

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: **„ Удосконалення технології ремонту двигунів марки Д-245 з розробкою пристрою для затискання колінчастих валів ”**

Виконав: студент 3 курсу групи Аін-43сп  
Спеціальності 208 „Агроінженерія”

(шифр і назва)

Пристаї Павло Михайлович

(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. Рис В.І.

(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

“ 27 ” листопада 2023 р.

**З А В Д А Н Н Я**

на дипломний проєкт студенту

Пристаю Павлу Михайловичу

1. Тема проєкту: „ Удосконалення технології ремонту двигунів марки Д-245 з розробкою пристрою для затискання колінчастих валів ”

Керівник проєкту: Рис Василь Іванович, к.т.н., доцент

Затверджена наказом по університету від 27 листопада 2023 року № 641/К-С

2. Строк здачі студентом закінченого проєкту 17 червня 2024 року.

3. Вихідні дані: \_\_\_\_\_

3.1. Звітні матеріали про діяльність ремонтних майстерень підприємств.

Звітні матеріали власників техніки про наявність і використання ремонтно-обслуговуючої бази. Кількість тракторів зони обслуговування

4. Перелік питань, які необхідно розробити

Вступ

1. Аналіз конструкції колінчастого вала двигуна Д-245

2. Технологічний процес ремонту колінчастих валів

3. Компонування ділянки поточного ремонту двигунів д-245

4. Конструктивна частина

4. Охорона праці

5. Економічна ефективність проєкту

Висновки

Список використаної літератури

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

- 5.1 Карта дефектації (1арк. форм. А1);
- 5.2 Способи відновлення поверхонь (1 арк. форм. А1).
- 5.3 Затискний пристрій (Складальне креслення), робочі креслення деталей (1 аркуш форм. А1);
- 5.4 Схема встановлення пристрою на верстат вертикально-свердильний 2Н125 (1 аркуш форм. А1);
- 5.5 Техніко-економічна оцінка проекту (1 арк. форм. А1).

6. Консультанти розділів проекту:

| Розділ       | Прізвище, ініціали та посада консультанта  | Підпис, дата   |                  | Відмітка про виконання |
|--------------|--|----------------|------------------|------------------------|
|              |  | завдання видав | завдання прийняв |                        |
| 1, 2, 3,4, 6 | Рис В.І. к.т.н., доц. кафедри агроінженерії та технічного сервісу імені професора Олександра Семковича |                |                  |                        |
| 5            | Городецький І.М., к.т.н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва            |                |                  |                        |

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: «Аналіз конструкції колінчастого вала двигуна Д-245»</i>                            | <i>27.11.2023–15.02.2024</i>  |                        |
| 2.     | <i>Виконання другого розділу: «Технологічний процес ремонту колінчастих валів»</i>                        | <i>16.02.2024–15.03.2024</i>  |                        |
| 3.     | <i>Виконання третього розділу: «Розробка обладнання для заміни коробки передач тракторів класу 14 кН»</i> | <i>16.03.2024–30.04.2024</i>  |                        |
| 4.     | <i>Виконання четвертого розділу «Конструктивна частина»</i>   | <i>01.05.2024–15.05.2024</i>  |                        |
| 5.     | <i>Написання розділу: «Охорона праці»</i>   | <i>16.05.2024–01.06.2024</i>  |                        |
| 6.     | <i>Виконання розділу: «Економічна ефективність проекту»</i>   | <i>02.06.2024–10.06.2024</i>  |                        |
| 7      | <i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки. Завершення проекту в цілому</i>              | <i>11.06.2024-17.06.2024</i>  |                        |

Студент \_\_\_\_\_ Павло ПРИСТАЙ  
(підпис)

Керівник проекту \_\_\_\_\_ Василь РИС

УДК 631.1.2

Пояснювальна записка 57 с., в тому числі 16 табл., 5 рисунків, 22 літературних джерела, 5 листів креслень.

„Удосконалення технології ремонту двигунів марки Д-245 з розробкою пристрою для затискання колінчастих валів ”. Пристай Павло Михайлович. – Дипломний проєкт. Кафедра агроінженерії та технічного сервісу імені професора Олександра Семковича – Дубляни, Львівський НУП, 2024р.

Аналіз стану ремонту двигунів дозволив виявити наступні недоліки у взаємовідносинах між господарствами та ланками РОБ.

Запроектований технологічний процес розбирання та складання колінчастих валів забезпечить мінімальний час виконання цих операцій який складає 0,81 год.

Вдосконалення пристрою до стенда розбирання та складання колінчастих валів дозволить підвищити продуктивність праці за рахунок зменшення часу на повертання вала відносно осі і зміною розміщенням силового гвинта.

Розроблені заходи по охороні праці дозволять звести до мінімуму травматизм та нещасні випадки в майстерні, а також значно покращити умови праці робітників.

Рахуємо, що розроблений проєкт реконструкції спеціалізованої майстерні по капітальному ремонту колінчастих валів двигуна Д-245 може бути впроваджений у виробництві.

## ЗМІСТ

|   |    |
|---|----|
| Вступ.....  | 6  |
| 1 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ КОЛІНЧАСТОГО ВАЛА ДВИГУНА Д-245  | 8  |
| 1.1 Характер умов роботи та процесів зношування.....  | 9  |
| 1.2 Дефектація деталей.....   | 9  |
| 1.3 Способи відновлення поверхонь.....  | 12 |
| 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС РЕМОНТУ КОЛІНЧАСТИХ ВАЛІВ...   | 18 |
| 2.1 Розрахунок і вибір режимів виконання технологічних процесів...                                      | 18 |
| 2.2. Розробка структурної послідовності відновлення деталі і їх<br>призначення.....                     | 23 |
| 2.3. Вибір обладнання, пристрою, різального слюсарного та<br>контрольно-вимірювального інструменту..... | 24 |
| Розрахунок і вибір режимів виконання технологічних операцій.....  | 25 |
| 3. КОМПОНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ ПОТОЧНОГО РЕМОНТУ<br>ДВИГУНІВ Д-245.....                                       | 29 |
| 3.1 Вихідні дані для проектування ділянки по ремонту двигунів<br>Д-245.....                             | 29 |
| 3.2 Режим роботи підприємства і розрахунок річних фондів часу.....                                      | 29 |
| 3.3 Розрахунок ділянки по ремонту двигунів Д-245.....   | 32 |
| 3.4 Розрахунок штатних працівників ділянки.....   | 33 |
| 4 КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА .....   | 35 |
| 4.1 Обґрунтування вибору пристрою, що проектується.....   | 35 |
| 4.2 Опис конструкції та умови роботи установки .....  | 36 |
| 4.3. Будова і принцип роботи знімача.....   | 36 |
| 4.3 Розрахунок черв'ячної передачі гвинта .....   | 36 |
| 4.4 Розрахунок радіальних губок.....  | 37 |
| 4.5 Технічні умови вертикально - свердлильного верстата 2А125.....                                      | 37 |
| 4.6 Технічні умови на виготовлення основних деталей та вузлів<br>пристрою.....                          | 38 |

|  |    |
|--|----|
|  | 5  |
| 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....  | 40 |
| 5.1. Аналіз стану охорони праці в ремонтній майстерні.....                               | 40 |
| 5.2 Охорона праці під час роботи на металорізальних верстатах.....                       | 42 |
| 5.3.Розрахунок освітлення.....   | 43 |
| 5.3.1 Розрахунок освітлення природної бокової односторонньої.....                        | 43 |
| 5.3.2 Розрахунок штучної освітленості.....   | 43 |
| 5.4. Рекомендації по покращенню умов і охорони праці в господарстві.....                 | 44 |
| 6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЕКТУ .....   | 45 |
| 6.1 Розрахунок фонду заробітної плати працюючих на ділянці ремонту колінчатих валів..... | 45 |
| 6.2 Визначення витрат на матеріали, запасні частини і енергоресурси.                     | 47 |
| 6.3 Визначення собівартості ремонту колінчатого валу двигуна Д-245                       | 48 |
| 6.4 Техніко-економічні показники роботи майстерні.....                                   | 49 |
| 6.5 Розрахунок собівартості відновлення деталі.....                                      | 50 |
| 6.6 Розрахунок економічної ефективності застосування розробленого пристрою.....          | 51 |
| ВИСНОВКИ .....   | 54 |
| Список використаної літератури.....  | 55 |

## ВСТУП

В нових умовах господарювання необхідно збільшувати темпи технічного переоснащення сільського господарства, переробних та інших галузей АПК. В зв'язку з цим важливе значення має підвищення якості і надійності випущених машин, рівня їх технічного обслуговування та ремонту, а також організацію й проектування ремонтно-обслуговуючого виробництва. У зв'язку з наростанням балансової вартості сільськогосподарської техніки значно збільшується і витрати на її ремонт. Унаслідок цього, перед нами стоїть задача зниження цих затрат за рахунок [18]:

- підвищення якості й надійності капітального ремонту машин;
- збільшення продуктивності праці й ресурсозбереження при технічному обслуговуванні машин на всіх рівнях ремонтно-обслуговуючого виробництва.

Найбільш важливий показник зниження затрат - висока якість капітального ремонту машин.

При неповному збереженні терміну якості і частковому відновленню ресурсу (менше 50% до ремонтного) ремонтні дії стають не ефектні і не забезпечують ефективного використання машин за час амортизаційного терміну. У зв'язку з цим вони передчасно списуються, а затрати на їх використання і поточний ремонт зростають.

В господарствах після капітального ремонту експлуатується більше 50% тракторів і 75% двигунів, що викликає (при низькому моторесурсі) високі вимоги в ремонтно-обслуговуючому виробництві.

Покращення якості ремонтних робіт можливо дибитися, з одного боку, за рахунок збільшення рівня концентрації ремонту різних агрегатів і машин. які мають близькі по характеру дефекти і конструктивно технологічні - властивості (використання принципів вузлової й технологічної спеціалізації), і поглиблення професійної спеціалізації. Наприклад, перевід

моторемонтного виробництва на багатомарочний ремонт із програмою будівництва 15-18 тис. двигунів в рік дозволить значно зменшити число підприємств, які зайняті малосерійним капітальним ремонтом цих агрегатів, зменшити в 2-3 рази виробничі площі і відповідно затрати на опалення, освітлення й амортизаційні відчислення; знизити кількість металообробного й контрольно-вимірювального обладнання, зменшити адміністративний апарат.

Виходячи з вищезазначеного тема дипломного проєкту є актуальною.



## 1. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ КОЛІНЧАСТОГО ВАЛА ДВИГУНА Д-245

Сили, діючі від поршнів на колінчатий вал, створюють крутний момент, який за допомогою силової передачі передається ведучим системам ходової частини трактора. Колінчатий вал двигуна навантажується силами тиску газів, інерцій і центр обіжними, а також отримує навантаження від крутних коливань.

Колінчатий вал двигуна Д-245 виготовлений з вуглеводної сталі ст.45 штампуванням. Шийки колінчатого валу підлягають поверхневій закалці струмами високої частоти на глибину 2,5 мм, шліфуванню і поліруванню. Колінчатий вал складається з корінних і шатунних шийок, щок, посадкового місця для кріплення маховика, посадочного для встановлення привідного шківів і розподільчих шестерень. Шатунна шийка і прилягаючі до неї шийки утворюють кривошип. На валу існує противага, призначена для розвантаження корінник підшипників від відцентрових сил інерції неврівноважених мас кривошипа і нижньої частини шатуна [3,5,11,12].

Корінні шийки валу більш навантажені, тому вони мають діаметр більший, ніж шатунні.

Корінні та шатунні шийки колінчатого валу двигуна Д-245 мають наступні ремонтні розміри, які показані в таблицях 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1 – Розміри корінних шийок

| Розміри корінних шийок  | Маркування |
|-------------------------|------------|
| 85,25 <sup>-0,080</sup> | 1НК        |
| 85,00 <sup>-0,080</sup> | 2 НК       |
| 84,50 <sup>-0,080</sup> | Р1К        |
| 84,00 <sup>-0,080</sup> | Р2К        |
| 83,50 <sup>-0,080</sup> | Р3К        |
| 83,00 <sup>-0,080</sup> | Р4К        |

Таблиця 1.2 – Розміри шатунних шийок

| Розміри шатунних шийок  | Маркування |
|-------------------------|------------|
| 75,25 <sup>-0,075</sup> | 1НШ        |
| 75,00 <sup>-0,075</sup> | 2НШ        |
| 74,25 <sup>-0,075</sup> | Р1Ш        |
| 73,50 <sup>-0,075</sup> | Р2Ш        |
| 72,75 <sup>-0,075</sup> | Р3Ш        |
| 72,00 <sup>-0,075</sup> | Р4Ш        |

Після перешліфовки колінчатих валів останнього четвертого ремонтного розміру, вони підлягають відновленню.

### 1.1 Характер умов роботи та процесів зношування

Колінчатий вал двигуна Д-245 навантажується силами тиску газу відцентровими силами і силами інерції, а також отримує навантаження від крутних коливань. Під час роботи колінчатий вал сприймає динамічне навантаження і працює на деформацію кручення.

Шатунні і корінні шийки колінчатого валу спряжені з підшипниками (вкладишами) тертя. Характер спряження підшипників із валом рухомий. Характер спряження поверхонь із шківом та шестернями нерухомий. Поверхня спряжена із фланцями колінчатого валу. Характер спряження – нерухомий.

