

НУБІП України

**МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**

01.12 – МР. 062“3” 2019.01.30.007 ПЗ

**Мрачковський Олексій Юрійович**

**2022 р.**

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ФАКУЛЬТЕТ КОНСТРУЮВАННЯ ТА ДИЗАЙНУ

УДК 631.32.147

ПОГОДЖЕНО

Декан факультету  
Конструювання та дизайну

(назва факультету (ННІ))

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри  
Надійності техніки

(назва кафедри)

Ружи́ло Зи́новій Володи́мерович

(підпис)

(ПІБ)

17.05

2022 р.

Нови́цький Анд́рій Вале́нтинович

(підпис)

(ПІБ)

17.05

2022 р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему

«Дослідження технічного стану та розробка  
технологічного процесу відновлення чавунних

колінчастих валів».

Спеціальність: 133 галузеве машинобудування

Магістерська програма: машини та обладнання сільсько-

господарського виробництва

Програма підготовки: освітньо-наукова

Керівник магістерської роботи

к.т.н., доц.

Виконав:

Ружи́ло З.В.

Мрачковський О.Ю

Київ-2022

# НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет конструювання та дизайну  
Кафедра надійності техніки  
Освітній рівень: «Магістр»

Спеціальність: 133 – галузеве машинобудування

Магістерська програма: машини та обладнання сільськогосподарського  
виробництва

# НУБІП України

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

# НУБІП України

Надійності техніки

Новицький

“ ” 2022 р.

# НУБІП України

З А В Д А Н Н Я

НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

**Мрачковський Олексію Юрійовичу**

# НУБІП України

1. Тема роботи: «Дослідження технічного стану та розробка  
технологічного процесу відновлення чавунних колінчастих валів».

КЕРІВНИК РОБОТИ К.Т.Н, ДОЦ. РУЖИЛО З.В.

затвержені наказом вищого навчального закладу від “17” травня 2022 року №

# НУБІП України

62 з. 2. Строк подання студентом роботи – 15.05.2022 р.

### 3. Вихідні дані до роботи

1. Технологічний процес відновлення колінчастих валів.
2. Завдання для проектування.
3. Результати науково-дослідних робіт з вивчення дефектів колінчастих валів за літературним джерелам

### 4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які розробляються)

#### ВСТУП

1. РОЗРАХУНОК ОБСЯГІВ РОБІТ ТА ПЛАНУВАННЯ ЗАВАНТАЖЕННЯ РЕМОНТНОЇ МАЙСТЕРНІ (в т.ч. розрахунок кількості РОР, їх розподілення за місцем виконання, побудова графіка завантаження ЦРМ).
2. ДОСЛІДЖЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ КОЛІНВАЛІВ (в т.ч. характер роботи, обґрунтування граничних та припустимих зносів, дослід дефектів ремонтно фонду та технологій по відновленню деталей, що поступають до ремонту, проведення розрахунків виконання технологічних операцій).

3. ОРГАНІЗАЦІЙНА ПІДГОТОВКА РЕМОНТНОГО ВИРОБНИЦТВА (в т.ч. проектування ділянки з відновлення валів, розрахунок фонду часу та кількості обладнання, працівників).

4. ОХОРОНА ПРАЦІ (в т.ч. розрахунок освітлення та повітрообміну, аналіз небезпек на ділянці ремонту колінвалів).

5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.

#### ВИСНОВКИ, ЛІТЕРАТУРА

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

Презентаційний матеріал

Дата видачі завдання " 11 " січня 2021 р.

Керівник магістерської роботи \_\_\_\_\_

( підпис )

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_

( підпис )

(прізвище та ініціали студента)

## АНОТАЦІЯ

«Дослідження технічного стану та розробка технологічного процесу відновлення чавунних колінчастих валів».

Магістерська робота

Робота включає: вступ, виконання аналізу сучасного стану технічного потенціалу сільськогосподарського господарства України і осні напрямки його розвитку. Пропозиція заходів з удосконалення організації і технології ремонту машинно-тракторного парку.

Розробка технолого відновлення колінчастих валів двигуна Д-240, проект дільниці по відновленню колінчастих валів.

Розглянуті питання з охорони праці і охорони навколишнього середовища. Проведено техніко-економічний розрахунок проекту.

Виконані висновки і пропозиції, сформовано список використаної літератури, оформлено додаток.

Ключові слова: ремонтна-обслуговуюча база, оптимізація, інженерно-технічний центр, ремонт, машинно-тракторний парк, технології.

## ЗМІСТ

Анотація .....	4	
Зміст .....	5	
Вступ.....	8	
1. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА КОЛІНЧАСТОГО		
ВАЛУ.....	10	
1.1. Функціональне призначення, конструкції, технології виготовлення та вимоги до робочих поверхонь колінчастого вала.....	10	
1.1.1. Групи деталей колінчастого вала.....	10	
1.1.2. Службове призначення і вимоги точності валів .....	14	
1.1.3. Матеріали і способи отримання заготовок .....	15	
1.2. Аналізування умов експлуатації та види дефектів робочих поверхонь, які надходять у ремонт.....	17	
1.3. Аналізування технологій ремонту колінчастих валів.....	18	
1.4. Завдання магістерської роботи.....	38	
2. ДОСЛІДЖЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ КОЛІНЧАСТИХ ВАЛІВ.....		39
2.1. Розгляд пошкоджень колінчастих валів.....	39	
2.1.1. Методика проведення досліджень.....	39	
2.1.2. Розкриття фізичної суті пошкоджень.....	39	
2.1.3. Розгляд статистики зносу робочих поверхонь у валів.....	39	
2.1.4. Обґрунтування граничних та допустимих зносів при ремонті поверхонь колінчастих валів.....	40	
2.2. Результати аналізу і досліджень.....	40	
2.2.1. Дослідження пошкодження поверхонь колінчастих валів, під час ремонт.....	40	
2.2.2. Визначення суті фізичних пошкоджень поверхонь валів.....	42	
2.2.3. Досліди зносу робочих поверхонь колінчастих валів.....	44	

2.2.4. Обґрунтування граничного і допустимого зносу робочих поверхонь колінчастого валу.....46

3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....52

3.1. Технічні умови для відновлення колінчатих валів двигуна Д – 240 ....50

3.2. Методи відновлення поверхонь .....53

3.3. Розрахунки і обирання режимів для виконання технологічної операції .....58

3.4. Нормування операції розроблених технологічних процесів .....65

4 ПРОЕКТУВАННЯ МАЙСТЕРНІ .....73

4.1. Організаційно-технічна частина .....73

4.2. Вихідні дані для проекту дільниці ремонту колінчатих валів.....73

4.3. Режими роботи підприємства і розрахунок річного часового фонду .....73

4.4. Розрахунки чисел і формування основних робочих місць.....76

4.5. Розрахунки площ ділянок по ремонту колінчатих валів..... 81

4.6. Розрахунок середньорічних витрат електроенергії.....82

4.7. Розрахунок потреб стиснутого повітря.....82

4.8. Розрахунок витрат води та палива.....84

4.9. Формування генеральних планів підприємства.....84

4.10. Аналізування критерій охорони праці на дільниці.....86

4.11. Охорона праці під час роботи біля металорізальних верстатів.....87

5. Економічна розрахунок проекту.....89

5.1. Розрахунок фондів заробітної плати працівників під час ремонту колінчатих валів.....89

5.2 Розрахунок витрат на матеріальні, запасинні частини і енергоресурси.....	90
5.3 Розрахунок собівартості ремонту колінчатого валу двигуна Д-240.....	91
5.4 Техніко-економічні показники роботи дільниці.....	93
5.5 Визначення собівартості відновлення.....	93
Висновки.....	98
Список використаної літератури.....	100

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України



## ВСТУП

У всіх механізмах, незалежно від, працює вона чи знаходиться у простої, перебуває у транспортуванні, відбуваються фізико-механічні і геометричні зміни параметрів деталей. Відбувається зниження техніко-економічних показників конструкції в цілому і приходить момент, коли подальша її експлуатація стає неможливою або економічно нерентабельною. Тому у процесі експлуатації є необхідність технічного обслуговування з необхідністю підтримання технічного стану, а також проведення ремонту для відновлення показників, коли експлуатація стає неможливою.

При нормальній інтенсивності експлуатації основні агрегати тракторів відпрацьовують закладений у них ресурс через 3-4 роки при розрахунковому строку служби у 10 років і більше. Виготовлення техніки, яка не вимагає ремонту весь період експлуатації, економічно не вигідно, та і досягти цього у найближчому майбутньому не є можливим.

Як показує практика, ремонт с.г. техніки уникнути технічно неможливо, але він економічно доцільний. Адже переважно зношені деталі мають високу залишкову вартість: при їх відновленні витрати металу та матеріалів у 20-30 разів менше ніж при виготовленні нових. До прикладу, понад 90% деталей, які належать до категорії непридатних до подальшої роботи, знос складає 0,1-0,3 мм по діаметру, тобто втрата менша на 0,5-0,1% маси, і після відновлення 65-75% їх загальної кількості її можна використати вдруге.

Ефективне використання ремонтних робіт і технічне обслуговування сільськогосподарської техніки і використання прогресивних технологій може бути забезпечене широко розвинутою системою наукових, виробничих та інших структур.

Тому стоїть необхідність створення та постійного удосконалення ремонтно-обслуговуючої бази сільськогосподарської техніки.

Переорієнтування економічної політики України ведення ринкових відносин і розвитку різних форм власності в усіх галузях народного господарства неминуче зумовили зміни в структурах існуючих ремонтно-обслуговуючих

базах, в організації, управлінні, технологій виробництва, ремонтах і обслуговуванні сільськогосподарської техніки. Для суттєвих підвищень рівня її технічного обслуговування та ремонту є необхідними: технічне обслуговування і

ремонт не мають розглядатися як щось другорядне, вони мають бути невід'ємною

частиною стадії процесу механізації сільськогосподарського виробництва,

наступне, підтримувати зв'язок між виробником та споживачем сільськогосподарської техніки на основі пріоритетності споживача.

Тому тема проекту присвячена відновленню колінчастих валів в умовах майстерні загального призначення.

Таким чином, ефективна робота ремонтно-обслуговуючої бази сільського господарства в Україні надасть можливість безперебійно і економічно ефективно експлуатувати сільськогосподарську техніку та обладнання.

# 1. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА КОЛІНЧАСТОГО ВАЛУ.

## 1.1. Функціональне призначення, конструкції, технології виготовлення та вимоги до робочих поверхонь колінчастого вала.

### 1.1.1. Групи деталей колінчастого вала.

До групи деталей колінчастого вала належать: колінчастий вал, маховик, підшипники корінні, пристрій для фіксації колінчастого вала від осьових переміщень, масловідбивачі, сальники.

Колінчасті вали приймають зусилля від шатунів та передає його на механізми силової передачі. За допомогою колінчастих валів приводяться в дію також інші механізми і деталі двигуна (розподільчі вали, масляні і водяні насоси, генератори тощо).

Колінчастий вал — це найскладніша в конструктивному виконанні і найбільш напружена деталь кривошипно-шатунного механізму, яка сприймає велику кількість навантаження від сил тиску газів і сили інерції. Складні і важкі робочі умови колінчастих валів потребують високих вимог до якості матеріалів виготовлення цієї деталі. Їх виготовляють з якісних вуглецевих сталей способом гарячого штампування або відливання з високоміцного чавуну. Робоча поверхня загартовується струмом високої частоти на глибину від 1,5 до 5,0 мм, шліфування і полірування проводяться з високою точністю (овальність і конусність шийок не повинна перевищувати 0,01 мм).

Колінчастий вал (рис. 1) має корінні 7 і шатунні 6 шийки, передню (носок) і задню (хвостовик) частини.

Між собою корінні і шатунні шийки з'єднані щокими 8,3 просвердленими каналами для підведення масла від корінних до шатунних шийок. В шатунних шийках є порожнини 5, які закриті заглушками для відцентрового очищення масла від металевих й мінеральних частинок. У

більшості двигунів шoki виконують як противаги, виконують розвантаження корінних підшипників від дії вусцентрових сил.

Кількість шатунних шийок в рядних двигунах відповідає кількості циліндрів двигуна, а при У-подібних – кількості циліндрів одного ряду, оскільки в до одної шийки приєднано два шатуни. Корінних шийок на одну більше, ніж шатунних. Шатунні шийки відносно одна одні у дво- і чотирициліндрових двигунів зміщені на  $180^\circ$ , шестициліндровик – на  $120^\circ$ , восьмициліндрових – на  $90^\circ$ . Це дає рівномірне чергування робочих тактів і зрівноважує силу інерції.

У передніх частинах валів встановлюють шестерню 4 приводу проміжної шестерні і масляний насос, шків 2 приводу вентилятора генератора. Між шківом і шестернею встановлюють маслoвідбивачі 3, які відкидають масло від переднього сальникового ущільнення. В торці колінчастого вала є храповик, яким колінчастий вал прокручується вручну за допомогою ключа або рукоятки.

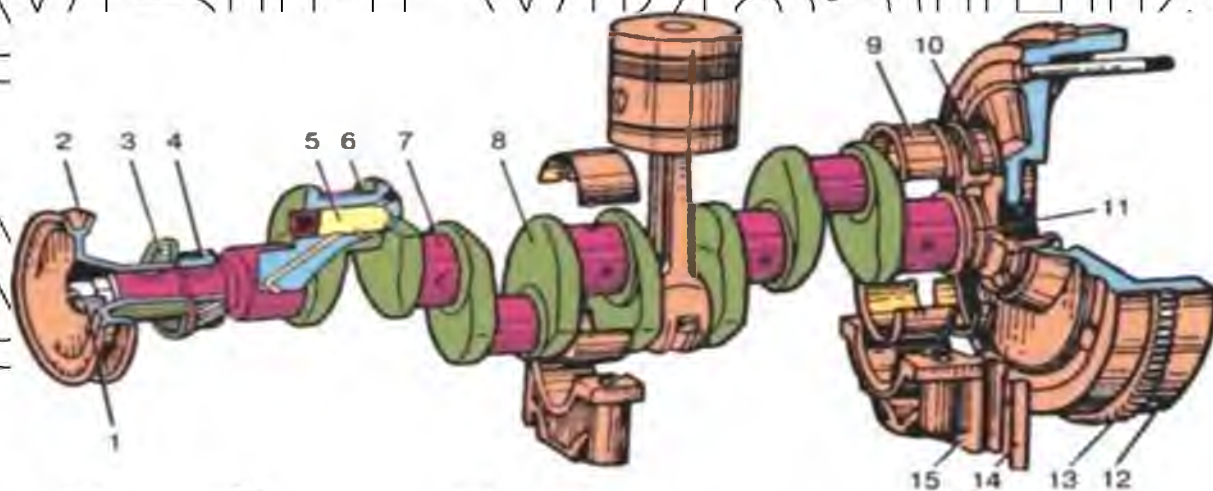


Рис. 1.1 Колінчастий вал.

1 – храповик; 2 – шків привода вентилятора; 3 – маслoвідбивач; 4 – шестерня для привода проміжної шестерні і масляного насоса; 5 – порожнина шатунної шийки; 6 – шатунна шийка; 7 – корінна шийка; 8 – шок.

9 – вкладиш корінного підшипника; 10 – ущільнювальний вкладиш; 11 – маслознімна різьба; 12 – маховик; 13 – вінець маховика; 14 – ущільнювальна вставка; 15 – кришка корінного підшипника

У задніх частинах валів дизеля є фланець з шістьма отворами для закріплення маховика. Перед фланцем на колінчастих валах виконують маслознімну різьбу 11, яка разом із спеціальними вузькими алюмінієвими вкладишами 10 ущільнює і запобігає витіканню масла в картер маховика.

Шатунні та корінні підшипники у більшості двигунів є підшипниками ковзання. Підшипники кочення застосовують тільки в одно-, двоциліндрових двигунах та в двигунах з рознімним колінчастим валом.

Вкладиші корінних підшипників (рис. 2.) за будовою подібні до шатунних.

Вкладиші виготовляються із сталюї стрічки товщиною 1...3 мм; шар антифрикційного сплаву 0,1...0,9 мм. Цей сплав наноситься без на сталюю стрічку або на металокерамічну основу (60% міді та 40% нікеля).

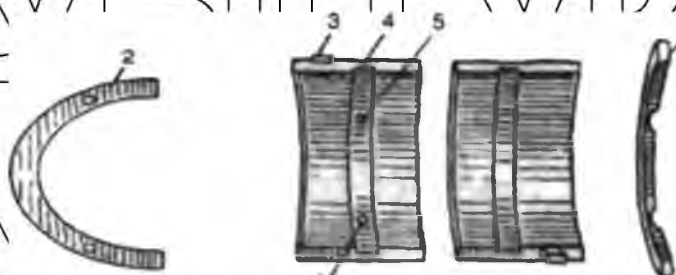


Рис. 1,2.

Вкладиші корінних підшипників колінчастого вала:

а – вкладиш корінного підшипника з упорними півкільцями; б – ущільнювальний вкладиш; 1 – отвір для проходження масла з масляної магістралі блок-картера; 2 – півкільця; 3 – фіксуючий виступ; 4 – кільцева канавка; 5 – отвір для проходження масла до підшипників газорозподільного вала

В якості антифрикційних сплавів використовують високоопов'яністі бабіти на свинцевій основі, свинцевисті бронзи, сплави на алюмінієвій



основі... У бабітів невеликий коефіцієнт тертя і вони чудово змащуються, однак при підвищенні температури починається погіршення механічних властивостей. Бабіти використовують при виготовленні вкладишів для карбюраторних двигунів.

Свинцевисті бронзи й алюмінієві сплави використовують при виготовленні вкладишів дизелів, оскільки вони працюють при навантаженні більше 10 МПа і температурі понад 80 °С.

Мідно-нікелева основа тришарового вкладиша зміцнює з'єднання бабіту зі сталюю стрічкою. Шар бабіту на основі товщиною до 0,1 мм.

Перед встановленням вкладиші вкриваються тонким шаром олова (0,002...0,003 мм) для швидкого припрацювання тертьових поверхонь, щільного прилягання і покращення відведення тепла від підшипника.

Для компенсування подовження вала при нагріванні передбачають певний осьовий зазор. Обмежують осьове переміщення колінчастого вала переважної кількості двигунів (в межах 0,1...0,5 мм) наступними способами: упорними півкільцями, вкладишами ущільнювальними і вставками, буртиками, виконаними на колінчастому валі тощо.

На виходах носка і хвостовика колінчастого вала з блок-картера є необхідність забезпечити терметичність двигуна; це виконується за допомогою сальників. Витік масла на місці встановлення сальників запобігають масловідбивачі і маслосгінна різьба.

Маховик надає рівномірне обертання, запобігання короткочасних перевантажень, при зрушенні трактор з місця та під час роботи, також передбачений для приєднання муфти зчеплення.

Маховик – це важкий навунний диск. Розмір залежать від частоти обертання колінчастого вала, кількості циліндрів і тактності двигуна.

Маховик закріплюється на хвостовику колінчастого вала безпосередньо або за допомогою спеціального фланця на болти. Необхідне взаємне положення маховика і колінчастого вала забезпечується

несиметричним розташуванням болтових зедгань або установочних штифтів. Для закріплення муфти зчеплення на поверхні маховика робляться отвори для болтів, на які муфта кріпиться до маховика. Задня площина маховика ретельно обробляється.

Для запуску маховика за допомогою електричного стартеру або пускового двигуна на маховик в гарячому стані напресовується сталевий зубчастий вінець. На ободі маховика знаходиться мітка або заглибина, призначена для встановлення поршня першого циліндра у ВМТ. Натомість мітка на маховику повинна стояти проти нерухомої мітки або стрілки на картері маховика. На маховики на деяких двигунах наносять мітки з номерами циліндрів, які використовують для регулювання теплових зазорів газорозподільних механізмів. Балансування маховика проводиться разом з колінчастим валом.

### **1.1.2. Службове призначення і вимоги до точності валів.**

Колінчасті вали різних двигунів призначені для перетворення поступального руху штоків поршнів у "обертальний". За конструкції вали являються відносно не жорсткою деталлю, на томість відчувають велике змінне навантаження і підпадають під вплив сил кручення і вигину. Залежно від призначення двигуна за технічними умовами передбачено точні діаметральні розміри корінних і шатунних шийок колінчастих валів в межах 1-2-го класів із чистотою поверхні 8-10-го класів і вище.

Допустимість відхилення на овальність і конусність, наприклад, для автомобільних двигунів, лежать в межах 0,010-0,005 мм, а паралельність осей корінних і шатунних шийок - не більше 0,01 до довжини кожної шатунної шийки. Допуски радіусів кривошипів складають 0,05-0,15 мм.

Надмірне відхилення радіусів кривошипів і кутових розвалу призведе до нерівномірного стиснення різних циліндрів і до зсуву фаз розподілу, це негативно позначається на роботі двигуна. Колінчасті вали, які обертаються в підшипниках ковзання, зумовлені і підвищенням вимог до

поверхні шийок щодо їх зносостійкості і втомної міцності. Тому поверхневою твердістю корінних і шатунних шийок, після термічної обробки, лежить у межах HRC 52-62. Технічні умови для колінчатих валів в залежності від призначення двигуна визначаються за стандартом.

