

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ

КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ІМЕНІ  
ПРОФЕСОРА ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ  
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: „ Вдосконалення операцій і технологічного оснащення ремонту  
пускового двигуна ”

Виконав: студент 4 курсу групи Аін- 43сп

Спеціальності 208 „Агроінженерія”  
(шифр і назва)

Шулежко Всеволод Романович  
(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. Чухрай В.Є.  
(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ  
ІМЕНІ ПРОФЕСОРА ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри \_\_\_\_\_

(підпис)

к.т.н., доцент Андрій ШАРИБУРА

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 р.

### ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту  
*Шулежку Всеволоду Романовичу*

1. Тема проєкту: „Вдосконалення операцій і технологічного оснащення ремонту пускового двигуна”

Керівник проєкту: *Чухрай Володимир Євгенович, к.т.н., доц.*

Затверджена наказом по університету від 27 листопада 2023 року № 641/к-с

2. Строк здачі студентом закінченого проєкту 6 червня 2024 року.

3. Вихідні дані: *науково-технічна література з питань будови, технічного обслуговування і ремонту машин; технологічного оснащення для виконання операцій демонтажу та розбирання агрегатів, відновлення деталей*

4. Перелік питань, які необхідно розробити

*Вступ*

*1. Характеристика базового пускового двигуна ПД – 10УД*

*2. Характеристика технологічного процесу розбирання пускового двигуна*

*3. Технологічне оснащення для розбирання колінчастого валу*

*4. Охорона праці*

*5. Розрахунок економічного ефекту від використання оснащення для розбирання колінчастого валу*

*Висновки*

*Список використаних джерел*

---

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

*1. Технологічна схема пошуку і усунення несправності (1 арк. формату А-1)*

*2. Карта дефектів колінчастого валу ПД-10 (1 арк. формату А-1)*

3. Технологічна схема розбирання колінчастого валу СК (1 арк. формату А-1)
4. Стенд для розбирання колінчастого валу двигуна СК (1 арк. формату А-1)
5. Робочі креслення деталей (1 арк. формату А-1)
6. Консультанти розділів проекту:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 5	Чухрай В.Є к.т.н., доц. кафедри агроінженерії та технічного сервісу імені професора Олександра Семковича			
4				

7. Дата видачі завдання: 27 листопада 2023 р.

#### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1.	<i>Написання розділу: Характеристика базового пускового двигуна ПД – 10УД</i>	<i>27.11.2023–15.02.2024</i>	
2.	<i>Виконання розділу: Характеристика технологічного процесу розбирання пускового двигуна</i>	<i>16.02.2024–14.03.2024</i>	
3.	<i>Технологічне оснащення для розбирання колінчастого валу</i>	<i>15.03.2024–8.05.2024</i>	
4	<i>Написання розділу: Охорона праці</i>	<i>9.05.2024–11.05.2024</i>	
5.	<i>Розрахунок економічного ефекту від використання оснащення для розбирання колінчастого валу</i>	<i>12.05.2024–16.05.2024</i>	
8	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини</i>	<i>17.05.2024–06.06.2024</i>	

Студент \_\_\_\_\_ *Всеволод Шулежко*  
(підпис)

Керівник проекту \_\_\_\_\_ *Володимир Чухрай*

### **УДК 631.3.**

Шулежко В. Р. “Вдосконалення операцій і технологічного оснащення ремонту пускового двигуна”

Дипломний проєкт. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024.

54 стор. текс. част., 16 рис., 7 табл., 5 арк. ілюстр. матер., 27 бібліогр. джерел.

Надано характеристику пускового двигуна ПД-10 та його модифікацій. У вигляді табличного матеріалу викладена інформація про прояв несправності двигуна їх причини та дії які потрібно виконати для усунення несправності.

Викладено порядок і зміст виконання операцій розбирання пускового двигуна на вузли та наведено приклади інструментів і оснащення для реалізації операцій розбирання.

Особливу увагу приділено послідовність і змісту операцій розбирання кривошипного–шатунового механізму пускового двигуна. З графічними ілюстраціями показано поетапно зміну стану колінчастого валу в процесі його розбирання на запропонованому в даній роботі оснащенні.

Розроблено технологічне оснащення для розбирання колінчастого валу, проведено розрахунки для перевірки його працездатності його складових частин.

Розглянуто питання охорони праці.

Доцільність виготовлення і запровадження у виробництво оснащення для розбирання колінчастого валу підтверджується очікуваним сумарним розрахунковим економічним ефектом в сумі понад 39,51 тис. грн.

## ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 характеристика базового пускового двигуна ПД – 10УД	7
1.1 Основні несправності пускового двигуна	8
2 характеристика технологічного процесу розбирання пускового двигуна	14
2.1 Загальні вимоги до процесу розбирання об'єктів ремонту	14
2.2. Послідовність і зміст операцій розбирання	15
2.3 Технічні вимоги до деталей колінчастого валу	29
3 технологічне оснащення для розбирання колінчастого валу	36
3.1 Опис будови стенда	36
3.2 Розрахунок елементів стенда	36
3.3 Принцип роботи стенда	37
4 охорона праці	41
4.1 Структурно-функціональний аналіз технологічних процесів	41
4.2 Основні вимоги правил безпеки праці під час ремонту агрегатів вузлів та заходи для застереження нещасних випадків	43
4.3 Пожежна безпека	46
5 розрахунок економічного ефекту від використання оснащення для розбирання колінчастого валу	47
ВИСНОВКИ	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	51

## ВСТУП

Дизельні двигуна мають дуже широке застосування як в аграрному виробництві так і в інших галузях народного господарства, а особливо і у військовій техніці. Їх масове використання обумовлено багатьма факторами: більшим крутним моментом при аналогічних параметрах у порівнянні з бензиновими; меншою витратою пального та більшою стійкістю його до загоряння і вибуху, що особливо важливо у військовий час. На сьогодні значна кількість тракторів, самохідних комбайнів, будівельних і дорожніх машин вітчизняних виробників, які використовуються в сільському господарстві та інших галузях народного господарства, оснащені дизельними двигунами які запускаються пусковими бензиновими двигунами. Пускові двигуни є альтернативою електричним стартерам так як можуть здійснювати запуск основних двигунів на більш сприятливих режимах. Крім того пускові двигуни можуть запукатися вручну при незаряджених акумуляторах або навіть при їх відсутності. Це особливо відчутно в холодну пору коли запуск основного двигуна є довготривалим, а акумулятори не дають змоги приводити в дію електричні стартери тривалий час. Найбільш широке застосування пускових двигунів, базовою моделлю яких є ПД – 10, має місце дизельних двигунах машин Харківських та Дніпровських заводів. В Україні на даний час немає діючої мережі ремонтних підприємств зайняти ремонтом пускових двигунів, які, як правило, мають ресурс значно менший від основних дизельних двигунів. Для реалізації процесів ремонту пускових двигунів в умовах ремонтних підрозділів виконавці робіт повинні мати достатній практичний досвід або ж відповідну документацію для реалізації технологічного процесу ремонту. Відповідно до викладеного вище нами визначено тему кваліфікаційної роботи: «Вдосконалення операцій і технологічного оснащення ремонту пускового двигуна».

## 1. ХАРАКТЕРИСТИКА БАЗОВОГО ПУСКОВОГО ДВИГУНА ПД – 10УД

Пусковий двигун марки ПД-10 став базовим для його модифікації ПД-10У, ПД-10М, П-350 [3,4]. В свою чергу двигун являється найбільш масовим і має найбільшу кількість взаємозамінних деталей з іншими пусковими двигунами даної серії. На рисунку 1.1. показано основні елементи базового пускового двигуна ПД-10УД оснащеного електричним стартером. Даний двигун також можна запускати вручну за умови несправності електричної мережі машини, або при відсутності стартера. Важливу роль при цьому відіграє наявність магнето, що забезпечує роботу двигуна без будь яких інших елементів живлення.

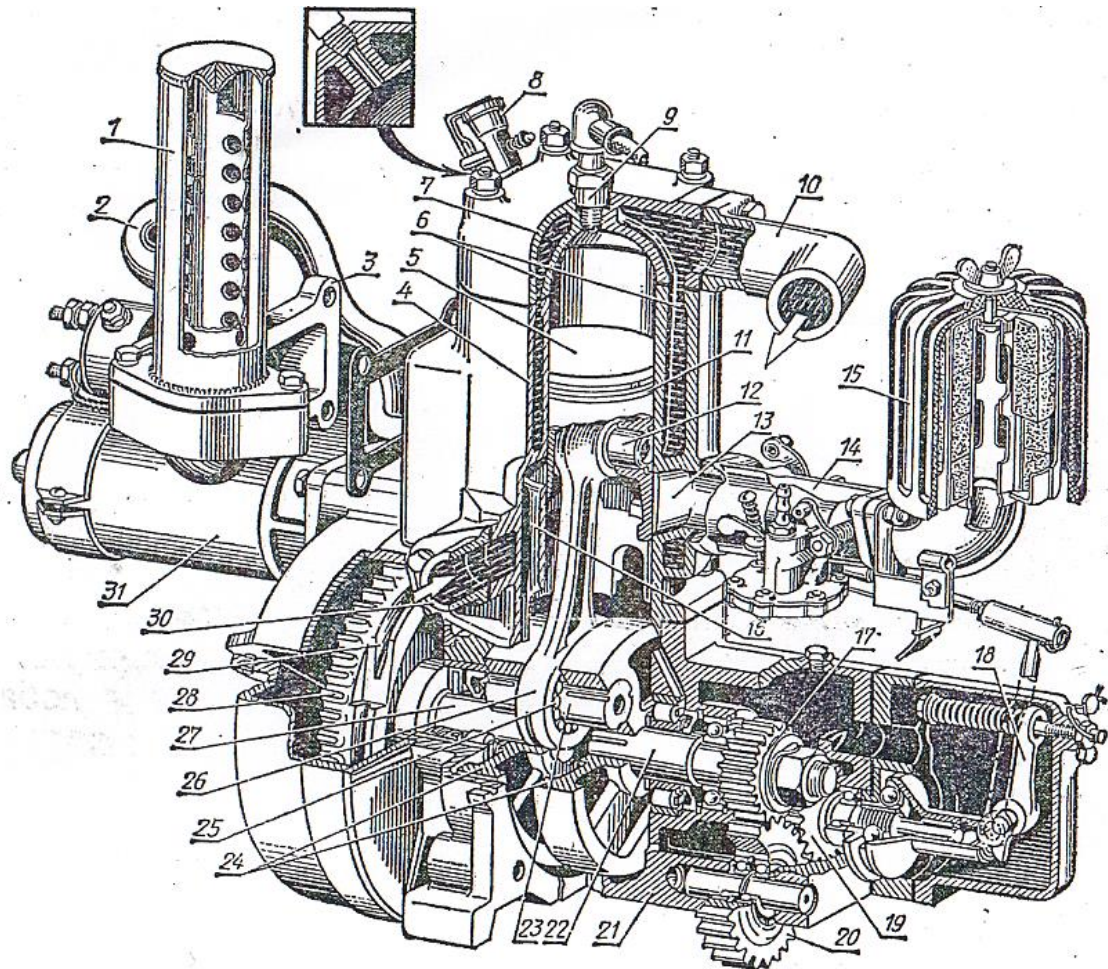


Рисунок 1.1. Основні елементи базового пускового двигуна ПД-10УД оснащеного електричним стартером

Позиції позначені на рисунку 1.1 мають наступне найменування [3,4]:  
1 – глушник відпрацьованих газів; 2 – труба випуску відпрацьованих газів; 3 – випускний колектор; 4 – циліндр з водяним охолодженням; 5 – поршень з алюмінієвого сплаву; 6 – порожнина для циркуляції охолоджуючої рідини; 7 – головка циліндра з каналами для циркуляції охолоджуючої рідини; 8 – кран для заливання пальної суміші і вентилявання порожнини картера і циліндра; 9 – свічка запалювання; 10 – патрубок відведення охолоджуючої рідини; 11 – кільце поршня компресійне; 12 – палець поршневий; 13 – канал подачі пальної суміші; 14 – карбюратор з механізмом керування; 15 – фільтруючий очисник повітря; 16 – канал продування із порожнини картера; 17 – шестірня колінчастого валу; 18 – регулятор частоти обертання колінчастого валу; 19 – шестерня приводу відцентрового регулятора; 20 – проміжна шестерня регулятора; 21 – картер двигуна; 22 – права цапфа колінчастого валу; 23 – палець кривошипа; 24 – щоки кривошипа; 25 – роликівий підшипник; 26 – шатун; 27 – ліва цапфа колінчастого валу; 28 – маховик з зубчастим вінцем для приводу стартера; 29 – клиновидна канавка для намотування шнура ручного запуску двигуна; 31 – електричний стартер.