Внаслідок динамічного навантаження та деформацій кручення відбувається знос рухомих і нерухомих спряжень та шпонкових пазів.

### 1.2. Дефектація деталей

Основна мета дефектації - визначити технічний стан спряжених поверхонь деталей і розсортувати їх на групи згідно з технічними вимогами. Залежно від величини спрацювання, виду і характеру пошкоджень, деталі сортуються на п'ять груп і позначаються відповідним кольором: придатні - зеленим, придатні лише спряжені з новими або відновленими до нормальних розмірів деталями - жовтим, ті, що підлягають відновленню у власній майстерні - білим, ті, що підлягають відновленню у спеціальному

ремонтному підприємстві - синім, непридатні до відновлення - червоним. Пошкодження нерухомих з'єднань може бути викликане ударами молотка при складанні або розбиранні посадки з натягом. Такі з'єднання необхідно розбирати (складати) за допомогою надставок виготовлених із кольорових металів, а замість ударних навантажень від молотка рекомендується використовувати статичну дію преса [3,5,11,12].

Посадочні місця під шатунні та корінні шийки в основному спрацьовуються під дією сили тертя, які виникають між поверхнями тертя. Зменшити інтенсивність спрацювання цих посадочних місць колінчатого валу можна такими способами: підвищення поверхневої твердості (наплавленням міцним припадочним матеріалом), накатуванням із зменшуванням жорсткості, застосуванням вкладишів із матеріалів, які мають менший коефіцієнт тертя.

Шпонкові пази в основному спрацьовуються по боковим поверхням відновлюють їх в основному шляхом зварювання і нарізання нових шпонкового пазу.

Різьбові з'єднання спрацьовуються в результаті зриву різьби, її зминання та ін. усувають дані дефекти розвертання отвору під ремонтний розмір і нарізанням ремонтної різьби, або постановкою різьбових спіральних вставок.

Технічні умови на відновлення колінчастого валу двигуна Д-245:

- Правку валу в процесі механічної обробки і після ґрунтування СВЧ не допускається. Допускається правка лише після накатки галтелі. Стріла прогину валу під час правки має бути не більше 1 мм;

- при шліфуванні шатунних шийок необхідно зберегти початкові радіуси кривошипа ( $65^{+0,3}$  мм) і галтелей ( $6^{+0,3}$  мм);

- шорсткість оброблених поверхонь шатунних і корінних шийок повинна відповідати  $Ra \leq 0,32$  мкм;

- допуск округлості і профілю поздовжнього перерізу шатунних шийок і корінних 0,01 мм;

- твердість поверхонь шийок після шліфування повинна бути не менше 46 HRC. Галтування галтелей не допускається. Після шліфування на ремонтний розмір биття середньої корінної шийки відносно крайніх не повинно перевищувати 0,07 мм (для нових валів-0,03 мм);

- відхилення від паралельності утворюючих поверхонь шатунних шийок відносно вісі валу, встановленого на крайні корінні шийки, не повинно перевищувати 0,03 мм на довжину 100 мм;

- зміщення всіх шатунних шийок відносно діаметральної площини 1-ї корінної і 1-ї шатунної шийок (розвал шийок) після перешліфовки не повинно перевищувати 0,03 мм;

- биття циліндричної і торцевої поверхонь фланця кріплення маховика на крайніх точках відносно поверхонь крайніх корінних шийок допускається до 0,05 мм (для нового валу – не більше 0,03 мм);

- трубки мають бути щільно запресовані в шатунні шийки колінчастого валу; люфт трубок не допускається. Краї розвальцьованих трубок повинні витоплюватись відносно поверхонь шийок на 1..3 мм;

- заглушки мають втопати в різьбі не менше, ніж на 2 мм і бути зашплінтованими;

- зубчасте колесо колінчастого валу має бути напресоване міткою на зовні до упора в торець корінної шийки вала;

- колінчатий вал має бути динамічно збалансований зняттям металу з периферії будь-яких щок. Залишковий дисбаланс не більше 900 г/мм на кожному кінці вала.

Колінчастий вал в зборі з противагами повинен балансувати динамічно. Маса коректувати свердлінням противаг в радіальному напрямку отворів діаметром 10 мм на глибину не більше 25 мм. Залишковий дисбаланс не більше 650 г/мм на кожному кінці валу [3,5,11,12].

Колінчаті вали після кінцевої обробки необхідно перевірити за допомогою магнітною дефектоскопа на відсутність поверхневих дефектів. Після перевірки колінчатий вал повинен бути розмагнічений.

### 1.3. Способи відновлення поверхонь

Основними способами відновлення спрацьованих поверхонь в нашому випадку є наступні: вібродугове наплавлення є автоматичним наплавленням вібруючим електродом. Процес наплавлення можна проводити на повітрі, у середовищі захисного газу і рідини. Щоб отримати необхідну твердість поверхонь приймаємо найбільш поширене вібродугове наплавлення у рідині.

Схема вібродугової наплавки представлена на рисунку 1.1 [3,5].

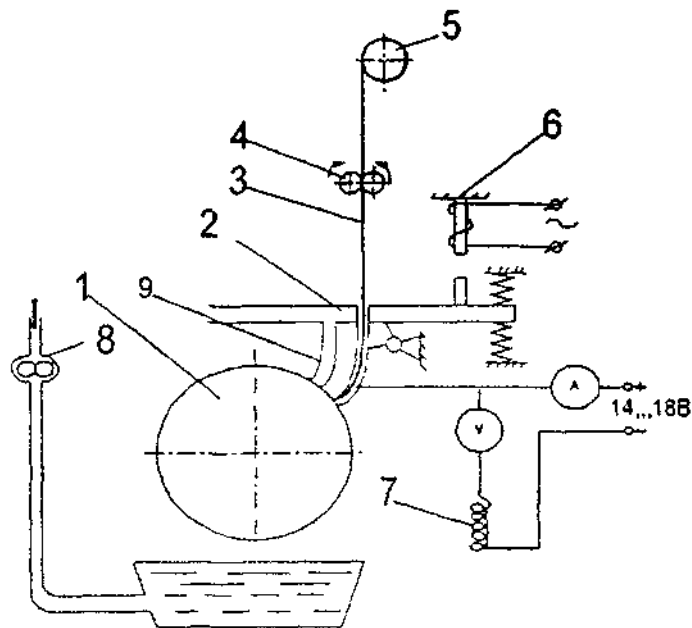


Рисунок 1.1 – Схема вібродугової наплавки у рідині: 1 – деталь, 2–вібруючий мундштук, 3–електродний дріт, 4–ролики подавального механізму, 5–касета, 6–вібратор. 7–котушка самоіндукції, 8–насос, 9–канал для охолоджувальної рідини.

Для подачі електродного дроту 3 в зону дугових розрядів і створення вібрацій застосовують наплавляючі головки. Наплавлювальна головка встановлюється на супорті токарного станка. Дріт до мундштука подають за допомогою подаючих роликів. Вібрацій електродного дроту з амплітудою 1...3 мм з частотою 50... 110 Гц створюється за допомогою електромагнітних або механічних вібраторів.

Вібродугову наплавку проводять на постійному струмі напругою 14...20 В при зворотній полярності. В коло послідовно включають регульований індуктивний опір. Охолоджуючу рідину подають насосом.

Процес вібродугового наплавлення складається із трьох послідовних періодів, що повторюються:

- короткого замикання;
- горіння дуги;
- холостого ходу.

У період горіння дуги виділяється основна частина енергії (80...95%) плавлення електроду. Тривалість горіння дуги складає 4... 10 с. За цей час на торці електрода нагромаджується розплавлений метал у вигляді пів каплі, який в кінці горіння дуги з'єднується із ванночкою і починається період короткого замикання. У цей час струм у ланцюзі збільшується, індуктивність нагромаджує енергію, а електрод змінює свій напрям і відрив від зварювальної ванни починається період горіння дуги.

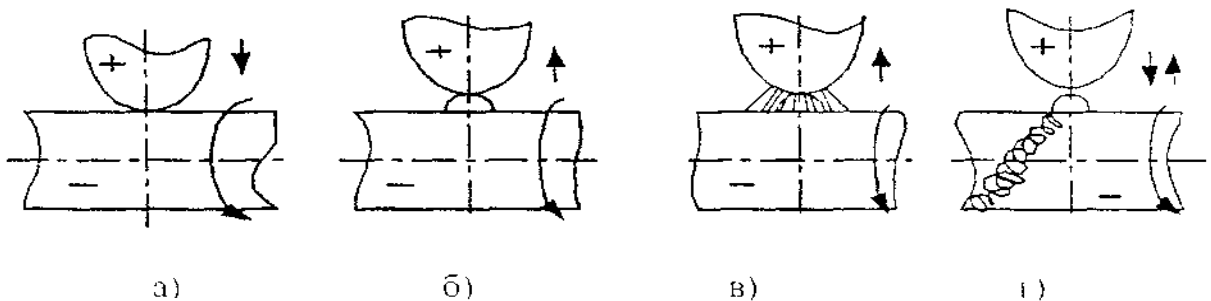


Рисунок 1.2 – Схема формування валика при вібродуговому наплавленні: а)- коротке замикання, б)- відрив електроду, в) - горіння дуги, г)- холостий хід.

Струм падає, індуктивність кола віддає енергію, у колі виникає електрорушійна сила самоіндукції, збільшаться напруга на електродах.

Таким чином, при відносно низькій напрузі джерела (12...22 В) дуговий розряд пробігає при напрузі стійкого горіння дуги (30..35).

Вібродугове наплавлення використовує як постійний, так і змінний струм, а також комбінований (змінний і постійний). Наплавлю вальний метал високої якості отримується при наплавлюванні на постійному струмі зворотної полярності.

Безперервне охолодження і переривистий характер процесу сприяє зменшенню зони термічного впливу наплавлення (1...3 мм) і деформацій наплавлюваної деталі.

Якість наплавлюваного шару залежить також від подачі, амплітуди коливань дроту, величини індуктивності і кроку наплавлення. Швидкість наплавлення приймаємо до 100 м/год і вибираємо в залежності від товщини наплавлювального шару і діаметру відновлюваної деталі.

На ремонтному підприємстві для наплавки зношених поверхонь колінчатих валів використовують електроконтактну наплавку. При електроконтактній наплавці металічний зв'язок між валиками деформованого дроту і поверхнею деталі виникає по причині часткового розплавлення поверхневих шарів металу відновлюваної деталі, а також по причині явища дифузії.

Кожен цикл наплавки складається з імпульсу струму і паузи. Такі цикли складають переривник 1. схема установки приводиться на рисунку 2.3.

Процес електроконтактної наплавки проходить при низькій напрузі і не перевищує 7В товщина наплавки від 0,1 до 1 мм. Деталь 4 встановлюється у патроні токарного станка і підпирається бабкою. В якості джерела живлення використовується перероблений зварювальний трансформатор 2 з великим коефіцієнтом трансформації. Розріз повторного контуру повинен бути достатнім для проходження струму до 20000А [3,5,11,12].

Ролики 7 і 8 створюють необхідний тиск між деталлю 4 і електродним дротом (стрічкою) 9 за допомогою механізмів 6. для направлення деталей різноманітного діаметру у повторному контурі 3 трансформатора передбачені конденсатори 10, допускаючи переміщення роликів.

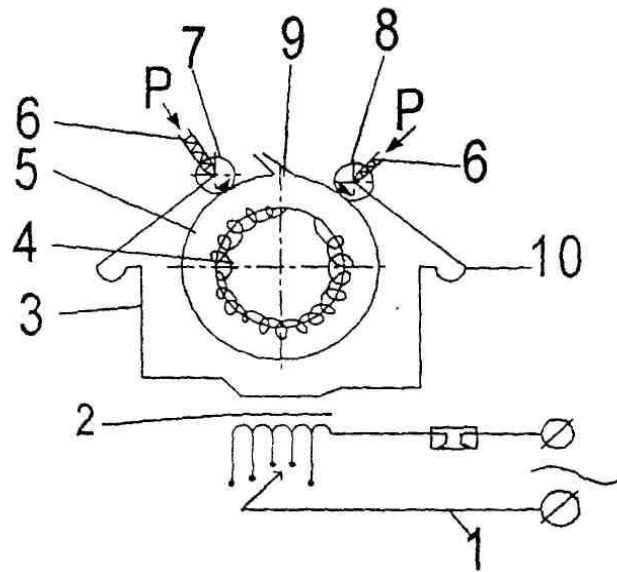


Рисунок 1.3 – Схема установки для електроконтактною наплавлення:  
 1-переривник струму, 2-трансформатор, 3-повторний контур трансформатора, 4-деталь, 5-наплавлений метал, 6-пружина, 7-контактний ролик, 8-наплавлювальний ролик. 9-дріт, 10-компенсатор.

Зусилля притискання ролика до деталі рекомендується приймати із відношення [3,5,11,12]^

$$P = 100d^2, \text{ мм} \quad (1.1)$$

де  $d$  – діаметр дроту, мм

Тривалість імпульсів в основному складає 0,04...0,08 с. тривалість пауз повинна забезпечувати перекриття не менше 25% площі кожної точки.

Відомий спосіб відновлення зношених шийок колінчатого валу методом постановки додаткової деталі. Розглянемо два таких способи. Це спосіб виготовлення колінчастого валу, що включає механічну обробку зношених шийок, виготовлення різних оболонок і приєднання їх до шийок.