Колінчастий вал підлягає контролю по 80-90 параметрами. Крім розмірів і форми, контролюють також відносне положення оброблених поверхонь валу. До найбільш важливих параметрів контролю належить: паралельність осі шийок, положення шатунних шийок по відношенню до корінних (радіуси кривошипів), кутове положення шатунних шийок відношенням

одна до одної, кутове положення шпоночної канавки за відношенням до кривошипа, за положенням торця фланця до осі корінних шийок. Контроль параметрів колінчастого валу є трудомістким і складним процесом. Тому

контроль переважної кількості перерахованих параметрів застосовують спеціальні багатовимірні індикаторні, пневматичні, "моелектричні" і електронні вимірні пристрої. Один з подібних індикаторних пристроїв призначена для перевірки биття торця фланця/корінних шийок щодо шатунних та положення шпоночної канавки.

### **1.1.3. Матеріали і способи отримання заготовок.**

Виготовлення Колінчастих валів проводять з вуглецевих, хромомарганцевих, хромонікельмолибденових, та інших сталей, також із спеціальних високоміцних чавунів. Найбільш вживані, сталі марок 45, 45X, 45Г2, 50Г, а для більш навантажених колінчастих валів дизелів-40ХНМА, 18ХНВА та ін. Виготовлення сталевих колінчастих валів середніх розмірів у великосерійних і масових виробництвах виготовляють способом куванням в закритих штампах на молотах або пресах процес отримання заготовки проходить кілька операцій. Після попереднього і остаточного кування колінчастого валу в штампах проводять обрізання облоя за допомогою обрізального пресу і гарячу правку в штампі під молотом. Через



високі вимогами механічної міцності велике значення має розташування волокон матеріалу при отриманні заготовки, щоб уникнути перерізання при подальшій механічній обробці. Для цього застосовують штампи зі спеціальними згинальними струмками. Після штампування перед механічною обробкою, заготовки піддають до термічної обробки -

нормалізують – проводять очищення /окадини травленням чи обробкою на дробометальній машині. Припуски до механічної обробки шийок сталевих заготовок отриманих цим методом, проводять складання 3-4 мм на сторону зі штампувальними ухілами 7-10 градусів. Точність заготовок має лежати

у межах 8-9-го класів. Допустимою кривизною в площині роз'єму штампів заготівлі автомобільного колінчастого вала має складати не більше 1-1,5 мм, зміщення від зсуву штампів допускається до 2 мм. Диті заготовки колінчастих валів зазвичай виготовляють з високоміцних чавунів з

модифікацією магнієм. Отримані методом прецизійного лиття (з оболонковими формами) вали в порівнянні зі "штампованими" мають ряд переваг, у тому числі високі коефіцієнти використання металу. У литих заготовках є можливість отримання ряду внутрішніх порожнин при литті.

Припуск на обробку шийок становить не більше 2,5 мм на сторону при відхиленні по 5-7-го класів точності. Менші коливання припуску і менші початкові неврівноваженості сприятливо показують себе на експлуатації інструменту та "устаткування" в особливості при автоматизованому виробництві. Колінчаті вали відливають в оболонкових формах при

горизонтальному положенні. Коли в одній формі відливають два вали, заливання металу проводиця через загальний літчик. Плавка валів проводиця після нормалізації в гарячому стані в штампі на пресі після виїмки заготовки з печі за відсутності додаткового розігріву.

Для підвищення поверхневої твердості і розширення строку служби, поверхня корінних і шатунних шийок загартовується за допомогою струмів високої частоти.

Корінні і шатунні шийки з'єднані між собою каналами у шийках вала. Ці канали призначаються для підведення мастила від корінних до шатунних підшипників. В сучасних двигунах (виключення ГАЗ-53Ф) у всіх шатунних шийках вала є порожнини, які виконуть роль брудоуловлювачів, до якого олива надходить від корінних шийок. Під час обертання вала частка бруду під дією відцентрових сил відділяється від оливи, осідають на стінках брудоуловлювачів і до шатунних шийок доходить очищена олива. Очистку брудоуловлювачів проводять через пробки у їх торцях.

Переміщення вала у поздовжньому напрямі обмежене упорними сталевабітовими шайбами, вони у всіх двигунах розташовуються по обидва боки першого корінного підшипника.

Для запобігання витікання мастила з картера, на передньому кінці вала встановлюється гумовий самопідтискаючий сальник, а на задньому кінці — робляться маслосгінну різьбу і маслосвідбиваючий буртик. На задньому корінному підшипнику є маслословлюючі канали, у які відбувається скидання масла з маслосгінної різьби та маслосвідбивного буртика, біля якого встановлюється сальник, який складається з двох обрізаних азбестових шнурків.

## **1.2. Аналізування умов експлуатації та види дефектів робочих поверхонь, які надходять у ремонт.**

Колінчаті вали підлягають значним навантаженням: сила тиску газів, які передаються через шатуни від поршнів під час згорання палива, сили інерції від зворотно - поступового руху. Для деталей повинна протистояти дуже тривалим та небезпечним багатоцикловим режимам навантаження.

Одними з основних несправностей вала є знос або задери на опорних шийок після пошкодження вкладишів та втулок, а також деформація — скривлення валу внаслідок перегріву шийок. У результаті відбувається збільшення зазорів в підшипниках та навантаження, під час погіршення

змащування. "Природне" зношування шийок спостерігається при великих пробігах автомобіля та завжди достатньо замалий – зазвичай не більше 0,05 – 0,08 мм. Овальність шийок рідко перевищує 0,02 – 0,03 мм. Попри це поверхня стає негладкою, з'являються багаточисельні кругові риси, подряпини, раковини глибиною до 0,01 – 0,04 мм. Тому попри правильну геометрію вал з такими пошкодженнями не може бути встановлений без ремонту.

Зношення шийок внаслідку руйнування підшипників доходить іноді 0,5 – 0,8 мм., а в окремих випадках до 2 – 3 мм. Овальність шийок при тому складає приблизно половину зносу. Знос, як правило, являє односторонній характер, що може значно ускладнити процес ремонту.

#### Основні дефекти колінчастого валу.

1. Вигинання валу.
2. Зношення зовнішнього шару фланця.
3. Биття торцевої поверхні фланця.
4. Зношення маслосгонних канавок.
5. Зношення болтових отворів кріплення маховика.
6. Зношення корінних чи шатунних шийок.
7. Зношення шийок під шестерню та маточину шківів.
8. Зношення шпоночних канавок в ширині.
9. Подовження передньої корінної шийки.
10. Збільшення довжини шатунних шийок.

#### **1.3. Аналізування технологій ремонту колінчастого валу.**

Процес ремонту колінчастих валів, як і двигунів проводиться у більшості випадків на спеціалізованих ремонтних підприємствах.

Основна причина несправності та їх складових є зношування.

Зношування – це безупинний процес.

Зношування — це процес руйнування і відокремлення матеріалу з поверхонь твердого тіла та накопичення залишкових деформацій при терті, що з часом проявляється в поступовій зміні розмірів та форм. В процесі зношування відбувається зміна розмірів, маси деталей, її геометричні параметри (наприклад утворення огранка, овальність, конусність шийок валів) та мікрогеометричні параметри (шорсткість поверхні), на поверхнях починає з'являються подряпини, шербини та інші дефекти. Під дією сил тертя та динамічних чинників (вібрацій, ударних навантажень та ін.) та природного процесу (старіння матеріалів та ін.) починаються структурні та фізико-хімічні зміни у матеріалі деталі, з'являються поверхнева напруга, яка спричиняє мікротріщини, кристалічна решітка починає ущільнюватися, в подальших наслідках виникає поверхневий наклепаний шар і т.п.

З Основних показників процесу зношування являється час, швидкість руху, тиск, температура, поверхнева зносостійкість і шорсткість. Інтенсивність зносу (розмір зносу за одиницю часу) залежна від зазначених показників.

Відновлюють колінчасті валу відбувається наступним чином: заварювання шпонкових пазів; наплавлення конічної поверхні під шків, шийки під переднього противагу та шестерні; проточення поверхні до центрових отворів та наплавлення шийок; шліфування корінних та шатунних шийок, наплавлення поверхні; перевірення шатунних та корінних шийок на наявні тріщини; розточення отворів під втулку; запресування втулок; розточення отвору під фланець; фрезерування шпонкових пазів; округлення фасок та масляних каналів; виконання супер-фінішної обробки та полірування корінних та шатунних шийок; маркерування валу, розгортання отворів під штифти; запресування штифтів; балансування колінчастого валу; перевірення колінчастого валу до відповідності технічних вимог.

Зношення колінчастого валу в першу чергу спостерігають в області шатунних шийок, саме тут сконцентроване найбільше навантаження під впливом зворотньо-поступального руху механізмів циліндропоршневої групи. У процесі тривалої експлуатації шийки колінчастих валів в перерізі приймають форму еліпса, допустимий знос за своєю величиною в середньому становить 0,03 мм. Корінні й шатунні шийки перещліфовують до ремонтних розмірів, в процесі відбувається зменшення початкового розміру на 0,25, 0,5, 0,7 і 1 мм. До процесу шліфування середній ресурс колінчастого валу при пробігу від 200 до 250 тис. км знижується в результаті шліфування шийок, а після шліфування на 1 мм колінчастий вал зносу буде придатний до експлуатації в середньому ще на 100 тис. км. Це є можливим повністю відновити зношені шийки за методом наплавлення, а після провести шліфування до початкового розміру. Цей більш трудомісткий метод і вимагає обережності, а також спеціально технологічного пристосування. Колінчасті вали піддається зносу при контактуванні з упертими півкільцями, вони обмежують його осьовий люфт. Збільшення зазору в цьому випадку можна усунути за допомогою ремонтних півкільць. У випадку пробігу двигуна менше 200-250 тис. км буде достатньою заміна півкільця на нові номінального розміру. Робочий ресурс вкладишів колінчастого валу набагато більший за ресурс шийок колінчастого валу, при тому що вони мають твердість меншу. Міняючи вкладиші, визначають стан зазору в сполученні вкладиш - шийка. Спершу необхідно визначити розмір деталей, тому що найбільший зазор для шатунного підшипника повинен складати 0,1 мм, а для корінного - 0,15 мм. Переважно заміняють вкладиші колінчастих валів під час кожного капітального ремонту циліндропоршневої групи.

Усунення спрацьованих шатунних та корінних шийок за допомогою обробки на ремонтний розмір. Основними дефектами шатунних та корінних шийок є: зменшений діаметр, спотворенні геометричні форми

(конуснісні та бочкоподібні), тріщини, задири та інші механічні пошкодження. Тріщини усуваються заварюванням. Геометричні розміри шийок усуваються шліфуванням під ремонтний розмір.

Велика кількість колінчастих валів мають невелике спрацювання

шийок, тому щоб досягти

зменшення трудомісткості та

об'єму перешліфування вводяться

додаткові ремонтні розміри для

шатунних та корінних шийок до

0,25 мм. Зазвичай шліфування

шийок проводять під один

ремонтний розмір, але за

необхідності проводять перешліфовку під різні

ремонтні розміри.

Шийок на верстаті 3А423.

Одночасно з обробкою шліфують і

галтелі, та заплічки, які

підтримують колінчастий вал від осьових переміщень. Для фінішної

обробки лишають припуск 0,01 мм.

Обробка шийок проводять за допомогою круглошліфувального станку

типу 3А423 з шліфувальним кругом 14А40-НСМЗ 7 К5 35 м/с 1 кл. (ГОСТ

2424—83\*) за режиму: швидкості обертання круга 25—35 м/с, зі швидкістю

оберту деталі 15—25 м/хв, поперечна подача круга 0,02—0,03 мм. Виходи

фасок масляних каналів шатунних та корінних шийок округлюються за

допомогою пневматичної шліфувальної машини типу ШП-100 з головкою І

св. 10, а потім роводять полірування шкуркою РСС 600x30 1А1100Б з

спеціальною конічною оправкою. Фінальна операція: безвідмовність та

робочий ресурс колінчастих валів залежать від точності форм поверхонь,

котрий обертаються у підшипниках, та паралельності їх твірних до осі вала.



Рис. 1.3. Шліфування шатунних

Значення також має якість робочих поверхонь. Під час шліфування шийок вала на поверхнях, який контактує з шліфувальним кругом, є можливість виникання припалів, плями низької твердості та тріщини. В межах гребенів на поверхні з'являється аморфна структура, починається зниження мікротвердості робочих поверхонь та їх несуча здатність. Щоб усунути

недолік до технологічного процесу вводяться операції фінішної обробки шатунних та корінних шийок. Під час цієї операції з поверхні знімають аморфний метал. За допомогою рідини що застосовують для обробки, змивають металічний та абразивний пил. Як результат відбувається

збільшення опорної поверхні у 4–6 разів, зростає показник несучої здатності шийок вала. Створюються сприятливі умови для утримки масляної плівки на поверхні невеликої шорсткості. Тривалість процесу припрацювання з'єднань шийки вала та вкладиша підшипника відчутно

скорочується, а збільшення зазора між ними після при-працювання практично не відбувається. Як результат забезпечується тривала надійна робота підшипників. Кінцевий процес обробку корінних та шатунних шийок (з галтелями) виконується за допомогою напівавтомата 3875 для суперфінішування або на станку СШ 301 брусками 25AM20CM2-C1 7к6

(ГОСТ 2456–82\*). Полірування шийок стрічками не дає бажаного ефекту, тому що шорсткість робочої поверхні незначно поліпшується, і аморфний шар залишається заполірованим. Процес виявлення та ліквідація тріщин у колінчастих валах. Тріщини розрізняють на технологічні та експлуатаційні.

До технологічних відносять тріщини, які виникають під час процесу виготовлення або ремонту колінчастого вала, внаслідок механічної та термічної обробки. Ці тріщини зазвичай спрямовують вздовж осі вала. До експлуатаційних належать тріщини, утворені від втомленості, а також термічні, що виникають під час перегріву щок. Тріщини внаслідок втоми

виникають, зазвичай, на місцях концентрації напружень (поряд з галтелями, на щоках, у мастильних отворах), а також під час прогресування дефектів



металургійного та технологічного походжень, які з'явилися раніше. На колінчастих валах зустрічаються наступні види поверхневих тріщин: поперечні та кільцеві, які розвиваються у перерізі, перпендикулярної поздовжньої осі; поперечний або близький до них за напрямком в щоках; нахили на циліндричних поверхнях шийок, розташування під великим кутом у напрямку поздовжньої осі вала. Найбільш не безпечні тріщини внаслідок втоми на галтелях та на місцях переходу до шпоки. До ремонту не підлягають, підлягає вибракуванню, колінчасті вали з наявними тріщинами на галтелях; тріщинами які перевищують 5 мм на шийках, розташованими під кутом понад  $34^\circ$  до осі; тріщини, з розміром ближче 6 мм від шпоки; від трьох і більше тріщин довжиною більше 5 мм на одній шпці; 10 і більше тріщин довжиною до 5 мм на одній шпці. Допустимі тріщини по всій довжині з глибиною  $0,3 \pm 0,1$  мм і радіусом 1,5—2 мм. Загострені кромки затуплюють та проводять полірування до шорсткості 0,64 мкм.

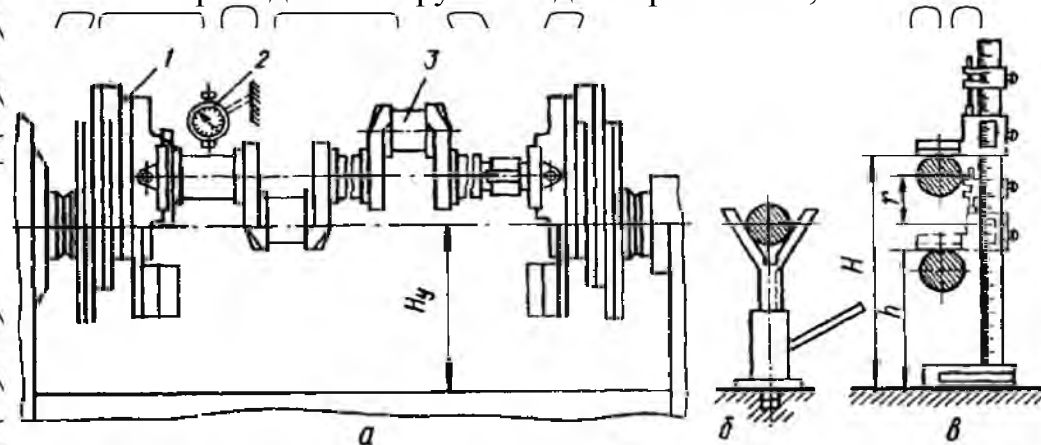


Рис.1.4. Схема установки колінчастого вала на верстаті обробки

шатунних шийок:

а – загальний вигляд установки; б – вивірка установки вала подвижною призмою; в – вивірка радіуса кривошипа з дотриманням паралельності осей корінних шийок шпинделя верстата; 1 – центрозміщувач; 2 – індикатор; 3 – колінчастий вал;

Важливим резервом для ремонту колінчастих валів є поверхнєве зміцнення характерних площ граничного зносу шийок, як приклад методами



пластичної деформації чи за допомогою лазерного випромінювання. За допомогою зміцнення можливо знизити інтенсивність зношування та досягти рівномірного зношування робочої площі шийок колінчастого валу дизелів.

Рівномірне зношування шийок сприяє підвищенню ресурсу роботи колінчастих валів дизелів. Проведемо аналіз основних.

1. Відновлення деталей пластичним деформуванням обґрунтована на властивості металу змінювати свою форму та розміри без руйнації під дією зовнішніх сил за рахунок пластичної деформації. За пластичної деформації об'єм металу деталі не змінний, можливий тільки перерозподіл з неробочих ділянок на робочі, в місцях зношування.

Пластичне деформування деталі може відновитись в холодному або гарячому стані. Холодна деформація металів (за кімнатної температури) призводить до зміцнення (наклепу): відбувається зростання твердості і міцності.

Під час нагріву пластичність зростає і відбувається зменшення опору деформації. Гаряча деформація деталі з вуглецевої сталі проводиться при  $t^{\circ}$  1250...800 $^{\circ}$ C, з легированих сталей 1150-850 $^{\circ}$ C, з бронзи - 850...700 $^{\circ}$ C. Під час нагрівання деталей до вказаних температур відбувається зміна структури і механічних властивостей матеріалу. В результаті після пластичної деформації в гарячому стані відповідальних деталей, які піддавалися певній термічній обробці, деталі повторно піддають термічній обробці.

Деталі твердість яких не перевищує HRC 25... 30, а також деталі виготовлені з кольорових сплавів, допустима пластичне деформування без попередньої термічної обробки.

Технологічний процес відновлення деталей пластичним деформуванням залежне від матеріалу, конструктивного і термічного аспекту обробки, необхідного способу нагрівання і обладнання. Зважаючи на напрям дії сил і необхідного перерозподілення металу на ремонтному

виробництві використовують наступні різновиди деформувань:  
виправлення, осадка, витягання, роздача, обтискання, вдавлення.

Корегування відбувається накладанням зусилля, або розкручуючого моменту за напрямком протилежного наявному деформуванню.

До деталей, що підлягали заключній термічній обробці виконують нагрів до  $t^{\circ} 400-450^{\circ}\text{C}$  з витримкою 0,5-1,0 год. У випадку нагріву до такої  $t^{\circ}$  не допускається,  $t^{\circ}$  зменшується до  $200-250^{\circ}\text{C}$  і збільшується час на витримки до 3 годин.

Під час першого способу стабілізація відновлюється здатністю деталі до сприймання навантаження на 90%, при другому на 50-70%.

Під час подвійного виправлення вал спочатку вигинається у протилежний бік таким способом щоб утворити незначний перегин. В процесі цього вал нахиляється прогином доверху і вправляється до отримання необхідної прямолінійності.

Наступним чинном збільшується опірність деталей повторною деформацією.

Для відновлення посадки підшипників на шийках валів чи інших деталей при спрацюваннях 0,05...0,07 мм застосовується накатування знощених поверхонь прямими або косими накатками. Процес накатування виконують на токарно-гвинторізних верстатах. Накатник закріплюють в різце-тримачі за допомогою механізму поперезного переміщення підводять до деталі. Під час обертання деталі зі швидкістю 10...15 м/хв накладається деформаційне зусилля. Накатку ведуть до того моменту, поки розмір поверхні не буде перевищувати заданий на 0,03...0,05 мм. Наступним кроком на деталь напесовується підшипник.

Чеканка виконується наклепуванням поверхонь галтелей, зубчатих коліс, зварних швів, спеціальними ударами бойків, які формують високі залиш-кові напруження стискання, і надають підвищення твердсть до 30-50%.

Найбільшим з суттєвих недоліків технологічного процесу це відновлення деталей наплавленням, зварюванням, гальванічними способами спричиняє зменшення втомлювальної міцності на 10-40%. Для більшості ремонтних підприємств проблематичним є забезпечити необхідну якість відновлюваних поверхонь - розмірів, форми, шорсткості, внаслідок відсутності необхідного обладнання чи його зношеності, низької кваліфікації персоналу чи інших причин.