### 1.1 Основні несправності пускового двигуна

В процесі роботи пускового двигуна можуть наставати певні відмови або порушення його номінальних режимів роботи. Внаслідок порушення режимів роботи пусковий двигун може не мати можливості запустити основний дизель. Певні порушення його технічного стану можуть бути причиною того, що пусковий двигун сам не зможе запуститися. Таких причин може бути дуже багато, причому деякі з них можна усунути незначними діями, а саме очищенням або регулюванням. Для усунення значної частини відмов і неполадок потрібно мати певну фахову підготовку і використовувати відповідний інструмент та технологічне оснащення. Для забезпечення



безперебійної роботи пускового двигуна потрібно постійно слідкувати за його технічним станом і виконувати контрольно-регулювальні та обслуговуючі роботи.

В таблиці 1.1 наведено причина несправності пускового двигуна симптоми їх прояву та дії необхідні для усунення несправності.

Таблиця 1.1 – Причина несправності пускового двигуна, симптоми їх прояву та дії необхідні для усунення несправності [3,4,14].

Прояв несправності	Причина несправності	Дії для усунення несправності
1	2	3
Пусковий двигун не запускається		
У циліндр не поступає паливо або поступає в недостатній кількості (бідна суміш)	Немає палива в бачку	Залити в бачок паливну суміш
	Закритий паливний кран	Відкрити кран
	Засмічений дренажний отвір в пробці бачка	Прочистити дренажний отвір в пробці бачка
	Засмічений фільтр-відстійник або трубопровід	Розібрати, промити чистим бензином, продути стислим повітрям
	Засмічений карбюратор	Провести технічне обслуговування карбюратора
	Порушення герметичності ущільнень колінчастого валу	Замінити манжети ущільнення колінчастого валу
	Підсмоктування повітря через нещільність з'єднання карбюратора з циліндром	Підтягти гайки кріплення карбюратора, при необхідності замінити прокладку
	Наявність льоду в баку в результаті попадання води (при мінусовій температурі повітря)	Видалити лід з бака (підігрівати паливну суміш в баку вогнем забороняється)

## Продовження таблиці 1.1

1	2	3
Збагачена горюча суміш	Мокрі електроди свічки запалення	Відкрити повітря заслінку карбюратора, видалити конденсат з кривошипної камери. Закрити кран бензопроводу, відкрити кран продування
У паливі (суміші бензину з маслом) багато масла	Замаслені електроди свічки запалення	Злити паливо з бачка і залити свіжу суміш бензину і моторної оливи у співвідношенні 15:1 (за об'ємом)
Невчасна, слабка або відсутня іскра на свічці запалення	Перевірити наявність іскри на наконечнику дроту. За наявності іскри замініте свічку, а якщо іскри немає - перевірте справність проводу і контактів магнето. Якщо іскри по колишньому немає - відремонтувати магнето	Встановити необхідний кут випередження запалення (28-30° повороту колінчастого валу до положення поршня у ВМТ або положеннях поршня нижче ВМТ 4,8 - 5,5 мм на такті стискування)
	Підгоріли, замаслилися або окислювалися контакти переривника, порушений зазор	Зачистити контакти, відрегулювати зазор 0,25...0,35 мм
	Порушений абрис магнето	Початок розмикання контактів винен становити 8...10° повороту ротора відносно вертикальної осі. Відпустивши гвинт кріплення кулачка, поверніть його щодо ротора до необхідного положення.
	Несправна індукційна котушка магнето	Замінити індукційну котушку магнето
	Несправний конденсатор магнето	Конденсатор замінити
	Забруднена або несправна свічка	Почистити або замінити свічку

Продовження таблиці 1.1

1	2	3
	Замикання на "масу" первинної обмотки магнето	Перевірити справність ізоляції проводів до вимикача блокування пуску і вимикачу двигуна. Оголені місця ізолювати
Недостатня компресія в циліндрі	Зношення деталей циліндро-поршневої групи	Зношені деталі (компресійні кільця, поршень, циліндр) замінити
	Пробій прокладки під головкою циліндра	Несправну прокладку замінити
	Нещільність установки свічки запалення	Закрутити свічку запалення встановивши під неї кільце ущільнення
Двигун не розвиває повної потужності і працює з перебоями		
	Пробій прокладки під головкою циліндра	Несправну прокладку замінити
	Нещільність установки свічки запалення	Закрутити свічку запалення встановивши під неї кільце ущільнення
Двигун не розвиває повної потужності і працює з перебоями		
<i>Дуже бідна суміш («вибухи» в карбюраторі)</i>	Засмітилися прилади підведення палива до карбюратора	Промити і продути стислим повітрям фільтр-відстійник, трубопровід, фільтр штуцера карбюратора
	Засмітився карбюратор	Провести технічне обслуговування карбюратора
Дуже багата суміш	«Вибухи» у випускному трубопроводі, чорний дим вихлопу, мокрі електроди свічки	Відкрити повітряну заслінку, провести технічне обслуговування очисника повітря, перевірити рівень палива в поплавцевій камері карбюратора і щільність посадки голчатого клапана, прогріти і просушити свічку запалювання, відрегулювати в ній зазор

Продовження таблиці 1.1

1	2	3
Неякісна суміш бензину з оливою	У суміші оливи більше потрібного	Заправити нову суміш
Слабка компресія в циліндрі	Зношення деталей циліндро-поршневої групи	Зношені деталі замінити
Неправильно встановлений кут випередження запалення	Важкий запуск двигуна	Правильно встановите кут випередження запалення
Пропуск запалення або слабка іскра	Перевірте справність ізоляції проводів, надійність контактних з'єднань, чистоту ізолятора свічки і зазор між ними, роботу магнето	Відмічені несправності усунути
Магнето дає перебої іскроутворення		
Замаслилися або перегоріли контакти	Визначається візуально	Протріть контакти замшею, змоченою в чистому бензині, або зачистите напилком
Змінений зазор між контактами	Перевірити за допомогою плоского щупа	Відрегулюйте зазор
Зносилася подушечка важеля переривника	Визначається візуально	Важіль переривника замінити новим, після чого відрегулюйте зазор
Нагар в камері згорання	Визначається візуально	Видалити нагар
Неправильно встановлений кут випередження запалення	Важкий запуск двигуна	Правильно встановите кут випередження запалення
Двигун довгий час працює під навантаженням	Не допускати безперервної роботи двигуна під навантаженням більше 3...5 хв	Відремонтувати дизель для забезпечення його легкого пуску

Закінчення таблиці 1.1

1	2	3
Перегрів редуктора		
Пробуксовує зчеплення редуктора	Підвищення частоти обертання колінчастого валу пускового двигуна під навантаженням	Відрегулювати зчеплення редуктора
Низький рівень оливи в редукторі	Перевірити рівень, відкрутивши контрольну пробку	Встановити нормальний рівень оливи
Пусковий двигун працює, але колінчастий вал дизеля не прокручується		
Не введена в зачеплення приводна шестерня	Перевірити включення приводної шестерні	Ввести в зачеплення шестерню із зубчатим вінцем маховика
Буксує зчеплення редуктора	Перегрів редуктора	Відрегулювати зчеплення редуктора, при необхідності відремонтувати
Зношені деталі обгінної муфти	Не відбувається заклинювання роликів	Зношені деталі замінити

З таблиці 1.1 бачимо, що у більшості випадків настання несправності пускового двигуна потрібно виконати нескладні операції усунення відмов. Слід зазначити, що для виконання операцій усунення відмов потрібно користуватися технологічною документацією і передбаченою в ній номенклатурою технологічного оснащення.

## 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РОЗБИРАННЯ ПУСКОВОГО ДВИГУНА

### 2.1 Загальні вимоги до процесу розбирання об'єктів ремонту

Розбирання машини, їх агрегатів, вузлів та складальних одиниць на деталі є відповідальним етапом у технічному циклі ремонту. Роз'єднувальні і складальні роботи становлять більше 50% від загальної трудомісткості ремонту [2,14]. Відсутність потрібного обладнання та пристроїв, а також некомпетентне використання таких, неодмінно веде до пошкоджень або зламів деталей під час розбирання. Тому належна організація та оснащення обладнанням роз'єднувальних робіт знижують вартість та підвищують якість ремонту машин.

Машину розбирають на агрегати, далі на складальні одиниці, миють їх і розбирають на деталі. Повне розбирання спряжень варто виконувати лише при необхідності заміни чи ремонту конкретних деталей. Технологічний процес, обсяг і послідовність розбирання залежать від стану спрацювання і пошкоджень. Роз'єднувальні операції виконуються за послідовністю, вказаною в розроблених технологічних картах якими облаштовують робочі місця.

Технологічні карти, що використовуються під час розбирання, є основним документом для технологів ремонтних підприємств. Ці карти містять інформацію про послідовність операцій та використання обладнання. Дотримання визначеної послідовності та застосування механізованих засобів полегшують процес, захищають деталі від пошкодження та підвищують якість ремонту.

Розбирання машини починається зі зняття кріпильних деталей: гайок, болтів, шпильок, стопорних кілець, шпонок тощо. Після зняття кріпильних

деталей демонтують складальні одиниці. Більшість прокладок після використання стають непридатними та замінюються на нові.

Особлива увага при розбиранні приділяється нерухомим і зокрема пресовим з'єднанням деталей, тобто з'єднанням з натягом. Під час розбирання з'єднань з натягом слід слідувати певним правилам та методикам, які забезпечують цілісність деталей.

Важливо використовувати обладнання для центрування деталей, забезпечення рівномірного розподілу зусиль, а також застосовувати швидке нагрівання або охолодження деталей при розбиранні нерухомих з'єднань.

Правильно розроблена технологія транспортування знятих деталей між робочими місцями є ключовою для збереження їх цілісності. Суворий контроль за дотриманням технологічної дисципліни та увага до організації ремонтних робіт дозволяють не лише скоротити затрати праці, але й знизити ризик пошкодження деталей та підвищити якість ремонту.