Принципова схема відновлення колінчатого валу шляхом постановки додаткових деталей показана на рисунку 1.4.



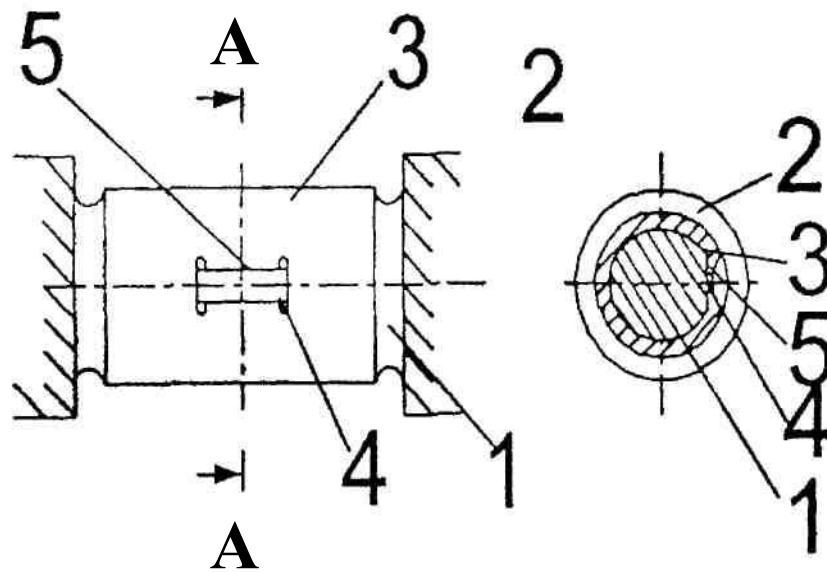


Рисунок 1.4 – Схема відновленої шийки в зборі: 1-шийка, 2-колінчатий вал, 3-оболонка, 4-перемичка, 5-виступи.

З метою зниження трудомісткості при відновленні валу, на шийках виконують дві дзеркально розміщені сегментні лиски, залишаючи між ними перегородку з опорними поверхнями вздовж осі валу, а в центрі втулки висічку з двома протилежно направленими, частково відігнутими в середині; виступами, що розміщені на відстані, рівній товщині перегородки між лисками, а приєднання здійснюють постановкою втулки на шийку колінчатого валу, зміщуючи торці виступів з опорними поверхнями перегородки.

Наступний спосіб відновлення включає в себе механічну обробку зношеної шийки вала. Підготовку посадочних місць для кріпильних елементів, виготовлення змінної розрізної тонкостінної втулки, постановку її на шийці і механічне кріплення втулки кріпильними елементами. Схема відновленої шийки в зборі показана на рисунку 1.5.

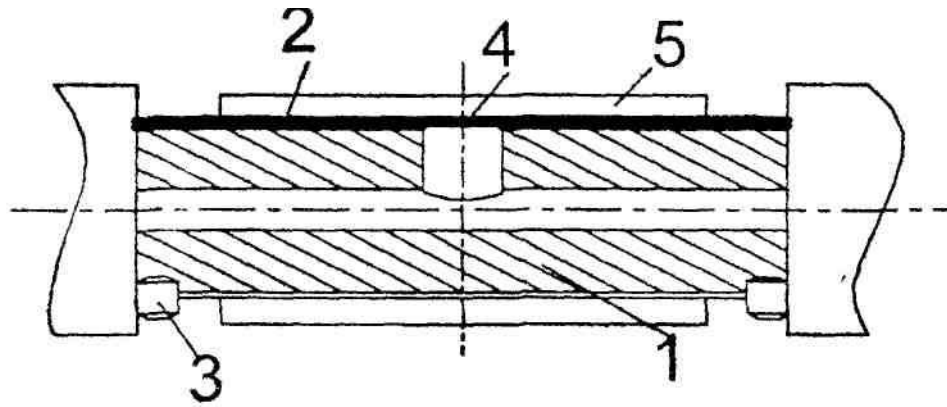


Рисунок 1.5 – Схема відновленої шийки колінчастого валу: 1-шинка 2-пружна втулка. 3-штифт, 4-отвір 5-вкладиш.

З метою підвищення технологічності способу і надійності валу, втулку виготовляють шляхом навивки пружної стрічки в рулон, діаметр якого менше діаметру шийки валу, а при встановленні пружної втулки на шийці валу, кінець якого розпочинається навивки стрічки, розміщують перед стиком кінців оболонки по напрямку обертання валу.

## 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС РЕМОНТУ КОЛІНЧАСТИХ ВАЛІВ

### 2.1. Розрахунок і вибір режимів виконання технологічних процесів

Операція наплавлювальні (вібродугова). Схема наплавлення на рисунку

1. Встановлюємо технологічну послідовність наплавлення поверхонь (таблиця 2.4)

Встановлюємо і розраховуємо режими наплавки. Для наплавлення поверхонь 5 і 6 приймаємо наплавлюючий дріт марки СВ 08 Г2С, ДСТУ EN ISO 544  $d_{др} = 1,8$  мм. Довжина наплавлення поверхонь дорівнює  $l_6=26$  мм,  $l_5=28$  мм. Ширина наплавки шпон очисних пазів дорівнює  $b_6=8$  мм,  $b_5= 8$  мм. Товщина шару наплавленого металу складає  $h=1,5$  мм.

Кількість проходів для зварки шпон очисних пазів визначаємо [5,9]:

$$i=(t \cdot b)/(2 \cdot h_n \cdot \eta_n) \quad (2.1)$$

Де  $b$  – ширина наплавки, мм;

$t$  – глибина наплавки, мм (за даними технічних вимог на відновлення деталі  $t_6=t_5=10$  мм.

$\eta_n$  – коефіцієнт нерівномірності форми валика,  $\eta_n=0,75$ .

$$i_6=(t \cdot b)/(2 \cdot h_n \cdot \eta_n)$$

$$i_5=(t \cdot b)/(2 \cdot h_n \cdot \eta_n)$$

Кількість проходів дорівнює:

$$i=h/h_o \quad (2.2)$$

де  $h_o$  – оптимальна ширина шару металу, яку можна наплавити за один прохід (1мм).

$$i=1,0/1,0=1$$

Приймаємо ручну подачу для зварювання шпонкових пазів, швидкість наплавки  $v_n = 1,5$ м/хв., швидкість подачі електродного дроту  $v_n = 1,5$ м/хв. Для наплавлення поверхонь 4, 3, 2 приймаємо дріт марки 18хГС,  $d_{др} = 1,8$ мм. Довжина наплавлювальних поверхонь дорівнює  $l_4=26$ мм,  $l_3=22$ мм,  $l_2=28$ мм. Товщину наплавленого шару металу визначаємо за формулою:

$$h_n = c + a \quad (2.3)$$

де  $c$  – приблизна величина спрацювання, що перевищує допустиму (0,10мм) [5,9];

$a$  – оптимальний припуск на механічну обробку (0,90мм).

$$h_n = 0,1 + 0,9 = 1 \text{ мм}$$

Приймаємо із довідникової літератури наступні параметри [5,9]:

|                                     |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|
| сила струму                         | $I=140\text{A};$         |
| напруга                             | $U=16\text{В};$          |
| крок наплавки                       | $S_n = 1.8\text{мм/об};$ |
| швидкість подачі електродного дроту | $V=1,5\text{м/хв};$      |
| швидкість наплавлення               | $V=1,5\text{м/хв}.$      |

Визначаємо частоту обертання колінчатого валу при наплавці:

$$n_4 = 318 \cdot \left(\frac{V_n}{d_B}\right), \text{ об/хв} \quad (2.4)$$

- для поверхні 4  $n_4 = 318 \cdot \left(\frac{1,5}{106}\right) = 4,5, \text{ об/хв}.$
- для поверхні 3  $n_3 = 318 \cdot \left(\frac{1,5}{71}\right) = 6.72, \text{ об/хв}.$
- для поверхні 2  $n_2 = 318 \cdot \left(\frac{1,5}{70}\right) = 6.8, \text{ об/хв}.$

Приймаємо найближчу частоту обертання деталі по паспорту верстату:

$$n_{4Д} = 5 \text{ об/хв}.$$

$$n_{3Д} = n_{2Д} = 7,5 \text{ об/хв}$$

Дійсна швидкість наплавлення:

$$V_{Д4} = \frac{n_{4Д} \cdot d_4}{318}, \text{ м/хв} \quad (2.5)$$

$$V_{Д4} = \frac{5 \cdot 106}{318} = 1,67\text{м/хв}.$$

$$V_{Д3} = \frac{7,5 \cdot 71}{318} = 1,67\text{м/хв}.$$

$$V_{Д4} = \frac{7,5 \cdot 70}{318} = 1,65\text{м/хв}$$

Операція електроконтактна наплавка. Схема для електроконтактного наплавлення показана на рисунку 3. встановлюємо і розраховуємо режими. Довжина, ширина і товщина заварки шпон очних пазів відповідно наплавлювальній операції. Довжина наплавки і кількість проходів для відновлення поверхонь 2, 3, 4 відповідно наплавлювальній операції.

Приймаємо [5,9]:

|   |                         |
|---|-------------------------|
| сила струму                               | $I=20\text{кА};$        |
| напруга                                   | $U=1,2\text{В};$        |
| тиск ролика                               | $60\text{МПа}$          |
| крок наплавки                             | $S_n =3,5\text{мм/об};$ |
| швидкість подачі електродної стрічки      | $V=1,2\text{м/хв};$     |
| швидкість наплавлення                     | $V=0,2\text{м/хв.}$     |
| наплавлювальна стрічка 1,6x4 мм св.-08Г2. |                         |

Визначаємо кількість проходів для заварки шпон очних пазів:

$$i = (b \cdot t) / (t \cdot b_0) \quad (2.6)$$

$$i_6 = (8 \cdot 10) / (1.3 \cdot 4 \cdot 0.8) = 15.6 \text{ приймаємо } i_6 = 16$$

$$i_5 = (8 \cdot 10) / (1.6 \cdot 4 \cdot 0.8) = 15.6 \text{ приймаємо } i_5 = 16$$

Визначаємо частоту обертання колінчатого валу при наплавці:

$$\text{для поверхні 2} \quad n_2 = 318 \cdot (0.2/70) = 0.6$$

$$\text{для поверхні 4} \quad n_4 = 318 \cdot (0.2/106) = 0.6$$

$$\text{для поверхні 3} \quad n_3 = 318 \cdot (0.2/71) = 0.9$$

Приймаємо найближчу частоту обертання деталі по паспорту верстату:

$$n_{4д} = n_{3д} = n_{2д} = n_{дmin} = 2.5 \text{об/хв}$$

Дійсна швидкість наплавлення:

$$V_{д4} = \frac{2,5 \cdot 106}{318} = 0,83$$

Операція токарна.

Визначаємо припуск (глибину різання) на обробку:

$$h = \frac{(D-d)}{l}, \text{ мм} \quad (2.7)$$

де  $D$  і  $d$  – діаметр вала до і після обробки, мм

$$h_4 = \frac{(108 - 106,6)}{2} = 0,7, \text{ мм}$$

$$h_3 = \frac{(73 - 71,6)}{2} = 0,7, \text{ мм}$$

$$h_2 = \frac{(72 - 70,6)}{2} = 0,7, \text{ мм}$$

Кількість проходів:

$$i = h/t \quad (2.8)$$

де  $i$  - глибина різання, мм.

$$i = 0.7/0.7 = 1$$

Приймаємо подачу згідно паспортних даних станка:

$$S = 0.8 \text{ мм/об}$$

Швидкість деталі при розточуванні із довідкової літератури:

$$V = 131 \text{ м/хв}$$

Визначаємо найближчу частоту обертання колінчастого валу при розточуванні:

$$n_4 = 318 \cdot \left(\frac{131}{108}\right) = 393 \text{ об/хв}$$

$$n_3 = 318 \cdot \left(\frac{131}{73}\right) = 586.7 \text{ об/хв}$$

$$n_2 = 318 \cdot \left(\frac{131}{72}\right) = 595 \text{ об/хв}$$

Приймаємо найближчу частоту обертання деталі по паспорту верстату:

$$n_{4д} = 380 \text{ об/хв.}, n_{3д} = n_{2д} = 600 \text{ об/хв.}$$

Визначаємо дійсну швидкість при розточуванні:

$$V_{д4} = \frac{380 \cdot 108}{318} = 129$$

$$V_{д3} = \frac{380 \cdot 73}{318} = 139$$

Операція фрезерна.

Для отримання сегментного шпон очного пазу приймаємо дискові фрези. Для нарізання відповідних шпон очних пазів приймаємо відповідні початкові дані згідно з паспортом верстату:

|   |               |
|---|---------------|
| подача                                      | $S=0.8$ мм/об |
| частота обертання фрези                     | $n=272$ об/хв |
| швидкість різання                           | $V_p=51$ м/хв |
| діаметр фрези                               | $D=28$ мм     |
| ширина фрези для поверхонь 6 і 5 відповідно | $b=8$ мм      |

Припуск (глибину різання) на обробку визначаємо із технічних вимог деталі на відновлення:

$$h_6 = h_5 = 10 \text{ мм}$$

Приймаємо найближчу частоту обертання фрези за паспортом верстата:

$$n=300 \text{ об/хв}$$

Визначаймо дійсну швидкість при фрезеруванні шпон очних пазів:

$$V_d = 300 * 28 / 318 = 23,5$$

Операція шліфувальна.