При ГПД спричиняється викривлення кристалічної решітки на області площин ковзання, а також зміцнення атомів з положення стійкої рівноваги і пружне викривлення площин ковзання, що дає появу додаткових напружень, яке зберігається після зняття навантаження.

А утворення залишкових напружень стискання в поверхневому шарі має важливе значення для поліпшення фізико-механічних та експлуатаційних властивостей деталей.

2. Лазерно термічне зміцнення ґрунтується на дії інтенсивного потоку з лазерного випромінювання на певну ділянку і поглинанні лазерного випромінювання на приповерхневому шарі матеріалу і унаслідок цього, швидкого розігрівання певних ділянок до високої температури. Внаслідок закінчення впливу випромінювання, розігріта ділянка починає охолоджуватися внаслідок теплопровідності у внутрішньому об'ємі матеріалу, також завдяки тепловіддачі з поверхні. При тому відбувається досягнення високої швидкості охолодження. Під час нагрівання та охолодження спричиняються фазові перетворення. Якщо при цьому стається зміцнення, то воно пвпадає під класифікацію як зміцнення в процесі фазового переходу. В такому випадку, зміцнення сталей й чавуні полягає в нагріванні окремих ділянок поверхонь до вище критичних температур й послуючому охолодженні з за високої швидкістю, що призводить до утворення мартенситних структур.

Особливістю лазерного випромінювання на матеріалі є локалізований характер джерела тепла, який сприяє формуванню жорсткого термічного циклу під час поверхневої обробки за високих швидкостей переміщення нагрівального джерела та високою швидкістю нагріву та охолодження матеріалу. Необхідна властивість поверхні при лазерному термозміцненню отримується за допомогою відповідного термічного циклу із заданими оптимальними параметрами, визначеними за максимальної температури нагріву, швидкістю нагріву та швидкістю охолодження, іноді перебування матеріалу за межами характерної температури.

Основним напрямком використання лазерної обробки є це зміцнити зношені деталі які подаються тертю, які виготовлені з конструкційних марок сталей, чавунівунних та окремих кольорових сплавів. Зміцнити матрицю та пуансони, які виготовлюються з наступних марок сталей У8, У10, У12, Х12М, ХВГ, зміцнити ріжучий інструмент виготовлених з марок сталей- Р18, Р6М5.

Лазерні технології орієнтуються на устаткування, яке у серійному виробництві, і поставляється з пакетом технологічного і технічного документування. Та передбачені до адаптації до конкретного виробництва.

Лазерні технології розраховані до прецизійної обробки металевих та неметалічних матеріалів з метою модифікувати властивості поверхневого шару: термозміцненням взамін цементації і гарту ТВЧ; легування елементами В, С, Сг, W, Ті на зміну хіміко - термічної обробки, наплавка зносостійкими, теплостійкими і корозійностійкими матеріалами.

Зміцнення матеріалів лазером застосовують на виробництві, де традиційні технології об'ємної теплової і хіміко-термічної обробки не є ефективними, трудоми і або несуть небезпеку для екології.

Лазерна обробка дає можливість: зміцнити кромки, пази, виступи, внутрішню поверхню деталей з локалізацією високої точності, на повітрі і за відсутності механічних контактів з оброблюваною поверхнею, дає

можливість досягнення твердості поверхневого шару до 60-70 HRC та глибину 0,5-1,5 мм в певних ділянках при можливості збереження міцної і в'язкої серцевини, покращити зносостійкість металів і сплавів до 3-5 разів; унеможливити вигинання деталей більш складного профілю; виключити з технологічного процесу вакуумні печі, гартівні середовища та споруди для очищення, знизити втрати наплавлявних матеріалів, а також знизити обсяги вживання води та витрати на електроенергію.

Обробка лазером відбувається за неперервних CO<sub>2</sub>-лазерах або за допомогою імпульсного твердотілого лазерного способу —КВАНТ. Лазерні устаткування у виробництві:

Газовий неперервний CO<sub>2</sub>-лазер —Латус-31,

Твердотілий імпульсний лазер —КВАНТ-18.

ЗАТ «Лазерні комплекси» займається випуском автоматизованих лазерних комплексів розкроїв на базі CO<sub>2</sub>-лазерів ТЛ-1,5 і ТЛ-2 з великим рядом розмірів столів розкроїв: від 0,8х1,2 м до 1,5х6 м.

Метод лазерного наплавлення за допомогою порошкових металевих сплавів за мінімальної термічної дії дає можливість підвищити у декілька разів працездатність деталей за високих температурних, ерозійних і інших умовах експлуатації.

**3.** В перспективі напрямком для підвищення зносостійкості деталей ДВЗ являється **метод іонно-імпульсного азотування в пульсуючій плазмі**

**тліючого розряду.** В ДВЗ автомобілів ЗИЛ 130 встановлено колінчастий вал зі сталі 45, на ДВЗ автомобілів – КамАЗ, ЯМЗ – із сталі 50Г Традиційною процес обробки сталевих колінчастих валів полягає у наступному:

1) для нормалізованих валів:

- температура нагріву в печі, °С 850-870;

- витримка в печі, хв 140;

- середовище охолодження повітря;

2) для вала поліпшеного

нагрівання під гартування, °N 800-820;  
- витримка у печі, хв 110;  
- середовище охолодження вода (20-30 °N);

- нагрів для відпуску, °N 580-610;

- витримка в печі, хв 150;

- середовище охолодження повітря.

Задля утворення якісного покриття під температурою, меншою від температури відпуску, треба мати високу енергію для потоку частинок, які скупчуються на поверхні деталі. Під час контакту з твердою поверхнею при

мікрооб'ємах поверхневого шару створюються умови, яка забезпечує утворення хімічних зв'язків за відсутності об'ємного нагрівання деталі. До вакуумної камери вводять аргонно-азотна суміш для отримання іонного потоку, який одержують з газового розряду.

При нормальних умов газ не є являється струмопровідними. Однак при високих напругах та в за умов вакууму ці ізоляційні властивості можуть змінитись. В області F-G (рис.13) вольт-амперна ця характеристика тліючого розряду являється додатною. Це область "сильнопоточного"

тліючого розряду, яку використовують як технологію для іонно-імпульсного азотування, є метастабільною і починає трансформуватись під впливом зовнішніх факторів до небажану стабільної форми – електричної дуги. Задля запобігання утворенню дуги використовують швидкодіюче

реле, як наслідок не відбувається пошкодження відновлюваної поверхні котінчастого вала.

НУБІП України

НУБІП України

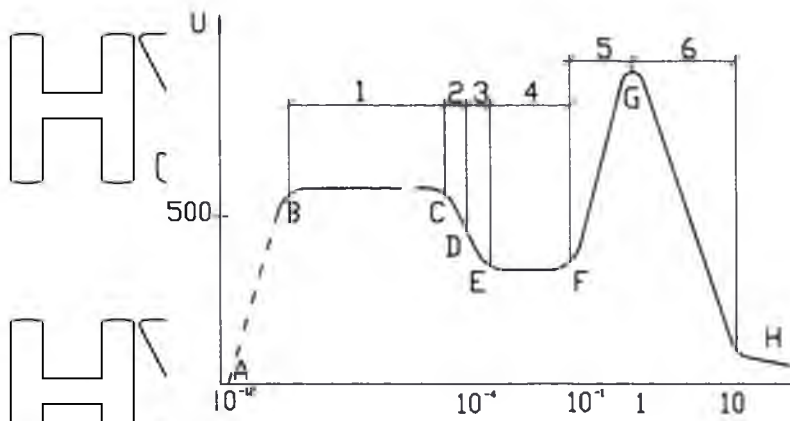


Рис 1.5 Вольт-амперна  
характеристики тліючого розряду

- 1 Розряд Таунзенда
- 2 Коронний розряд
- 3 Субнормальний тліючий-розряд
- 4 Нормальний тліючий-розряд
- 5 Аномальний тліючий-розряд
- 6 Дуговий розряд

При застосуванні випрямленого імпульсного струму утворюються залежність від місця виникання потенціалу та просторові заряди. Напряга внаслідку великої різниці маси-електронів та іонів спершу стає приблизно постійною і лише біля поверхні катода починається спад. Цей спад обумовлений інтенсивністю іонним бомбардуванням катода, дає можливість використання імпульсної плазми тліючого розряду для обробки поверхні. Збуджені атоми та молекули починають випромінювати кванти світла, як наслідок з районі катодного падіння напруги спостерігається засвітлення тліючої кромки, яка приймає форми відновленої деталі.

Для досягнення робочої температури, меншої температури відпуску, існує схема живлення, працює вона в імпульсному режимі за частоти 100Гц. Схема включає: трансформаторний блок, випрямляч-силовий, блок створення імпульсів газового розряду, систему для керування, система для вимірювання тиску і температури. Додатково до системи живлення, установку оснастити вакуумною системою, вона складається з двох вакуумних насосів та системою для подачі газів.



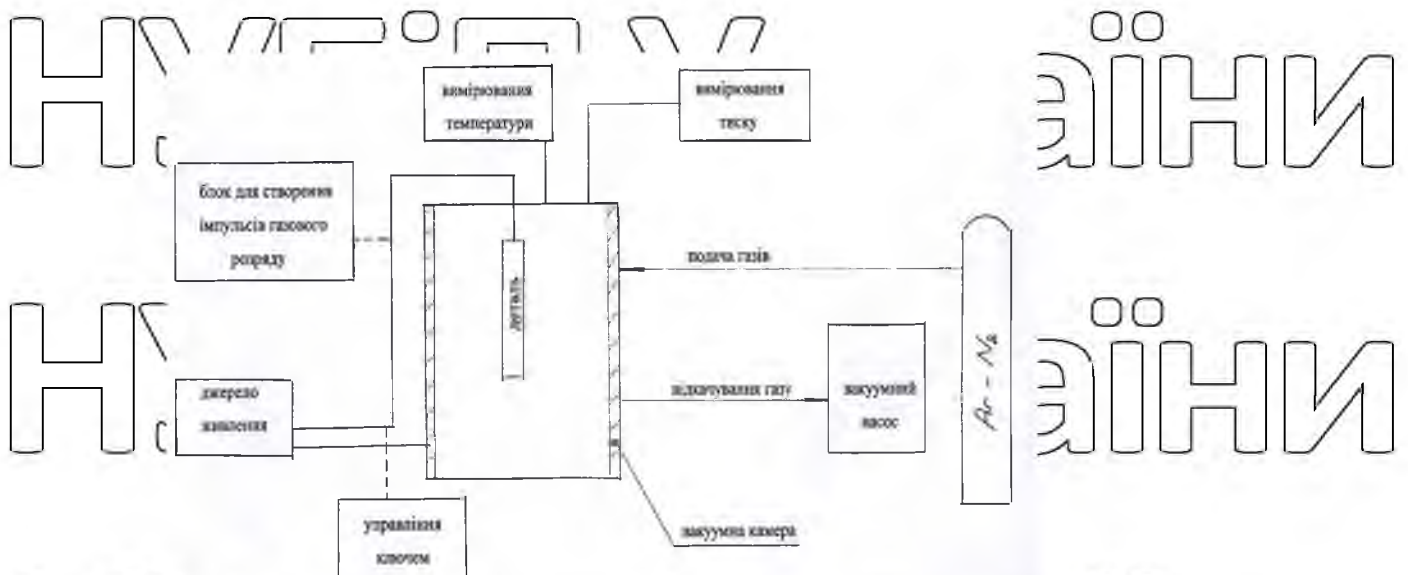


Рис. 1.6 - Блок-схема установки для іонно-імпульсного азотування

В процесі відновлення колінчастих валів серед основних параметрів нанесення покриття слід сконцентрувати увагу на наступних:

- азотований шар завтовшки - 0,2 мм;
- час процесу азотування - 8 годин;
- глибина первинного вакууму > 0,4 Па;
- тиск для роботи - 80-260 Па;
- твердість азотованого шару 550-1500 HV.

Іонно-імпульсне азотування на відміну від інших способів азотування є фінальною операцією по відновленні колінчастих валів ДВЗ і має наступні переваги:

- високу твердість поверхні після обробки;
- відсутні деформації після обробки;
- більшу зносостійкість в дновлюваній деталі;
- невисоку температуру азотування, результат чого - відсутність структурних перетворень у матеріалі;
- немає переходу тліючого розряду у дуговий;
- забезпечено дифузійним насиченням у важкодоступних місцях;



зменшення собівартості відновлення.

Але під час відновлення за цим способом особливу увагу слід зконцентрувати на підготовчому процесі поверхні. Приділяти значну увагу, перед азотуванням є необхідним видалити всі залишкові забруднюючі компоненти. Для очистки колінчастих валів необхідно застосовувати миття в мийній машині з урахуванням застосування ультразвуку.

**4. Електроерозійна (електрофізична) оброблення** в особливості міцних та важкооброблюваних матеріалів існує чотири види:

електроіскровий, електроімпульсний, анодно-механічний і електроконтактний.

Електроіскровий це обробка металу основана на руйнуванні їх дією імпульсного електричного розряду, що виникає під час проходження електричного струму. Руйнування і видалення металу проходить в результаті концентрованого тепловиділення, яке розплавляє і випаровує метал і супроводиться значною механічною ударною дією і як результат розклад рідкого середовища в зоні обробки.

Точність обробка доходить до 7-5-го квалітету при умові знімання припуску в декількох операціях. Попереднь обробка проводиця з грубими електричними режимами (високою енергією імпульсу, малою частотою), це забезпечує високе знімання припуску за низької точності обробки і значною шорсткістю поверхні.

Електроіскровий метод дозволяє обробляти всі струмопровідні матеріали всіх твердостей. Це дозволяє проводити обробку отворів різних перетинів, щілин або прорізів у розмірі 0,15..0,3 мм, а також проводити заточування і зміцнення інструментів, проводити шлифування і ін.

Електроімпульсна обробка відрізняється від електроіскрової великою тривалістю та потужністю імпульсного розряду і кількома відмінностями його формування. Цей метод широко застосований для виготовлення і

ремонт прес-форм для процесу литва під тиском, штамнів гарячого штамдування і ін.

Анодно-механічну обробку металів проводять тепловою і хімічною дією електричного струму між електродами, занурюючи в рідке робоче середовище (17). Для проведення короткочасних розрядів використовують швидкий перенос інструменту відносно до оброблюваної заготовки. До інструменту належить металевий диск, який обертається, металева стрічка чи дріт. Заготовка 1, з'єднана з позитивним полюсом (анод), та інструмент 4 - з від'ємним (катод).

На робочій поверхні наявні пазу 2, які сприяють видаленню продукту ерозії з області обробки. Під впливом електричного струму та робочого середовища на поверхні анода відбувається утворення плівки, електричний опір якої набагато вищий за шар опору робочої рідини. Ця плівка починає перешкоджати безпосередньому контакту інструменту до оброблюваної заготовки. Анодно-механічну обробку використовують для чорнових операцій з урахуванням зняття значних припусків і для завершальних операцій. В якості робочої рідини використовується рідке скло, яке розбавляється водою для досягнення щільності 1360... 1380 кг/м<sup>3</sup>. Вказаним методом можливо різати прокат і здійснювати прорізання пазів, з забезпеченням шорсткості поверхні на рівні Ra = 6,3 мкм та точність 9-11 квалітету.

Електроконтакту обробку здійснюють за допомогою короткочасних розрядів, які створюють за допомогою швидкого перемщення інструментів відносно до деталі яка піддається обробці за відсутності електроліту. Швидкість інструменту в 2,5...3 рази вище, в порівнянні з анодно-механічною обробкою. Поверхня стає грубою (шорсткість складає 50 мкм).

### **5. Принципи процесу надзвукового напилення плазмою**

Закцентуємо увагу на окремих характерних рисах плазмового напилювання з використанням надзвукових струменів, зважаючи що цей

метод являє найбільш передовим і налічує ряд істотних переваг. Внесення метану або пропан-бутану у повітря, експлуатація газоповітряної суміші в як плазмо утворюючий газ, здійснює високотемпературну ділянку плазмового струменя, за якого відбувається процес нагрівання й прискорення часток порошку, більш протяжним, а профіль температури і швидкості більше заповненим. Це бере вирішальну роль у покращенні якісних показників покриття і підвищує продуктивність процесу напилювання.

Розглянемо вплив різноманітних факторів процесу (витрата порошку; умови для напилювання; зношування електродів) при надзвуковому газоповітряної плазмовому напиленні порошків із суттєво різними теплофізичними властивостями: алюмінієвий сплав і оксид алюмінію - на якість покриттів.

Перевагами технології напилювання є:

1. Здійснювати нанесення покриття на виріб, виготовлений з будь-якого матеріалу.
2. Здатність напилювати різні матеріали з використанням одного обладнання.
3. Відсутні обмеження щодо розмірності виробів для обробки. Можливість напилити як на велику площу, так і на обмежені ділянки великих виробів.
4. Властивість застосування задля збільшення розміру деталі (відновити та провести ремонт зношених деталей машин).
5. Достатньо проста конструкція обладнання для здійснення напилювання, не велика маса, нескладний в експлуатації обладнання для напилювання, можливість легкого переміщення.
6. Використання для широкого вибору матеріалів для напилювання.
7. Незначне деформування виробів під час напилювання. Велика кількість способів для поверхневої обробки виробу, вимагають нагрівання

до високої температури всього виробу чи великої його частини, що часто стає причиною деформування.

8. Здатність напилення для виготовлення деталей за різної форми.

9. Простота технологія напилювання, невелика трудомісткість, висока продуктивність роботи.

10. Не вимагає спеціальну дорогу обробку (очищення) виробів, які забруднюють навколишнє середовище, на відміну від засобів очищення і нейтралізації при гальванічних видах обробки виробів.

Процес напилювання має деякі особливості, знання яких потрібне для правильності при виборі технології нанесення покриття для кожного окремого випадку. Для визначення оптимального способу нанесення покриття є необхідність врахування форм і розмірів виробу та вимоги, що відносять до точності нанесення покриття, його експлуатаційних властивостей; розмір витрат на основні і допоміжні засоби, матеріали і гази для наплавлення, до попередньої і остаточної обробки покриттів; також умови праці та інші виробничі фактори соціального характеру.

Установка для плазмового напилення налічує наступні основні елементи: інструмент для плазмового напилення (плазмотрон); джерело енергопостачання, газопостачальна система; система для водяного охолодження, регульовальна система для параметрів робочого режиму, напилювальна система подачі матеріалу (порошку та дроту), очищувальна машина, шкаф для сушіння, абразивна установка, станок для копіювання-шліфування. Додатково може включати робочу камеру з системою вентиляції і пилевловлювання, засоби для механізації переміщень плазмотрона і деталі.

Основним елементом всіх плазмових установок це: плазмотрон (плазмовий розпилувач), джерело живлення для дуги, газоживлювальна система, живильний дозатор та система подачі розпалюваного матеріалу в цілому, охолоджувальна система з пультом керування. До основних

елементів кожної установки додаються пристрої, які приводять до руху деталі, глушать шуми та системи вентиляції.

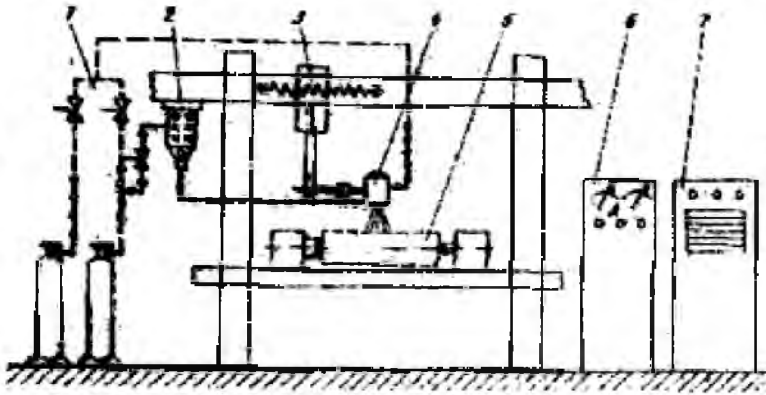


Рис. 1.6. Блок-схема установки плазмового напилення: 1 - Газопостачальна система; 2 - механізм для подачі матеріалу напилювання; 3 - механізм для пересування плазмотрона; 4 - розпилювач; 5 - виріб, на який наносиця покриття, та система для його руху; 6 - пульт для керування; 7 - джерело живлення дуги.

Для газо-термічного напилення в виробничих умовах є необхідність здійснення взаємного пересування пальника і деталі. Параметр цього переміщення це – швидкість, дистанція напилення (відстань від пальника до деталі), кут зустрічі напилювального потоку відносно до поверхні, яка падає на обробці – мають витримувати у процесі напилення і точно відтворюватися від деталі до деталі. Для виконання цих вимог використовується спеціалізована технологічна оснастка.