## 2.2. Послідовність і зміст операцій розбирання

Сучасна необхідність полягає у зміцненні ремонтної бази підприємств і в оснащенні їх необхідними технічними засобами.

В таблиці 2.1 подано послідовність і зміст операцій розбирання пускового двигуна ПД-10 на вузли [11,17].

Таблиця 2.1 – Послідовність і зміст операцій розбирання пускового двигуна ПД-10 на вузли.

№ операції	Зміст операцій та додаткові вказівки	Устаткування, оснащення, пристрої та інструменти
1	2	3
Зняття свічки і магнето		
1	Встановити пусковий двигун в зборі на кронштейн стенда для розбирання пускових двигунів, направивши прилягаючу поверхню передньої половини картера по установочних	Кран консольний з електротельфером Q=0,25 пристрій для розбирання пускових

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
1	штифтах кронштейна стенда. Закріпити пусковий двигун на стенді двома затискачами за фланець картера	двигунів; захоплювачі для піднімання пускових двигунів; ключ гайковий 19.
2	Від'єднати провідники високої напруги від свічки запалювання і викрутити свічку з головки циліндра	Плоскогубці комбіновані; ключ свічний.
3	Відкрутити три болта М8 з пружинним шайбовим кріпленням магнето до проміжної плити і зняти магнето з провідникам високої напруги	Гайковерт змінна головка 12; ключ гайковий комбінований 12.
Зняття карбюратора і тяги регулятора		
4	Роз шплінтувати і викрутити на кілька витків пробку муфти тяги регулятора і від'єднати тягу регулятора від кулькової головки важеля регулятора	Плоскогубці універсальні; викрутка; ключ гайковий комбінований 14
5	Відкрутити дві гайки М8 з пружинними шайбами, що кріплять карбюратор до циліндра та зняти карбюратор з тягою регулятора. Зняти прокладку	Гайковерт; змінна головка 12; ключ гайковий комбінований 12
Примітка. В дизелів, які поступають в ремонт магнето, свічка і карбюратор пускового двигуна необхідно зняти перед миттям. Якщо пускові двигуни поступають в ремонт окремо, то їх зовнішнє миття здійснюють також після зняття магнето і карбюратора, а також закривання місць приєднання патрубків		



## Продовження таблиці 2.1

1	2	3
	Зняття водяних і випускних патрубків	
6	Відкрити два болти М8×25 з пружинними шайбами і зняти з головки циліндрів патрубків прокладкою по якому відводиться вода	Гайковерт; змінна головка 12; ключ гайковий комбінований 12
7	Відкрити чотири болти М8×25 і зняти патрубків випускної труби пускового двигуна з прокладкою	Гайковерт; змінна головка 12; ключ гайковий комбінований 12
8	Відкрити чотири болти М8×25 з пружинними шайбами і зняти з циліндра пускового двигуна патрубків з прокладкою по якому відводиться вода.	Гайковерт; змінна головка 12; ключ гайковий комбінований 12
Зняття головки циліндра		
9	Викрутити з головки циліндра заливний краник	Ключ гайковий комбінований 14
10	Відкрити чотири гайки, якими кріпиться головка циліндра, зняти скобу кріплення провідника високої напруги разом з втулкою. Зняти головку циліндра і прокладку	Гайковерт; змінна головка 14; викрутка
11	Відкрити чотири гайки М10 з пружинними шайбами що кріплять циліндр, зняти циліндр та прокладку основи циліндра	Ключ гайковий комбінований 14
Зняття регулятора		
12	Повернути кронштейн стенда з пусковим	Вручну

## Продовження таблиці 2.1

1	2	3
12	двигуном по вертикальній осі і вставити його так щоб регулятор знаходився зі сторони робітника	
13	Відкрутити два болти М8×45, один болт М8×95, один болт М8×115 з пружинними шайбами, які кріплять регулятор і зняти регулятор пускового двигуна	Гайковерт; змінна головка 12; корба зі змінною головкою 12
14	Зняти рухомий диск регулятора. Вийняти чотири сталеві кульки з гнізд ведучого диска	Молоток з мідними накладками; викрутка

З таблиці 2.1 бачимо для того щоб розібрати пусковий двигун на вузли в обраній послідовності необхідно виконати 14 операцій. Аналізуючи і перелік устаткування та інструментів для їх виконання можна зробити висновок, що для розбирання найбільш часто використовуються комбіновані гайкові ключі.

В таблиці 2.2 подано послідовність і зміст операцій розбирання картера пускового двигуна [11,14,17].

Таблиця 2.2. – Послідовність і зміст операцій розбирання картера пускового двигуна

№ операції	Операції, технічні умови та вказівки	Оснащення пристрої та інструменти
1	2	3
1	Відкрутити чотири болти М8*35 і М8*20 з пружинними шайбами і зняти проміжну плиту з прокладкою	Стенд для розбирання ПД; гайковерт; змінна головка 12; ключ гайковий 12
2	Витиснути палець проміжної шестерні з	Знімач пальців проміжної

## Продовження таблиці 2.2

1	2	3
	передньої половини картера і кулькових підшипників проміжної шестерні	шестерні привода магнето та валу регулятора; ключі гайкові 14, 19 і 22
3	Витиснути з передньої половини картера пускового двигуна палець разом з шестернею привода магнето і підшипниками	Знімач (операція 2); ключі гайкові 14, 19 і 22
4	Відкрити ведучий диск регулятора і зняти його з валу регулятора. Зняти упорну шайбу	Ключ комбінований 32; викрутка
5	Витиснути з передньої половини картера вал регулятора разом з переднім кульковим підшипником. Вийняти з внутрішньої порожнини передньої половини картера шестерню привода регулятора. Вийняти шпонку 4*16 з поза валу регулятора	Знімач (операція 2); ключі гайкові 14, 19 і 22; викрутка; молоток з мідними бойками 500 г
6	Витиснути задній кульковий підшипник 202 валу регулятора з передньої половини картера пускового двигуна	Знімаючи заднього кулькового підшипника валу регулятора
7	Зняти стопор гайки колінчастого валу, відігнувши замкову шайбу. Відкрити гайку і зняти шайбу	Молоток слюсарний, зубило, коловорот зі зміною головкою 21
8	Зняти шестерню і шпонку з піввісь колінчастого валу. Вийняти установочне кільце з передньої половини картера	Знімаючи шестерні колінчастого валу; молоток слюсарний, зубило, викрутка, молоток з мідними байками; ключ гайковий 14

## Продовження таблиці 2.2

1	2	3
9	Повернути кронштейн стенда з картером пускового двигуна по вертикальній осі так, щоб маховик знаходився зі сторони робітника	
10	Роз стопорити гайку маховика, відігнувши замкову шайбу. Відкрити гайку, зняти шайбу	Молоток слюсарний; зубило; ключ гайковий 32
11	Зняти маховик пускового двигуна. Зняти шпонку з піввісі колінчастого валу	Знімач з двома лапами; молоток слюсарний; молоток з мідними байками; зубило; викрутка
12	Викрутити з задньої половини картера три болти М8*20 з пружинними шайбами. Зняти кришку сальника і прокладку	Змінна головка 12; ключ гайковий 12
13	Викрутити чотири болти м10*60 з пружинними шайбами, які з'єднують половини картера	Гайковерт; змінна головка 14мм; ключ гайковий комбінований 14
14	Прикріпити до задньої половини картера пускового двигуна замість кришки сальника фланець трьома болтами М8*25. вкрутити у фланець дві гвинтові тяги знімача з брусами до упору з торцем задньої піввісі колінчастого валу. Відділити задню половину картера від передньої і зняти її	Знімач задньої половини картера; Гайковерт; зміна головка 12 мм; ключ гайковий 12 мм
15	Повернути кронштейн стенда з передньою половиною картера навкруг вертикальної осі так, щоб площина прилягання проміжної плити знаходилася на стороні робітника	Вручну

Продовження таблиці 2.2

1	2	3
16	Витиснути колінчастий вал з шатуновим поршнем з передньої половини картера пускового двигуна	Переносний гідравлічний прес з пристроєм для витискання колінчастого валу
17	Відкрутити гайки кріплення затискачів кронштейна стенда і зняти передню половину картера з кронштейна стенда	Ключ гайковий комбінований 19
18	Випресувати з задньої половини картера зовнішню обойму роликового підшипника 2206. одягнути зовнішню обойму на роликовий підшипник, який знаходиться на колінчастому валові пускового двигуна	Прес гідравлічний; оправка для и запресування зовнішніх обойм роликових підшипників 2206 під пресом d=60 мм, h=80 мм
19	Вийняти з передньої половини картера само підтискний сальник 30*50*10 і зняти установочне кільце	Гачок для зняття сальника; викрутка
20	Витиснути кульковий підшипник з передньої половини картера	Прес гідравлічний; оправка
21	Витиснути з передньої половини картера зовнішню обойму роликового підшипника 2206 цанговим пристроєм. Одягнути зовнішню обойму на роликовий підшипник, який знаходиться на колінчастому валові пускового двигуна	Прес гідравлічний; цанговий знімач для витискання зовнішньої обойми роликового підшипника 2206 з передньої половини картера
22	З'єднати передню і задню половину картера дротом и покласти в корзину для миття	Вручну

Продовження таблиці 2.2

1	2	3
23	Зняти з валу передній кульковий підшипник 202	Прес гідравлічний підставка з отвором діаметром 16 мм
Розбирання проміжної шестерні, шестерні привода магнето і кришки сальника		
24	Витиснути з проміжної шестерні один з підшипників. Зняти стопорне кільце з маточини шестерні	Прес гідравлічний; пристрій для витискання підшипників проміжної шестерні і шестерні привода магнето
25	Витиснути з проміжної шестерні другий кульковий підшипник 202	Прес гідравлічний; оправка $d_1=14$ мм; $h_1=10$ мм; $d_2=18$ мм; $h_1=70$ мм;
26	Витиснути з кулькових підшипників 202 шестерні привода магнето палець	Прес гідравлічний; надставка $d=14$ мм; $h=80$ мм
27	Витиснути з шестерні привода один із підшипників 202. з маточини шестерні зняти стопорне кільце	Прес гідравлічний; пристрій (операція 24)
28	Витиснути з шестерні привода магнето другий кульковий підшипник 202	Теж що в операції 25
29	Витиснути з кришки сальника само підтискний сальник 30*52*10 і повстяний сальник	Прес гідравлічний; надставка

З таблиці 2.2 видно, що для розбирання картера пускового двигуна робоче місце потрібно оснастити певним комплектом оснащення, пристроїв та

інструментів. Щоб розібрати картер потрібно виконати 29 технологічних операцій. зміст яких подається в таблиці.

В таблиці 2.3 подано послідовність і зміст операцій розбирання кривошипного – шатунового механізму пускового двигуна [3,4,11,14,17].

Таблиця 2.3 – Послідовність і зміст операцій розбирання кривошипного–шатунового механізму пускового двигуна.