Визначаємо припуск на шліфування за формулою:

$$h = \frac{(D-d)}{l}, \text{ мм} \quad (2.9)$$

де  $D$  і  $d$  – відповідно діаметри вала до і після обробки, мм.

$$h_4 = \frac{(106,6-106)}{2} = 0,3, \text{ мм}$$

$$h_3 = \frac{(71,6-71)}{2} = 0,3, \text{ мм}$$

$$h_2 = \frac{(70,6-70)}{2} = 0,3, \text{ мм}$$

Глибину шліфування приймаємо згідно довідкових даних:

$$t=0.005 \text{ мм}$$

Довжина шліфування поверхонь 4, 3 і 2  $L_4=26$ мм,  $L_3=22$ мм,  $L_2=28$ мм.

Так, як ширина шліфувального круга більше довжини шліфувальних поверхонь, то шліфування будемо проводити без поздовжньої подачі,  $S_n=0$ , тобто беремо врізане шліфування при  $S_{\text{non}}=0,005$  мм/об. Колова швидкість

деталі при шліфуванні  $V=15\dots 25\text{м/хв.}$ , приймаємо  $V=20\text{ м/хв.}$ ,

Визначаємо частоту обертання колінчатого валу при шліфуванні:

$$n_n = \frac{V}{d_n}, \text{об/хв} \quad (2.10)$$

$$n_4 = 318 \frac{20}{106,6} = 59,7, \text{об/хв.}$$

$$n_3 = 318 \frac{20}{71,6} = 88,8, \text{об/хв.}$$

$$n_2 = 318 \frac{20}{70,6} = 90,1, \text{об/хв}$$

Приймаємо найближчу частоту обертання деталі за паспортом верстата:

$$n_{4д}=64 \text{ об/хв.}, n_{3д}= n_{2д}=115 \text{ об/хв.}$$

Тоді дійсна швидкість шліфування:

$$V_{д4} = \frac{106,6 \cdot 64}{318} = 21,5$$

$$V_{д3} = \frac{71,6 \cdot 115}{318} = 25,6$$

$$V_{д2} = \frac{70,6 \cdot 115}{318} = 25,5$$

## 2.2. Розробка структурної послідовності операції відновлення деталі і їх призначення

План операції на відновлення поверхонь колінчатого вала Д – 245 які вийшли за межі допустимих параметрів наведені в таблиці 2.1[5,9, 10].

Таблиця 2.1 – Структурна послідовність операцій відновлення деталі.

| № операцій | Назва операції               | Мета операції  |
|------------|------------------------------|--|
| 1          | 2                            | 3  |
| 005        | Наплавлювальна (вібродугова) | Компенсувати величину спрацювання, створити припуск на механічну обробку, відновити твердість поверхонь. |



Продовження таблиці 2.1

| 1    | 2                       | 3   |
|------|-------------------------|---|
| 005* | Електротокарна наплавка | Компенсувати величину спрацювання, створити припуск на механічну обробку, відновити твердість поверхонь.    |
| 010  | Токарна                 | Обточити поверхні до удалення 70...75% припуску на механічну обробку.                                       |
| 015  | Фрезерна                | Профрезерувати шпоночні пази на поверхнях колінчатого валу.   |
| 020  | Шліфувальна             | Прошліфувати поверхні до номінальних розмірів, добитися точності і шорсткості                               |
| 025  | Контрольна              | Перевірити відповідність розмірів, точності, шорсткості, твердості відновлених поверхонь технічним вимогам. |

### 2.3. Вибір обладнання, пристрою, різального слюсарного та контрольно-вимірювального інструменту

Обладнання, пристрої, різальний, слюсарний та контрольно-вимірювальний інструменти вибираємо згідно з розробленим технологічним процесам.

При відновленні колінчатого вала враховуємо форму, розміри і масу деталі матеріал, твердість, точність і шорсткість відновлювальних поверхонь, технічну

Таблиця 2.2 – Технічне обладнання і його коротка характеристика.

| № Операції | Назва операції               | Назва обладнання, тип (модель) і технічна характеристика  |
|------------|------------------------------|---|
| 1          | 2                            | 3   |
| 005        | Наплавлювальна (вібродугова) | 1.Верстат токарно-гвинтовий з пониженим редактором 1Д-63А<br>- висота центрів, мм 300<br>- найбільша відстань між центрами, мм 1500<br>- найбільший діаметр, оброблюємої деталі мм над супортом 345<br>над станиною 600 |

## Продовження таблиці 2.2

| 1    | 2                         | 3  |
|------|---------------------------|--|
|      |                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- діаметр отвору шпінделі, мм 70</li> <li>- кількість швидкостей у шпінделя 18</li> <li>- оберти шпінделя за хвилину 14...750</li> </ul> 2.Головка наплавлювальна ОКС (ГМВК-2)<br>3.Випрамляч ВАГГ – 15/600   |
| 005* | Електроконтактна наплавка | 1 .Верстат токарно - гвинторізний 1Д - 63 А з пониженим редуктором. Технічна характеристика відповідна операції 005.<br>2.Електроконтактна головка ОКС - 1784<br>3.Зварювальний трансформатор і переривник ПИШ-50  |
| 010  | Токарна                   | 1.Верстат токарно-гвинторізний 1Д- 63А. Технічна характеристика відповідна операції 005.   |
| 015  | Фрезерна                  | Фрезерний верстат ДФ88В <ul style="list-style-type: none"> <li>- найбільша ширина шпоночного паза, мм 10</li> <li>- найбільший діаметр фрези, мм 38</li> <li>- відстань, мм<br/>               від торця шпинделя до середнього паза станини 20...35<br/>               від вісі шпинделя до поверхні столу 160</li> <li>- число обертів шпинделя 300</li> </ul>                               |
| 020  | Шліфувальна               | Верстат круглошліфувальний 3423 <ul style="list-style-type: none"> <li>- висота центрів, мм 300</li> <li>- відстань між центрами, мм 1600</li> <li>- найбільший діаметр шліфувального круга, мм 900</li> <li>- найбільша довжина шліфування, мм 1600</li> <li>- кількість швидкостей 3</li> <li>- число обертів шпинделя за хвилину 115</li> <li>- потужність електродвигуна. кВт 6</li> </ul> |
| 025  | Контрольна                | Стіл для контролю ОРГ - 1468 - 01 - 09ОА   |

#### 2.4. Розрахунок і вибір режимів виконання технологічних операцій.

Операція 005 - наплавлювальна (вібродугова)

Схема налагодження операцій (рисунок 2) і встановлюємо технологічну послідовність наплавлення поверхонь.

Встановлюймо і розраховуємо режими наплавки для наплавлювання поверхонь 1, 2 та 4 приймаємо наплавлювальний дріт марки СВ – 08 – Г2,  $d_{op} =$

1,8 мм. Довжина наплавлювання поверхонь дорівнює  $L_1 = 26$  мм,  $L_2 = 18$  мм,  $L_4 = 28$  мм. Ширина наплавки шпон очних пазів дорівнює  $B_1 = 8$  мм,  $B_2 = 5$  мм,  $B_4 = 8$  мм.

Товщина наплавочного шару метала складає  $h_H = 1,5$  мм.

Кількість проходів для заварки шпоночних пазів визначаємо за формулою:

$$i = \frac{B \cdot t}{2 \cdot h_H \cdot \eta_H} \quad (2.11)$$

де  $B$  - ширина наплавки, мм;

$t$  - глибина наплавки мм (за даними технічних вимог на відновлення деталі  $t_1 = t_4 = 10$  мм,  $t_2 = 8$  мм).

Таблиця 2.3 – Різальний допоміжний інструмент та матеріал.

| № операції | Назва операції               | Назва різального інструменту (наплавочний дріт)       | ГОСТ  | Матеріал допоміжний | Різальний інструмент |
|------------|------------------------------|---|---|---------------------|----------------------|
| 005        | Наплавлювальна (вібродугова) | Наплавлювальний дріт $\Phi$ 1,8 мм                    | Св 18ХГС<br>ГОСТ 2246-70                                  | Мідна шина          |                      |
| 005*       | Електроконтактна наплавка    | Наплавлювальна стрічка 1,6 x 4 чім                    | Св 08Г2<br>ГОСТ 2246-70                                   | Мідні ролики        |                      |
| 010        | Токарна                      | Різець токарний розточний з пластиною твердого сплаву | ГОСТ 18889-73   |                     | Т 15<br>К6           |
| 015        | Фрезерна                     | Дискова фреза $\Phi$ 28 мм                            | ГОСТ 3128-71  |                     | Р9                   |
| 020        | Шліфувальна                  | Хомут<br>Круг<br>шліфувальний                         | 7107-0065<br>ГОСТ 2572-70<br>ГП 600x30x30<br>ГОСТ 2424-73 |                     | 22А40<br>СТЗ<br>КА   |

Таблиця 2.4 – Контрольно - вимірювальний інструмент.

| № Операції | Назва операції               | Назва і визначення інструменту |
|------------|------------------------------|--------------------------------|
| 1          | 2                            | 3                              |
| 005        | Наплавлювальна (вібродугова) | Твердомір ТР                   |

Продовження таблиці 2.4

| 1    | 2                         | 3   |
|------|---------------------------|---|
| 005* | Електроконтактна наплавка | Штангельциркуль ШЦ-I-125-01   |
| 010  | Токарна                   | Штангельциркуль ШЦ-I 125-01   |
| 015  | Фрезерна                  | Шаблони 5 ПШ, 8 ПШ  |
| 020  | Шліфувальна               | Мікрометр МК 50-100, МК 100-150   |
| 025  | Контрольна                | Мікрометр МК 50-100, МК 100-150<br>Еталон шорсткості, 7 кл Індикатор 14 |

Таблиця 2.7 Технологічна послідовність наплавлювальної операції.

| Встановлення | Номер допоміжного переходу | Номер технологічного переходу | Кількість робочих ходів | Технологічний маршрут  |
|--------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------|--|
| 1            | 2                          | 3                             | 4                       | 5  |
| А            | -                          | -                             | -                       | Встановити колінчатий вал у трьохкулачковий патрон, підтиснути поверхню центром задньої бабки. |
|              | 1                          | -                             | -                       | Встановити режими наплавлювання.   |
|              | 2                          | -                             | -                       | Підвести електродний дріт до посадочного місця 10 з боку центра задньої бабки.                 |
|              | 3                          | -                             | -                       | Включити вібродугову установку, подачу охолоджувальної рідини та електродного дроту.           |
|              | -                          | 1                             | -                       | Наплавити шпоночний паз 8 ПШ на глибину 10 мм, довжиною 26 мм.                                 |
|              | 4                          | -                             | -                       | Виключити вібродугову установку, подачу охолоджувальної рідини та електродного дроту           |
|              | 5                          | -                             | -                       | Підвести електродний дріт до посадочного місця 9 з боку центра заданої бабки.                  |
|              | 6                          | -                             | -                       | Включити вібродугову установку, подачу охолоджувальної рідини та електродного дроту.           |
|              | -                          | 2                             | -                       | Наплавити шпоночний паз 5 ПШ на глибину 8 мм, довжиною 18 мм                                   |
|              | 7                          | -                             | -                       | Виключити вібродугову установку, подачу охолоджувальної рідини та електродного дроту.          |

## Продовження таблиці 2.7

| 1 | 2  | 3 | 4 | 5   |
|---|----|---|---|---|
|   | 8  | - | - | Підвести електродний дріт до посадочного місця 8 з боку центра задньої бабки.         |
|   | 9  | - | - | Включити вібродугову установку, подачу охолоджувальної рідини та електродного дроту.  |
|   | -  | 3 | - | Наплавити шпон очний паз 8 ШТ на глибину 10 мм, довжиною 28 мм.                       |
|   | 10 | - | - | Виключити вібродугову установку, подачу охолоджувальної рідини та електродного дроту. |
|   | 11 | - | - | Підвести електродний дріт до посадочного місця 4 з боку центра задньої бабки.         |
|   | 12 | - | - | Включити вібродугову установку, подачу охолоджувальної рідини та електродного дроту.  |
|   | -  | 4 | 1 | Наплавити поверхню 4 від Ф 106,01 мм до Ф 108,0 мм на довжину 26 мм.                  |
|   | 13 | - | - | Виключити вібродугову установку, подачу охолоджувальної рідини та електродного дроту. |
|   | 14 | - | - | Підвести електродний дріт до посадочного місця 3 з боку центра задньої бабки.         |
|   | 15 | - | - | Включити вібродугову установку подачу охолоджувальної рідини та електродного дроту.   |
|   | -  | 5 | 1 | Наплавити поверхню 3 від Ф 71,03 мм до Ф 73,0 мм на довжину 22 мм.                    |
|   | 16 | - | - | Виключити вібродугову установку, подачу охолоджувальної рідини та електродного дроту. |
|   | 17 | - | - | Підвести електродний дріт до посадочного місця 2 з боку центра задньої бабки.         |
|   | 18 | - | - | Включити вібродугову установку, подачу охолоджувальної рідини та електродного дроту.  |
|   | -  | 6 | 1 | Наплавити поверхню 2 від Ф 70,03 мм до Ф 72,0 мм на довжину 28 мм.                    |
|   | 19 | - | - | Виключити вібродугову установку, подачу охолоджувальної рідини та електродного дроту. |
|   | 20 | - | - | Перевірити якість наплавлювання.  |
| Б | -  | - | - | Зняти колінчатий вал з установки  |

### **3. КОМПОНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ ПОТОЧНОГО РЕМОНТУ ДВИГУНІВ Д-245**

#### **3.1 Вихідні дані для проектування ділянки по ремонту двигунів Д-245**

Згідно аналізу вихідних даних програма ремонту колінчатих валів двигуна Д-245 – 1000 шт.