**б) Дискретне зміцнення.** Самим розповсюдженим є метод електроіскрового легування, суть полягає у переносі металу з анода на катод у момент кої між ними відбувається іскровий розряд. Паралельно під час переносу металу під час розряду стаєця макролегування на приповерхневій зоні деталі, що призводить до змін хімічного складу та механічних властивостей матеріалу в плямі контакту з електродом.

Щоб здійснити дискретне зміцнення колінчастого вала була проведена модернізація базового обладнання "Дискрет-04", було розроблено технологічне оснащення, що дозволило виконувати зміцнення корінних і шатунних шийок з однієї установки вала, визначені методики дослідження металографічних і триботехнічних характеристик, а також втомної міцності матеріалів деталей.

Щоб провести дослідження для визначення впливу дискретного зміцнення на механічну і триботехнічну властивість сталі 42ХМФА і високоміцного легованого чавуну з кулястим графітом, модифікованого Mg, зміцнених за допомогою використання електрода зі сталі 08Х18Н10Т товщиною  $S = 1$  мм, було проведено комплексне дослідження, і було виявлено, що величина струму розряду  $I_p$  значно впливає на мікротвердість матеріалу зміцненої зони. Було встановлено, що в процесі проведення дискретної обробки за величини струму розряду  $I_p = 60-70$  А було забезпечено збереження стабільності механічних властивостей зміцнених зон деталі.

В процесі дослідження впливу величини дискретності  $\phi$  на коефіцієнт тертя  $f$  показав, що він показує найменші величини зі значенням  $\phi = 50-70$  %. Подальші спроби збільшення дискретності не дає зниження коефіцієнту тертя (рис. 20).

Металографічне аналізування зразків в результаті дискретного зміцнення виявив, що у приповерхневому шарі були виділені ділянки, які помітно відрізняються від основного матеріалу.

Переваги: 1. При застосуванні запропонованого нового способу для обробки - дискретного зміцнення робочих поверхонь шийок колінчастих валів, виготовлених з чавуну та сталей, визначається підвищує зносостійкості і ремонтпридатності.

2. Дискретне зміцнення корінних і шатунних шийок колінчастих валів показує (у порівнянні з стандартними способами зміцнення) високі показники триботехнічних характеристик пари тертя.

3. Встановлено, що дискретне зміцнення колінчастого вала не призводить до зниження втомної міцності.

#### 1.4. Завдання магістерської роботи.

Щоб вирішити поставлене у магістерській роботі завдання необхідно

розв'язати наступні задачі:

- провести аналіз можливих методів відновлення колінчастого валу;
- розкрити фізичну суть та надати кількісну характеристику пошкоджень;
- на основі проведених дослідів скласти ефективний і задовільняючий вимоги технологічний процес по ремонту колінчастих валів, який дав би перспективу на міжремонтний ресурс не нижче ресурсу нових деталей;
- скласти технологічний план дільниці для ремонту колінчастих валів;
- розробити заходи з охорони праці по дільниці ремонту колінчастих валів, які б організували безпечну роботу працівників при відновленні колінчастих валів;
- зробити обґрунтування економічності доцільності розробки технологічного процесу ремонту колінчастих валів за запропонованою техн

## **2. ДОСЛІДЖЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ КОЛІНЧАСТИХ ВАЛІВ.**

### **2.1. Розгляд пошкоджень колінчастих валів.**

#### **2.1.1. Методика проведення досліджень.**

Процес вивчення пошкоджень на поверхнях колінчастих валів, що надходять до ремонтної дільниці здійснюють по методиці, яка є розробкою працівників кафедри надійності і ремонту Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Предметом дослідження були 50 колінчастих валів, що надходили у ремонт до Канівського спеціалізованого ремонтного підприємства Канівагротехсервіс по ремонту колінчастих валів.

На основі дослідження було визначено коефіцієнти повторності дефектів.

#### **2.1.2. Розкриття фізичної суті пошкоджень.**

Фізична суть пошкоджень була розкрита на основі Державного стандарту по класифікації пошкоджень деталей сільськогосподарських машин та по Державному стандарту з забезпечення зносостійкості виробів.

#### **2.1.3. Розгляд статистики зносу робочих поверхонь у валів.**

Величину зносу по робочим поверхням колінчастих валів була розглянута як стохастична величина. Знос був визначений за допомогою проведеного мікрометражу, а обробітки експериментальних даних були здійснені за методом математичної статистики.

Були визначені наступні показники статистики зношування:

- середньої величини зношування робочих поверхонь;
- середньоквадратичне відхилення розмірів;
- коефіцієнт варіації досліджених результатів досліду.



На основі проведення розрахунків був визначений теоретичний закон розподілу.

### 2.1.4. Обґрунтування граничних та допустимих зносів при ремонті поверхонь колінчастих валів.

Обґрунтування граничного та допустимого при ремонті зносів поверхонь колінчастого валу здійснювався за методом Держ НДТІ. Граничний і допустимий знос був визначений відповідно до кореляційних залежностей, в яких були враховувані розміри деталей та точність виготовлення.

## 2.2. Результати аналізу і досліджень.

### 2.2.1. Дослідження пошкодження поверхонь колінчастих валів, під час ремонту.

Розрахунок параметрів зносу корінних шийок колінчастого валу.

Інтервал, мм	Середина інтервала, мм	Частота	$K_1 = 48$	$K_2 = 16$
0,04...0,07	0,055	16	18	18
0,07...0,10	0,085	10	40	-
0,10...0,13	0,115	8	-	-
0,13...0,16	0,145	4	10	-
0,16...0,19	0,175	4	8	18
0,19...0,21	0,20	4	6	10
0,21...0,24	0,225	2	4	8
0,24...0,27	0,255	2	2	2
$A = 0,03$	$\delta_c = 0,145$	$\Sigma = 50$	$L_1 = 34$	$L_2 = 40$

$$\bar{x} = 0,14; \quad \sigma = 0,06; \quad V = 0,43; \quad T3P = 3PB$$

$$M_1 = K_1 - L_1 = 48 - 34 = 12$$

$$M_2 = K_1 + L_1 + 2K_2 + 2L_2 = 48 + 34 + 32 + 80 = 194$$

$$\bar{x} = \delta_c - AM_1 / N = 0,14$$

$$\sigma = A \sqrt{\frac{M_2 - \frac{M_1^2}{N}}{N}} = 0,06$$

$$V = \sigma / \bar{x} = 0,06 / 0,14 = 0,43$$

Розрахунок параметрів зносу шатунних шийок колінчастого валу.

Інтервал, мм	Середина інтервала, мм	Частота	$K_1 = 44$	$K_2 = 29$
0,08...0,12	0,10	4	2	2
0,12...0,16	0,14	2	6	8
0,16...0,20	0,18	7	11	17
0,20...0,24	0,22	7	25	-
0,24...0,28	0,26	16	-	-
0,28...0,32	0,30	8	16	-
0,32...0,36	0,34	5	8	10
0,36...0,40	0,38	1	1	1
$A = 0,04$	$\delta_c = 0,26$	$\Sigma = 50$	$L_1 = 25$	$L_2 = 10$

$$\bar{x} = 0,24; \quad \sigma = 0,067; \quad V = 0,28 \quad T3P = 3HP$$

$$M_1 = K_1 - L_1 = 44 - 25 = 19$$

$$M_2 = K_1 + L_1 + 2K_2 + 2L_2 = 44 + 25 + 58 + 20 = 147$$

$$\bar{x} = \delta_c - AM_1 / N = 0,24$$

$$\sigma = A \sqrt{\frac{M_2 - \frac{M_1^2}{N}}{N}} = 0,067$$

$$y = \sigma / \bar{x} = 0,28$$

Показники з пошкоджень колінчастих валів, що надходили до ремонтної

дільниці наведено в таблиці 2.1. та графічно зображені у графічній частини.

Було встановлено, що до ремонту надходили колінчасті вали, які мали наведенні нижче пошкодження пошкодження:

1. Вигин валу.
2. Зношений зовнішня поверхня фланця.
3. Биття торцевої поверхні фланця.
4. Зношені маслосгонні канавки.
5. Зношені отвори під болти кріплення маховика.
6. Зношення корінних або шатунних шийок.
7. Зношення шийок під шестерню і маточину шківів.
8. Зношення шпоночної канавки до ширини.

# НУБІП України

- 9 Збільшена довжина передньої корінної шийки.  
 10 Збільшення довжини шатунної шийки.

Таблиця 2.1.

## Пошкодження поверхонь колінчастих валів.

№ п.п.	Вид пошкодження поверхні	Кількість дефектів	Коефіцієнт повторності дефекту
1	Вигин валу	2	0,04
2	Знос зовнішньої поверхні фланця	10	0,2
3	Биття торцевої поверхні фланця	5	0,1
4	Знос маслосгонних канавок	25	0,5
5	Знос отворів під болти кріплення маховика	5	0,1
6	Знос корінних або шатунних шийок	45	0,9
7	Знос шийки під шестерню і маточину шківів	20	0,4
8	Знос шпоночної канавки по ширині	25	0,5
9	Збільшення довжини передньої корінної шийки	20	0,4
10	Збільшення довжини шатунної шийки	15	0,3

## 2.2.2. Визначення суті фізичних пошкоджень поверхонь валів.

Інформація про фізичну суть пошкоджень колінчастих валів наведено в таблиці 2.2.

# НУБІП України

Таблиця 2.2.

# Проще дослідження пошкоджень робочих поверхонь колінчастих валів.

Вид пошкоджень	Вид зношування та руйнування	Причина пошкодження	Механізм пошкодження	Характер прояви
1	2	3	4	5
Вигин колінчастого валу	Втомлюваний знос	Велике навантаження через силу тиску газів та сили інерції.	Виникнення прогину в певному місці вала	Зміна геометричних параметрів (порушення площинності)
Руйнування різьби отворів кріплення	Деформація та руйнування при розби-рально-складальних роботах	Недотримка до вимог ремонту при проведенні розби-рально-складальних робіт	Руйнування, злизання різьби.	Порушення цілісності суцільності різьби
Тріщини	Знос спричинений втомленістю	Засмічення мастильного фільтра. Робота двигуна з брудним мастилом. Недостатній рівень мастила в картері. Неякісна олива.	Виникн. Мікротріщин та зростання до макророзмірів	Порушена цілісності поверхонь
Сильне зношення та задири на поверхнях корінних шатунних шийок	Абразивне зношування	Потрапляння до мастила палива, призведення до розпаду мастила; засмічення мастильного фільтра; робота двигуна на брудному мастилі; сильний перегрівання, що призвело до розпаду мастила;	Виникнення задири	Порушення цілісності суцільності
Сильний зношення торцевих поверхонь підшипники колінчастого валу.	Фретинг-кородування	Мікропереміщення внутрішніх обоим півкільць, підшипників.		Зміна діаметру посадочних місць під (підшип.)
Подряпини на поверхнях корінних шатунних шийок	Абразивне зношування	Великий пробіг двигуна; потрапляння сторонніх предметів до моторного мастила.	Виникнення подряпин.	Порушена структура (шорсткос.)

Відпрацювання та подряпини на поверхнях під сальниками колінчастого валу.	Абразивне зношування	Тривалість роботи двигуна; потрапляння сторонніх предметів в моторне мастило; неохайна обходження з колінчастим валом під час заміни сальника	Вицвіклини	Порушення структури
Руйнація шпонкових пазів та посадочних місць під штифти та втулки.	Аварія	Невірна затяжка зеднань, які кріплять маховик до валу; биття шківів; наслідок аварії, при якій відбулася деформація моторного відсіку.		Зміна розмірів або руйнування пазу під штифти та втулки
Биття торцевої поверхні фланця.		викликана або недостатнім тиском і подачею масла, або недопустимо збільшеними зазорами між шийками колінчастого валу і вкладками корінних і шатунних підшипників через зношування цих деталей		Стукання
Адоовження шатунної шийки		нерівномірний розподіл навантаження по довжині, похиле розташування каналів для змащення шийок, перекис деталей шатунно-поршневої групи.		Зношення шийок та конус

### 2.2.3. Досліди зносу робочих поверхонь колінчастих валів.

Інформація щодо зносу робочих поверхонь колінчастих валів наведено в таблиці 2.3. та таблиці 2.4. До цього результати досліджень зображені на листі графічної частини.

В результатах проведених досліджень було встановлено, що зношення поверхонь корінних шийок, які надходять до ремонту змінюється в межах від 0,04 мм до 0,027 мм. До цього середнім значенням зносу встановлено 0,14 мм, а середнє-квадратичне – 0,06 мм. Коефіцієнтом варіації по встановленному параметру складає 0,43. Це дає підставу до твердження того що зношення торцевих поверхонь кришок підпадає під теоретичний закон розподілу Вейбула.

Було Проведено розрахунок параметрів  $a$  і  $b$  за теоретичним законом розподілу Вейбула :

$$a = 1,11(x_{cp} - t_{зм}) = 1,11 (0,14 - 0,03) = 0,12 \text{ мм,}$$

$$b = 2.5 \text{ мм; (згідно з таблицею розподілу Вейбула)}$$

Рівняння розподілу має вигляд:

$$f(t) = \frac{b}{a} \left(\frac{t}{a}\right)^{b-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right]; \quad (2.1.)$$

Підставляючи значення  $a$  і  $b$  отримали

$$f(t) = \frac{2,5}{0,12} \left(\frac{t}{0,12}\right)^{2,5-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{0,12}\right)^{2,5}\right]; \quad (2.2.)$$

Внаслідок відповідних перетворень отримали.

$$f(t) = 20,8 \left(\frac{0,12}{t}\right)^{1,5} \exp\left[-\left(\frac{t}{0,12}\right)^{2,5}\right].$$

Таблиця 2.3.

Зношення поверхонь корінних шийок.

Найменування параметра	Позначення	Величина
Середнє значення зносу, мм	$\bar{x}$	0,14
Середньоквадратичне відхилення, мм	$\Sigma$	0,06
Коефіцієнт варіації	$v$	0,43
Теоретичний закон розподілу	ТЗР	ЗРВ

Під час дослідження було визначено, що причина зношення корінних і шатунних шийок колінчастого вала в переважній кількості випадків являється природним спрацюванням в результаті тертя контактуючих пар.

Зношення шийок вала змінює і геометрію форм і стає у вигляді овалу й конусу.

Величиною зношення шатунних шийок становить 0,08...0,40 мм. Проте середнє значення зносу становить 0,24мм, середньоквадратичне відхилення становить 0,067 мм, а коефіцієнт варіації становить 0,28.

Теоретичним закон розподілу ТЗР

при  $V \leq 0,35$ , а в нашому випадку  $0,24 < 0,35$  прийнято ЗНР.

Зношення шатунних шийок розподіляється згідно ЗНР.

Рівняння ЗНР:

$$f(t) = \frac{1}{G\sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left(-\frac{(t-\bar{t})^2}{2G^2}\right) \quad (2.4.)$$

Результатами дослідження зношення робочих поверхонь корінних і шатунних шийок використовують в якості винаходження перспектив у технологічних процесах відновлення колінчастих валів.

Таблиця 2.4.

Зношення місць для посадки кришки для підшипника.

Найменування параметра	Позначення	Величина
Середнє значення зношен., мм	$\bar{x}$	0,24
Середньоквадратичне відхилення, мм	$\sigma$	0,067
Коефіцієнт варіації	$v$	0,28
Теоретичний закон розподілу	ТЗР	ЗНР

#### 2.2.4. Обґрунтування граничного і допустимого зносу робочих

поверхонь колінчастого валу.

Процес розрахунку граничного та допустимого при ремонті зношені, розмірів, зазорів у з'єднанні поверхонь посадочних місць під вкладиш зовнішня обойма вкладиша вводиця наступною послідовністю.

### Деф.1

$$D = 60^{+0,020}_{+0,008}$$

$$d = 60^{-0,013}$$

$$E_S = 0,020$$

$$D_{\min} = 60,008$$

$$E_I = 0,008$$

$$D_{\max} = 60,020$$

$$e_s = 0$$

$$d_{\min} = 59,987$$

$$e_i = 0,013$$

$$d_{\max} = 60,000$$

### Розрахунок:

#### 1. Номінальні зазори і натяг з'єднання

$$N_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = 60,008 - 60,00 = 0,008 \text{ мм,}$$

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 60,020 - 59,987 = 0,033 \text{ мм.}$$

#### 2. Допуски

$$T_D = E_S - E_I = 0,020 - 0,008 = 0,012 \text{ мм,}$$

$$T_d = e_s - e_i = 0 - (-0,013) = 0,013 \text{ мм.}$$

#### 3. Допуски посадки

$$T_{SK} = T_D + T_d = 0,012 + 0,013 = 0,025 \text{ мм.}$$

#### 4. Граничний і допустимий поверхневий знос

$$I_{s_{\text{пр}}} = 60 + 0,1 \cdot D + 2,4 \cdot T_{SK} = 60 + 0,1 \cdot 60 + 2,4 \cdot 25 = 126 \text{ мкм} = 0,126 \text{ мм;}$$

$$I_{s_{\text{доп}}} = 10 + 0,1 \cdot D + 1,5 \cdot T_{SK} = 10 + 0,1 \cdot 60 + 1,5 \cdot 25 = 53,5 \text{ мкм} = 0,0535 \text{ мм;}$$

#### 5. Граничний і допустимі зноси вкладиша

$$I_{D_{\text{пр}}} = \frac{T_D}{T_{SK}} I_{s_{\text{пр}}} = \frac{0,012}{0,025} * 0,126 = 0,06 \text{ мм.}$$

$$I_{D_{\text{доп}}} = \frac{T_D}{T_{SK}} I_{s_{\text{доп}}} = \frac{0,012}{0,025} * 0,0535 = 0,026 \text{ мм.}$$



6. Граничний і допустимий знос шатунної шийки

$$I_{d_{\text{пр}}} = \frac{T_d}{T_{SK}} I_{S_{\text{пр}}} = \frac{0,013}{0,025} * 0,126 = 0,065 \text{ мм.}$$
$$I_{d_{\text{доп}}} = \frac{T_d}{T_{SK}} I_{S_{\text{доп}}} = \frac{0,013}{0,025} * 0,0535 = 0,028 \text{ мм.}$$

7. Граничний і допустимий при ремонті зазори в спряженні

$$S_{\text{пр}} = I_{S_{\text{пр}}} - N_{\text{макс}} = 0,126 - 0,008 = 0,118 \text{ мм.}$$
$$S_{\text{доп}} = I_{S_{\text{доп}}} - N_{\text{макс}} = 0,0535 - 0,008 = 0,0455 \text{ мм.}$$

**Деф.2**

$$D = 70^{+0,010}_{+0,015}$$

$$d = 70^{-0,013}$$

$$E_s = 0,010$$

$$E_l = 0,015$$

$$e_s = 0$$

$$e_l = -0,013$$

$$D_{\text{мін}} = 70,010$$

$$D_{\text{макс}} = 70,015$$

$$d_{\text{мін}} = 69,987$$

$$d_{\text{макс}} = 70,000$$

**Розрахунок:**

1. Номінальний зазор і натяг в з'єднанні

$$N_{\text{макс}} = D_{\text{мін}} - d_{\text{макс}} = 70,010 - 70,00 = 0,010 \text{ мм.}$$

$$S_{\text{макс}} = D_{\text{макс}} - d_{\text{мін}} = 70,015 - 69,987 = 0,028 \text{ мм.}$$

2. Допуски

$$T_D = E_s - E_l = 0,010 - 0,015 = -0,005 \text{ мм,}$$

$$T_d = e_s - e_l = 0 - (-0,013) = 0,013 \text{ мм.}$$

3. Допуск посадки

$$T_{SK} = T_D + T_d = -0,005 + 0,013 = 0,008 \text{ мм.}$$

4. Граничний і допустимий знос поверхні

$$I_{S_{\text{пр}}} = 60 + 0,1 \cdot D + 2,4 \cdot T_{SK} = 60 + 0,1 \cdot 70 + 2,4 \cdot 8 = 86,2 \text{ мкм} = 0,0862 \text{ мм};$$

$$I_{S_{\text{доп}}} = 10 + 0,1 \cdot D + 1,5 \cdot T_{SK} = 10 + 0,1 \cdot 70 + 1,5 \cdot 8 = 29 \text{ мкм} = 0,029 \text{ мм};$$

5. Граничний і допустимий знос вкладища

$$I_{D_{пр}} = \frac{T_D}{T_{SK}} I_{S_{пр}} = \frac{-0,005}{0,008} * 0,0862 = -0,054 \text{ мм.}$$

$$I_{D_{доп}} = \frac{T_D}{T_{SK}} I_{S_{доп}} = \frac{-0,005}{0,008} * 0,029 = -0,018 \text{ мм.}$$

6. Граничний і допустимий знос корінної шийки

$$I_{d_{пр}} = \frac{T_d}{T_{SK}} I_{S_{пр}} = \frac{0,013}{0,008} * 0,0862 = 0,14 \text{ мм.}$$

$$I_{d_{доп}} = \frac{T_d}{T_{SK}} I_{S_{доп}} = \frac{0,013}{0,008} * 0,029 = 0,047 \text{ мм.}$$

7. Граничний і допустимий при ремонті зазора в спряженні

$$S_{пр} = I_{S_{пр}} - N_{макс} = 0,0862 - 0,010 = 0,0852 \text{ мм.}$$

$$S_{доп} = I_{S_{доп}} - N_{макс} = 0,029 - 0,010 = 0,009 \text{ мм.}$$

Результатом теоретичних досліджень граничних і припустимих зносів поверхонь колінчастого валу ми навели в таблиці 2.5.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

№ з'єднання	Найменування і позначення деталі	Найменування і розміри робочих поверхонь з полем допуску, мм	Посадка за кресленням, натяг (-), зазор (+)	Допуск, мм		Допустимий і граничний зноси, мм	Коеф. перерозподілу зношення	Допустимі і граничні		
				розміру	Посадка			зношення деталей, мм	розміри деталей, мм	Зазори в з'єднанні, мм
1	Шатунна шийка	Поверхня посадочного місця під вкладиш Д=60 <sub>-0,013</sub>	+0,008 +0,033	0,012	0,025	$\frac{0,0535}{0,126}$	1	$\frac{0,028}{0,065}$	$\frac{59,972}{59,922}$	$\frac{0,0455}{0,118}$
	Вкладиш шатунний	Вкладиш Д=60 <sup>+0,020</sup> <sub>+0,008</sub>		0,013				$\frac{0,026}{0,06}$	$\frac{59,994}{59,927}$	
	Корінна шийка	Поверхня для посадочного місця під вкладиш Д=70 <sub>-0,013</sub>	+0,010 +0,028	-0,05	0,008	$\frac{0,029}{0,0862}$		$\frac{0,047}{0,14}$	$\frac{69,962}{69,971}$	$\frac{0,009}{0,0852}$
	Корінний Вкладиш	Вкладиш Д=70 <sup>+0,010</sup> <sub>+0,015</sub>		0,013			$\frac{0,018}{0,054}$	$\frac{70,001}{70,046}$		

За результатами проведених розрахунків було встановлено, що допустимою і граничною величиною зношення шатунної шийки зі з'єднанням з вкладишем встановлено 0,0532мм і 0,126мм. Натомість граничне і допустиме зношення шатунної шийки становить 0,065мм і 0,028мм, і відповідно вкладиша 0,06мм і 0,026мм. Величина допустимого та граничного зазору у з'єднанні повинна становити: 0,0455 і 0,118мм.