№ операції	Операції, технічні умови та вказівки	Устаткування пристрої та інструменти
1	Зняти з поршня верхнє (хромоване) кільце і два поршневих кільця нижні. Положити кільця в тару для брухту чавунних деталей	Верстак слюсарний на одне робоче місце; викрутка, пристрій для зняття та встановлення поршневих кілець, тара для брухту
2	Вийняти два стопорних кільця поршневого пальця, положити їх в сітчасту тару для дрібних деталей	Викрутка, щипці спеціальні; сітчаста тара для дрібних деталей
3	Витиснути палець з поршня і шатуна верхньої головки, поршень помістити в тару для деталей з алюмінієвих сплавів, а палець для збору сталевих деталей	Прес гідравлічний; оправка ступінчаста; тара для брухту деталей з різних матеріалів
4	Зняти з півосей роликпідшипник 2206. Вложити колінчастий вал і підшипник в сітчасту тару для дрібних деталей і відправити на мийку	Прес гідравлічний; пристрій для зняття підшипників колінчастого валу; тара сітчаста

В таблиці 2.4 подано послідовність розбирання колінчастого валу пускового двигуна, комплектування деталей, перевірку шатуна і складання

колінчастого валу.

Таблиця 2.4 – Розбирання колінчастого валу пускового двигуна, комплектування деталей, перевірка шатуна, складання

№ операції	Операції, технічні умови та вказівки	Устаткування пристрої та інструменти
1	2	3
1	Витиснути палець кривошипа з передньої щоки, зняти шатун і ролики .	Прес гідравлічний, розроблене устаткування, пристрої і ступінчасті оправки.
2	Витиснути палець кривошипа з задньої щоки.	
3	Витиснути з щоки передньої і задньої півосі. Без витискання пальця кривошипа, вона може бути зміщеною.	Розроблене устаткування, пристрої і ступінчасті оправки.
4	Витиснути з верхньої головки шатуна втулку, якщо її неможна використати під палець ремонтного розміру діаметр $d=18,2$ мм.	Розроблене устаткування, пристрій для витискання втулки, оправка.
5	Запресувати в верхню головку шатуна втулку, яка повинна виступати з головки шатуна на однакову величину.	Прес гідравлічний (молоток), оправка ступінчаста.
6	Розточити втулку верхньої головки шатуна під палець нормального чи ремонтного розміру. Віддаль між осями верхньої і нижньої головки шатуна $160\pm 0,1$ мм	Верстат для розточування (розвертка регульована), мікрометр з призмою виставлення різця, оправка-цанга.
7	Перевірити якість розточування верхньої головки шатуна. Шорсткість обробленої поверхні має бути не нижче 0,63. Овальність і конусність не повинні перевищувати 0,01 мм.	Нутромір індикаторний 10–18 мм, еталони шорсткості, лінза 3 <sup>x</sup> .



Продовження таблиці 2.4

1	2	3
8	Підібрати шатун по розмірній групі нижньої головки шатуна і перевірити його згин та скручування. Овальність і конусність отвору не повинна перевищувати 0,004 мм. Осі отворів верхньої і нижньої головки шатуна повинні бути паралельними з точністю 0,004 мм на 100 мм довжини і лежати в одній площині з точністю до 0,007 на 100 мм.	Верстат слюсарний на одне робоче місце, пристрій для перевірки шатунів і в зборі з поршнем, еталони шорсткості, лінза 3 <sup>x</sup> , індикаторний нутромір 35 – 50 мм.
9	Підібрати палець кривошипа і ролики згідно з нормальним чи ремонтним розміром отвору нижньої головки шатуна по розмірних групах з інтервалом через кожні 0,004 мм для шатунів і пальців кривошипа і 0,002 мм для роликів. Ролики і пальці підбираються з числа виготовлених. Сумарна розбіжність підборних роликів не повинен перевищувати 1,7 мм з метою запобігання заклинюванню підшипника. Овальність та конусність не повинна перевищувати 0,002 мм. Ролики розмагнітити. Тріщини і забоїни на поверхні пальця не допускаються	Нутромір індикаторний 18 – 35, мікрометр 0 – 25, 25 – 50, еталони шорсткості поверхонь, лупа з потрібним збільшенням, набір щупів №3
10	Перевірити правильність підбору пальця кривошипа і роликів по нижній головці шатуна за допомогою конусного калібру і технологічної обойми.	Лещата, конусні калібри, мікрометр 0 – 25, 25–50, технологічна обойма.

Продовження таблиці 2.4

1	2	3
11	Підібрати щоки по пальцю кривошипа нормального чи ремонтного розмірів. Поверхні спряження повинні забезпечити натяг не менше 0,008 мм.	Кутомір 18 35; мікрометр 25 – 50.
12	Запресувати в щоку колінчастого валу передні і задню півосі. Щоки попередньо нагріти до $t^0=180$ °С. пів ось не повинна виступати на поверхню щоки. Запресування осі в щоку колінчастого валу з пальцем кривошипа здійснюється за допомогою розпірних клинів. Якщо шийки під підшипники відновлювались, то після складання колінчастий вал відправляється на шліфувальну дільницю.	Розроблене устаткування, електрошафа, розпірні клини.
13	Зібрати шатун з підборними роликками і запресувати палець кривошипа в отворі щік, щоки з півосями нагріти в електрошафі до $t^0=180$ °С, змастити отвір нижньої головки шатуна консистентним мастилом. Встановити щоки з півосями в пристрій, поставивши між щоками шатун з пальцем кривошипа і роликками. Напресувати щоки на палець.	Розроблене устаткування, електрошафа розпірні, пристрій для запресування пальця кривошипа.
14	Перевірити амплітуду коливань шатуна і якість складання колінчастого валу. Амплітуда коливань шатуна у відремонтованого колінчастого валу на	Пристрій для перевірки амплітуди коливань шатуна і биття шийок

## Закінчення таблиці 2.4

1	2	3
14	довжині 175 мм не повинна перевищувати 1,2 мм. Торцевий зазор між роликками і щокою – не більше 0,08 мм, а між головкою шатуна і щокою – 0,20 – 0,35 мм. Биття торців щік на крайніх точках не більше 0,2 мм. При поштовху рукою шатун повинен здійснити не менше двох-трьох коливань.	півосей колінчастих валів, щуп, набір №5

На рисунках 2.1 – 2.5 Показано поетапно зміну стану колінчастого валу в процесі його розбирання на запропонованому в даній роботі обладнанні.

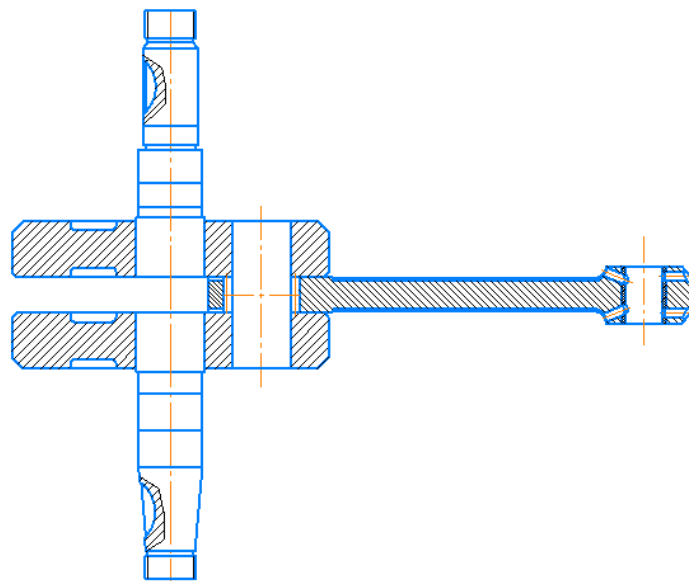


Рисунок 2.1. Колінчастий вал в зібраному вигляді

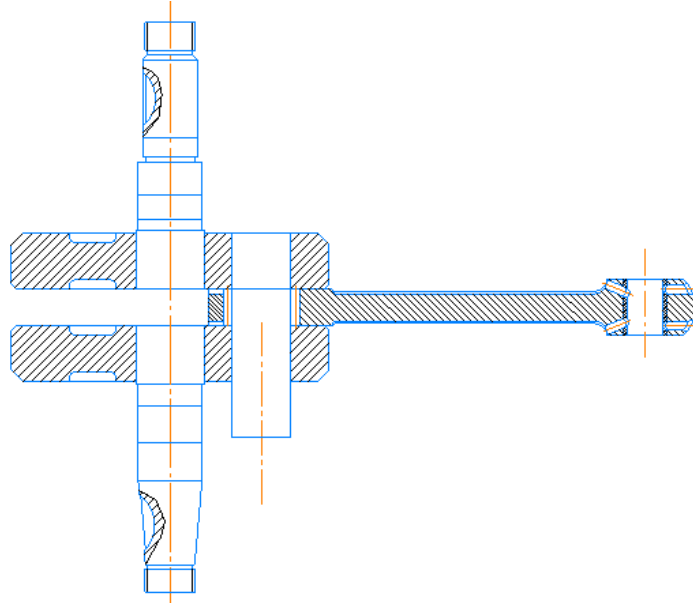


Рисунок 2.2. Палець кривошипа витиснутий з щоки колінчастого валу зі сторони приводу і частково зі щоки зі сторони маховика

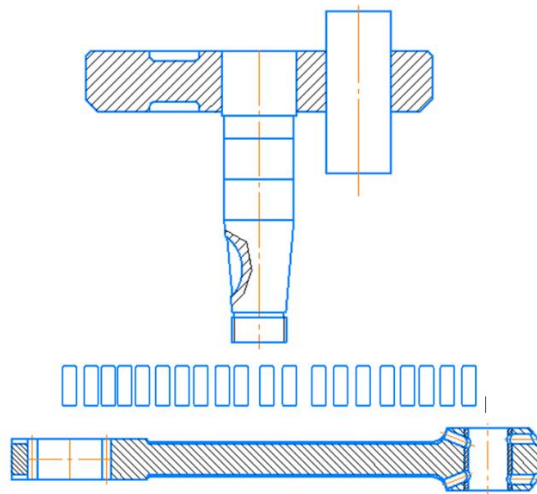


Рисунок 2.3. Знято шатун і ролики підшипника нижньої головки шатуна

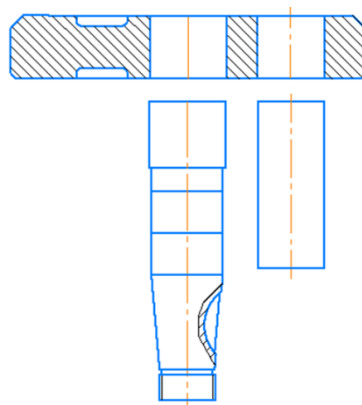


Рисунок 2.4. Витиснення з щоки зі сторони маховика палець кривошипа шатуна і корнусну піввісь

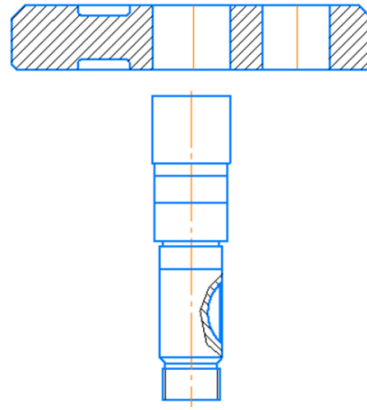


Рисунок 2.5. Витиснення з щоби зі сторони приводу циліндричну піввісь

Складання колінчастого вала здійснюється у зворотньому порядку. Перед складанням здійснюється контроль всіх деталей на відповідність геометричним параметрам і комплектуванню деталей для забезпечення відповідних зазорів і натягів у спряженнях.

В таблиці 2.5 подано технічні вимоги до елементів колінчастого валу пускового двигуна, як найбільш важливої деталі конструкції [3,4,14]. Допуски на розміри повинні забезпечувати відповідні посадки елементів тому повинні витримуватись точно.

