах з ізольованою нейтраллю або із глухо заземленою нейтраллю допустимий опір заземлення не повинен перевищувати 4 Ом.

До штучних заземлювачів належать вертикально вбиті в ґрунт металеві елементи, переважно із кутової сталі завдовжки від 2,5 до 3 метрів. Їх об'єднують між собою горизонтально прокладеними сталевими стрічками, що формують єдину електричну мережу. Рівень ефективності такого заземлення значною мірою залежить від електропровідності ґрунту, яка визначається його складом, вологістю та концентрацією солей.

Під час розрахунку заземлення визначають не лише конструкцію заземлювачів, а й їх точне розташування на місцевості. Підсумковий опір усієї системи залежить від конфігурації елементів, їхніх розмірів і кількості, а також від властивостей з’єднувальних провідників.

Рисунок 3.1 – Схема позначення розмірів для розрахунку захисного заземлення

*Зм.*

*Арк.*

*№ Документа*

*Підпис*

*Дата*

*Арк*.

37

*ДП.208.045.467н.072.ПЗ*



Розраховуємо захисне заземлення для електромережі 380 В, для якої сумарна потужність джерел струму становить 50 кВА. Як заземлювачі використовуємо круглі стрижні з вертикальним заглибленням. Діаметр одного стрижня становить d=0,05 м, довжина l=3 м, відстань між заземлювачами a=6 м, глибина заглиблення h=1,7 м, ширина шини b=0,03 м. Згідно з Правилами *Rз* для даного типу електромережі дорівнює 10 Ом.

Розраховуємо питомий опір ґрунту за формулою:

, (3.1)

де – питомий опір ґрунту, 100;

– кліматичний коефіцієнт, що залежить від кліматичної зони та вологості ґрунту 1,5 .

Питомий опір суглинку за таблицею 26 дорівнює 100 Ом·м, коефіцієнти сезонності для кліматичної зони II при нормальної вологості ґрунту дорівнює 1,5.

Ом·м.

Опір розтіканню струму одного вертикального стрижневого (трубчатого) заземлювача розраховуємо за формулою:

, (3.2)

де *l* – довжина заземлювача, м;

*d* – діаметр заземлювача, м;

*t* – відстань від поверхні землі до середини заземлювача, м.

*Зм.*

*Арк.*

*№ Документа*

*Підпис*

*Дата*

*Арк*.

38

38

*ДП.208.045.467н.072.ПЗ*

Ом.

Визначаємо орієнтовну кількість вертикальних заземлювачів за формулою:

, (3.3)

де – загальний опір;

*Rз* – найбільший допустимий опір заземлюючого пристрою.

Ом.

Розташовуємо заземлювачі по контуру. Коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів *ηВ* визначаємо за табл. за допомогою лінійної екстраполяції *ηВ=0,61*.

Визначають загальну кінцеву кількість заземлювачів:

*n=4,5/0,65=7* шт.

Довжина шини визначається за формулою:

, (3.4)

де *а* – відстань між заземлювачами, м.

м.

За даними таблиці 30 коефіцієнт використання шини *ηш=0,29*.

Визначаємо опір розтіканню з'єднувальної шини для вертикальних заземлювачів за формулою:

, (3.5)

де *L* – довжина шини, м;

*bш* – ширина шини, м;

*h* – глибина закладання шини, м.

Ом.

Загальний опір заземлюючого пристрою визначається за формулою:

, (3.6)

.

Розраховане значення опору відповідає нормам. Тобто для заземлення треба взяти 7 стрижнів.

**РОЗДІЛ 4**

Змн.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

Арк.

39

ДП. 208. 045. 467н. 072. ПЗ

Розроб.

*Висоцький М.*

Перевір.

*Власюк О.І.*

Реценз.

Н. Контр.

Бучко І.О.

Затверд.

Руденко В.Г.

*ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ*

Літ.

Аркушів

ЖАТФК, Аі-45

**ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ**

Результати проведених розрахунків зводимо в таблицю 4.1

Таблиця 4.1 – Перелік госпрозрахункових показників дільниці по ремонту паливної апаратури

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Найменування показника | Одиниця вимірювання | Значення показника |
| 1 | Фонд заробітної плати | грн. | 1184960 |
| 2 | Обсяг виробництва | грн. | 4913146 |
| 3 | Трудомісткість | год. | 17268 |
| 4 | Чисельність робітників | чол. | 10 |
| 5 | Продуктивність праці 1-го працюючого | грн. | 431314,6 |
| 6 | Середньомісячна заробітна плата | грн. | 9875 |
| 7 | Собівартість однієї години роботи | грн./год. | 250 |
| 8 | Капітальні вкладення в будівлі та споруди | грн. | 273600 |
| 9 | Капітальні вкладення в обладнання та пристосування | грн. | 316800 |
| 10 | Капітальні вкладення в інструмент | грн. | 12672 |
| 11 | Капітальні вкладення в транспорт | грн. | 22176 |
| 12 | Амортизаційні відрахування | грн. | 69912 |
| 13 | Витрати на електроенергію | грн. | 749866 |
| 14 | Витрати на паливо | грн. | 37900 |
| 15 | Витрати на пар | грн. | 8497,3 |

**Визначення експлуатаційних показників роботи дільниці**

Визначення витрат на утримання і експлуатацію устаткування:

, (4.32)

де *Сгі* – цехова собівартість однієї години роботи устаткування на *і*-й операції (з урахуванням процесу інфляції, дані аналогічний підприємства);

Визначення загальновиробничих витрат:

Зм.

Арк.

№ Документа

Підпис

Дата

Арк.