Величиною допустимого та граничного зношення корінної шийки у з'єднанні з вкладишем складає 0,029мм і 0,0862мм відповідно. В такому випадку величина допустимого зношення корінної шийки повинна складати 0,047мм, і

граничного – 0,14мм. Припустиме та граничне зношення у зовнішній обоймі вкладиша мають складати відповідно 0,018мм та 0,054мм. Величиною граничного та допустимого зазору з'єднання повинна бути 0,009мм і 0,0852мм.

Обґрунтувавши допустиму та граничну розміри при роботі під шатунний вкладиш, які становлять 59,972 мм та 59,922 мм. Відповідні розміри вкладиша відповідають 59,994 мм та 59,927мм.

Тому допустимим та граничним в процесі ремонту розміри отворів під корінний вкладиш, котрий складає 69,962мм та 69,971мм. Відповідними розмірами для обойми вкладиша становлять 70,001мм та 70,046мм.

Результатом дослідження передбачено використання для уточнення карт дефектації для колінчастих валів та таблиці монтажних спряжень для з'єднання шийка-вкладиш.

### 3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА



#### 3.1. Технічні умови для відновлення колінчатих валів двигуна Д – 240

- Правка вала під час процесу механічної обробки і після гартування СВЧ не допустиме. Допустима правка у випадку лише після накатки галтелі. Стрілка прогинання вала від продовж правки повинна має відповідати не більше як 1мм.

Під час шліфування шатунних шийок є необхідність зберігання початкового радіусу кривошипа ( $62,5 \pm 0,04$  мм) і ( $4 \pm 0,02$  мм).

- Шорсткість оброблених поверхонь шатунних і корінних шийок має відповідати до  $Ra \leq 0,32$  мкм.

- Допуск округлості і профілю вздовжнього перерізу шатунних та корінних шийок становить 0,01 мм.

- Твердість поверхні шийок після шліфування має складати не менше як 46HRC<sub>э</sub>. Гартування галтелей не допустиме. Після процесу шліфування під ремонтні розміри биття середніх корінних шийок відносно до крайніх не має перевищувати 0,07 мм (норма до нових валів - 0,03 мм).

- Відхил від паралельності утворюючих поверхонь шатунних шийок є відносною до вісі валу, встановлених до крайніх корінних шийок, не має перевищувати 0,03 мм на довжині 100 мм.

- Зміщення всіх шатунних шийок відносно до діаметральної площини 1-ої корінної і 1-ої шатунної шийок (розвалена шийок) після перешліфування не має перевищувати 0,3 мм.

- Биття циліндричних і торцевих поверхонь фланця кріплення маховика на крайніх точках відносно до поверхонь крайніх корінних шийок допустиме до 0,05 мм (по відношенню нового колінчатого валу - не має перевищувати 0,03 мм).

- Трубки мають бути досить щільно спресовані до шатунних шийок колінчатого валу; люфт у трубках не допускається. Краї розвальцьованих трубок мають втоплюватись відносно до поверхонь шийок на 1,3 мм.

- Заглушки мають закласти до різьб і не менше чим на 2мм і мають бути зашплінтованні.

- Зубчасте колесо колінчатого валу має бути напресованим міткою на зовнішню до упору в торець корінної шийки вала,

- Колінчаті вал мають бути динамічно збалансованими способом зняття металу з периферії лобових шок. Залишковий допустимий дисбаланс в межах 900гмм на кожному кінці вала.

Колінчатий вал в зборі з противагами балансувати динамічно. Маса коректувати свердлінням противаг в радіальному напрямку отворів діаметром 10мм на глибину не більше 25мм. Залишковий дисбаланс не більше 650гмм на кожному кінці вала.

Колінчаті вали в процесі кінцевої обробки мають бути перевірені за допомогою магнітного дефектоскопа на відсутність дефектів на поверхні по технологічній інструкції ТИ 212-59-74 і ТИ 150.12.700.252.03.92.001. Після пробірки колінчатий вал необхідно розмагнітити.

### 3.2. Методи відновлення поверхонь

З основних методів відновлення спрацьованих поверхонь в нашому випадку є наступні способи: вібродугове наплавлення з автоматизованим наплавленням з віброючим електродом. Опрація наплавки можна відбуватись на повітрі, та у середовищі захищеного газу і рідини. Для отримання необхідної твердисть поверхні обираємо найбільш розповсюджений спосіб вібродугового наплавлення у рідині.

Схема вібродугової наплавки показана на рис. 3.1

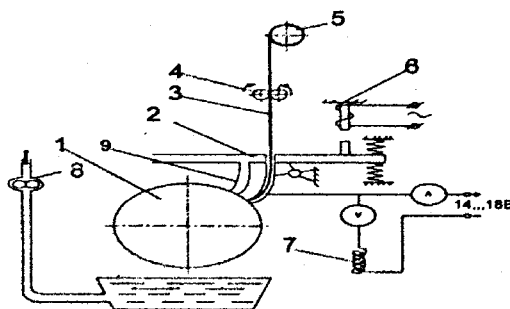


Рис.3.1 - Схема вібродугової наплавлення у рідині.

1 - деталь, 2 - вібрувальний мундштук, 3 - електродний дріт; 4 - ролики подавання; 5 - касета; 6 - вібратор; 7 - самоіндукційна котушка; 8 - насос; 9 - канал для охолоджуючої рідини.

Для подавання електродного дроту 3 до зони дугових розрядів і створення вібрації застосовується наплавні головки. Наплавні головки встановлюються на супорті токарних станків. Дріт до мундштука подається з допомогою подавальних роликів. Вібрація електродного дроту з амплітудою 1...3мм з частотою 50...110Гц реалізується за допомогою електромагнітних або механічних вібраторів.

Вібродугова наплавка проводиця за постійного струму 14...20В за зворотної полярності. До кола послідовно включається регульовальний індуктивний опір.

Рідину для охолодження подають за допомогою насоса.

Перебіг процесу вібродугової наплавки включає три періоди, яке послідовно повторюється.

- коротке замикання;
- горіння дуги;
- холостий хід;

Під час горіння дуги відбувається виділення основної частини енергії (80...95%) це плавлення електроду. Час горіння дуги складає 4...10сек. За цей час на торці електрода відбувається нагромадження розплавленого метал воно має вигляд напівкаплі. У кінці процесу горіння дуги з'єднується разом з ванночкою і

відбувається період короткого замикання. У цей період струм у ланцюзі починає збільшуватися, індуктивність починає нагромаджувати енергію, а електрод міняє напрямок і відривається від зварювальної ванни - починається горіння дуги

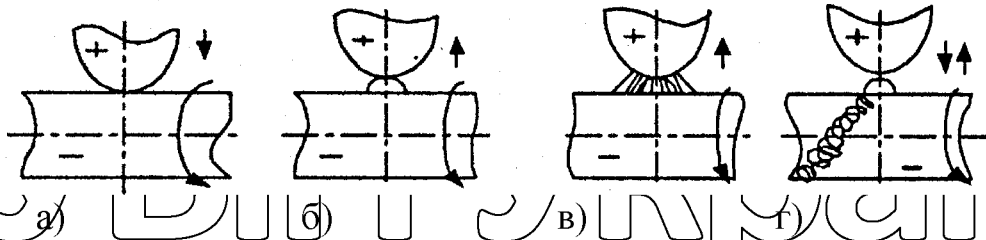


Рис. 3.2 – Схеми для формування валика за вібродугового наплавлення.

а) замикання коротке; б) відривання електроду; в) загорання дуги; г) холостий хід;

Процес падіння струму, індуктивне коло віддає енергію, у колі відбувається виникнення електрорушійної сили (самоіндукції), спричиняється збільшення напруги на електрода.

У такому випадку, за відносно низької напруги джерело (12-22В) дугового розряду перебігає за напруги стійкого горіння дуги (30-35).

Для Вібродугового наплавлення застосовують постійний та змінний струм, і навіть комбінований Наплавляючий метал високих якостей отримують при напавленні за постійного струму за зворотної полярності.

При безперервному охолодженні перериваючий перебігу процесу позитивно впливає до зменшенню іонів за термічного впливу наплавлення (1-3мм) та деформування деталі над якою проводять напавлення.

Якісний показник шару напавлення на пряму залежить і від подавання дрота амплітуди коливань, величин індуктивності також від кроку напавлення. Швидкість до шару напавлення приймається не більше 100м/год та проводиця підбір з відповідністю до товщини шару напавлення діаметру деталі яка відновлюється.

Під час ремонтних робіт при напавленні зношених поверхонь колінчатих валів ще використовується електроконтактне напавлення. За електроконтактного



наплавлення металевий зв'язок між валиками деформованими дротами та поверхнею деталі виникають як наслідок часткових розплавлень поверхневих шарів металу деталі яка відновлюється, також за причини прояви явища дифузії та тужавності.

Кожен з циклів наплавки включає імпульси струму та паузи. Такий цикл включає переривник 1. Схема установки приведена на рисунку 3.

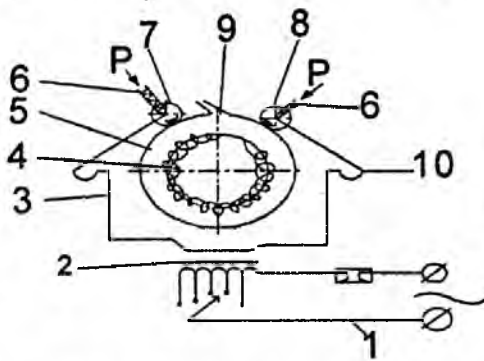


Рис. 3.3 - Схема установки електричного наплавлення.

1 - переривач струму; 2 - трансформатор, 3 - повторний контур для трансформатора; 4 - деталь; 5 - метал для наплавки; 6 - пружина; 7 - контактний ролик; 8 - ролик для наплавлення; 9 - дріт 10 - конденсатор.

Перебіг процесу електроконтактного наплавлення перебігає за низької напруги та не перевищує 7В. Товщина наплавки у межах 0,1 - 1мм. Елементи 4 встановлюють до патрону у токарному станку та піднірають бабкою. Як джерело живлення використовують перероблений зварний трансформатор 2 за великого коефіцієнту трансформації. Розріз для повторного контуру має бути достатнім для проходу струму до 20000А.

Для роликів 7 і 8 створюється потрібний тиск до деталі 4 та електродним дротом (стрічкою) 9 з допомогою механізмів 6. Для проведення наплавлення деталей різних діаметрів до повторного контуру 3 трансформатора, передбачено конденсатор 10, та допускати роликове переміщення.

Зусилля притиску ролика до деталі рекомендовано приймати із відношенням  $P=100d^2$ , мм. (3.1)

де  $d$  - діаметр дроту, мм;

Час перебігу імпульсів переважно складає 0,04,,0,08сек, тривалість паузу необхідно забезпечити перекриття не менше 25% до площі кожної точки.

Поширеним способом для відновлення зношених шийок колінчатого валу це метод постановки додаткових деталей, проведемо огляд таких способи: перший спосіб для відновлення колінчатого валу, котрий включає механічну обробку для зношених шийок, виробництво розрізних оболонок і доєднання їх до шийок.

Принципова схема для відновлення колінчатого валу методом встановлення додаткових деталей продемонстрована на рисунку 4.

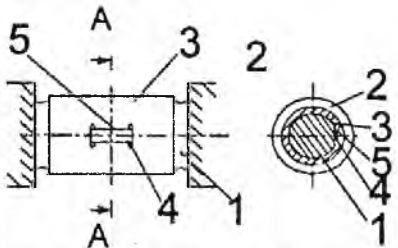


Рис. 3.4 - Схема відновленої шийки в зборі.

1 - шийка; 2 - колінчатий вал; 3 - оболонка; 4 - перемичка; 5 - виступи;

Для зменшення трудомісткості під час процесу відновлення валу, на шийках роблять дві дзеркально розташовані сегментні ліски, передбачуючи між ними розгородки з опорними поверхнями по осі валу, а у центрі втулки – роблять висічку з двома протилежними направленими, частково ввігнутими в середину виступами, які розміщуються на відстані, рівною товщиною перегородки між лисками, а приєднання проводять методом постановки втулки на шийку колінчатого валу, переміщуючи торці виступів з опорними поверхнями перегородок.

Ще один спосіб відновлення дає можливість механічної обробки зношеної шийки вала. Проводиться посадка місця під закріплювальних елементів, виготовляється змінна розрізна тонкостінна втулка, проводиться встановлення її на шийку до механічного кріплення втулки на кріпильні елементи. Схема відновленої шийки в зборці продемонстрована на рисунку 5.

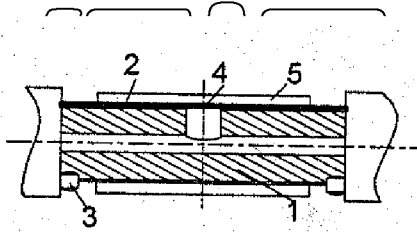


Рис. 3.5 - Схема відновленої шийки колінчатого валу.

1 - шийка; 2 - втулка пружна; 3 - штифт; 4 - отвір; 5 - вкладиш;

Для покращення технологічного способу і надійності валу, втулка виготовляється способом накручення пружної стрічки до рулону, діаметр має бути меншим за діаметр шийки валу, а щоб встановити пружинну втулку на шийку валу, кінцева частина якого починається з навивки стрічки, проводять розміщення протилежно до стику кінців оболонки по напрямку обертання валу.

### 3.3. Розрахунки і обирання режимів виконання технологічної операції

Процес операційного наплавлення (вібродугове).

Проводиться встановлення технологічної послідовності для наплавлення поверхонь.

Проводимо встановлення та розрахнок режимів наплавки. Для наплавки поверхонь 5 і 6 приймається наплавний дріт марки СВ - 08 - П2, ГОСТ 2246 - 70 ддр-1,8мм. Довжина поверхні для наплавки складає  $l_6=26\text{мм}$ ;  $l_5=28\text{мм}$ . Ширина для розплавки шпона очних пазів складає  $b_6=8\text{мм}$ ;  $b_5=8\text{мм}$ . Товщина шару для наплавлення металу складає  $h=1,5\text{мм}$ .

Кількість проходів необхідних для заварювання щоночних пазів визначається згідно формули:

$$i = \frac{t \cdot b}{2 \cdot h_n \cdot \eta_n}; \quad (3.2)$$

де  $b$  - ширина на розплавки, мм;

$t$  - глибина, мм (з технічних вимог для відновлення деталі  $t_6 = t_5 = 10$  мм).

$\eta_n$  - коефіцієнт нерівномірності форми валика  $\eta_n = 0,75$

$$16 = 8 \cdot 10 / 2 \cdot 1,5 \cdot 0,75 = 36,$$

$$i_s = 8 \cdot 10 / 2 \cdot 1,5 \cdot 0,75 = 36.$$

Приймається ручна подача для заварювання щоночних пазів, швидкість наплавки складає  $v_n = 1,5$  м/хв., швидкість подачі електродного дроту становить

$v_p = 1,5$  м/хв. Для спрямування поверхонь 4,3,2 приймається дріт для наплавлення

марки св 18ХГС, ГОСТ 2246 -70  $d_{др} = 1,8$  мм. Довжина поверхонь для

наплавлення складає: 14=26 мм; 13=22 мм; 12=28 мм. Товщину шару для наплавлення металу визначається відповідно до формули:

$$h_n = c + a \quad (3.3)$$

де  $c$  - це приблизна величина спрацювання, яка перевищує допустиму,

$$c = 0,10 \text{ мм};$$

$a$  - оптимальний припуск до механічної обробки,  $a = 0,90$  мм

$$h_n = 0,1 + 0,9 = 1$$

Кількість проходів складає:

$$i = \frac{h_n}{h_0} \quad (3.4)$$

де  $h_0$  - оптимальної товщиною шару металу, яку можливо наплавити за один прохід,  $h_0 = 1$  мм.

$$i = \frac{1,0}{1,0} = 1$$

Беремо з літературної довідки наступні параметри [2]

- сила струму  $I=140 \text{ A};$   
 - напруга  $U=16 \text{ В};$   
 - крок до наплавлення  $S_H=1,8 \text{ мм/об};$   
 - час подачі електродного дроту  $V_{II}=1,5 \text{ м/хв};$

- час наплавлення  $V_H=1,5 \text{ м/хв};$

Проводимо визначення частоти обертання колінчатого валу під час наплавлення.

$$n_4 = 318 \frac{V_n}{d_{e,n}}, \text{ об/хв}; \quad (3.5)$$

$$n_4 = 318 \frac{1,5}{106} = 4,5,$$

- до поверхні 4,  
- до поверхні 3,

$$n_3 = 318 \frac{1,5}{71} = 6,72,$$

$$n_2 = 318 \frac{1,5}{70} = 6,8.$$

- до поверхні 2,  
Приймається найближча частота обертання деталі відповідно до паспорту верстату:

$$n_{4д} = 5 \text{ об/хв};$$

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

Дійсна швидкість наплавки.

$$V_{04} = \frac{n_{4д} \cdot d_4}{318}, \text{ м/хв}; \quad (3.6)$$

$$V_{04} = \frac{5 \cdot 106}{318} = 1,67,$$

$$V_{03} = \frac{7,5 \cdot 71}{318} = 1,67,$$

$$V_{02} = \frac{7,5 \cdot 70}{318} = 1,65.$$

Операція з електроконтактної наплавки. Схема по установці для електроконтактного наплавлення наведена на рисунку 3. Проводимо

встановлення і розрахунок режимів. Довжину, ширину і товщину заварювання шпоночних назів відповідно до процесу наплавлювання. Відстань наплавки та кількість проходів щодо відновлення поверхонь 2, 3 і 4 відповідно до операції.

Беремо:

- сила струму

$$I=20 \text{ к А};$$

- напруга

$$U=1,2 \text{ В};$$

- тиск на ролик

$$60 \text{ МПа};$$

- крок наплавлення

$$S_H=3,5 \text{ мм/об};$$

- подача електродної стрічки

$$V_H=1,2 \text{ м/хв.};$$

- час наплавлення

$$V_H=0,2 \text{ м/хв.};$$

- Стрічка для наплавлення 1,6x4мм, св.-08Г2, ГОСТ 10453-75, тсхв 1,6x4 мм.