### 2.3 Технічні вимоги до деталей колінчастого валу

Таблиця 2.5 – Технічні вимоги до деталей колінчастого валу пускового двигуна

№ з/п	Назва деталі та вимоги до неї
1	2
Шатун	
1	Розколини на поверхні шатуна, та забоїни на поверхнях, що спрягаються з іншими не допустимі.
2	Відхилення від паралельності осей отворів верхньої і нижньої головок шатуна на довжині 100 мм (згин) не більше 0,06 мм.

## Продовження таблиці 2.5

1	2
3	<p>Осі отворів верхньої і нижньої головок шатуна повинні лежати в одній площині. Допустиме відхилення на довжині 100 мм (скручування) 0,10 мм; для нової деталі 0,01 мм.</p> <p>Примітка 1. Згин і скручування дані для шатунів з втулкою в верхній головці. Для шатуна без головки згин допускається не більше 0,10 мм, скручування не більше 0,25 мм</p> <p>Примітка 2. Якщо перекіс осей є до 1 мм на довжині 100 мм, то допускається рихтування з наступним втриманням шатуна в маслі з <math>t^0=150...180\text{ }^{\circ}\text{C}</math> в продовж 6 годин і повторним контролем. Допускається рихтування без втримання в маслі, контроль через 24 години.</p>
4	<p>Перед запресуванням втулки в верхню головку шатуна останній треба нагріти в маслі до <math>t^0=150\text{ }^{\circ}\text{C}</math>. Втулка повинна виступати з головки на однакову величину з двох сторін.</p>
5	<p>Втулку, запресовану в верхню головку шатуна, перед розсортуванням необхідно прокалібрувати ущільнюючою прошивкою діаметром <math>17,6^{+0,05}</math> мм, довжина втулки не повинна перевищувати 26 мм. Твердість поверхні втулки після зміцнення не менше НВ 65.</p>
6	<p>Оброблена внутрішня поверхня втулки верхньої головки шатуна повинна бути чистою без рисок і задирок. Конусність внутрішньої поверхні допускається не більше 0,005 мм; овальність – в межах допуску. Шорсткість поверхні не більше 0,4 мкм.</p>
7	<p>Допускається обробка отвору нижньої головки шатуна до наступних ремонтних розмірів: <math>P_1=35,80^{+0,004}_{-0,004}</math> мм; <math>P_2=35,85^{+0,004}_{-0,004}</math> мм;</p> <p><math>P_3=35,90^{+0,004}_{-0,044}</math> мм; <math>P_4=35,95^{+0,44}_{-0,044}</math> мм; <math>P_5=36,00^{+0,44}_{-0,04}</math> мм;</p> <p><math>P_6=36,05^{+0,004}_{-0,004}</math> мм; <math>P_7=36,10^{+0,004}_{-0,004}</math> мм;</p>

Продовження таблиці 2.5

1	2
8	<p>Шатуни кожного ремонтного розміру, так як у шатуни з розмірами робочих креслень, сортувати по найменшому діаметру отвору нижньої головки на 12 груп з інтервалом 0,004 мм. Сортування виконувати при температурі повітря <math>t = 20 \pm 5^\circ\text{C}</math>. Номер розмірної групи наносити електрографом на ділянці тавра, зачищеному в поздовжньому напрямку.</p>
9	<p>Різниця товщини стінки нижньої головки шатуна не більше 1мм. Овальність і конусність обробленого отвору відремонтованої деталі допускається до 0,008 мм, нової деталі – 0,004 мм. Шорсткість обробленої поверхні не більше 0,32 мкм.</p> <p>Віддаль між осями отворів головок шатуна повинна бути <math>160 \pm 0,1</math> мм.</p>
Щоки колінчастого валу	
10	Щоки колінчастого валу не повинні мати розколин і глибоких забоїн
11	<p>Допускається шліфування поверхні отвору щоки колінчастого валу до наступних ремонтних розмірів <math>P_1=25,80_{-0,120}^{-0,097}</math> мм; <math>P_2=25,85_{-0,120}^{-0,097}</math> мм; <math>P_3=25,90_{-0,120}^{-0,097}</math> мм; <math>P_4=25,95_{-0,120}^{-0,097}</math> мм; <math>P_5=26,00_{-0,120}^{-0,097}</math> мм; <math>P_6=26,05_{-0,120}^{-0,097}</math> мм; <math>P_7=26,10_{-0,120}^{-0,097}</math> мм;</p> <p>Шорсткість обробленої поверхні не повинна перевищувати 1,25 мкм.</p> <p>Відхилення від паралельності осі обробленого отвору і осі отвору для півосі не повинно перевищувати 0,04 мм на довжині 100 мм</p> <p>Міжосьова віддаль повинна бути <math>42,5_{-0,02}^{+0,04}</math> мм.</p> <p>На обробленій поверхні чорнота недопустима.</p> <p>Допускається зменшення діаметра обробленого отвору на 0,02 мм за межі поля допуску на довжині 3 мм загартованого торця.</p>

Продовження таблиці 2.5

1	2
Півосі колінчастого валу: передня і задня	
12	Допускається хромування валу і обробка шийок півосей які, запресовуються в щоки колінчастого валу до розміру в робочому кресленні $\Phi=30,5_{+0,120}^{+0,140}$ мм.
13	Допускається фрезерування шпонкових канавок півосі колінчастого валу до ремонтного розміру $5,5_{-0,055}^{-0,010}$ мм.
14	Допускається хромування і обробка шийок півосей колінчастого валу для посадки підшипника і ущільнення до розміру в робочому кресленні $\Phi 30_{+0,002}^{+0,017}$ мм. Шліфувати у складеного колінчастого валу.
15	Допускається хромування і обробка шийки переднього півосей колінчастого валу для посадки підшипника і зубчастого колеса до розміру $25_{-0,014}$ мм в робочому кресленні. Шліфувати у складеного колінчастого валу.
Палець кривошипа	
16	На робочій циліндричній поверхні пальця кривошипа не допускається тріщини, подряпини, чорнота і забоїни. Овальність і конусність на повинні перевищувати 0,003 мм.
17	Для роликів підшипників нижньої головки шатуна ремонтних розмірів необхідно виготовляти пальці кривошипа наступних ремонтних розмірів (зовнішній діаметр): $P_1=25,80_{-0,012}$ мм; $P_2=25,85_{-0,012}$ мм; $P_3=25,90_{-0,012}$ мм; $P_4=25,95_{-0,012}$ мм; $P_5=26,00_{-0,012}$ мм; $P_6=26,05_{-0,012}$ мм; $P_7=26,10_{0,012}$ мм.



Продовження таблиці 2.5

1	2
18	<p>Пальці кривошипа кожного ремонтного розміру як і пальці з розмірами за робочим кресленням сортувати за найбільшим зовнішнім діаметром на три групи з інтервалом 0,004. Сортування проводити при температурі повітря <math>t^0=20\pm 5</math> °С.</p> <p>Номер розмірної групи наносити електрографом на торцевій поверхні. Допускається маркування групи на циліндричній поверхні в межах 20 мм від торця.</p> <p>Допускається номер групи позначати фарбою: 1-у групу – білого, 2-у – червоного, 3-у групу – жовтою</p>
	<p>Складений колінчастий вал</p>
19	<p>Під час запресування передньої півосі в щоку її необхідно розташувати так, щоб зміщення шпонкових канавок відносно площини, яка проходить через вісь колінчастого валу і вісь кривошипа не перевищувала <math>1^0</math>.</p>
20	<p>Півосі і пальців кривошипа перед запресуванням змастити відповідною моторною оливою.</p> <p>Щоки перед запресуванням півосей обов'язково нагріти до температури <math>t^0=140-180</math> °С.</p>
21	<p>Колінчастий вал необхідно комплектувати щоками з отворами під палець кривошипа одного ремонтного розміру з пальцем кривошипа.</p>
22	<p>Роликові підшипники нижньої головки шатуна, що складається з деталей з розмірами за робочим кресленням повинні мати зазор 0,008-0,020 мм.</p>

## Продовження таблиці 2.5

1	2
23	Роликові підшипники нижньої головки шатуна ремонтних розмірів необхідно комплектувати з шатунами що мають отворами ремонтних розмірів в нижній головці та пальцями кривошипа ремонтних розмірів і роликами з розмірами згідно робочих кресленням для забезпечення зазору 0,008-0,020 мм.
24	Перед запресуванням пальця кривошипа в щоку колінчастого валу щоки з запресованими півосями треба нагріти до температури 140-180 °С.
25	Під час запресування пальця кривошипа в щоки забезпечити торцевий зазор між нижньою головкою шатуна і щоками в межах 0,2-0,4 мм. При цьому зазор між щокою і роликами повинен бути не менше 0,08 мм по всьому периметру кола.
26	Після поштовху шатун повинен плавно зупинитися не менш ніж після 2 – 3 коливань
27	Биття поверхонь торцевих поверхонь щік відносно лінії центрів до шліфування допускається не більш 0,015 мм.
28	Під час шліфування півосей складеного колінчастого валу роликовий підшипник нижньої головки шатуна повинен бути захищений від попадання абразивного пилю або після закінчення шліфування вимити в мийній машині до повного видалення пилю і стружки.
29	<p>Овальність і конусність поверхні А на ділянці Н не повинні перевищувати 0,007 мм. На ділянці Д допускається зниження поверхонь Б і В до діаметра 30-0,05 мм.</p> <p>Овальність і конусність поверхонь Б і В на ділянці Е і Ж не повинні перевищувати 0,008 мм.</p> <p>Прилягання конусної поверхні Г під час перевірки калібром повинно складати не менше 75% поверхні.</p>

Закінчення таблиці 2.5

1	2
30	<p>Биття шийок півосей, спряжених з роликівими підшипниками, відносно лінії центрів відремонтованого колінчастого валу не повинне перевищувати 0,03 мм.</p> <p>Примітка. Ролики підшипника шатуна під час виготовлення необхідно сортувати на 10 груп з інтервалом через 0,002 мм і пакувати в окремих нумерованих коробках.</p>

Перелічені в таблиці 2.5 технічні вимоги до колінчастого валу пускового двигуна з відповідними позначеннями представлені в графічній частині на аркуші «Карта контролю колінчастого валу ПД-10».

### 3. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОСНАЩЕННЯ ДЛЯ РОЗБИРАННЯ КОЛІНЧАСТОГО ВАЛУ

Розбирання і складання колінчастого валу пускового двигуна потребує відповідної кваліфікації виконавця робіт і використання відповідного технологічного оснащення. Особливістю процесу розбирання пускового двигуна є те, що його деталі з'єднані посадками з натягом, тобто пресовими. Це стосується з'єднання щоки зі сторони маховика з конічною піввіссю та з'єднання щоки зі сторони приводу з циліндричною піввіссю [3,4,14,11,17]. Крім того щоки колінчастого валу з'єднані з віссю (кривошипом) шатуна за рахунок пресових посадок. Так як для розбирання і складання колінчастого валу потрібно прикладати значне зусилля, то без спеціального технологічного обладнання можна пошкодити деталі або може отримати травми виконавець робіт.

#### 3.1 Опис будови стенда

В даній роботі нами запропоновано нескладну конструкцію стенда який можна використовувати як для розбирання та складання колінчастого валу.

На рисунку 3.1 схематично показано вигляд даного стенду спереду.