40

*ДП.208.045.467н.072.ПЗ*

, (4.33)

де *Кзгв* – відсоток загальногосподарських витрат (*Кзгв*=127%)

грн.

Визначення собівартості відновлення деталей на дільниці ремонту ПНВТ:

*Св*= 198,2+12,9+163,8=375 грн.

Отже собівартість відновлення однієї плунжерної пари (плунжера) дорівнює 375 грн за одиницю. Порівнюючи собівартість відновленої і нової деталі, маємо:

Сн – собівартість виготовлення нової деталі – 425 грн. (дані підприємства виробника);

Св – собівартість відновлення деталі – 375 грн. (за розрахунком), маємо:

Середній наробіток на відмову плунжерної пари відновленої за базовою технологією – 1800год., за новою – 2170год.

; .

З урахуванням підвищення середнього наробітку на паливний насос високого тиску, економічний ефект:

грн.

Висновок.

Економічний ефект, отриманий в результаті використання нового методу відновлення 112 грн. на одну плунжерну пару. Термін окупності розробленого проєкту складе 1,73 роки.

ВИСНОВКИ

Змн.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

Арк.

41

ДП. 208. 045. 467н. 072. ПЗ

Розроб.

*Висоцький М.*

Перевір.

*Власюк О.І.*

Реценз.

Н. Контр.

Бучко І.О.

Затверд.

Руденко В.Г.

*ВИСНОВКИ*

Літ.

Аркушів

1

ЖАТФК, Аі-45

У результаті аналізу технічних джерел, присвячених ремонту вузлів дизельного двигуна КамАЗ, а також обстеження машинного парку на агропідприємствах, що експлуатують дані транспортні засоби, сформульовано такі основні висновки:

Проведено розгляд конструктивних особливостей паливної апаратури двигуна ЯМЗ-236. Виявлено основні експлуатаційні чинники, що впливають на її функціональність. Розглянуто типові механізми зносу, їхні особливості, масштаби і наслідки для роботи агрегату. Визначено раціональну послідовність технологічних дій при відновленні плунжерних пар.

Запропоновано оптимальний варіант оснащення робочої зони обладнанням і інструментами, включаючи ріжучі, вимірювальні та контрольні пристрої. Здійснено розрахунки щодо необхідного виробничого часу, обсягів робіт і кількості працівників. Оцінено умови освітлення та ефективність вентиляції в приміщенні.

Надано обґрунтування вибору конструкції пристосування для точної обробки плунжерних пар. Встановлено ключові технічні характеристики даного пристрою.

Визначено основні заходи для поліпшення умов праці та безпеки працівників, що займаються ремонтом паливної апаратури.

Здійснено економічну оцінку витрат на одну людино-годину в умовах діагностичної зони для обслуговування гальмівних систем вантажних авто. Оцінено річну економію від застосування технічних нововведень. Визначено термін повернення інвестицій, який становить 1,73 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Змн.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

Арк.

42

ДП. 208. 045. 467н. 072. ПЗ

Розроб.

*Висоцький М.*

Перевір.

*Власюк О.І.*

Реценз.

Н. Контр.

Бучко І.О.

Затверд.

Руденко В.Г.

***СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ***

Літ.

Аркушів

1

ЖАТФК, Аі-45

1. Грицун Ю. І., Лобас В. П. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. — К.: Вища школа, 2006. — 398 с.
2. Канарчук В. Є., Лудченко О. А. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. — К.: Либідь, 2004. — 416 с.
3. Клименко І. І. Автомобільні двигуни: будова, робота, обслуговування. — Харків: Торсінг, 2011. — 376 с.
4. Романченко В. І. Паливна апаратура дизелів: навч. посіб. — К.: Каравела, 2010. — 270 с.
5. Костін Ю. Г. Діагностика і ремонт систем живлення автомобілів. — К.: Арістей, 2008. — 288 с.
6. Буряк М. В. Основи технічної експлуатації машин. — Львів: Новий світ, 2012. — 295 с.
7. Науменко В. М. Основи охорони праці. — К.: Знання, 2021. — 322 с.
8. Доронін Є. М. Охорона праці на автосервісі. — Харків: НТУ ХПІ, 2020. — 215 с.
9. Вдовін С. О., Гнатюк В. В. Безпека життєдіяльності. — К.: Центр учбової літератури, 2018. — 235 с.
10. Мирошник А. В. Організація технічного обслуговування паливної апаратури. — Дніпро: ДДТУ, 2019. — 192 с.
11. Кукурудзяк Ю. Ю., Рудь О. В. Дипломне проектування СТО. — Вінниця: Едельвейс, 2011. — 336 с.
12. Михайленко В. П. Економіка підприємства. — К.: Лібра, 2019. — 452 с.
13. Савчук В. С. Техніко-економічне обґрунтування проєктів. — К.: Центр учбової літератури, 2020. — 300 с.
14. Сидоренко В. П. Енергозбереження на СТО. — Харків: Прапор, 2022. — 175 с.
15. Кривенко В. С. Основи метрології і стандартизації. — К.: КНУБА, 2018. — 248 с.

Зм.

Арк.

№ Документа

Підпис

Дата

Арк.

43

*ДП.208.045.467н.072.ПЗ*

1. Технічні умови на ремонт і відновлення паливної апаратури (ТУ У 29.7-23498123-001:2021). — К.: Мінтранс, 2021.
2. ДСТУ 3135.0:2015. Електроустановки. Вимоги безпеки.
3. ISO 14224:2016 Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment.
4. Павелко А. О. Відновлення деталей методом хромування. — Дніпро: ДДТУ, 2021. — 170 с.