Визначення кількості проходів необхідних для заварки шпоночних пазів:

;

$$i = \frac{b \cdot t}{t_c \cdot b_c \cdot \eta_n};$$

беремо  $i_b = 16$ ;

$$i_b = \frac{8 \cdot 10}{1,6 \cdot 4 \cdot 0,8} = 15,6,$$

беремо  $i_s = 16$ .

$$i_s = \frac{8 \cdot 10}{1,6 \cdot 4 \cdot 0,8} = 15,6,$$

Визначення частоти оберту колінчастого валу під час наплавки:

- до поверхні 4,

$$n_4 = \frac{0,2}{106} 318 = 0,6,$$

- до поверхні 3,

$$n_3 = \frac{0,2}{71} 318 = 0,9,$$

- до поверхні 2,

$$n_2 = \frac{0,2}{70} 318 = 0,6.$$

Беремо найближчу частоту обертання відповідно до паспорту верстату:

$$n_{д4} = n_{д3} = n_{д2} = n_{д\text{min}} = 2,5 \text{ об/хв};$$

Дійсна швидкість наплавки:

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

$$V_{04} = \frac{2,5 \cdot 106}{318} = 0,83,$$

$$V_{04} = \frac{2,5 \cdot 106}{318} = 0,83.$$

Операція токарна.  
Визначаємо припуск (глибину різання) на обробку:

$$h = \frac{D-d}{2}, \text{ мм} \quad (3.8)$$

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

$$h_4 = \frac{108-106,6}{2} = 0,7,$$

$$h_3 = \frac{73-71,6}{2} = 0,7,$$

$$h_2 = \frac{72-70,6}{2} = 0,7.$$

Кількість проходів:

$$i = \frac{h}{t}; \quad (3.9)$$

де  $t$  – глибина процесу різання, мм.

$$i = \frac{0,7}{0,7} = 1$$

Приймаємо подачу відповідно до паспортних даних станку

$$S = 0,8 \text{ мм/об.}$$

Імвідкість деталі при розточуванні відповідно до довідкової літератури

$$V = 131 \text{ м/хв.}$$

Визначення частоти обертання колінчастого валу під час розточування:

НЗ України

$$n_4 = 318 \frac{131}{108} = 393,$$

$$n_3 = 318 \frac{131}{73} = 586,7,$$

$$n_2 = 318 \frac{131}{72} = 595.$$

НЗ України

Приймаємо найближчу частоту обертання відповідно до паспорту верстата:  
 $n_{д4}=380$  об/хв.;  $n_{д3}=n_{д2}=600$  об/хв.;

Визначення дійсної швидкості під час розточування:

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

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

$$V_{д2} = \frac{380 \cdot 72}{318} = 136.$$

НЗ України

НЗ України

Фрезерна операція

Щоб отримати сегментний шпоночний паз приймаються дискові фрези. Для виконання нарізання відповідних шпоночних пазів приймаються відповідні початкові дані взятих з паспорту верстату:

- подача

$$S=0,80 \text{ мм/об};$$

- частота обертання фрези

$$n=272 \text{ об/хв.};$$

- швидкість різання

$$V_P=51 \text{ м/хв.};$$

- діаметр фрези

$$D=28 \text{ мм};$$

- ширина фрези для поверхонь 6 і 5

$$b=8 \text{ мм};$$

НЗ України

Припуск (глибини різання) щодо обробку визначається відповідно до технічних вимог деталі для відновлення:

$$h_6=h_5=10 \text{ мм};$$

Приймання найближчої частоти обертання фрези відповідно до паспорту

верстату:

$$n_{д3}=300 \text{ об/хв.};$$

НЗ України



Визначення дійсної швидкості при фрезеруванні шпоночних пазів:

$$V_o = \frac{300 \cdot 28}{318} = 26,5.$$

Операція по шліфуванню.

Визначення припуску шліфування відповідно до формули:

$$h = \frac{D-d}{2}, \text{ мм}; \quad (3.10)$$

де  $D$  і  $d$  - відповідно діаметр вала до та після обробки, мм;

$$h_4 = \frac{106,6 - 106}{2} = 0,3,$$

$$h_3 = \frac{71,6 - 71}{2} = 0,3,$$

$$h_2 = \frac{70,6 - 70}{2} = 0,3.$$

Глибину шліфування приймаємо згідно довідкових даних:

$$t = 0,005 \text{ мм}$$

Довжина шліфування поверхонь 4,3 і 2  $L_4 = 26 \text{ мм}$ ,  $L_3 = 22 \text{ мм}$ ;  $L_2 = 28 \text{ мм}$ .

Тау, як ширина шліфувального круга більше довжини шліфувальних поверхонь, то шліфування будемо проводити без повздовжньої подачі,  $S_n = 0$ , тобто беремо врізне шліфування при  $S_{\text{пов}} = 0,005 \text{ мм/об}$ .

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

Визначаємо частоту обертання колінчастого вала під час шліфуванні:

$$n_n = \frac{V}{d_n}, \text{ об/хв}; \quad (3.11)$$

$$n_4 = 318 \frac{20}{106,6} = 59,7,$$

$$n_3 = 318 \frac{20}{71,6} = 88,8,$$

$$n_2 = 318 \frac{20}{70,6} = 90,1.$$

Приймається найближча частота обертання деталі відповідно до паспорту верстака

$$n_4 = 64 \text{ об/хв.};$$

$$n_{д3} = n_{д2} = 115 \text{ об/хв.};$$

Дійсна швидкість шліфування:

$$V_{о4} = \frac{106,6 \cdot 64}{318} = 21,5,$$

$$V_{о3} = \frac{71,6 \cdot 115}{318} = 25,9,$$

$$V_{о2} = \frac{70,6 \cdot 115}{318} = 25,5.$$

3.4. Нормування операції розроблених технологічних процесів.

Операція наплавлення вібродуговим способом.

Основний час необхідний для операції зварювання шпоночних пазів 6 і 5

визначається відповідно

до формули:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{1000 \cdot V_n}, \text{ хв.};$$

(3.12)

де  $L$  – довжина поверхні наплавлення, мм;  $i$  – кількість проходів;  $V_n$  –

швидкість наплавлення;

$$T_{о6} = \frac{26 \cdot 36}{1000 \cdot 1,5} = 0,624,$$

$$T_{о5} = \frac{28 \cdot 36}{1000 \cdot 1,5} = 0,672.$$

Загальний основний час відведення на заварку шпоночних пазів, хв:

$$T_o' = T_{о6} + T_{о5};$$

$$T_o' = 0,624 + 0,672 = 1,296.$$

Основний час відведення для наплавлення поверхонь 4, 3 і 2 визначаються

відповідно до формули:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_M}, \text{ хв.};$$

(3.13)

# НУВІП України

де  $\pi$  - частота обертання, об/хв.;

SM - поздовжня подача мундштука (крок наплавлення), мм/об;

$$T_{o4} = \frac{26 \cdot 1}{5 \cdot 1,8} = 1,9,$$

# НУВІП України

$$T_{o3} = \frac{22 \cdot 1}{7,5 \cdot 1,8} = 1,6,$$

$$T_{o2} = \frac{28 \cdot 1}{7,5 \cdot 1,8} = 2,1.$$

Загальний основний час відведення до наплавлення поверхонь 4, 3 і 2, хв.:

# НУВІП України

$$T_{o'} = T_{o4} + T_{o3} + T_{o2}; \quad (3.14)$$

$$T_{o'} = 1,9 + 1,6 + 2,1 = 5,6 \text{ хв};$$

Загальний основний час відведення на операцію, хв.:

$$T_o = T_{o'} + T_o''; \quad (3.15)$$

# НУВІП України

$$T_o = 1,296 + 5,6 = 6,896.$$

Допоміжний час:

а) До процесу встановки та знімання деталі  $T_{d1} = 1,5$  хв;

б) зв'язані з процесами наплавки поверхонь 6,5 і 4,3 і 2 по 0,9 хв. до одного технологічного переходу. Тобто  $T_{d2} = 0,9 \cdot 5 = 4,5$  хв.

# НУВІП України

Загальний допоміжний час розрахований до операції, хв:

$$T_d = T_{d1} + T_{d2}, \text{ хв}; \quad (3.16)$$

$$T_d = 1,5 + 4,5 = 6.$$

Оперативний час, хв.;

# НУВІП України

$$T_{op} = T_o + T_d, \text{ хв}; \quad (3.17)$$

$$T_{op} = 6,896 + 6 = 12,896,$$

Додатковий час, хв.:

$$T_{доd} = 0,15 T_{op}, \text{ хв}; \quad (3.18)$$

# НУВІП України

$$T_{доd} = 0,15 \cdot 12,896 = 1,934,$$

Цілий час, хв.:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{доп}, \text{ хв.}; \quad (3.19)$$

$$T_{шт} = 12,896 + 1,934 = 14,831.$$

Нормований часу на операцію, хв.:

$$T_n = T_{шк} - T_{шт} + T_{пз}/n, \text{ хв.}; \quad (3.20)$$

де  $T_{пз}$  - підготовчо-заклучний час приймають відповідно до довідкової літератури  $T_{пз} = 20$  хв.

$$T_n = T_{шк} = 14,831 + 20/10 = 16,831.$$

Операція з електроконтактної наплавки.

Основний час відведення до заварки шпон очних пазів, хв.:

$$T_{ос} = \frac{26 \cdot 16}{1000 \cdot 3,5} = 0,112,$$

$$T_{ос} = \frac{28 \cdot 16}{1000 \cdot 3,5} = 0,128.$$

Загальний основний час відведення на заварювання шпоночних пазів, хв.:

$$T_{б'} = 112 + 0,128 = 0,24.$$

Основний час відведення для наплавки поверхонь 4, 3 і 2, хв.:

$$T_{о4} = \frac{26 \cdot 1}{2,5 \cdot 3,5} = 2,98,$$

$$T_{о3} = \frac{22 \cdot 1}{2,5 \cdot 3,5} = 2,514,$$

$$T_{о2} = \frac{28 \cdot 1}{2,5 \cdot 3,5} = 3,2.$$

Загальний основний час розрахований на наплавку поверхонь 4, 3 і 2, хв.:

$$T_{о//} = 2,98 + 2,514 + 3,2 = 8,694.$$

Загальний основний час на операцію, хв.:

$$T_o = 8,694 + 0,24 = 8,934.$$

Додатковий час, хв.:

а) для встановлення та зняття деталі,  $T_{Д1} = 1,5$  хв.;

б) пов'язані з процесами наплавки поверхонь 6, 5, 4, 3 і 2 по 0,9 хв відповідно одного технологічного переходу  $T_{Д2} = 0,9 \cdot 5 = 4,5$  хв;

Загальний допоміжний час для операції, хв:

$$T_{д} = 1,5 + 4,5 = 6.$$

Оперативний час, хв.:

$T_{оп} = T_{оп} + T_{д}$ , хв.;

$$T_{оп} = 8,934 + 6 = 14,934.$$

Додатковий час, хв.:

$$T_{дод} = 0,15 \cdot 14,934 = 2,24.$$

Штучний час, хв.:

$T_{шт} = T_{оп} + T_{дод}$ , хв.;

$$T_{шт} = 14,934 + 2,24 = 17,174.$$

Норми часу для операції, хв.:

$$T_{н} = T_{шк} = T_{шт} + T_{п.з}/n, \quad (3.23)$$

$$T_{н} = T_{шк} = 17,174 + 20/10 = 19,174.$$

Токарні операції

Основний час визначається відповідно до формули:

$$T_o = \frac{L \cdot t}{n \cdot S}, \text{ хв.}; \quad (3.24)$$

де  $L$  - розрахунок довжини поверхні, що обробляється із обліком врізання та перебігу, мм.

$$L = l + y \quad (3.25)$$

де  $l$  - довжина поверхні, яка оброблюється, мм;

$y$  - величини врізання та перебігу інструменту  $y = 3$  мм

Тоді

$$L_4 = 26 + 3 = 29,$$

$$L_3 = 22 + 3 = 25,$$

$$L_2 = 28 + 3 = 31,$$

$$T_{o4} = \frac{29 \cdot 1}{380 \cdot 0,8} = 0,1,$$

$$T_{o3} = \frac{25 \cdot 1}{600 \cdot 0,8} = 0,052,$$

$$T_{o2} = \frac{31 \cdot 1}{600 \cdot 0,8} = 0,065.$$

# НУБІП України

Основним часом під проточку однієї фаски  $1 \times 45^\circ$  під діаметр поверхні, який обробляється, до 80 мм складає 0,12 хв. Відповідно на відновлення фасок на поверхнях 3 і 2 основний час буде відповідати:

$$T_{0\Phi} = 0,12 \cdot 3 = 0,36 \text{ хв.}$$

Загально-основний час на операцію, хв.:

$$T_0 = T_{04} + T_{03} + T_{02} + T_{0\Phi}, \quad (3.26)$$

$$T_0 = 0,1 + 0,052 + 0,065 + 0,36 = 0,577$$

Допоміжний час, хв.:

а) на встановлення та знімання деталі  $T_{Д1} = 1,75$  хв;

б) пов'язаний з переходами  $T_{Д3} = 0,2 \cdot 3 = 0,6$  хв;

Загальний допоміжний час, хв.:

$$T_{Д} = 1,75 + 2,1 + 0,6 = 4,45.$$

Оперативний час, хв.:

$T_{оп} = T_0 + T_{Д}, \quad (3.27)$

$$T_{оп} = 0,577 + 4,45 = 5,027.$$

Додатковий час, хв.:

$$T_{дод} = 0,08 \cdot T_{оп}, \quad (3.28)$$

$$T_{дод} = 0,08 \cdot 5,027 = 0,402.$$

Штучний час, хв.:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{дод}, \quad (3.29)$$

$$T_{шт} = 5,027 + 0,402 = 5,429.$$

Норма часу на операцію, хв.:

$T_{н} = T_{шт} \cdot k = T_{шт} \cdot \frac{3}{n}, \quad (3.30)$

де  $T_{пз}=15$  хв.

$$T_{пз} = T_{пзк} = 5,429 + 15/10 = 6,929.$$

Фрезерувальна операція.

Основний час визначаємо відповідно за формулою:

$$T_o = \frac{V_o \cdot h}{1000}, \text{ хв.}; \quad (3.31)$$

де  $V_o$  - дійсна швидкість фрезерування віпоночного паза, м/хв.;  $h$  - глибина різання, мм;

$$T_{o1} = \frac{26,5 \cdot 10}{1000} = 0,265,$$

Загальний основний час, х

$$T_{o2} = \frac{26,5 \cdot 10}{1000} = 0,265.$$

$$T_o = 0,265 + 0,265 = 0,53.$$

Допоміжний час, хв.:

а) для встановлення та знімання деталі  $T_{д1} = 2,4$ ;

б) пов'язаний з переходами  $T_{д2} = 0,8 - 0,1 = 0,9$ .

Загальний допоміжний час, хв.:

$$T_{д} = 2,4 + 0,9 = 3,3.$$

Оперативний час, хв.:

$$T_{оп} = T_o + T_{д},$$

$$T_{оп} = 0,53 + 3,3 = 3,83.$$

Додатковий час, хв.:

$$T_{дод} = 0,08 \cdot T_{оп},$$

$$T_{дод} = 0,08 \cdot 3,83 = 0,306.$$

Штучний час, хв.:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{дод},$$

$$T_{шт} = 3,83 + 0,306 = 4,136.$$

Норма часу для операції, хв.:

$$T_n = T_{шк} = T_{шт} + T_{п.з}/n, \quad (3.34)$$

$$T_n = 4,136 + 22/10 = 6,336.$$

$$\text{де } T_{п.з} = 22 \text{ хв.}$$

Шліфувальна операція.

Основний час визначаємо відповідно за формулою:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S_{поп}} \cdot K_3, \text{ хв.}; \quad (3.34)$$

де  $L$  - глибина шліфування під час врізного шліфування,  $L_4 = L_3 = L_2 = 0,3$  мм;

$S_{поп} = 0,005$  мм/об - поперечна подача;

$n$  - частота обертання,  $n_4 = 64$  об/хв.;  $n_2 = 115$  об/хв.;

$K_3$  - коефіцієнт запасних ходів,  $K_3 = 1,2, 1,7$ ;

Тоді

$$T_{o4} = \frac{0,3}{64 \cdot 0,005} \cdot 1,5 = 1,4,$$

$$T_{o3} = T_{o2} = \frac{0,3}{115 \cdot 0,005} \cdot 1,5 = 0,78.$$

Загальний основний час, хв.:

$$T_o = 1,4 + 0,78 + 0,78 = 2,96.$$

Допоміжний час, хв.:

а) на встановлення та знімання деталі  $T_{д1} = 3,2$  хв.;

б) пов'язаний з переходом  $T_{д2} = 1,2 + 2 \cdot 0,7$ ;

Загальний допоміжний час, хв.:

$$T_d = 3,2 + 2,6 = 5,8.$$

Оперативний час, хв.:

$$T_{оп} = T_o + T_{дод}, \quad (3.35)$$

$$T_{оп} = 2,96 + 5,8 = 8,76.$$

Додатковий час, хв.:

$$T_{дод} = 0,09 \cdot T_{оп}, \quad (3.36)$$

$$T_{дод} = 0,09 \cdot 8,76 = 0,79.$$



Підготовчо-заключний час, хв.:

$T_{п.3} = 8$  хв.

Норма часу на операцію, хв.:

$$T_n = T_{оп} + T_{дод} + T_{п.3}/n, \quad (3.37)$$

$$T_n = 8,76 + 0,79 + 8/10 = 10,35.$$

Загальний час для технологічного процесу для відновлення колінчатого валу відповідний сумі норм часу для кожної операції.

$$T_{шкр} = 16,831 + 6,929 + 6,336 + 10,35 = 40,446 \text{ хв.}$$

$$T_{шкб} = 19,174 + 6,929 + 6,336 + 10,35 = 42,789 \text{ хв.}$$

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## 4. ПРОЕКТУВАННЯ МАЙСТЕРНІ

### 4.1. Організаційно-технічна частина

Організаційно-технічні підрахунки грають дуже важливу роль для технології ремонту машин. У процесі організування дільниць та відділів стоїть необхідність прагнути до раціонального розподілення обладнання та робочого персоналу. Стоїть необхідність до чіткої організації процесу роботи на робочих дільницях.

Також стоїть необхідність до чіткого та аргументованого врахування економічних показників до розробленого технологічного процесу ремонту колінчатих валів.

### 4.2. Вихідні дані для проектування дільниці з ремонту крлінчастих валів.

Запланована робоча програма по ремонту колінчатих валів для трактора МТЗ-82 складає 150 одиниць.

Робочий режим сформований однозмінний по 41 годинні на робочий тиждень та 2 вихідні дні.

Трудомісткість до одогопроцесу ремонту колінчатого валу трактора МТЗ-82 складає 27% від трудомісткості ремонту відносно до двигуна трактора.

Трудомісткість процесу ремонту двигуна трактора МТЗ-82 за умов господарства складає 85 год-люд, оскільки іноді ремонт частково проводять, на базі готового агрегату.

Відповідно до критеріїв трудомісткості ремонту одного колінчатого валу буде складати:

$$T = T_a \cdot 0,27 = 85 \cdot 0,27 = 22,97 \text{ люд-год.}$$

### 4.3. Режими роботи підприємства і розрахунок річного часового фонду

Робочий режим на підприємстві, на пряму залежний від характеру виробництва. Тривалість робочого тижня визначена за трудового законодавства і складена працівників за нормальних умов у розмірі 41 години, а при роботі за шкідливих умовах складає 36 годин. За цих умов, час зміни за п'ятиденного робочого тижня та двм вихідним дням для працівників за нормальних умов було встановлено 8,2 години, а за роботи при шкідливих умовах 7,2 години. Також в період передсвяткових днів це 6 додаткових днів на рік робочі зміни скорочуються на одну годину.

На ремонтних підприємствах, зазвичай, режим роботи планують по приливному робочому тижню в одну зміну до переважної кількості цехів, відділів та ділянок.

До проекту було передбачено відповідний режим роботи підприємства з врахуванням програми та існуючого режимому. Для продуктивного та більш повноцінного використання обладнання високої вартості режим роботи ділянки був прийнятий однозмінний.

Зважаючи на прийнятий робочий режим підприємство визначається річний фонд часу підприємства.

Номінальний річний фонд часу праці - це об'єм робочих годин відповідно до режимому роботи без врахувань на можливі затрати часу. Від визначається відповідно до формули:

$$F_n = (K_p \cdot t_{zm} - K_n \cdot t_c) \cdot n, \text{ год.}; \quad (4.1)$$

де  $K_p$  - кількість робочих днів на рік, ( $K_p=253$ );

$t_{zm}$  - тривалість зміни, год.;

$K_n$  - кількість передсвяткових днів, ( $K_n=6$ );

$t_c$  - час скорочення зміни в передсвяткові дні ( $t_c=1$  год);

$n$  - кількість змін;

$F_n = (253 \cdot 8,2 - 6 \cdot 1) \cdot 1 = 2033$ , приймається  $F_n = 2038$  год. Номінальний річний фонд часу на працівника за однієї зміни складає:

$\Phi_{н8,2}=2038$  год.