Гідроциліндр стенда за допомогою гнучких рукавів з'єднується з робочим циліндром преса, що дає змогу створювати зусилля 150 кН.

#### 3.2 Розрахунок елементів стенда

Для того, щоб переконатися у працездатності запропонованого оснащення потрібно провести деякі контрольні перевірочні розрахунки.

Першим визначаємо кроком визначаємо яке зусилля потрібно прикласти

до пальця кривошипа (шатуна), щоб витиснути його із щік колінчастого валу.

Зусилля потрібне для витиснення пальця з щіки колінчастого валу визначимо скориставшись наступною формулою [5,6].:

$$F = \mu \times A \times \sigma, \text{ Н} \quad (3.1)$$

де  $\mu$  – коефіцієнт тертя між матеріалом (приймаємо 0,15 для сталі та чавуну без мастила;

$A$  – площа контакту (як добуток периметру контакту помноженого на довжину контакту),  $\text{м}^2$ ;

$$A = \pi \times d \times L, \text{ м}^2 \quad (3.2)$$

де  $d$  – діаметр пальця,  $d = 25,75 \text{ мм} = 0,02575 \text{ м}$ ;

$L$  – довжина контакту (приймаємо, що початок витиснення пальця відбувається одночасно з обох щік колінчастого валу)  $L = 50 \text{ мм} = 0,05 \text{ м}$

$$A = 3,14 \times 0,02575 \times 0,05 = 0,00405 \text{ м}^2$$

$\sigma$  – контактний тиск, Па [6].

$$\sigma = \delta \times E / d, \text{ Па} \quad (3.3)$$

де  $\delta$  – максимальна величина натягу,  $\delta = 0,011 \text{ мм} = 0,000011 \text{ м}$ ;

$E$  – модуль пружності,  $E = 170 \times 10^9 \text{ Па}$

$$\sigma = (0,000011 \times 170 \times 10^9) / 0,02575 = 7,26 \times 10^7 \text{ Па}$$

Підставивши отримані значення у формулу (3.1) отримаємо:

$$F = 0,15 \times 0,00405 \times 7,26 \times 10^7 = 4,4 \times 10^4 \text{ Н}$$

Отже, для витиснення пальця шатуна із щік колінчастого валу потрібно буде прикласти зусилля не менше 44 кН.

### 3.3 Принцип роботи стенда

Під час витискання пальці із щік колінчастого валу верхня щіка встановлена на стенд опирається на плиту проміжну 4, а плита контактує торцем перехідного діаметра стояка 6 (рисунок 3.1). Контакт деталей здійснюється по кільцю з внутрішнім діаметром  $d = 20 \text{ мм}$  і зовнішнім

діаметром  $d_1 = 30\text{мм}$ . Схема для розрахунку показана на рисунку 3.3

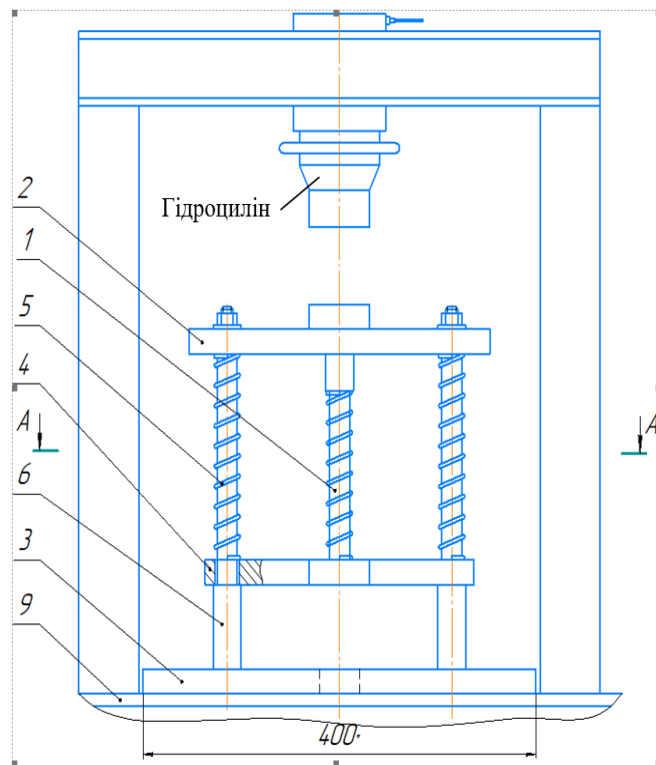


Рисунок 3.1 Вигляд спереду стану для розбирання-складання колінчастого валу: 1 – стоек задній, 2 – плита верхня, 3 – плита нижня, 4 – плита проміжна, 5 – пружина, 6 – стоек передній, 9 – основа,

Розрахунок допустимого зусилля на зминання

Вихідні дані для розрахунку:

Внутрішній діаметр  $d$ ,  $d = 20\text{ мм} = 0,02\text{ м}$ ;

Зовнішній діаметр  $d_1$ ,  $d_1 = 30\text{ мм} = 0,03\text{ м}$

Матеріал деталі сталь 45

Межа текучості  $\sigma_m$ ,  $\sigma_m = 355\text{ МПа}$

Для визначення допустимого зусилля на зминання скористаємося виразом:

$$F_{max} = \sigma_m \times A_k \text{ Н} \quad (3.4)$$

де  $\sigma_m$  - межа текучості матеріалу,  $\sigma_m = 355\text{ МПа}$ ;

$A_k$  – площа кільця контакту,  $\text{м}^2$

$$A_k = 0,785 (d_1^2 - d^2), \text{ м}^2 \quad (3.5)$$

$$A_k = 0,785 (0,03^2 - 0,02^2) = 0,0003927 \text{ м}^2$$

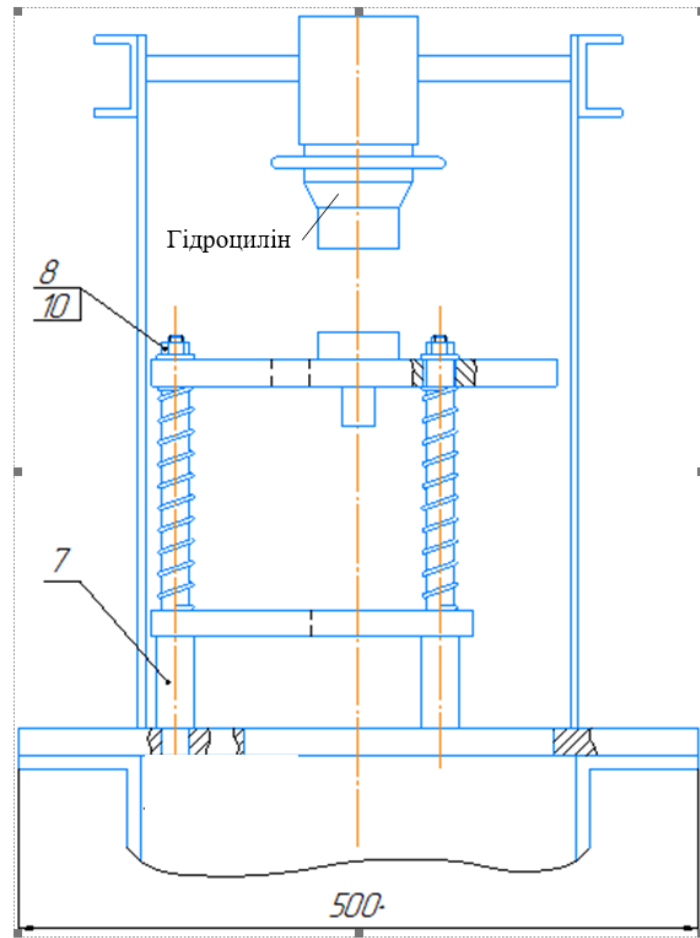


Рисунок 3.2 Вигляд збоку стану для розбирання-складання колінчастого валу: 7 – опора плити проміжної задня, 8 – гайка кріплення стояка, 10 – шайба

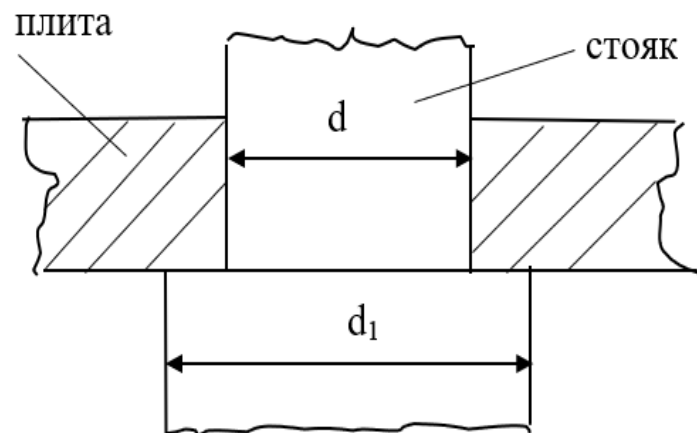


Рисунок 3.3. Схема для розрахунку допустимого зусилля на зминання торців перехідного діаметра стояка.

Підставивши отриманий результат у формулу (3.4) отримаємо:

$$F_{max} = 335 \times 10^6 \times 0,0003927 = 139482 \text{ Н}$$

Отже до стояка можна прикласти  $F_{max}$  величиною понад 139 кН, щоб була можливість його пошкодити

Під час розрахунків зусилля витискання пальця з щік колінчастого валу ми отримали значення зусилля  $F = 44$  кН, що значно менше, якщо навіть все зусилля припаде на один стояк. Таким чином можна стверджувати, що запропонована конструкція буде працездатною.



## 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Покращення умов праці тісно пов'язане з санітарно-побутовими умовами, режимом роботи, медичним обслуговуванням працівників, організацією відпочинку, харчуванням та іншими аспектами. Виробничий травматизм і професійні захворювання, що завдають збитків, можна усунути шляхом розробки спеціальних заходів, дотримання вимог трудового законодавства, спеціальних нормативних та інших документів, а також впровадженням новітніх досягнень науки і передового досвіду з охорони праці у виробництво [7,25].

### 4.1 Структурно-функціональний аналіз технологічних процесів

Технологічний процес заміни деталей і вузлів автомобілів під час їх ремонту включає наступні операції: - миття і очищення деталей, вузлів та кріпильних деталей; - допоміжні операції для створення доступу до деталей; - готування і встановлення технологічного обладнання; - виконання основних операцій заміни агрегатів і вузлів: - контроль технічного стану вузлів та деталей; - транспортування знятих вузлів деталей для їх заміни [7].

У процесі виконання вище перелічених операцій можуть виникати такі травмонебезпечні ситуації:

□ під час очищення деталей та зливання технологічних робочих матеріалів: ○ розбрикування мийного розчину або технологічних матеріалів і попадання їх на обличчя; ○ руки та інші відкриті ділянки тіла; ○ загоряння мийного розчину на основі горючих матеріалів або технологічних рідин; ○ забруднення робочого місця під час виконання допоміжних операцій для створення доступу до агрегатів і вузлів, що потребують заміни; ○ наявність на

деталях відломів, зазубрин, гострих країв і стружки; ○ падіння, інструментів деталей і складальних одиниць; ○ зіскакування ключів з граней гайок

□ підготовка і встановлення технологічного обладнання: ○ намотування одягу на обертові деталі обладнання; ○ затискання одягу або частин тіла елементами обладнання; ○ перекидання обладнання і падіння його на присутніх; ○ наїзд мобільним обладнанням на виконавців робіт або на інших присутніх осіб

□ виконання основних операцій заміни деталей і вузлів: ○ наявність на деталях відколи, зазубрин і стружки; ○ зіскакування ключів з граней гайок: ○ падіння деталей і складальних одиниць

□ під час контролю технічного стану вузлів та деталей: ○ випадання з рук мірного інструменту та пристроїв для дефектування; ○ неправильне використання інструментів та пристроїв

□ під час транспортування знятих вузлів і деталей: ○ падіння деталей і складальних одиниць з обладнання; ○ перекидання обладнання разом з транспортованими вузлами ○ наїзд мобільним обладнанням на виконавців робіт або на інших присутніх осіб; ○ наїзд мобільним обладнанням на інше обладнання.