Пропонуємо режим роботи двохзмінний при 41 годинному робочому тижні з двома вихідними днями.

Трудомісткість на одиницю ремонту комплекту двигунів трактора 26,73% від трудомісткість капітального ремонту трактора.

Відповідно трудомісткість ремонту двигунів Д-245 складає [1,19-22]:

$$T = T_a \cdot 0,2673 = 81,9 \cdot 0,2673 = 21,89 \text{ люд/год.} \quad (3.1)$$

#### **3.2 Режим роботи підприємства і розрахунок річних фондів часу**

Режим роботи ремонтного підприємства залежить від характеру виробництва.

Тривалість робочого тижня визначається трудовим законодавством і складає для робітників, працюючих в нормальних умовах 41 година, а при роботі в шкідливих умовах - 36 годин. Таким чином, тривалість кожної зміни при п'ятиденному тижні і двох вихідних днях для працюючих в нормальних умовах встановлена 8,2 год., а при роботі в шкідливих умовах – 7,2 годин. Але в передсвяткові дні (6 днів на рік) робоча зміна скорочується на 1 годину.

На ремонтному підприємстві, як правило, режим роботи планується по переривному робочому тижні в одну зміну для більшості цехів, відділень та ділянок.

В проекті передбачена відповідність прийнятого режиму роботи підприємства з урахуванням програми та існуючим режимом.

Для кращого і більш повного використання дорогого обладнання режим роботи ділянки приймаємо двохзмінний.

Виходячи з прийнятого робочого режиму підприємства визначаємо річні фонди часу підприємства.

Номінальний річний фонд часу праці - це кількість робочих годин у відповідності з режимом роботи без урахування можливих затрат часу. Його визначаймо за формулою [2,4]:

$$\Phi_H = (K_p \cdot t_{зм} - K_n \cdot t_c) \cdot n, \quad (3.2)$$

де  $K_p$  – число робочих днів на рік (260);

$t_{зм}$  – тривалість зміни, год;

$K_n$  – число передсвяткових днів;

$t_c$  – час, на який скорочується зміна в передсвяткові дні (1 год);

$n$  – число змін.

$$\Phi_H^{8,2} = (260 \cdot 8,2) \cdot 2 = 4264 \text{ год,}$$

$$\Phi_H^{7,2} = (260 \cdot 7,2) \cdot 2 = 3744 \text{ год,}$$

Номінальний річний фонд часу праці працівника однієї зміни складе відповідно [2,4]:

$$\Phi_H^{8,2} = 2132 \text{ год,}$$

$$\Phi_H^{7,2} = 1872 \text{ год,}$$

Дійсний річний фонд часу роботи працюючих визначаємо відніманням з номінального річного фонду часу всіх затрат часу, пов'язаних з відпустками, виконанням державних і громадських обов'язків та інше [2,4]:

$$\Phi_D = \Phi_H - (d_v + d_y + d_d + d_z + d_i) \cdot t_{зм} \quad (3.3)$$

де  $d_v$  - кількість днів відпустки для робітників різних категорій;

$d_y$  - кількість відпускних днів робітникам, заочних учбових закладів (10 - 40 в рік);

$d_d$  - кількість днів декретної відпустки, рівна 1,3-1,6% о від числа робочих днів в році;

$d_3$  - кількість днів невиходу на роботу в зв'язку з невиконанням державних, суспільних зобов'язань, рівна 0,15-0,30% від кількості робочих днів в році;

$d_i$  - кількість інших невиходів на роботу у днях (необхідно 0,5% від кількості робочих днів в році);

$t_{зм}$  - тривалість зміни, год.

Тривалість зміни - 8,2 години:

$$\Phi_{д1} = 2132 - (24 + 10 + 4 + 1 + 1) \cdot 8,2 = 1804 \text{ год}$$

$$\Phi_{д2} = 2132 - (18 + 16) \cdot 8,2 = 1853,2 \text{ год}$$

$$\Phi_{д3} = 2132 - (15 + 16) \cdot 8,2 = 1877,8 \text{ год}$$

При тривалості зміни 7,2 год. [2,4]:

$$\Phi_{д.р.м.} = \Phi_{м.} \cdot P_p \cdot P_c \quad (3.4)$$

де  $P_p$  - кількість робітників, що одночасно працюють на даному робочому місці, чол.;

$P_c$  - кількість змін роботи.

$$\Phi_{д.р.м.}^{8,2} = 2132 \cdot 1,2 = 2558,4 \text{ год}$$

$$\Phi_{д.р.м.}^{7,2} = 1872 \cdot 1,2 = 2246,4 \text{ год}$$

Дійсний річний фонд часу роботи обладнання розраховуємо за формулою [2,4]:

$$\Phi_{д.о.} = \Phi_{н.} \cdot \eta_o \quad (3.5)$$

де  $\Phi_{н.}$  - номінальний річний фонд часу роботи обладнання;

$\eta_o$  - коефіцієнт використання обладнання.

$$\Phi_{д.о.} = 4264 \cdot 0,96 = 4093 \text{ год}$$

Дані розрахунків по використанню річних номінальних і дійсних фондів часу роботи для різних спеціальностей робітників заносять в таблицю 3.1.



Таблиця 3.1 – Відомість номінальних та дійсних фондів часу.

| № | Найменування спеціальності | Тривалість робочої зміни | Кількість днів у відпустці | Фонди часу  |         |
|---|----------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------|---------|
|   |                            |                          |                            | номінальний | дійсний |
| 1 | Слюсарі-розробщики         | 8.2                      | 15                         | 2132        | 1872    |
| 2 | Дефектувальники            | 8.2                      | 15                         | 2132        | 1872    |
| 3 | Комплектувальники          | 8.2                      | 15                         | 2132        | 1872    |
| 4 | Слюсарі зборщики           | 8.2                      | 15                         | 2132        | 1872    |
|   | Слюсарі-ремонтники         | 8.2                      | 15                         | 2132        | 1872    |
| 5 | Обкатка двигунів           | 8.2                      | 15                         | 2132        | 1872    |
| 6 | Ковалі                     | 8.2                      | 15                         | 2132        | 1872    |
| 7 | Верстатники                | 8.2                      | 15                         | 2132        | 1872    |

### 3.3 Розрахунок ділянки по ремонту двигунів Д-245

На основі приведених даних та розрахунків проводимо розподіл ремонту по видах робіт.

Дані зводимо у таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 – Розподіл трудомісткості ремонту по видах робіт.

| № п/п | Найменування показників та робіт  | Трудомісткість |          | Сумарні |
|-------|---|----------------|----------|---------|
|       |   | одиниці        |          |         |
|       |   | %              | люди-год |         |
| 1     | 2   | 3              | 4        | 5       |
| 1     | Процент ремонту карданних передач від трудомісткості ремонтних робіт, всього шасі | 6,73           | 11,37    | 56850   |
| 2     | Трудомісткість ремонту карданних передач, в т.ч.:                                 | 100            | 11,37    | 56850   |
| 2.1   | розборка на деталі  | 10,35          | 1,18     | 5884    |
| 2.2   | мийка деталі  | 1,78           | 0,20     | 1012    |
| 2.3   | дефектація  | 6,07           | 0,64     | 3415    |
| 2.4   | комплектування  | 4,64           | 0,53     | 2638    |
| 2.5   | загальна збірка   | 19,64          | 2 °3     | 11165   |

Продовження таблиці 3.2

| 1   | 2        | 3     | 4     | 5     |
|-----|----------|-------|-------|-------|
| 2.6 | слюсарні | 16,42 | 1,87  | 9335  |
| 2.7 | зварочні | 10,0  | 1,137 | 5685  |
| 2.8 | термічні | 0,35  | 0,04  | 194   |
| 2.9 | верстати | 27,18 | 3,09  | 15452 |

### 3.4 Розрахунок штатних працівників дільниці

Явкова і списочна кількість виробничих робочих знаходиться окремо для кожного виду робіт по трудомісткості робіт за формулою [2,4]:

$$P_{я} = T / (\Phi_{н} \cdot K) \quad (3.6)$$

$$P_{я} = T / (\Phi_{д} \cdot K) \quad (3.7)$$

де  $T$  - трудомісткість виду робіт, люд-год:

$\Phi_{н}$ ,  $\Phi_{д}$  - відповідно номінальний і дійсний фонди часу;

$K$  - коефіцієнт перевиконання норм виробітку (1,0).

Дані розрахунків явкової і спискової кількості робітників заносимо до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Штатна відомість ділянки ремонту двигунів Д-245

| Спеціальність              | Т,<br>люд-<br>год | $\Phi_{н}$<br>год | $\Phi_{д}$<br>год | Р <sub>я</sub> - люд |               | Р <sub>с</sub> . люд |               |
|----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------|---------------|----------------------|---------------|
|                            |                   |                   |                   | розраху-<br>нкова    | прий-<br>нята | розраху-<br>нкова    | прий-<br>нята |
| 1                          | 2                 | 3                 | 4                 | 5                    | 6             | 7                    | 8             |
| 1. Розбиральники           | 5884              | 2132              | 1872              | 2,58                 | 3             | 3,09                 | 3             |
| 2. Дефектувальники         | 3451              | 2132              | 1872              | 1 5°                 | 2             | 1,81                 | 2             |
| 3. Комплектувальники       | 2638              | 2132              | 1872              | 1,16                 | 1             | 1,38                 | 1             |
| 4.Зварювальники            | 11165             | 2132              | 1872              | 4,9                  | 5             | 5,85                 | 6             |
| 5. Слюсарі-ремонтники      | 9335              | 2132              | 1872              | 4,2                  | 4             | 4,9                  | 5             |
| 6. Верстатники             | 15452             | 2132              | 1872              | 6,79                 | 3             | 8,1                  | 8             |
| 7.Електрозварювальники     | 5685              | 2132              | 1872              | 2,5                  | 7             | 3,11                 | 3             |
| 8 Терміст                  | 199               | 2132              | 1872              | 0.09                 | 1             | 0,11                 | 1             |
| Всього Р <sub>гр</sub> =31 |                   |                   |                   |                      |               |                      |               |

Продовження таблиці 3.2

|                        |                  |   |
|------------------------|------------------|---|
| 9. Допоміжні робітники | 10% від $P_{гр}$ | 3 |
| 10. ІТР                | 10% від $P_{гр}$ | 3 |
| 11. СКП                | 3% від $P_{гр}$  | 1 |
| 12. МОП                | 3% від $P_{гр}$  | 1 |
| Всього $P=39$ чоловік  |                  |   |

Кількість допоміжних робітників складає 10-15% від числа основних робітників і МОП приймаємо у відсотках від суми виробничих і допоміжних робітників відповідно 8-10%, 2-4%.

## 4. КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

### 4.1 Обґрунтування вибору пристрою, що проектується

В виробничому процесі капітального ремонту автотракторної техніки, їх агрегатів і вузлів, важливе місце займає процес дефекації, який дає ремонтним підприємствам біля 60...70% деталей для повторного використання.

Мета дефекації деталей - визначити їх технічний стан під час надходження машин і агрегатів па ремонт.

Для прийняття об'єктивних рішень відносно подальшого використання деталей керуються нормативно-технічними документами для даного виду і об'єкта ремонту. Порівняння фактичних (вимірних або визначених іншими методами) і нормативних значень параметрів стану дозволяє виявити наявність дефекту деталі (звідси термін "дефектація деталей").

У нормативних документах (технічних вимогах на дефекацію) зазначені два види оцінювальних параметрів, тобто критеріїв технічного стану деталей: критерій допустимості подальшого використання деталі, який забезпечує ресурс до наступного ремонту. і критерій граничною стану, за якого деталь не може бути встановлена на машину. Таку деталь ремонтують (відновлюють), якщо це технічно можливо і економічно доцільно, або замінюють запасною.

Кількість і якість придатних деталей, трудомісткість дефекації, розбиральних і складальних робіт залежить від організації, технології виконання дефектувальних робіт, використання при цьому ефективного обладнання. Тріщини, пробоїни, погнутість, овальність та інші дефекти часто неможливо помітити без застосування відповідних пристроїв і стендів, що призводить до повторного використання деталей, які через короткий термін виходять знову з ладу, через невірну дефектацію.

Досвід передових ремонтних підприємств показує, що відповідність технології дефектувальних робіт і застосування при цьому ефективних

засобів механізації дозволяє підвищити об'єм повторюваного використання деталей до 25% і знижує собівартість ремонту на 5...6%.

Відповідно, вірна організація виконання дефектувальних робіт справляє, значний вплив на тривалість, трудомісткість і якість ремонту агрегатів і машин в цілому. При цьому використання спеціальних пристосувань і стендів сприяє підвищенню продуктивності праці, точності дефекації, збереження деталей, розширенню технологічної можливості верстатного обладнання, підвищенню безпеки праці. культури виробництва. Широке застосування при дефекації машин, деталей і вузлів знаходять спеціальні пристосування і установки з механізованим приводом.