Дійсний річний фонд часу роботи працівника визначається методом віднімання з номінального річного фонду часу всіх затрат часу, які пов'язані з відпустками та виконанням державних і громадських обов'язків та інше:

$$\Phi_{д} = \Phi_{н} - (d_{в} + d_{у} + d_{д} + d_{з} + d_{і}) \cdot t_{зм}, \text{ год.}; \quad (4.2)$$

де  $d_{в}$  - кількість днів на відпустки для працівників різних категорій;

$d_{у}$  - кількість відпускних днів працівників, заочних форм навчання (10...40 в рік)

$d_{д}$  - кількість днів для декретної відпустки, дорівнює 1,3...1,6% від числа робочих днів на рік;

$d_{з}$  - дні неявки на робоче місце через невиконання державних суспільних обов'язків, дорівнює 0,15...0,30% до кількості робочих днів на рік;

$d_{і}$  - кількість інших невиходів до робочого місця у днях (необхідно 0,5% від кількості робочих днів на рік);

$t_{зм}$  - тривалість зміни, год. (8,2 год.)

$$\Phi_{д1} = 2038 - (24 + 10 - 11 + 1) \cdot 8,2 = 1743,$$

$$\Phi_{д2} = 2038 - (18 + 16) \cdot 8,2 = 1759,$$

$$\Phi_{д3} = 2038 - (15 + 16) \cdot 8,2 = 1784.$$

Річний фонд часу робочого місця, год.:

$$\Phi_{д.р.м} = \Phi_{м} \cdot \Gamma_{р} \cdot \Gamma_{с}, \quad (4.3)$$

де  $\Gamma_{р}$  - кількість працівників, які одночасно працюють на конкретній робочій ділянці, чел.;

$\Gamma_{с}$  - кількість робочих змін;

$$\Phi_{д.р.м} 8,2 = 2038 \cdot 1 \cdot 1 = 2038.$$

Дійсний річний фонд часу роботи обладнання вираховується за формулою:

$$\Phi_{д.о} = \Phi_{н} \cdot \eta_{о}, \text{ год.}; \quad (4.4)$$

де  $\Phi_{н}$  - номінальний фонд часу роботи обладнання на рік, год.;

$\eta_{о}$  - коефіцієнт використання обладнання,  $\eta_{о} = 0,96$

$$\Phi_{д.о} = 2038 \cdot 0,96 = 1956.$$

Показники підрахунків з використання річних номінальних та дійсних фондів часу праці до різних спеціальностей, працівників заносено в таблицю 4.1

Таблиця 4.1 - Відомості номінальних та дійсних фондів часу.

Спеціальність працівників	Тривалість робочої зміни	Кількість днів у відпустці	Фонди часу, год.	
			номінальний	дійсний
Коваль	8,2	24	2038	1743
Зварювальник	8,2	15	2038	1784
Електрик	8,2	15	2038	1784
Слюсар	8,2	15	2038	1784
Слюсар розбірник	8,2	15	2038	1784
Мийник	8,2	18	2038	1759
Верстатник	8,2	15	2038	1784
Випробувальник	8,2	24	2038	1743

#### 4.4 Розрахунки чисел і формування основних робочих місць

Кількість робочих ділянок, спеціалізацію яких передбачено відповідність до прийнятих в майстерні (цеху) технологічних процесів ремонту.

В залежності від об'єму і характеру виробництва визначається число робочих місць в цілому по відділеннях та відокремлених видах робіт, скориставшись формулою:

$$(4.5) \quad M_p = \frac{T_i}{\Phi_{о.р.м} \cdot P_a}$$

де  $T_i$  - річна трудомісткість роботи майстерні (цеху), відділення, люд-год;  
Фд.р.м. - річний дійсний фонд часу роботи майстерні, год.;  
 $P_o$  - середня густина робіт

# НУБІП УКРАЇНИ

$$M_p = \frac{17762,8}{2038,1} = 8,72.$$

Беремо 8 робочих відділень.  
В процесі проектування виробничих відділень мають за мету досягти мінімальні кількості робочих місць, що є можливим впровадженням більшої густоти робіт.

# НУБІП УКРАЇНИ

Склад відділень формується відповідно до технологічного процесу ремонту машин і відповідно до даних типових проектів підприємств з ремонту.  
Різні типи ремонтних підприємств включають наведені виробничі відділення:

# НУБІП УКРАЇНИ

- для зовнішнього очищення;
  - діагностичне;
  - розбирально-мийне;
  - дифектації і комплектації;
  - для ремонту двигунів;
  - мідно-жестяніськє;
  - для ремонту електрообладнання;
  - для ремонту паливної апаратури;
  - з ремонту гідравлічних систем;
  - випробувальне;
  - ковальсько-зварювальне;
  - механічно-слюсарне;
  - слюсарно-обийний;
- # НУБІП УКРАЇНИ

Також додатково може бути передбачо допоміжні приміщення:  
інструментально-роздавальне, кладові приміщення, контору, санітарно-

# НУБІП УКРАЇНИ

побутовий вузол (гардероби, душеві, туалети), зони відпочинку, Майстерні за умов господарства налічує вісім відділень:

- ковальське;
- зварювальне;

- електрообладнання;

- шиноремонтне;
- розбирально-складальне;
- механічно-слюсарне;

- пункт ТО і діагностики;

- інструментальні кладові;

В даній магістерській роботі обґрунтовано розробку додаткового відділу з відновлення колінчатих валів двигуна Д-240 трактора МТЗ-82.

Визначившись з переліком відділень переходимо до визначення кількості та переліком обладнання яке необхідне у процесі ремонту. В процесі проектування потрібно провести розрахунок кількості основного обладнання, за допомогою якого виконують найбільш важкі і трудомісткі операції з ремонту машин, агрегатів та проводиця відновлення деталей.

В якості прикладу проведено обчислення необхідної кількості металорізальних верстатів:

$$S_{ст} = T_{ст} \cdot K_n / \Phi_d \cdot \eta_0; \quad (4.6)$$

де  $T_{ст}$  – річна трудомісткість станкових робіт, люд-год;

$K_n$  - коефіцієнт нерівномірності завантаженості підприємства ( $K_n = 1,0 \dots 1,3$ )

$\eta_0$  - коефіцієнт використання станкового обладнання  $\eta_0 = 0,86 \dots 0,90$ ;

$$S_{ст} = 17000 \cdot 8 \cdot 1,1 / 2038 \cdot 0,9 = 10.$$

Під час розрахунку кількості станків розподіляються по видам, використовуючи наступні відсоткові відношення:

- токарний 35...50%

- розточувальний 8...10%

НУВБІП України

- стругальний 8...10%
- фрезерний 10...12%
- свердлильний 10...15%
- шліфувальний 12...20%

Зважаючи на невеликі розміри та програму підприємства обираємо потрібний мінімум кількості станків для тех процесу ремонту. Обираємо наступні типи станків:

НУВБІП України

- токарний - 1
- вертикально-свердлильний - 1

НУВБІП України

- настільні свердлильний - 2
- обдирочно-шліфувальний - 3
- хонінгувальний - 1
- внутрішліфувальний - 1

НУВБІП України

- універсально-фрезерний - 1
- гідравлічний прес - 1
- наплавочний - 1

Інше обладнання вираховується аналогічним способом, або методом підбирання відповідно до технологічного процесу ремонту, та переноситься в

таблицю додатку 4.3.

Табл. 4.3 Перечень технологічного обладнання.

Найменування обладнання	Тип, марка	Потужність, кВт.	Габаритні розміри, мм.	Кількість
Ковальський горн	2275П	-	1100x1000	1
Молот пневматичний	М-4127	4	1455x735	1
Ковальська наковальня	-	-	505x120	2
Стулові тиски	-	-	320x240	2
Ванна для Гартування	ОРГ-1468-18-540	-	650x400	1
Урна	-	-	1000x500	1
Стіл	ОРГ-1468-03-340	-	1155x745	1
Бокс для вугілля	-	-	1500x1000	1
Шафки під інструменту	ОРГ-1603	-	1590x360	10
Короб	ОРГ-1468-07-100	-	800x400	1



Обдирочно-шліфовочний станок	ЗБ634	4,6	1000x800	5
Верстак	ОРГ-1468-01-060А	-	1200x800	2
Стіл	ОРГ-1468-03-340	-	1155x745	1
Набір інструментів	70-7980-2227	-	-	1
Поворотний стілець	ОРГ-70-7880	-	-	1
Зварювальний Трансформатор	ТСП-2	-	510x370	1
Урна	-	-	1000x500	1
Стелаж під Деталі	ОРГ-1468-05-230А	-	1400x500	1
Стіл для приймання	ОРГ-1468-04-300	-	980x320	1
Верстак	2314-П	-	950x780	1
Шафа витяжна	ОРГ-1468-05-220	-	1500x380	1
Стелаж	ОРГЧ468-05-100	-	1200x700	1
Селенові випрямлячі	ОШ-7939	0,7	300x150	2
Ванна	2252	-	740x304	1
Пристрій для розливу кислоти	ОРГ-168-02-200	-	500x250	1
Стелаж	СО-1607	-	900x350	1
Ванна для зливу електроліту	ОРГЧ468-03-150	-	500x350	1
Ванна для миття	-	-	100x500	1
Ящик під відходи	-	-	1500x850	1
Електровулканпатор	ОШ-8939	0,3	323x200	2
Електровулканізатор	ОШ8970	0,3	323x200	1
Набір інструментів	ЦКБ 6209	-	350x400	2
Стенд	Ш-513	3	3205x1735	1
Ванна для води	-	-	1500x500	1
Урна	-	-	1000x300	1
Установка компресорна	М-155-2В	4,5	1000x850	1
Стелаж	ОРГ-1468-05-230А	-	1400x500	1
Машина мийна	ОМ-5359	5	1360x950	1
Візок ручний	-	-	850x480	2
Верстак	ОРП468-01-070А	-	2400x800	2
Столи робочі	-	-	1500x800	2
Стелаж	ОРГ-1468-05-320А	-	1400x500	1
Тумбочка під інструмент	-	-	850x520	2
Станок токарний	16К20М	11	3080x1565	2
Вертикально-свердлильний	2А135	4,5	1240x810	1
Настільний свердлильний	НС-12А	2,5	700x360	3

Хонінгувальний	ЗГ833	4,5	1250x950	1
Комплект	ОРГ- 16395	-	-	1
Комплект	КИ-13901Ф	-	560x370	1
Стенд	КИ-8927	-	-	1
Прилад	КИ-562	-	460x300	1
Пристрій	КИ-4801	-	690x115	1
Прилад	Ц-4324	-	167x98	1
Лінійка	КИ-65	-	946x30	1

#### 4.5 Розрахунки площ ділянок по ремонту колінчатих валів

Процес визначення ділянки виділення площі яка зайнята обладнанням, враховуючи перехідний коефіцієнт. Використовуючи формулу:

$$F_d = f \cdot K_3, \text{ м}^2 \quad (4.7)$$

де  $f$  - площа яка зайнята обладнанням, та деталі, вузли та агрегати на площадках накопичення, м<sup>2</sup>

$K_3$  - перехідний коефіцієнт, яким враховує робочі зони і переходи. Площа, яка займається обладнанням, визначається за відомості обладнання ділянки яка вказується його розміром і кількістю. Результати розрахунків переносимо у таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 - Зведення даних розрахунку площі ділянки, яка проектується.

Найменування місця	Площа, яку займає обладнання, м <sup>2</sup>	Значення прийнятого коефіцієнта	Розрахунок площі, м <sup>2</sup>
Станок Токрний	4,82	3,0	14,46
Станок Фрезерний	3,26	3,0	9,78
Наплавлювач	4,2	3,0	12,6

Стелаж	0,7	3,0	2,1
Шкаф під інструментів	0,44	3,0	1,32
Дефектувальний Стіл	1,92	3,0	5,76

Загальна площа обладнання складає 46,0 м<sup>2</sup>, площа відділення з технологічних міркувань приймаємо 54 м<sup>2</sup>.

При розрахунку обладнання необхідно передбачати можливі зміни у плануванні за використання більш прогресивних технологій ремонту. Під час планування намагаємось максимально раціонально використовувати не тільки площу, а також і висоту споруди для облаштування ПУМ.

#### 4.6 Розрахунки середньорічних витрат електроенергії

Щоб розрахувати середньорічну витрату силової електроенергії за відомості встановленого обладнання, необхідно визначити потужності електроприймачів. Згодом, врахувати коефіцієнт попиту до кожної групи електроприймачів, проводимо розрахунок активної потужності по формулі:

$$N_a = K_c \sum N_{\text{уст}}, \text{ кВт}; \quad (4.8)$$

де  $K_c$  - коефіцієнт попиту, який враховує час роботи струмоприймачів та їх завантаженості за потужностей;

$N_{\text{уст}}$  - сумарно встановлена потужність струмоспоживачів, кВт;

$$N_{a1} = 0,20 \cdot (4 + 4,6 + 4,6 + 4,6 + 11 + 4,5 + 2,5 + 4,6 + 4) = 8,88,$$

$$N_{a2} = 0,45 \cdot 5 = 2,25,$$

$$N_{a3} = 0,30 \cdot 6 = 1,8,$$

$$N_{a4} = 0,6 \cdot (0,3 + 0,3 + 4,5) = 3,06,$$

$$N_a = N_{a1} + N_{a2} + N_{a3} + N_{a4} = 8,88 + 2,25 + 1,8 + 3,06 = 15,99 \text{ кВт}.$$

Річні втрати на електроенергію по майстерні визначається за формулою:

$$W_{\text{рч}} = Q_{\text{д.о}} S, \text{ кВт}; \quad (2.9)$$

де  $F_{до}$  - дійсний річний фонд по часу роботи струмоспоживачів для одної зміни, години;

по- коефіцієнт завантаженості струмоспоживачів по часу (0,75...0,80);  
 $N_{річн} = 15,99 \cdot 1956 \cdot 0,75 = 23457,33$ .

#### 4.7 Розрахунок потреб стиснутого повітря

Стиснуте повітря на підприємствах з ремонту має широке застосування для пневматичних інструментів (це викрутки пневматичні, гайковерти, дрелі, молотки, шини для шліфування...), на розбірно-складальних стендах, для технологічного процесу наплавлювання та обробок деталей (металізаційних та піськоструйних машин), для фарбування та інших потреб.

Щоб визначити потребу стиснутого повітря використовують вказану залежність:

$$Q_{ср} = q_1 \cdot n_v \cdot K_c, \text{ м}^3; \quad (4.10)$$

де  $q_1$  - втрати повітря одного споживача даного виду,  $\text{м}^3/\text{хв}$ ;

$n_v$  - загальний об'єм споживачів цього виду;

$K_c$  - коефіцієнт споживання;

$$K_c = K_1 \cdot K_2, \quad (4.11)$$

де  $K_1$  - коефіцієнт з використання повітроспоживача;

$K_2$  - коефіцієнт одночасної роботи повітроспоживача цього виду;

Горн кузні

$$Q_{ср} = 2,5 \cdot 1 \cdot 0,225 = 0,56,$$

$$K_c = 0,25 \cdot 0,9 = 0,225.$$

Установка компресорна

$$Q_{ср} = 0,6 \cdot 1 \cdot 0,18 = 0,108,$$

$$K_c = 0,20 \cdot 0,9 = 0,18.$$

Установки металорізальні та станки для шліфування

$$Q_{ср} = 1,5 \cdot 1 \cdot 0,63 = 0,945,$$

$$K_c = 0,7 \cdot 0,9 = 0,63$$

Загальні витрати по стиснутому повітрю на підприємстві

$$Q_{cp} = \eta_v \cdot \sum Q_{cp}, \text{ м}^3/\text{год}; \quad (4.12)$$

де  $\eta_v$  - коефіцієнт, яким враховуються витрати повітря ( $\eta_v = 1,3 \dots 1,4$ );

$$Q_{cp} = 1,4(0,56 + 0,108 + 0,945) = 2,26.$$

Річні затрати по стиснутому повітрю, м<sup>3</sup>

$$Q_{cp, \text{річ}} = Q_{cp} \cdot F_{d.o} \cdot \eta_3 \quad (3.13)$$

де  $\eta_3$  - коефіцієнт завантаження обладнання,  $\eta_3 = 0,5 \dots 0,75$ ;

$$Q_{cp} = 2,26 \cdot 1956 \cdot 0,5 = 2210,28.$$

#### 4.8 Розрахунок по витратам води і палива

Визначення потреб по воді необхідно з врахуванням додавання середніх витрат, враховуючи окремих споживачів з урахунок одночасного процесу роботи. Витрати води для підготовки електроліту визначають за розрахунку

0,17...0,23 л на 1 м<sup>2</sup> поверхонь гальванічних покриттів. Розхід води для промивочних ванн таж треба брати з розрахунку на 1 м<sup>2</sup> поверхні покриття зважаючи на промивочні операції. Витратність води для санітарно-побутових потреб розраховані на теплові відділення (кузня, термічне і інш.), визначається за

розрахунку 40 л на зміну для одного працівника. На інші підрозділи - 25 л на зміну на 1 працівника. За коефіцієнту одночасного використання води на працюючого приймаємо, 0,35...0,40. Воду для душових приймається 400...500л до 1 душові сітки на зміну а для умивальників 180...200 л на 1 кран в зміну.

Паливо використовується для опалення та виробничих потреб. Витрати по паливу для опалення визначають наступним методом:

$$(4.14) \quad Q_n = \frac{q_r \cdot H \cdot V}{q \cdot 1000 \cdot \eta_k}, \text{ кг};$$

де  $q$  - питома теплота;

$\eta_k$  - ККД, (приймається 0,75);

$q_r$  - середні витрати тепла на 1 м<sup>2</sup> споруди, Дж/кг;

$H$  - кількість годин на опалювальний сезон, год;

V - об'єм будівлі, м<sup>3</sup>;

$$Q_n = \frac{4,5 \cdot 10^3 \cdot 43 \cdot 20 \cdot 3888}{9,3 \cdot 10^6 \cdot 1000 \cdot 0,75} = 10836,2 \approx 10 \text{ т.}$$

#### 4.9 Формування генеральних планів підприємства

Генеральний план - являється комплексним технологічним та архітектурним рішенням підприємств, яке визначається взаємним розташуванням об'єктів будівель, споруд та інших устаткувань (складських, транспортних, енергетичних, інженерних – і санітарно-технічних) за відповідності до схем

планування місцевості чи промислового вузла з нанесеним на нього зеленого насадження та огороження, із зображенням рельєфу ділянки з горизонтальними та вертикальними відмітинами об'єктів на зображенні. Однією з головних вимог до проекту генерального плану являється його ув'язка відповідно схеми планування ділянки чи промислового вузла, магістралями та місцевою специфікою умов.

Схему з генерального плану включає на початку проектування основи укрупненні розрахунки ділянок цехів, корпусів та споруджень майбутньої майстерні беруч за мету визначити найкращий варіант по розташуванню споруд та устаткування на відведених площах.

Підрахунок потрібних ділянок цехів та споруд по складанню схем по генеральному плану виконується по техніко-економічним показникам подібних підприємств та орієнтуючись на основі планів по розташуванню обладнання.

Обєми та порядок розташування визначається відповідно до технологічного процесу.

Починати складання схеми розташування будівель і споруд на плані ділянки під забудову, необхідно завчасно визначити функціональні зв'язки між цехами, підрозділами та службам майстернь. Для цієї мети розробляється схема з виробництва, яка оказує послідовність виробничого процесу з виготовлення

продукції майстерні, сприяє встановленню раціонального розташування будівель і споруд, до того ж визначити схему і напрямок основних важкопотоків майстерні. В залежності до характеру технологічного процесу, різновиду продукції, розмірів та форм площадок ремонтних майстернь застосовується, поперечна та комбінаційну схему по пересуванню виробничих вантажопотоків.

Для прийняття раціонального рішення генерального плану, підвищити компактність забудови, покращити санітарно-гігієнічні умови на підприємстві, удосконалення з проведення протипожежних та інших заходівна, майбутнє будівництво розбивається по зонах за 3 групами, що має схожість за однорідністю технологічного процесу, функціональністю призначення, санітарними і пожежними характеристиками, транспортним обслуговуванням. Зонування являється самою важливою передумовою для забезпечення оптимальних умов для будівництва, використання та розширення підприємств.

#### **4.10 Аналізування критерій охорони праці на майстерні.**

ЦРМ має відповідність до технологічного процесу на ремонтному виробництві та правил ОП та норм до санітарії.

В ЦРМ який несе відповідальність за ОП відповідно являється завідувачем майстерні. Проводять первинний та вторинний інструктаж, навчання за курсом 32 години та атестування по ньому.

Майстерні повністю забезпечується потрібним обладнанням, мають токарні, фрезерні, свердлильні, зварювальні станки. Повна площа ЦРМ складає 648 м<sup>2</sup>. У приміщеннях які обладнанні під робочі місця мають висоту стелю висота не менша за 3,2 м. Ширина переходів між обладнанням має складати не менше за 0,7 м, ширина проходів для евакуації складає 0,9м. Відстань від обладнання до стін складає 5 м.

Робочий режим в ЦРМ: 8:00 - початок робочого дня; закінчення о 17:30.

Перерва на обід з 12:30 до 14:00. працівники обідають.

За роботи при контакті з шкідливими речовинами працівники забезпечуються засобами для індивідуального захисту (ЗІЗ) це респиратори чи протигази та енецодяг.

Комплекс шкідливих факторів: шуми, вібрації, загазованісті, запиленість та інш.; небезпечні факторії виробництва показані у таблиці 5.3.

Системи освітлення у ЦРМ природньо-бокова, одностороння, штучна та комбінована. Найбільш поширено використовують газорозрядні лампи та розжарувальні лампи.