Небезпечні умови операції (НУ): ▪ використання шкідливих для здоров'я мийних розчинів (НУ<sub>1</sub>); ▪ використання легкозаймистих речовин (НУ<sub>2</sub>); ▪ несправні інструменти (НУ<sub>3</sub>); ▪ несправне обладнання (НУ<sub>4</sub>); ▪ порушення вимог безпеки праці (НУ<sub>5</sub>) [7,13,25].

Небезпечні дії (НД): ◇ розбрикування мийного розчину, витікання технологічних рідин (НД<sub>1</sub>); ◇ користування інструментом, що спричинює іскроутворення, значний нагрів або відкритого полум'я, паління цигарок (НД<sub>2</sub>); ◇ та використання відкритого полум'я (НД<sub>3</sub>); ◇ потрапляння горючих матеріалів на нагріті деталі: ◇ використання несправного обладнання (НД<sub>5</sub>).

Небезпечна ситуація (НС): - потрапляння агресивних речовин на шкіру та в очі (НС<sub>1</sub>); - займання горючих речовин (НС<sub>2</sub>); - зіскакування інструментів

з деталей (НС<sub>3</sub>); - падіння деталей, інструментів обладнання або непередбачена траєкторія їх руху (НС<sub>4</sub>); - необачні або невмілі дії виконавця (НС<sub>5</sub>).

На підставі співставлення небезпечних умов операцій (НУ), небезпечних дій (НД), та небезпечних ситуацій (НС) складаємо модель процесу.

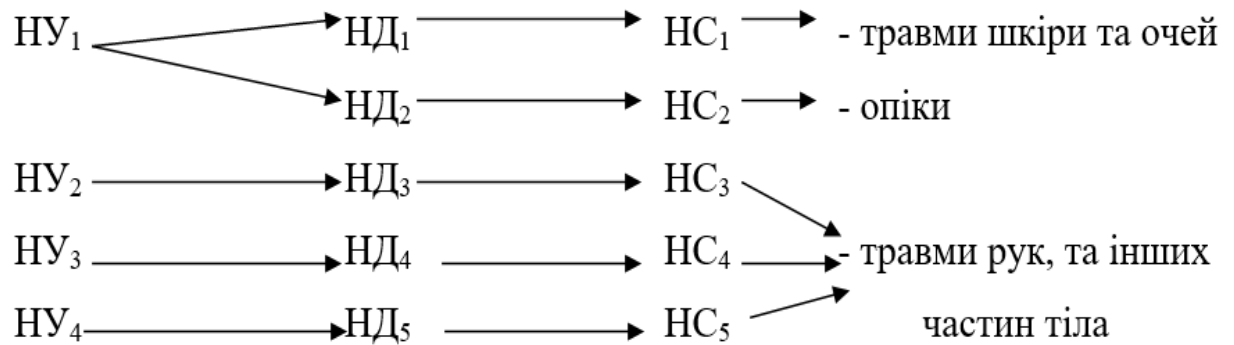


Рисунок 4.1 – Модель процесу заміни агрегатів та вузлів вантажних автомобілів

#### 4.2 Основні вимоги правил безпеки праці під час ремонту агрегатів вузлів та заходи для застереження нещасних випадків

Зняті під час розбирання вузли і деталі потрібно укладати на спеціально встановлені стелажі, столи, підставки розташовані так, щоб залишилось місце для безпечної роботи і проходу. Верстаки, монтажні столи, підставки та інше обладнання повинно бути стійким від перекидання від ваги об'єкту ремонту та від прикладеної робітником сили, а їх робочі поверхні з дерева, повинні бути покритими металевим листом. Якщо верстаки встановлені поблизу проходів або звернені до інших робочих місць чи один до одного, то між ними потрібно встановити захисну стінку висотою не менше 600 мм над поверхнею столу (наприклад з густої металеві сітки) [7, 13,25].

Однією з найбільш непривабливих складових частин процесу ремонту машин є їх очищення та миття. Мийні роботи, як правило, виконують із

застосуванням мийних розчинів, що містять луги а також вогненебезпечні та гарячі розчини, які швидко випаровуються. Робітники під час виконання таких робіт повинні користуватися спецодягом, окулярами, рукавицями, а при потребі респіраторами. Відкриті ділянки шкіри попередньо потрібно обробляти захисними пастами і кремами. Необхідно проводити інтенсивне вентильовання приміщень мийного відділення та робочих місць де такі роботи виконуються. Особливу увагу потрібно приділяти зберіганню на робочих місцях використовуваного для витирання деталей ганчір'я та знятих захисних матеріалів, які повинні зберігатися у металевій тарі, яка встановлюється в зоні недоступній для сонячного проміння, джерел тепла та іскроутворення.

В даний час основну частку трудомісткості ремонту складає розбирання-складальні, операції які в більшості випадків виконуються вручну і значно рідше з використанням механізованих інструментів. Отже головне завдання техніки безпеки полягає у контролі за правильністю організації робочих місць, технічним станом інструментів та засобів механізації процесів розбирання і складання. Під час розбирання та складання пресових з'єднань використовувати лише інструменти відповідного типорозміру, спеціальні знімачі та інші пристрої, справні молотки, молоти, зубила, вибивачі, кернери, напрямні, і інші інструменти, постійно слідкуючи за цілісністю їх ручок, відсутністю у молотків, кернерів, пошкоджень на ударних і робочих поверхнях. Під час виконання слюсарних робіт потрібно пам'ятати, що хвостовики напилків, шаберів, ручки ножівок і інших аналогічних інструментів повинні бути надійно заправлені в дерев'яну ручку з металевим кільцем. Слюсарно – механічні роботи з використанням відрізних та шліфувальних кругів, встановлених на шпинделях з пневматичним та електричним приводом, потрібно виконувати в спецодязі, рукавицях і респіраторі.

Основні правила техніки безпеки для верстатників наступні: під час роботи на токарних верстатах заборонено використовувати спрацьовані або

несправні центри, притримувати рукою відрізувану деталь, обробляти довгі деталі без люнета, працювати без захисних огорожень, залишати ключ в затискному патроні, зачищати деталі під час обертання шпинделя шліфувальним папером вручну без спеціальних тримачів, прибирати стружку з верстата під час його роботи, або руками без рукавиць, здувати її струменем стисненого повітрям.

Під час роботи на свердлувальних верстатах забороняється притримувати деталі руками, закріплювати деталь під час роботи верстата, зупиняти шпиндель руками. На шліфувальних і точильних верстатах не допускати ударів по кругу, використання круга з розколами та надломами, стояння навпроти круга під час роботи верстата, працювати на верстатах не оснащених гідравлічними вловлювачами пилу, підручниками для утримування деталей, прозорими захисними щитками. Після заміни круга потрібно надійно закріпити кожухи, перевірити роботу верстата на холостому ходу протягом трьох хвилин та при потребі провести балансування круга.

Під час проведення електрозварювальних робіт потрібно слідкувати за надійним заземленням обладнання. Електрокабелі не можуть мати пошкоджень ізоляції. Зварювання проводити не ближче як 5 метрів від горючих матеріалів, предметів. Особливу небезпеку становлять роботи з тарою з під паливо-мастильних матеріалів які необхідно промити розчином каустичної соди або продути гарячою водяною парою, чи витримати у відпрацьованих газах двигунів не менше трьох годин, а зварювати тільки при відкритих горловинах. Біля поста зварювальника повинні бути протипожежні засоби, захисні щити від випромінюючої дії дуги [7,13,25].

На робочих місцях повинні бути аптечки укомплектовані засобами першої допомоги, які постійно поповнюються витраченими медичними препаратами і засобами, а також проводиться заміна препаратів, що втратили термін придатності.

На робочих місцях постійно поновлювати наочну інформацію з питань

охорони праці, утримувати в належному стані документацію проведення інструктажів, вести постійну роботу з усіма працівниками, запроваджувати в дію вимоги нових нормативних документів з охорони праці, техніки безпеки, пожежної безпеки та виробничої санітарії.

#### 4.3 Пожежна безпека

На запропонованому робочому місці заміни коробок передач вантажних автомобілів пропонуємо встановити пожежний щит, укомплектований необхідним інвентарем і скриню для піску. У майстерні повинні бути крани на водяній мережі із пожежними рукавами і брандспойтами, а недалеко від майстерні повинен бути пожежний резервуар з безперешкодним під'їздом, при будь яких погодних умовах [7,13,25].

На робочому місці повинно бути оснащення для подачі сигналу у випадку виникнення пожежі. майстерня повинна бути обладнана відповідною сигналізацією і телефоном, щоб можна було своєчасно викликати пожежну охорону. Автомобіль який знаходяться на робочому місці повинен мати справні пристрої для його буксирування на яких одним боком повинен бути закріплений жорсткий буксир.

Для своєчасного запобігання та ліквідації пожежі потрібно передбачити комплекс заходів організаційно-технічного і протипожежного напрямку, зокрема: а) заняття з працівники майстерні з питань уникнення пожежонебезпечних ситуацій; б) дотримання вимог пожежної безпеки; в) набуття навиків у діях, відповідно табелю бойового розрахунку на випадок пожежі; г) систематичне поновлення і поповнення засобів пожежогасіння.

## 5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ВИКОРИСТАННЯ ОСНАЩЕННЯ ДЛЯ РОЗБИРАННЯ КОЛІНЧАСТОГО ВАЛУ

Розрахунковий економічний ефект визначаємо за формулою [1]:

$$E_p = B_p - Z_p, \text{ грн.} \quad (5.1)$$

де  $B_p$  – вартісна оцінка результатів, які отримані за розрахунковий період, грн.:  $Z_p$  – вартісна оцінка витрат, що пов'язані з використанням знімача гільз, грн.

Вартісна оцінка результатів за рік використання визначається за формулою [1]:

$$B_t = C_t \times A_t \times P_t, \text{ грн.} \quad (5.2)$$

де  $C_t$  – економія коштів на розбиранні головок блока:  $A_t$  – кількість одиниць використовуваного обладнання в даному році,  $A_t = 1$ :  $P_t$  – річна продуктивність одного обладнання, шт.

Економію коштів від використання пристрою [1]:

$$C_t = e_1 + e_2, \text{ грн.} \quad (5.3)$$

де  $e_1$  – економія коштів на оплаті праці, грн.:  $e_2$  – економія коштів за рахунок скорочення тривалості простою автомобіля в ремонті, грн.