У зв'язку з вище викладеним і з'являється необхідність розробки і впровадження пристрою для затискання колінчастих валів Д-245.

#### **4.2 Опис конструкції та умови роботи установки**

Даний пристрій являє собою затискні лещата, які закріплені на стелажі вертикально-свердлильного верстата 2A125. Застосовуються для закріплення колінчастих валів двигунів Д – 245. При закріпленні колінчастого валу, ручкою повертаємо гвинт який переміщає рухому губку і колінчастий вал закріплюється губками при цьому він відцентровується за допомогою радіальних губок які закріплюють колінчастий вал за корінні шийки.

Пристрій призначений для дефектування колінчастих валів різних двигунів, за умови зміни радіальних губок для інших колінчастих валів. Використовується для фрезерування пазів під шпонку на вертикально-свердлильному верстаті марки 2A125.

#### **4.3 Розрахунок черв'ячної передачі гвинта**

Розглянемо черв'ячну передачу на яку діє сила стиску  $F$  напрямлена вздовж осі гвинта.

Введемо позначення [7,8,15]:

$D = 24R$  - середній діаметр витка гвинта;

$d$  – 24 діаметр деталі з якої виготовлено гвинт;

$F$  - сила стиску;

$n$  - число робочих витків гвинта;

$a$  - модуль зсуву матеріалу гвинта.

$D = 56\text{мм}$ ;

$d = 24\text{ мм}$ ;

$F = 1,25\text{кН}$

Умови міцності гвинта [7,8,15].

$$\tau_{\max} = \frac{8 \cdot F \cdot D}{\pi \cdot d^3} \leq [\tau] \quad (4.1)$$

$$[\tau] = 36,5 \text{ мПа}$$

$$\tau_{\max} = \frac{8 \cdot 1,25 \cdot 56 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot (24 \cdot 10^{-3})^3} = 179,42 \text{ Па} \approx 59,8 \text{ мПа}$$

Отже умова міцності виконується.

#### 4.4 Розрахунок радіальних губок.

Радіальні губки, які встановлені на лещатах сприймають зусилля від моменту який виникає внаслідок дії маси колінчатого валу і в свою чергу діє силовий тиск на колінчатий вал під час прорізання пазів під шпонки [7,8,15].

$$d = \sqrt[3]{\frac{T}{0,2 \cdot [\tau]}} \cdot \text{мм} \quad (4.2)$$

де  $[\tau]$  - допустима напруга, мПа,  $[\tau] = 10 \dots 20$  мПа;

$$d = \sqrt[3]{\frac{87,5}{0,2 \cdot 25 \cdot 10^6}} = 0,0259 \text{ м} \approx 62 \text{ мм}$$

Конструктивно приймаємо діаметр валу  $d_g = 30,5$  мм.

#### 4.5 Технічні умови вертикально - свердлильного верстата 2A125

Існують різні типи свердлильних верстатів [1]:

- настільний свердлильний верстат;
- вертикально - свердлильний верстат;
- радіально - свердлильний верстат;
- багато - шпindelний свердлильний верстат;
- горизонтально - свердлильний верстат;
- агрегатні свердлильні верстати.

Вертикально - свердлильний верстат 2A125 складається з таких робочих вузлів:

- фундаментної плити яка служить опорою верстата;
- резервуар для мастило - охолоджувальної рідини;
- станина коробчатої форми з вертикальними направляючими;
- коробки передач на 9 ступенів чисел обертів ( від 96,5 до 1350 об/хв.;
- коробка передач на 9 подач ( від 0,1 до 0,81 мм /об.);
- шпindel який верхнім шлицевим кінцем входить у коробку передач, а в нижньому кінці закріплюється ріжучий матеріал;
- механізм подач для механічної та ручної подачі шпинделя;
- стіл для закріплення заготовок, який переміщається по направляючій стійці і встановлюється на потрібній висоті;
- електродвигун .

#### **4.6 Технічні умови на виготовлення основних деталей та вузлів пристрою:**

Технічні умови на виготовлення основних деталей та вузлів пристрою:

- затискні лещата виготовляють із сталі 45 по ДСТУ 7809 термічна обробка нормалізації з досягненням величини міцності 38...46 HRC способом лиття;

- гвинт по якому рухається рухома губка виготовляється із сталі 45 ДСТУ 7809;

- зажимні радіальні губки виготовляються із сталі 45 по ДСТУ 7809 способом лиття термічна обробка нормалізація з досягненням величини міцності 38...46 одиниць HRC;

- зовнішні необроблені поверхні пристрою повинні бути пофарбовані в світло-зелений колір, емаллю ПФ -115 ДСТУ ISO 6272-2:2015 по ґрунту ГФ - 020 ДСТУ ISO 6272-2:2015. Робочі і переміщуючі поверхні повинні бути покриті фарбою емаллю ПФ - 115 ДСТУ ISO 6272-2:2015 по ґрунту ГФ – 020 ДСТУ ISO 6272-2:2015.



## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1 Аналіз стану охорони праці в ремонтній майстерні

Ремонтна майстерня відповідає технічному процесу ремонтного виробництва та правилам ОП і санітарії.

У ремонтній майстерні відповідальний за ОП є безпосередньо завідуючий майстернею. Проводиться первинний і вторинний інструктаж, навчання 32 години і атестація по ньому.

Майстерня повністю забезпечена необхідним обладнанням має в наявності токарні верстати, фрезерні, свердлильні, зварювальний апарат та інші. Загальна площа ЦРМ складає 864 м<sup>2</sup>. Приміщення в яких обладнанні робочі місця мають висоту до стелі не менше 3,2 м. Ширина проходів між обладнанням більша 0,7 м, ширина евакуаційних проходів становить 0,9 м. Відстань між обладнанням і стіною становить 5 м.

Режим праці у ремонтній майстерні : 8.00 – розпочинається робочий день і закінчується о 17.00 обідня перерва з 12.00-13.00. Робітники ремонтній майстерні обідають в столовій або у буфеті.

При роботі з шкідливими речовинами робітників забезпечують засобами індивідуального захисту (З.І.З) (респіратори, протигази, спецодяг).

Усі шкідливі фактори: шум, вібрація, загазованість, запиленість та інших небезпечних факторів виробництва наведені у таблиці 5.1 [6,13-15].

Таблиця 5.1 – Карта умов охорони праці на робочому місці

| Показники                                      | Рівень фактора |        | Тривалість фактора |
|--|----------------|--------|--------------------|
|  | норма          | дійсно |                    |
| 1  | 2              | 3      | 4                  |
| <i>1. Мікроклімат в цеху:</i>                  |                |        |                    |
| а) Температура повітря, °С;                    | 18-20          | 19     | 7                  |
| б) Відносна вологість, %;                      | 60-40          | 55     | 7                  |
| в) Швидкість руху повітря, м\с.                | 0,3            | 0,3    | 7                  |
| <i>2. Запилення повітря, мг\м<sup>3</sup>.</i> | 4-6            | 5      | 7                  |

| 1   | 2       | 3       | 4 |
|---|---------|---------|---|
| 3. Шум (інфразвук, ультразвук Д Б,Гц).                        | 500-83  | 450-82  | 7 |
| 4. Вібрація(загальна, місцева) Гц , ДБ.                       | 2,5-117 | 2,5-100 | 7 |
| 5. Освітлення в цеху:   |         |         |   |
| а) Природне одностороннє бокове, світловий коефіцієнт КЕО, %; | 1,6-2   | 1,8     | 7 |
| б) Штучне, комбіноване газорозрядні лампи рівень ЛК.          | 750     | 760     | 7 |
| 6. Загазованість повітря мг/м <sup>3</sup> клас небезпеки:    |         |         |   |
| а) Окис вуглецю;  | 20      | 18      | 7 |
| б) Бензин паливний;   | 300     | 95      | 7 |
| в) Ацетон;  | 200     | 100     | 7 |
| г) Інші шкідливі речовини.                                    | -       | -       | - |

Система освітлення ремонтній майстерні природно-бокова, одностороння, штучна комбінована. В основному використовується газорозрядні лампи та лампи розжарювання.

В ремонтній майстерні в цілому існує природна вентиляція, лише в акумуляторній і зварювальній дільниці існує потокова–вентиляційна вентиляція.

Рівень шумів вібрацій, ультра та інфразвуків в ремонтній майстерні утримують в межах допустимих норм за допомогою колективних мір захисту та ЗІЗ.

Система опалення в ремонтній майстерні – централізована, водяна, середнього типу опалення. До ремонтній майстерні підведена 4 провідна електромережа, 3 фази і відповідно має напругу 380-220В.

На усій території ремонтній майстерні всі машини до яких підведений електричний струм мають заземлення.

Де можливо в ремонтній майстерні використовують безпечну напругу 12-36 В.

По ступеню ураження електричним струмом приміщення ремонтній майстерні відносять до приміщень з підвищеною небезпекою ураження електричним струмом.

Процес роботи в ремонтній майстерні відноситься до категорії В – пожежонебезпеці.

По вогнестійкості будівлі ремонтній майстерні відносять до будівель II ступеня вогнестійкості. ремонтній майстерні забезпечена засобами пожежогасіння, має щити протипожежної безпеки, ящики з піском, підведений трубопровід з водою.

Протипожежна сигналізація відсутня, але існує телефонний та мобільний зв'язок. Встановлені знаки ПБ, ремонтній майстерні має блискавка – захист.

## **5.2 Охорона праці під час роботи на металорізальних верстатах**

До роботи на металорізальних верстатах допускають осіб, які пройшли навчання, інструментами по ОП та оволоділи практичними навиками безпечного виконання роботи.

Перед початком роботи перевіряють наявність на справність інструменту, захисних щитів, заземлення. Працюють робітники в спецодязі, а при необхідності і в захисних окулярах. Верстати та обладнання відповідають ДСТУ [6,13-15].

На асфальтну чи бетонну підлогу біля верстату накладена дерев'яна решітка. Ширина проходів між верстатами 0,7 м. Режим роботи робітників на верстатах співпадає з режимом роботи ремонтній майстерні. Робітників забезпечують ЗІЗ. При роботі на верстатах на робітників впливають такі шкідливі фактори як шум, вібрація, запиленість та інше. Вентиляція в токарному цеху природна. Шум та вібрація біля верстатів знаходиться в межах норми. Верстати працюють від 3 фазної мережі напругою 380 В. Верстати обов'язково заземлені. Категорія роботи на металорізальних станках відносять до робіт середньої важкості II б [6,13-15].

В токарному цеху є засоби пожежогасіння, вентиль до якого підведена вода, є також аптечка першої допомоги. Робоче місце біля верстата щоденно очищають від стружки та інших відходів.

Щоб запобігти виробничим травмам забороняється допускати до верстата сторонніх осіб, залишати включений верстат, перевіряти частоту обробленої поверхні на дотик, встановлювати і знімати різальний інструмент, патрон, деталі під час роботи верстата, працювати на верстатах в рукавицях. Забороняється також залишати ключ в патроні верстата, застосовувати спрацьовані або неспрацьовані центри, підтримувати деталь рукою, а також гальмувати рукою патрон верстата.

### 5.3 Розрахунок освітлення

#### 5.3.1 Розрахунок освітлення природної бокової односторонньої

Необхідну сумарну площу вікон  $\sum f_0 (m^2)$  обчислюємо за формулою:

$$\sum f_0 = \frac{F_n \cdot C_{\min} \cdot \chi_0 \cdot K}{100 \cdot \chi_0 \cdot \Pi_1} \quad (5.1)$$

де,  $F_n$  - площа підлоги,  $m^2$ ;

$C_{\min}$  - мінімальні коефіцієнти природної освітленості;

$\chi_0$  - світлова характеристика вікон;

$K$  – коефіцієнт, що враховує затемнення вікон сусідніми будівлями  
 $K=1,0-1,7$ ;

$\Pi_1$  - коефіцієнт, що враховує відбите світло від внутрішніх поверхонь приміщень  $\Pi_1=4-2$ .

Загальна площа майстерні (ЦРМ) становить  $F_n = 864 m^2$  [6,13-15]:

$$\sum F_0 = \frac{864 \cdot 1.6 \cdot 9.6 \cdot 1.5}{100 \cdot 0.5 \cdot 3} = 132.7 m^2$$

Для майстерні потрібно  $132 m^2$  вікон.

#### 5.3.2 Розрахунок штучної освітленості

Визначаємо світловий потік необхідний для освітлення майстерні за формулою [6,13-15]:

$$\Phi = E_{\min} \cdot K \cdot S \cdot \frac{Z}{\eta} \quad (5.2)$$

де,  $\Phi$  – світловий потік, лм.

$Z$  – коефіцієнт мінімального освітлення  $Z=1.1-1.2$ ;

$E_{\min}$  - мінімальна освітленість;

$S$  - площа майстерні  $S = 864\text{м}^2$ ;

$K$  – коефіцієнт запасу, що компенсує зниження освітленості в процесі експлуатації установи в зв'язку із старінням ламп і забруднення світильників  $K= 1.2-2.0$ .

$\eta$  - коефіцієнт використання світлового потоку  $\eta = 0.5$ .

$$\Phi_n = \frac{864 \cdot 500 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{0,5} = 142600\text{лм}$$

Визначаємо необхідну кількість люмінесцентних електроламп за формулою [6,13-15]:

$$N_{ел} = \frac{\Phi}{F_n}; \quad (5.3)$$

де,  $F_n$  - світловий потік випромінювання однією лампою потужністю 300Вт;

$$N_{ел} = \frac{1425600}{300 \cdot 12,55} = 378,6шт$$

В приміщення ремонтної майстерні встановлені 378,6 електроламп АБ – 40 із світловою віддачею 12,55 лл/Вт.

#### **5.4 Рекомендації по покращенню умов і охорони праці в господарстві**

1. На території обладнати профілакторій, з кабінетом особистої гігієни.
2. Обладнати всі основні приміщення в господарстві протипожежною сигналізацією – жовтень 2026р. – інженер по ОП.
3. Придбати 30 порошкових вогнегасників для с/г агрегатів – серпень 2025р.інженжер по ОП.
4. Своєчасно перерахувати кошти на ОП.
5. Доукомплектувати щити протипожежної безпеки сокирами, лопатами – липень 2024р.- інженер по ОП.

## 6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЕКТУ

### 6.1 Розрахунок фонду заробітної плати працюючих на ділянці ремонту колінчатих валів

На ділянці ремонту колінчатих валів приймаємо бригадну форму організації праці з відрядно-преміальною оплатою, по індивідуальним відрядним розцінкам, але в залежності від колективного результату праці. Відомо, що відрядна оплата праці передбачає отримання розміру заробітку від кількості виготовленої продукції згідно з встановленими розцінками. По розрахункам організаційної частини на ділянці працює три чоловіка основних працюючих і один допоміжний.

Запланований фонд заробітної плати за рік, розподілений між працівниками, грн:

$$\Phi_{op} = \sum_{t=1}^k P_{e.1.} \cdot H_{zi} + \sum_{t=1}^k ni + (K_{np} + 1) \cdot \sum_{t=1}^k R_e \cdot Z_{c1} \quad (6.1)$$

де  $K$  – кількість робіт які виконуються при ремонті колінчатих валів на ділянці,  $K = 4$ ;

$P_{e1}$  – відрядна розцінка по роботам що виконуються, грн.;

$$P_{e1} = \frac{\sum_{t=1}^m Z_{c1} \cdot t_{k1} \cdot K_i \cdot K_y}{60} \quad (6.2)$$

де  $Z_{c1}$  – погодинна тарифна ставка відрядника, відповідного розряду робіт на 1-й операції, грн./год;

$$Z_{c1} = 183; \quad Z_{c2} = 217,4; \quad Z_{c3} = 217,4; \quad Z_{c4} = 201;$$

$t_{k1}$  – калькуляційний час на проведення відповідної операції, хв.;

$$t_{k1} = 16; \quad t_{k2} = 17,831; \quad t_{k3} = 24,651; \quad t_{k4} = 11,2;$$

$K_i$  – коефіцієнт, який враховує доплати за умови праці,  $K_i = 1,0$ ;

$K_y$  – коефіцієнт, який враховує доплати за інтенсивність праці,  $K_y = 1,0$ ;

$$P_{e1} = \frac{16 \cdot 183 \cdot 1 \cdot 1}{60} = 48$$

$$P_{\epsilon 2} = \frac{17,831 \cdot 217,4 \cdot 1 \cdot 1}{60} = 64$$

$$P_{\epsilon 3} = \frac{24,615 \cdot 217,4 \cdot 1 \cdot 1}{60} = 89$$

$$P_{\epsilon 3} = \frac{11,2 \cdot 201 \cdot 1 \cdot 1}{60} = 37$$

$ni$  - доплата за виконання плану і за якість виконання робіт, грн.;

$$ni = (0,2 \dots 0,4) \cdot P_{\epsilon} \cdot H_3 \quad (6.3)$$

$$n = 0,3 \cdot 126 \cdot 140 = 5290$$

$K_{\text{пр}}$  – коефіцієнт, який враховує премії працівників,  $K_{\text{пр}} = 0,1 \dots 0,2$ ;

$K_{\epsilon}$  – кількість працівників 1-го розряду,  $K_{\epsilon} = 4$ ;

$Z_{\text{zcl}}$  – погодинна тарифна ставка працівників-погодинників, 1-го розряду, грн.,  $Z_{\text{zcl}} = 217,4$ ;

$\Phi_{\text{др}}$  - дійсний фонд часу працівників, год;

$$\Phi_{\text{др}} = \Phi_{\text{н}} \cdot ni \cdot \eta_o \quad (6.4)$$

$\Phi_{\text{н}}$  - номінальний річний фонд часу, год,  $\Phi_{\text{н}} = 2096$ ;

$ni$  – кількість робочих змін на добу,  $ni = 1$ ;

$\eta_o$  – коефіцієнт використання робочого обладнання,  $\eta_o = 0,82 \dots 0,95$ ;

$$\Phi_{\text{др}} = 2096 \cdot 1 \cdot 0,91 = 1907.$$

Результати розрахунків відрядних розцінок зводимо в таблицю 6.1.

Таблиця 6.1 – Відрядні розцінки на роботи по ремонту колінчатих валів на ділянці.

| Найменування робіт при ремонті  | Калькуляційний час, хв.; | Погодинна тарифна ставка, грн.; | Коефіцієнт за інтенсивність | доплат за умови | Відрядна розцінка, грн.; |
|---------------------------------|--------------------------|---------------------------------|-----------------------------|-----------------|--------------------------|
| Мийка колінвалів                | 16,0                     | 183                             | 1                           | 1,1             | 48                       |
| Слюсарні роботи                 | 11,2                     | 201                             | 1                           | 1,0             | 37                       |
| Зварювальні (наплавочні) роботи | 17,831                   | 217,4                           | 1                           | 1,12            | 64                       |
| Механічна обробка               | 24,615                   | 217,4                           | 1,05                        | 1               | 89                       |
| Всього                          | 60,640                   | 818,8                           | -                           | -               | 238                      |

Відрядна розцінка при ремонті колінчатих валів складає  $P_{\text{н}} = 126$  грн.

## 6.2 Визначення витрат на матеріали, запасні частини і енергоресурси

При ремонті колінчатих валів використовують основні і допоміжні матеріали. Необхідність в конкретних видах матеріалів визначається з урахуванням витрат на ремонт та мийку. Норми витрат матеріалів визначаємо згідно з урахуванням їх витрат на виробничу програму ремонту колінчатих валів, оптових цін і транспортно-заготівельних витрат на їх доставку. Результати розрахунків заносимо до таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Витрати на основні і допоміжні матеріали по ділянці.

| Найменування матеріалів   | Норма розходу на агрегат, кг | Оптова ціна, грн./кг | Транспортно-заготівельні витрати, грн | Сума на річну програму, грн |
|---------------------------|------------------------------|----------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| Наплавочний дріт Св-08-Г2 | 1,5                          | 250                  | 160                                   | 660                         |
| Інструмент                | 5 комплект                   | 120                  | 130                                   | 730                         |
| Охолоджуюча рідина        | 10                           | 16                   | 125                                   | 285                         |
| Керосин                   | 1,2                          | 28,5                 | 123                                   | 157,2                       |
| Додаткове обладнання      | -                            | -                    | -                                     | 8000                        |

Загальна сума витрат на основні і допоміжні матеріали становить 9832 грн. Витрати на енергоресурси визначаємо на підставі витрат по наступним видам: електроенергія силова, електроенергія технологічна, паливо технологічне, стиснуте повітря. Норми витрат приймаємо з урахуванням довідкової літератури. Результати розрахунків проведених у розділі зводимо до таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Витрати на енергоресурси

| Вид енергоресурсів            | Витрати на програму ремонтів | Ціна одиниці енергоресурсів, грн. | Сума на річну програму, грн. |
|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| Електроенергія силова кВт/год | 23457                        | 4,32                              | 101334,2                     |



|                                 |       |      |          |
|---------------------------------|-------|------|----------|
| Електроенергія технологічна кВт | 4265  | 4,32 | 18424,8  |
| Паливо технологічне, кг         | 11000 | 50   | 550000   |
| Стиснуте повітря, м             | 2210  | 0,02 | 44,2     |
| Пар                             | -     | -    | -        |
| Вода, кг                        | 2000  | 20,0 | 40000    |
| Всього                          | -     | -    | 709803,2 |

### 6.3 Визначення собівартості ремонту колінчатого валу двигуна Д-245

Цехова собівартість ремонту колінчатого валу визначається за формулою:

$$C_B = C_M + C_{пт} + C_{те} + Z_{од} + O_c + P_{об} + Ц_B \quad (6.5)$$

де  $C_M$  - вартість основних і допоміжних матеріалів, які використовуються при ремонті грн., приймаємо згідно таблиці 6.2:

$C_{пт}$  і  $C_{те}$  - вартість відповідно, палива та енергії технологічної, грн.;

$Z_{од}$  - основна і додаткова зарплата основних і допоміжних працівників, грн.:

$O_c$  - відчислення органам соціального страхування та інші, грн.:

$P_{об}$  - витрати на утримання і експлуатацію обладнання по всім технологічним операціям, грн.:

$Ц_B$  - загальногосподарські втрати, грн.: Основну і допоміжну зарплату визначаємо за формулою:

$$Z_{од} = P_B \cdot (1 + K_{відпр} / 100) \cdot (1 + K_{н. відпр} / 100), \text{грн.:} \quad (6.6)$$

де  $K_{відпр}$  - відсоток доплат за відпрацьований час, приймаємо за даними бази практики.  $K_{відпр} = 25\%$  ;

$K_{н. відпр}$  - відсоток доплат за невідпрацьований час, приймаємо аналогічно.  $K_{н. відпр} = 20\%$ ;

$$Z_{од} = 238 \cdot (1 + 25 / 100) \cdot (1 + 20 / 100) = 357 \text{грн.}$$

Відрахування на соціальні страхування, грн..

$$O_c = (K_c / 100) \cdot Z_{од} \quad (6.7)$$

де  $K_c$  - коефіцієнт відрахування на соціальне страхування,  $K_c=47,5\%$

$$O_c = (47,5 / 100) \cdot 357 = 169$$

Витрати на утримання обладнання і його експлуатацію, грн., визначаємо за формулою:

$$P_o = \frac{\sum t}{60} \cdot t_y \quad (6.8)$$

де  $\sum t$  - трудомісткість відновлення деталі;  $\sum t=69,646$  хв.;

$t_{\delta}$  - вартість однієї верстато-години роботи обладнання;  $t_{\delta}=650$  грн/год;

$$P_o = \frac{69,646}{60} \cdot 650 = 754$$

Загальногосподарські витрати, грн (становлять 650%);

$$Ц_{\epsilon} = \frac{650}{100} \cdot 357 = 2203$$

Тоді цехова собівартість ремонту колінчатого валу складає:

$$C_b = 9832 + 550000 + 18425 + 357 + 169 + 754 + 2203 = 86740 \text{ грн.}$$

Собівартість ремонту одного колінчастого валу, визначаємо за формулою:

$$C_p = C_b / N \quad (6.9)$$

де  $N$  – кількість колінчастих валів, що ремонтуються в рік:

$$C_p = 86740 / 140 = 4155 \text{ грн}$$

#### 6.4 Техніко-економічні показники роботи майстерні

Таблиця 6.4 - Перелік показників

| Показники   | Значення |
|---|----------|
| 1. Номенклатура виробів, шт.                      | 140      |
| 2. Об'єм виробництва, грн.                        | 284618   |
| 3. Фонд заробітної плати, грн.                    | 49980    |
| 4. Чисельність робітників, чол.                   | 7        |
| 5. Продуктивність праці одною робітника, грн.     | 4065,97  |
| 6. Собівартість одиниці продукції, грн.           | 4155     |
| 7. Витрати на основні і допоміжні матеріали, грн. | 9832     |

|   |          |
|---|----------|
| 8. Витрати на силову електроенергію, грн.       | 101334,2 |
| 9. Витрати на технологічну електроенергію, грн. | 18424,8  |
| 10. Витрати на стиснуте повітря, грн.           | 44,2     |
| 11. Витрати на воду, грн                        | 40000    |
| 12. Витрати на паливо, грн.                     | 550000   |

Продуктивність одного працюючого розраховуємо за формулою:

$$P_m = \frac{P_{вир}}{P_{сп}} \quad (6.10)$$

де  $P_{вир}$  - об'єм виробництва, грн.;

$P_{сп}$  - спискова кількість працюючих, чол.;

$$P_m = \frac{284618}{7} = 40659,7 \text{ грн.}$$

Виробничі і економічні розрахунки підтвердили доцільність ділянки по ремонту колінчастих валів двигуна Д – 245.