Економію коштів за рахунок зменшення оплати праці визначаємо за формулою [1,2]:

$$e_1 = c_{np} \times (t_1 - t_2), \text{ грн.} \quad (5.4)$$

де  $c_{np}$  – середня годинна тарифна ставка робітника зайнятого на розбиранні головок,  $c_p = 55$  грн. год.:  $t_1$  - середня тривалість розбирання в даний час,  $t_1 = 2,58$  год.;  $t_2$  – середня тривалість розбирання з використанням розробленого пристрою,  $t_2 = 2,44$  год.

Економію коштів за рахунок скорочення тривалості простою автомобіля визначаємо за формулою:

$$e_2 = v_n \times (t_1 - t_2), \text{ грн.} \quad (5.5)$$

де  $e_n$  – мінімальні втрати від години простою,  $e_n = 300$  грн./год.

Підставивши відповідні значення у формулу (5.4) і (5.5) отримаємо:

$$e_1 = 55 \times (2,58 - 2,44) = 7,7 \text{ грн.}$$

$$e_2 = 300 \times (2,58 - 2,44) = 42 \text{ грн}$$

Тоді середня економія коштів в 2025 році становитиме:

$$Ц_t = 7,7 + 42 = 49,7 \text{ грн.}$$

Загальну кількість запланованих ремонтів двигунів приймаємо на підставі річного фонду часу робочого місця та трудомісткості виконуваних операцій [1, 2]:

$$П_t = 180 \text{ шт.} \quad (5.6)$$

$$B_{t2025} = 49,7 \times 1 \times 180 = 8946 \text{ грн.}$$

Вартісна оцінка витрат включає: вартість виготовлення конструкторської документації, вартість виготовлення технологічної документації, вартість основних матеріалів та комплектуючих, вартість виготовлення деталей, вартість складання, випробування та налагодження обладнання, вартість проведення організаційно-підготовчих робіт для запровадження обладнання у виробництво. Приймаємо для розрахунків, на підставі експертної оцінки, вартість витрат по першому року рівною 2800 грн,  $З_{2025} = 2800$  грн

Приймаємо термін служби обладнання даного типу,  $T = 6$  років

Значення коефіцієнт приведення до розрахункового року  $\alpha_t$  подано в таблиці 5.1 [1]

Вартість витрат для наступних років становитиме [1]:

$$З_t = З_{2026} \times \alpha_t \times 0,10, \text{ грн}$$

$$З_{2026} = 2400 \times 0,9091 \times 0,10 = 254,55 \text{ грн}$$

Підставивши отримані значення у формулу (5.1) визначаємо річний економічний ефект за результатами першого 2025 року використання пристрою:



$$E_{p2025} = 8946 - 2400 = 65466 \text{ грн}$$

Результати розрахунків для решти років заносимо в таблицю 5.1

Таблиця 5.1 - Показники економічної ефективності від використання пристрою для розбирання головок блоків автомобільних двигунів

Показники	Роки використання пристрою						Разом
	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
П <sub>t</sub> - річна програма, шт.	180	180	180	180	180	180	1080
Ц <sub>t</sub> -економія коштів, грн.	49,7	45,1823	41,0721	37,3396	33,9451	30,8587	
α <sub>t</sub> - коефіцієнт приведення до розрахункового року	1	0,9091	0,8264	0,7513	0,683	0,6209	
В <sub>t</sub> -вартісна оцінка результатів, грн.	8946	8132,81	7392,97	6721,13	6110,12	5554,57	42857,6
З <sub>t</sub> - вартісна оцінка витрат, грн.	2400	254,548	198,336	180,312	163,92	149,016	3346,13
Е <sub>t</sub> -економічний ефект, грн.	6546	7878,26	7194,64	6540,82	5946,2	5405,56	39511,5

З таблиці 5.1 бачимо, що сумарний економічний ефект становитиме понад 39,51 тис. грн.

Строк окупності даного обладнання визначаємо з виразу [1]:

$$t_{ок} = (\sum Z_i / \sum E_i) \times 6, \text{ років} \quad (5.7)$$

$$t_{ок} = 3346,13 / 39511,5 \times 6 = 0,5081 \text{ року}$$

Отже, строк окупності обладнання буде чуть більшим 6 місяців.

## ВИСНОВКИ

1. Бага дизельних двигунів на сьогоднішній день, для надійного запуску оснащені пусковими двигунами. Пускові двигуни виправдовують своє використання біль тривалим часом передачі крутного моменту, що особливо потрібно в холодну пору. Варто відзначити, що багато будівельної техніки, яка зараз використовується у військових цілях також оснащена дизелями з пусковими двигунами.

2. Одним з недоліків пускових двигунів є те, що через свої конструктивні особливості вони мають незначний ресурс. Це пояснюється неефективною системою охолодження та мащення колінчастого валу.

3. Практика ремонтних підприємств вказує на значні незручності під час розбирання колінчастого валу пускового двигуна з метою заміни або відновлення його окремих деталей. Основною проблемою є те, що під час витискання із щік пальців шатуна і півосей деталі деформуються, що мотивувало розробку пристрою для виконання операцій розбирання колінчастого валу

4. Запропонована конструкція пристрою є доступною для виготовлення в умовах механічної майстерні будь якого підрозділу, з можливістю використання деталей із списаної техніки та стандартних комплектуючих.

5. Доцільність виготовлення і запровадження у виробництво запропонованого оснащення для розбирання колінчастого валу підтверджується розрахунковим економічним ефектом за період використання який становитиме понад 39,51 тис. грн

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аветісян В.К., Бантковський В.А., Луценко А.П., Польотов В.А., Рижов В.Г. Економіка ремонтного підприємства; За ред.. В.К. Аветісяна – Харків, ХНТУСГ, 2005 – 389 с
2. Андрійчук В.Г. Економіка аграрних підприємств: Підручник. 2-е вид., доп. і перероблене. / В.Г. Андрійчук. К.: КНЕУ, 2002. 624с.
3. Білоконь Я.Ю. Трактори і автомобілі: Підр. для вищ. агр. закл. освіти II-IV рівнів акредитації за напрямом "Агрономія" / Я.Ю. Білоконь, А.І. Окоча. – К.: Урожай, 2002. – 324с.
4. Будова автомобіля і трактора. Частина 3. (Трансмісія, механізми керування, ходова частина). Посібник до лабораторних робіт: для студентів технологічного факультету / Укл. Люлька В.С., Коньок М.М., Перинський Ю.Є., Бивалькевич Л.М. – Чернігів: ЧНПУ, 2015. 108 с.
5. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків : навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей усіх форм навчання. А. В. Гайдамака. – Харків : НТУ «ХП», 2020. – 275 с.
6. Деталі машин. Розрахунок та конструювання: підручник. Г. В. Архангельський, М. С. Воробйов, В. С. Гапонов, О. І. Дубинець, О. І. Пилипенко, А. В. Гайдамака, С. Л. Панов, А. С. Столбовий. – Київ : Талком, 2014. – 684 с.
7. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник. – Л.: Афіша. – 2005. – 320 с
8. Кисликов В. Ф., Луцик В. В. К44 Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. — 6-те вид. Київ. Либідь, 2006. — 400 с.
9. Коваленко В. М. К56 Діагностика і технологія ремонту автомобілів : підруч. В. М. Коваленко, В. К. Щуріхін. Київ Літера ЛТД, 2017. 224 с.

10. Коновалюк Д. М., Ковальчук Р.М. Деталі машин. Підручник. Луцьк: ЛДТУ, 2001. 564 с.
11. Лебедев А.Т. та інші «Трактори та автомобілі» ч.1 «Автотракторні двигуни», Київ; Вища школа 2000р.; с.7-9.
12. Лебедев А.Т. та інші «Трактори та автомобілі» ч.3 «Автотракторні двигуни», К; Вища школа 2000р.; с.9-13.
13. Основи охорони праці: Підручник. 21ге видання, доповнене та перероблене. К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов, Р. В. Сабарно, О. І. Полукаров, В. С. Коз'яков, Л. О. Мітюк. За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. — Київ.: Основа, 2006 — 448 с
14. Практикум з ремонту машин. Технологія ремонту машин, обладнання та їх складових частин. Том 2/ Сідашенко О.І., Тіхонов О.В., Скобло Т.С., та інші/ За ред. О.І.Сідашенко, О.В. Тіхонова. Навчальний посібник. - Харків: ТОВ «Пром-Арт», 2018 - 491с.
15. Ремонт машин. Моделювання процесів розбирання і складання об'єктів ремонту. Методичні рекомендації до виконання розрахунково-графічних курсових та дипломних робіт для студентів факультету механіки та енергетики спеціальностей 7.091902, 8.091902 "Механізація сільського господарства" / Чухрай В.Є. - Львівський нац. аграр. ун-т, 2008.-31 с
16. Сідашенко О.І. Ремонт машин та обладнання: підручник / [Сідашенко О.І та ін.]. за ред. проф. О.І.Сідашенка, О.А.Науменка. Київ.: Агроосвіта, 2014.665с.
17. Технологія ремонту машин та обладнання. Курс лекцій./ Сідашенко О.І., Тіхонов О.В., Лузан С.О. та інші. Навч. Посібник - Харків: ХНТУСГ, 2017. - 361 с.
18. Тіщенко Л. М. Т 11 На допомогу фермерам. Практичні поради сервісу двигунів сільгосптехніки. / Л. М. Тіщенко, А. Т. Лебедев, О. І. Сідашенко, С. О. Харченко, А. М. Антипенко, М. Г. Макаренко, О. М. Макаренко, Ю. М. Кулаков, П. С. Сиромятников, С. П. Сорокін, І. О.

Шевченко, М. Л. Шуляк. За ред. Л. М. Тищенко - Харків.: «Міськдрук», 2014, - 224 с.

19. Чухрай В. Є. Обґрунтування технологічних параметрів обладнання для операцій розбирання-складання машин в умовах ремонтної бази їх власників. Механізація та електрифікація сільського господарства. Випуск 83. Наукове видання. Глеваха, 2000. с. 234-238.

20. Чухрай В.Є. Визначення кількості можливих варіантів послідовностей виконання операцій розбирання об'єкта ремонту/Інженерія аграрного виробництва у вимірах бережливості. Колективна монографія / За ред. О.Д.Семковича, О.В.Сидорчука, І.М. Флиса, С.Й.Ковалишина. Львів: Львів. держагроуніверситет.2006. С. 267-290

21. Чухрай В.Є. Киричинська І.Б. Розрахунок кількості варіантів послідовності виконання операцій розбирання об'єктів ремонту / Вісник Львівського державного аграрного університету: Агроінженерні дослідження. / Львів: Львівський держ. аграр. ун-т. 2006.- №10. С 189-196.

22. Чухрай В.Є. Оптимізація процесів розбирання і складання об'єктів ремонту. Вісник аграрної науки. – 2006 Спеціальний випуск, серпень . С. 114-121

23. Чухрай В.Є. Рис В.І /Розбирання і складання спряжень з натягом // Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи/ Львів. держ. аграр. університет, 2004.-14с.

24. Шкельов Л. Т. та ін. Опір матеріалів: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / Л. Т. Шкельов, А. М. Станкевич, Д. В. Пошивач.– ЗАТ «Віпол», 2011.– 456 с.

25. Ярошевская В.М., Чабан В.Й. Охорона праці в галузі. Навч. Посібник. – К.: ВД «Професіонал». 2004. 288 с

26. <http://imesg.gov.ua>. Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» [Електронний ресурс

27. <http://naas.gov.ua/> Національна академія аграрних наук України  
[Електронний ресурс]