### 6.5 Розрахунок собівартості відновлення деталі

Цехова собівартість відновлення деталі визначається за формулою:

$$C_{ц}^6 = C_6 + M_{зал}, \text{ грн.} \quad (6.11)$$

де  $C_6$  - собівартість відновлення деталі, грн;

$M_{зал}$  - залишкова вартість відновлення деталі, грн;

$$M_{зал} = a_m \cdot C_m \quad (6.12)$$

де  $a_m$  - маса деталі, кг  $a_m = 15$  кг;

$C_m$  - ціна 1 кг матеріалу деталі,  $C_m = 60$  грн ;

$$M_{зал} = 15 \cdot 60 = 900 \text{ грн}$$

Собівартість відновлення деталі визначають за формулою:

$$C_B = C_M + E_T + Z_{од} + Z_{нар} + P_0 + K_{цех}, \text{ грн} \quad (6.13)$$

де  $C_M$  – вартість основних та допоміжних ремонтних матеріалів, грн.;

$E_T$  – вартість енергії для технологічних цілей, грн;

$Z_{од}$  – основна та додаткова плата виробничих робітників, грн.;

$Z_{\text{нар}}$  – нарахування на заробітню плату виробничих робітників, грн.;

$P_o$  - витрати на утримання та експлуатацію обладнання, грн.;

$K_{\text{цех}}$  – загально-цехові витрати, грн.;

Вартість матеріалів, які витрачаються на ремонт деталі, визначаємо за формулою:

$$C_{\text{м1}} = C_{\text{м}} \cdot C_{\text{м}} \quad (6.14)$$

де  $C_{\text{м}}$  - маса металу, що наплавляється,  $C_{\text{м}} = 0,37 \text{ кг}$ ;

$C_{\text{м}}$  - ціна 1 кг наплавлювального матеріалу деталі,  $C_{\text{м}} = 250 \text{ грн}$ ;

$$C_{\text{м1}} = 0,37 \cdot 250 = 875 \text{ грн.}$$

Витрати на технологічну електроенергію, наплавлення постійним струмом.

$$E_t = \frac{I \cdot V \cdot t_f \cdot K_w}{60 \cdot K_y} \cdot C_{\text{ел}} \cdot 10^{-3}, \text{ грн.} \quad (6.15)$$

де  $I$  – значення струму,  $I = 120 \text{ А}$ ;

$V$  – напруга струму в дузі,  $V = 26 \text{ В}$ ;

$t_f$  - час горіння дуги,  $t_f = 5,3 \text{ хв.}$ ;

$K_w$  – коефіцієнт який враховує втрату електроенергії в мережі,  $K_w = 1,05$ ;

$K_y$  – коефіцієнт корисної дії електрообладнання,  $K_y = 0,8$ ;

$C_{\text{ел}}$  – ціна 1 кВт/г електроенергії,  $C_{\text{ел}} = 4,32 \text{ грн за 1 кВт/г}$ ;

$$E_t = \frac{120 \cdot 26 \cdot 5,3 \cdot 1,05}{60 \cdot 0,8} \cdot 4,32 \cdot 10^{-3} = 10,8$$

## 6.6 Розрахунок економічної ефективності застосування розробленого пристрою

Визначаємо вартість виготовлення і проектування пристрою за формулою, грн.:

$$K = V_{\text{пр}} + V_{\text{ор}} + V_{\text{кр}} + V_{\text{компл}} + V_{\text{скл}} \quad (6.16)$$

де  $V_{\text{пр}}$  – витрати на проектування пристрою, визначаємо за формулою:

$$V_{\text{пр}} = T_{\text{пр}} \cdot \Gamma_c \cdot K_{\text{д.н.}} \quad (6.17)$$

де  $T_{\text{пр}}$  – трудомісткість проектування пристрою, нормо-год,  $T_{\text{пр}} = 20$ ;

$\Gamma_c$  – годинна тарифна ставка конструктора другої категорії,  $\Gamma_c = 200$  грн.;

$K_{д.н.}$  – коефіцієнт, що враховує додаткову зарплату і перерахування на зарплату,  $K_{д.н.} = 1,1$ ;

$$V_{пр} = 20 \cdot 200 \cdot 1,1 = 4400.$$

$V_{ор}$  – вартість виготовлення оригінальних деталей, визначаємо за формулою:

$$V_{ор} = M + Z + K_n \quad (6.18)$$

де  $M$  – витрати на матеріали, визначаються за формулою, грн;

$$M = T \cdot C_m, \quad (6.19)$$

де  $T$  – маса деталі (металу),  $T = 45,6$  кг;

$C_m$  – ціна деталі (металу),  $C_m = 50$  грн/кг;

$$M = 45,6 \cdot 50 = 2280 \text{ грн}$$

$Z$  – витрати на заробітню плату, грн:

$$Z = T \cdot \Gamma_c \cdot K_{дн}, \quad (6.20)$$

Де  $T$  – трудомісткість виготовлення, люд./год,  $T = 3$ ;

$\Gamma_c$  – годинна тарифна ставка робітника,  $\Gamma_c = 130$  грн/год;  $K_{дн} = 1,8$

$$Z = 3 \cdot 130 \cdot 1,8 = 702 \text{ грн.}$$

$K_n$  – накладні витрати, грн.,  $K_n = 3\%$ ,

де  $\% K_n$  – відсоток накладних витрат приймаємо  $\% K_n = 7,5$

Отже,  $\% K_n = (3/100) \cdot 7,5 = 22,5$

$$V_{ор} = 2280 + 702 + 22,5 \cdot 2280 = 3004,5 \text{ грн}$$

Строк окупності додаткових капіталовкладень на розробку і виготовлення нового пристрою складає:

$$T = AK / E_p = (K^n - K^0) / E_p, \text{ років} \quad (6.21)$$

$$T = (306 - 250) / 61 = 0,9 \text{ років}$$

Таблиця 6.6 – Техніко економічна оцінка проекту

| Показники                                       | Значення показників |
|---|---------------------|
| Витрати на основні і допоміжні матеріали, грн.  | 9832                |
| Виробнича площа ділянки, м <sup>2</sup>         | 30,6                |
| Виробнича програма, шт.                         | 140                 |
| Кількість робітників, чол.                      | 7                   |
| Собівартість одиниці продукції, грн.            | 4155                |
| Реалізаційна ціна відремонтованого об'єкту, грн | 251,8               |
| Об'єм виробництва, грн.                         | 2846148             |
| Продуктивність праці одного робітника           | 4065,97             |
| Витрати на силову електроенергію, грн.          | 101334,2            |
| Витрати на технологічну електроенергію, грн.    | 18424,8             |
| Витрати на воду, грн.                           | 40000               |
| Витрати на систему повітря, грн.                | 44,2                |
| Витрати на паливо, грн.                         | 550000              |
| Строк окупності капіталовкладень, років         | 0,9                 |

## ВИСНОВКИ

Аналіз стану ремонту двигунів дозволив виявити наступні недоліки у взаємовідносинах між господарствами та ланками РОБ.

Двигуни довготривалого перебувають в ремонті, бо недостатня номенклатура обмінного фонду. Зокрема, відсутні вузли дрібного масштабу, колінчасті вали комплектації з поршневою групою та в зборі з блоком.

В технологічному процесі ремонту в майстерні мають місце втрати робочого часу, не вистачає технологічного обладнання, зокрема на ремонті окремих вузлів, мають місце зустрічні вантажопотоки техніко-економічні показники зростають повільно.

Запроектований технологічний процес розбирання та складання колінчастих валів забезпечить мінімальний час виконання цих операцій який складає 0,81 год.

Вдосконалення пристрою до стенда розбирання та складання колінчастих валів дозволить підвищити продуктивність праці за рахунок зменшення часу на повертання вала відносно осі і зміною розміщенням силового гвинта.

Розроблені заходи по охороні праці дозволять звести до мінімуму травматизм та нещасні випадки в майстерні, а також значно покращити умови праці робітників.

Рахуємо, що розроблений проект реконструкцій спеціалізованої майстерні по капітальному ремонту колінчастих валів двигуна Д-245 може бути впроваджений у виробництві.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Корець М. С. Основи машинознавства : навч. посібник / М. С. Корець, А. М. Тарара, І. Г. Трегуб. Київ, 2001. 144 с.
2. Яценко М.М. Проектування підприємств автомобільного сервісу / Яценко М.М. Київ: НТУ. 2004. 172 с.
3. Трактори : навч. посіб. для підгот. трактористів-машиністів с.-г. вир-ва категорії А2 / А. Я. Здобицький, З. З. Вантух, Л. В. Сторожук ; М-во соц. політики України, Держ. служба зайнятості, Львів. центр проф.-техн. освіти. Львів : Піча С. В. [та ін.], 2016. 106 с.
4. Технологічне проектування автотранспортних підприємств: Навч. посіб. / За ред. проф. С.І. Андрусенка. Київ: Каравелла, 2009. 368 с.
5. Практикум з ремонту машин. Технологія ремонту машин, обладнання та їх складових частин. Том 2 / О.І. Сідашенко, та інші/ За ред. О.І.Сідашенко, О.В. Тіхонова. Навчальний посібник. Харків: ТОВ «Пром-Арт», 2018. 491с.
6. Катренко Л.А. Кіт Ю.В., Пістун І.П. Охорона праці. Курс лекцій, практикум: науч. посіб. Суми: Університетська книга, 2009. 240 с.
7. Деталі машин. Конспект лекцій : навч. посіб. / В. О. Малащенко, Б. В. Сологуб ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т "Львів. політехніка". Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2013. 152 с.
8. Деталі машин. Проектування елементів механічних приводів : навч. посіб. / В. О. Малащенко, В. В. Янків. Львів : Новий Світ. 2000, 2013. 264с.
9. Загально ремонтні роботи. Нормативи часу на розбиральні, складальні та ремонтні роботи. Книга 28. Розділ 4 За ред. Вітвицького В. В. Київ: "Поліграфкнига", 2001. 739с.
10. Загально ремонтні роботи. Нормативи часу на розбиральні, складальні та ремонтні роботи. Книга 28. Розділ 6 За ред. Вітвицького В. В. Київ, "Поліграфкнига", 2007р. 286с.



11. БЕЛАРУС 80.1/80.3/80У/82У 82.1/82.0/82.3/82Р/82П. Каталог деталей і складальних одиниць. <https://agroman.in.ua/images/Files/30/katalog-zapasnykh-chastejj-traktora-mtz-80.pdf> (дата звернення: 8.04.2024).
12. Запчастини для трактора ЮМЗ-6 Запчастини для трактора ЮМЗ-6 [https://agro-kraina.in.ua/zapchasti-umz/?utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=14210340204&utm\\_term=%D0%B7%D0%B0%D0%BF%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B8+%D1%8E%D0%BC%D0%B7-6&utm\\_content=538066090239&utm\\_position=&utm\\_matchtype=b&utm\\_placement=&utm\\_network=g&gclid=Cj0KCQjw7uSkBhDGARIsAMCZNIJsQz8Xwv1MGbcnvda4x8wNK2pI8EFEvOr1zHAp0k4vbM-OyiboMM9UaAsImEALw\\_wcB](https://agro-kraina.in.ua/zapchasti-umz/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=14210340204&utm_term=%D0%B7%D0%B0%D0%BF%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B8+%D1%8E%D0%BC%D0%B7-6&utm_content=538066090239&utm_position=&utm_matchtype=b&utm_placement=&utm_network=g&gclid=Cj0KCQjw7uSkBhDGARIsAMCZNIJsQz8Xwv1MGbcnvda4x8wNK2pI8EFEvOr1zHAp0k4vbM-OyiboMM9UaAsImEALw_wcB) (дата звернення: 13.02.2024).
13. Ткачук К.Н., Халімовський М.О., Зачарний В.В. та ін. Основи охорони праці: Підручник. Київ: Основа, 2003. 472 с.
14. Запорожець О.І., Протоєрейський О.С., Франчук Г.М., Боровик І.М. Основи охорони праці. Підручник. Київ: центр учбової літератури. 2009. 264 с.
15. Писаренко Г.С. та інші. Опір матеріалів: Підручник. Г.С. Писаренко, О.Л. Квітка, Е.С. Уманський; За ред Г.С. Писаренка. 2-ге вид., допов. І переробл. Київ: Вища школа, 2004. 655 с.
16. Ремонт переднього моста МТЗ 80, його пристрій і схема. <https://gardenunion.com.ua/remont-perednoho-mosta-mtz-80-ioho-prystrii-i-skhema-58/> (дата звернення: 10.03.2024).
17. Методичні рекомендації до виконання дипломних проєктів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для студентів факультету механіки, енергетики та інформаційних технологій за спеціальністю 208 "Агроінженерія". Львів. ЛНУП. 2023. 70 с.
18. М.В. Молодик. Наукові основи технічного обслуговування і ремонту машин у сільському господарстві. Кіровоград: КОД, 2009. 180 с.

19. Чухрай В.Є., Остапук Г.І. Динаміка зміни кількості і трудомісткості ремонтних втручань залежно від терміну експлуатації тракторів // Вісник Львів. держ. агр. ун-ту: Агроінженерні дослідження №5.- Львів, 2001.- С. 231- 243
20. Чухрай В.Є., Остапук Г.І. Дослідження малоресурсних спряжень тракторів // Вісник Львів. держ. агр. ун-ту: Агроінженерні дослідження №2. –Львів, 1998.- С .139-143
21. Чухрай В.Є., Остапук Г.І. Критерії виконання ремонтних втручань // Вісник Львів. держ. агр. ун-ту: Агроінженерні дослідження №1. – Львів, 1997.-С.138-142/
22. Чухрай В.Є., Остапук Г.І. Новочасні підстави машиноремонтних втручань у господарствах // Вісник Львів. держ. агр. ун-ту: Агроінженерні дослідження №4.- Львів, 2000.- С. 208- 216.