В ЦРМ наявна природня вентиляція, виключенням є акумуляторна та зварювальна діляниця там встановлюється притоково-витяжна система вентиляювання.

Показник шуму та вібрації, ультра та інфразвукіу в ЦРМ забезпечений відповідно до допустимих меж за допомогою заходів захисту та ЗІЗ,

Опалювальні системи в ЦРМ - централізовано водяна середнього типу опалення. до ЦРМ підведено 4 провідну електромережу, 3 фази, відповідно має напругу 380/220В.

На території ЦРМ машини до яких підводиця напруга передбачене заземлення, де застосовують безпечну напругу 12...36 В.

Ступень ураження електричним струмом приміщення ЦРМ відносять до приміщень з ризиком ураження електричним струмом. Робочий процес в ЦРМ відносять до категорії В – пожежна небезпека.

За показником вогнестійкості будівлі ЦРМ відносять до будівель другого ступеня, ЦРМ забезпечується засобами пожежегасіння, налічує щити для протипожежної безпеки емкості з піском, трубопровід з водою. Система протипожежної безпеки відсутня, натомість існує телефонний і радіотелефонний зв'язок. Наявний захист від блискавок.

#### **4.11. Охорона праці під час роботи біля металорізального верстатату**



Для роботи на металорізальних верстатах допускаються працюючі, які пройшли підготовку, проінструктовані з ОП та після оволодіння практичними навиками з безпечного проведення ріт. Перед тим як приступити до роботи проводя перевірка наявності та стану справності робочого інструменту, захисних щитів та заземлення. Працівники працюють в спецодязі, а за необхідності додатково в захисних окулярах. Верстати та обладнання відповідають ОСТ 12.2003-74, ОСТ 2.12003-80.

На підлогу, біля верстату накладається дерев'яна риштівка. Ширина переходів проміж верстатів 0,7 м. Робочий графік роботи працівників біля верстатів відповідно до режиму роботи ЦРМ. Працівники забезпечені ЗІЗ. Під час роботи біля верстатів працівники піддаються наступним шкідливим факторам: шуми, вібрації, запиленість... Вентилювання у токарних цехах природна. Шуми та вібрації поряд з верстатами знаходиться в межах норми, Верстати живляться за 3 фазної мережі при напрузі 380В. Верстати обов'язково заземлюються. Категорію робіт біля металоріжучих станків відносить до роботи за середньої категорії важкості 26.

В токарних цехах наявні куточки з безпеки, де наявні засоби для пожежегасіння, пожежні крани, аптечка для надання першої медичної допомоги.

Робоче місце поряд верстатом проводять очищення від стружки та інших відходів щоденно.

Для запобігання виробничим травмам, заборонено допускати до верстатів сторонніх осіб, лишати у включеному стані верстат, проводити перевірку чистоти обробленої поверхні на дотик, проводити знімання різального інструменту, патрону, деталі при роботі верстату, працювати на верстатах в рукавицях. Заборонено залишати ключ в патроні верстата, використовувати спрацьовані, або несправні центри, тримати деталь рукою, а також загальмувати патрон верстата рукою.

## 5. ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРОЕКТУ

5.1 Розрахунки фондів заробітної плати працівників під час ремонту колінчатих валів.

Для ділянки по ремонту колінчатих валів приймається бригадний формат організування робочого процесу за підрядно-преміальною оплатою праці, за індивідуальних підрядних розцінок, за залежності до колективних результатів праці. Підрядною оплатою праці передбачають отримання розміру заробітку виходячи від осягу виготовлення продукції відповідно до встановлених розцінок. За розрахунків організаційної частини по ділянці, на ділянці проводять роботу три особи основних працівника та один в якості допоміжного.

Розрахований фонд по заробітній платі на рік, розподілений між працівниками, грн:

$$\Phi_{op} = \sum_{i=1}^K P_{a.i} \cdot H_{zi} + \sum_{i=1}^K n_i + (K_{np} + 1) \cdot \sum_{i=1}^K R_e \cdot Z_{ei} \cdot \Phi_{op}$$

де  $K$  - об'єм робіт, що виконують, в процесі ремонту колінчатих валів на ділянці,  $K=4$ ;

$R_{vi}$  - підрядна розцінка по роботах, що виконуються, грн.;

$$P_{vi} = \frac{\sum_{l=1}^m Z_{cel} t_{kl} \cdot K_l \cdot K_y}{60} \quad (5.2)$$

де  $Z_{cel}$  - погодинна ставка по тарифу підрядника, відповідного розряду робіт по одній операції, грн./год;  $Z_{ce1}=62,5$ ;  $Z_{ce2}=100$ ;  $Z_{ce3}=125$ ;  $Z_{ce4}=125$ ;

$t_{k1}$  - підрахований час на проведення відповідної операції, хв.;  $t_{k1}=15,0$ ;  $t_{k2}=$

$16,831$ ;  $t_{k3}=23,615$ ;  $t_{k4}=10,2$ ;

$K_1$  - коефіцієнт, враховуючий доплати через умови праці,  $K_1=1,0$ ;

$K_y$  - коефіцієнт, враховуючий доплати через інтенсивність праці,  $K_y=1,0$ ;

$$P_{a2} = \frac{16,831 \cdot 1,174 \cdot 1 \cdot 1,12}{60} = 0,37,$$

$$P_{a3} = \frac{23,615 \cdot 1,174 \cdot 1,05 \cdot 1}{60} = 0,49,$$

$$P_{a4} = \frac{10,2 \cdot 1,01 \cdot 1 \cdot 1}{60} = 0,17.$$

$P_{в1} = \frac{15,0 \cdot 0,83 \cdot 1 \cdot 1}{60} = 0,23,$

$n_i$  - доплата за виконаний план і за якість виконання робіт, грн.;

$n_i = (0,2, \dots, 0,4) \cdot P_n \cdot H_{зі},$  (5.3)

$л = 0,3 \cdot 1,26 \cdot 150 = 56,7.$

$K_{пр}$  - коефіцієнт, з врахуванням преміями працюючим,  $K_{пр} = 0,1, \dots, 0,2;$

$R_e$  - число працюючих 3 е-го розряду,  $R_e = 4;$

$Z_{сі}$  - погодинна тарифна ставка працівників 4-го розряду, грн.,  $Z_{сі} = 1,174;$

Фл.р - дійсний фонд часу працюючих, год;

$Ф_{д.р} = Ф_n \cdot n_i \cdot \eta_o,$  (5.4)

де  $Ф_n$  - номінальний річний фонд часу, год,  $Ф_n = 2038;$

$n_i$  - кількість робочих змін на добу,  $n_i = 1;$

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

$Ф_{д.р} = 2038 \cdot 1 \cdot 0,91 = 1855.$

Розрахунки відрядних розцінок показано в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 Вартість робіт по ремонту колінчатих валів по ділянці.

Найменування операції по ремонту	Калькуляційний час, хв.;	Погодинна тарифна ставка, грн.;	Коефіцієнт по доплатам		Відрядна розцінка, грн.;
1 Мийка колін валів	15,0	62,5	1	1,1	23
2 Слюсарні	10,2	100	1	1,0	17
3.Зварювальні (наплавлювальні)	16,831	125	1	1,12	37
4. Механічна обробка	23,615	125	1,05	1	49
Всього	65,646	-	-	-	126

Відрядна розцінка при ремонті колінчатих валів складає  $P_v = 126$  грн.

## 5.2 Розрахунок витрат на матеріали, запасні частини і енергоресурси

Під час процесу ремонту колінчастих валів використовуються основні і допоміжні матеріали. Потреба у конкретних видах матеріалів визначається з врахуванням затрат по ремонту та мийці. Норми по витратам матеріалів визначають відповідно до урахування по витратам на виробничу програму ремонту колінчастих валів, оптових цін і транспортно-заготовельних витрат для їх доставки. Результати розрахунків занесено до таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Витрати на основні і допоміжні матеріали по ділянці.

Найменування матеріалів	Норма витрат на агрегат, кг	Оптова ціна, грн., кг	Транспортно-заготовлені витрати, грн.	Сума на річну програму, грн.
Наплавочний дріт Св-08-Г2	1,5	83	70	45900
Інструмент	5 комплект	5000	100	20000
Охолоджуюча рідина	10	300	100	12000
Газ	1,2	25	200	67500
Додаткове обладнання	-	-	-	10000

Загальна сума витрат за основні та допоміжні матеріали становить 155400 грн. Затрати по енергоресурсам визначається нза підставі витрат за такими видами: силова електроенергія, технологічна електроенергія, стиснуте паливо технологічне, повітря. Норми витрат приймаються відповідно до довідкової літератури [2]. Результати розрахунків заносимо до таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 - Витрати на енергоресурси.

Вид енергоресурсів	Витрати на програму ремонтів	Ціна одиниці енергоресурсу, грн.	Сума на річну програму, грн.
Електроенергія силова, кВт/ год.	23457	1.68	118223
Електроенергія технологічна, кВт	4265	1.68	214704
Паливо технологічне, кг	17000	26	858000
Стиснуте повітря, м <sup>3</sup>	2210	0,02	13265
Пар	-	-	-
Вода, кг	200	0,4	24000
Всього	-	-	12983

### 5.3 Розрахунок собівартості ремонту колінчастого валу двигуна Д-240

Цехову собівартість ремонту колінчатого валу визначають за формулою:

$$C_v = C_m + C_{пт} + C_{те} + Z_{од} + O_c + P_{об} + Ц_v, \quad (5.5)$$

де  $C_m$  – вартість основних і допоміжних матеріалів, які використовують під час ремонту, грн., приймаємо згідно таблиці 5.2,

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

$Z_{од}$  – основна та додаткова зарплата основних і допоміжних працівників, грн.;

$O_c$  – відчислювання органам соціального страхування та інші, грн.;

$P_{об}$  – затрати на утримання та експлуатування обладнання зі всіх технологічних операціях, грн.;

$Ц_v$  – загальногосподарські витрати, грн.;

Основну та допоміжну зарплату визначаємо відповідно формули:

$$Z_{од} = P_v * (1 + K_{відпр}/100) * (1 + K_n.відпр/100), \text{ грн.}; \quad (5.6)$$

де  $K_{відпр}$  – відсоток доплат відпрацьованого часу, приймаємо відповідно даних баз практики,  $K_{відпр} = 25\%$ ;

$K_n.відпр$  – відсоток доплат по невідпрацьованому часу, приймається аналогічно,  $K_n.відпр = 20\%$

$$Z_{од} = 1,26 * (1 + 25/100) * (14 - 20/100) = 1,89.$$

Відрахування по соціальному страхуванню:

$$O_c = (K_c/100) * Z_{од}, \quad (5.7)$$

де  $K_c = 37,5\%$  – коефіцієнт відрахування по соціальному страхуванню;

$$O_c = (37,5/100) * 1,89 = 0,71.$$

Витрати на утримання обладнання та його використання, грн., визначають відповідно формули:

$$P_{об} = (\sum t/60) * t_y \quad (5.8)$$

де  $\sum t = 65,6$  хв. – трудомісткість відновлення деталі;

$t_y = 35$  грн/год – ціна однієї години роботи обладнання;

$$P_{об} = (65,6/60) * 35 = 38,2.$$

Загальногосподарські затрати, грн. (становлять 5000);

$$Цв = (5000/100) * 1,89 = 95,5.$$

Відповідно цехову собівартість ремонту колінчатого валу складає:

$$Св = 15863 + 17150 + 767,7 + 283,5 + 106,5 + 820,5 + 4127 = 39118,2, \text{ грн.}$$

Собівартість ремонту одиниці колінчастого валу, грн., визначається за формулою;

$$Ср = Св / Н, \quad (5.9)$$

де Н - об'єм колінчатих валів, на рік;

$$Ср = 39118,2 / 150 = 260,788$$

#### 5.4 Техніко-економічні показники роботи дільниці

Таблиця 5.4 - Перелік показників

Продуктивність роботи одного працівника розраховують за формулою:

$$Пт = Q_{\text{вир}} / R_{\text{сп}} \quad (5.10)$$

де  $Q_{\text{вир}}$  – об'єм виробництва, грн.

$R_{\text{сп}}$  – кількість працюючих, чол.;

Виробничий та економічний розрахунок підтвержує доцільність ділянки з ремонту колінчатих валів двигуна Д-240.

#### 5.5 Визначення собівартості відновлення:

Цехова собівартість відновлення деталі визначаємо за формулою:

$$С_{\text{цв}} + М_{\text{зал}}, \text{ грн.}, \quad (5.11)$$

де  $С_{\text{в}}$  – собівартість відновлення деталі, грн.;

$М_{\text{зал}}$  – залишкова вартість по відновленню деталі, грн.

$$М_{\text{зал}} = a_m * Ц_m, \quad (5.12)$$

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

$Ц_m$  – ціна 1 кг матеріалу деталі,  $Ц_m = 83$  грн.;

$$M_{\text{зал}} = 15 \cdot 83 = 1245.$$

Собівартість відновлення деталі визначають по формулі.

$$C_{\text{в}} = C_{\text{м}} + E_{\text{т}} + Z_{\text{од}} + Z_{\text{зар}} + P_{\text{о}} + K_{\text{цех}}, \text{ грн.} \quad (5.13)$$

де  $C_{\text{м}}$  - вартість основних та допоміжних ремонтних матеріалів, грн.;

$E_{\text{т}}$  - вартість енергії на технологічні цілі, грн.;

$Z_{\text{од}}$  - основна та додаткова зарплата виробничих працівників, грн.;

$Z_{\text{зар}}$  - нарахування по зарплаті виробничих працівників, грн.;

$P_{\text{о}}$  - витрати на утримання та експлуатацію обладнання, грн.;

$K_{\text{цех}}$  - повна витрати по цеху, грн.;

Вартість матеріалів, що йдуть на ремонт деталі, визначають за формулою:

$$C_{\text{м1}} = G_{\text{м}} \cdot C_{\text{м}}, \text{ грн.} \quad (5.14)$$

де  $G_{\text{м}}$  - маса металу, яку наплавляють,  $G_{\text{м}} = 0,37$  кг;

$C_{\text{м}}$  - ціна матеріалу для наплавлення,  $C_{\text{м}} = 83$  грн. / кг;

$$C_{\text{м1}} = 0,37 \cdot 83 = 30,71.$$

Затрати по технологічній електроенергії. Наплавлення за постійного струму.

(5.15)

$$E_{\text{т}} = \frac{I \cdot V \cdot t_{\text{н}} \cdot K_{\text{в}}}{60 \cdot K_{\text{у}}} C_{\text{ел}} \cdot 10^{-3}, \text{ грн.}$$

де  $I$  - значення струму, А;

$V$  - напруга струму у дузі, В;

$$I = 120 \text{ А}; V = 26 \text{ В};$$

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

$K_{\text{в}}$  - коефіцієнт, враховуючий втрату електроенергії в мережі,  $K_{\text{в}} = 1,05$ ;

$K_{\text{у}}$  - коефіцієнт корисної дії електрообладнання,  $K_{\text{у}} = 0,8$ ;

$C_{\text{ел}}$  - ціна 1 кВт/г електроенергії,  $C_{\text{ел}} = 0,18$  грн. за 1 кВт/г;

$$E_{\text{т}} = \frac{120 \cdot 26 \cdot 5,3 \cdot 1,05 \cdot 0,18 \cdot 10^{-3}}{60 \cdot 0,8} = 0,065.$$

Заробітна плата, грн., основна та додаткова виробничих працівників:

$$z_{o.d} = \frac{\sum_{i=1}^m t_{шт/к} \cdot L_{год} \cdot K_y \cdot (1 + K_{np} + K_d + K_d')}{60} \quad (5.16)$$

де  $t_{шт/к}$  - штучно-калькуляційний час, хв.;  $t_{шт/к1} = 0,56$ ;  $t_{шт/к2} = 0,63$ ;  
 $t_{шт/к3} = 0,63$ ;

$L_{год}$  - тарифна ставка по відповідній операції, грн./год;

$L_{год1} = 4,8$ ;  $L_{год2} = 0,2$ ;  $L_{год3} = 2,05$ ;

$K_y$ ,  $K_{np}$ ,  $K_d$ ,  $K_d'$  - відповідні коефіцієнти по умовам праці та преміям,

Додаткова зарплата, по відпрацьованому та невідпрацьованому час,  $K_y = 1,12$ ;

$K_{np} = 0,4$ ;  $K_d = 0,1$ ;  $K_d' = 0,2$ ;

$$z_{o.d} = \frac{(0,56 \cdot (4,8 \cdot 4) + 0,63 \cdot (2,05 \cdot 4,24) + 0,63 \cdot (0,21 \cdot 1,12)) \cdot 1 + 0,4 + 0,2}{60} = 0,43.$$

Нарахування по заробітній платі виробничих робітників, грн.:

$$z_{нар} = z_{o.d} \cdot \frac{K_n}{100} \quad (5.17)$$

де  $K_n$  - коефіцієнт нарахування,  $K_n = 37,5\%$ ;

$$z_{нар} = 0,43 \cdot \frac{37,5}{100} = 0,16.$$

Затраги на утримання та експлуатацію обладнання, що приходяться до одної деталі, грн.:

$$P_o = \frac{\sum t}{60} t_y \quad (5.18)$$

де  $\sum t = 40,46$  хв. - трудомісткість відновлення деталі;

$t_y = 25$  грн/год - вартість одної станкової години роботи устаткування;

$$P_o = \frac{40,46}{60} \cdot 25 = 3,37.$$

Загальні цехові витрати, які приходять на собівартість одиниці продукції, грн.:



НУБІГ раїни

$$K_{цех} = \frac{\%K_{цех}}{100} Z_{о.о.}, \quad (5.19)$$
$$Z_{о.о.} = \frac{750}{100} 0,43 = 3,23.$$

Собівартість відновлення складає, грн.:

НУБІП України

$$C_{в} = 30,71 + 0,065 + 0,43 + 0,164 \cdot 3,37 + 3,23 = 159,92$$

Цехова собівартість відновлення, грн.:

$$C_{цв} = 13,92 + 75 = 2300,92.$$

Повна собівартість відновлення, грн.:

НУБІП України

$$C_{пв} = C_{цв} * (1 + R_{поз}/100), \quad (5.20)$$

де  $R_{поз} = 10,15\%$  - відсоток поза виробничих витрат;

$$C_{пв} = 88,92 * (1 + 15/100) = 10002,26.$$

Доцільність по розробленому технологічному процесу відновлення

деталі визначаємо за формулою:

НУБІП України

$$C_{пв} / K_d \leq C_{нов}, \quad (5.21)$$

де  $K_d$  - коефіцієнт довговічності відновленої деталі,  $K_d = 0,9$ ;  
 $C_{нов}$  - вартість нової деталі,  $C_{нов} = 82000$  грн.;

$10002,26 / 0,9 = 11113,6$  грн  $\leq 82000$  грн.

НУБІП України

Умова з доцільності виконуються.

НУБІП України

НУБІП України

	Показники	Значення
Н	1.Номенклатура виробів, шт.	150
	2.Об'єми виробництва, грн.	39118,2
	3.Фонд заробітної плати, грн.	240698,99
	4. Чисельність працівників, чол.	8
Н	5. Продуктивність праці одного працівника, грн.	36039,78
	6. Собівартість одиниці продукції, грн.	10002.26
	7. Затрати на основні і допоміжні матеріали, грн.	100000
	8. Затрати на силову електроенергію, грн.	11822328
Н	9. Затрати по технологічній електроенергії, грн.	214704
	10. Затрати по стиснутому повітрю, грн.	13265
	11. Витрати по воді, грн.	24000
	12. Витрати по паливу, грн.	858000

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

# НУБІП України

До магістерської роботи запропоновано матеріал, який включає розроблену технологію по відновленню колінчастих вад та облаштовану дільницю.

Проблема з ремонтів сільськогосподарської техніки стоїть досить давно.

# НУБІП України

Організувати високу ефективність ремонтно-обслуговуючої бази не вдалося.

Міжремонтний ресурс тракторів був у розмірі 40-50% до ремонтного, простоявання техніки на ремонтних дільницях склали 30% до календарного часу, це було спричинено недостатньою кількістю запасних частин.

# НУБІП України

Переорієнтування ринку України на ведення відносин та процес розвитку різних форм власності у різних галузях народного господарства, спричинило зміни в самій структурі наявної бази з ремонту та обслуговування, у

# НУБІП України

організуванні, управлінні, технологій виробництва, у процесах ремонту та обслуговування сільськогосподарської техніки. Для помітного підвищення рівня технології обслуговування та ремонту з'явилася необхідність наступних умов:

1. технічне та ремонтне обслуговування не має опозиціонуватися як щось другорядне, а як необхідна частина, повноцінний етап процесу механізації сільськогосподарського виробництва. 2. відносини виробника та споживача

# НУБІП України

мають формуватись спираючись на пріоритети споживача.

Досвід зарубіжних партнерів у ремонтно-обслуговуючій базі сільськогосподарської техніки та досягнення вітчизняних виробників та інших

# НУБІП України

структур галузі показують шляхи для розвитку ремонтно-обслуговуючої бази сільського господарства в Україні відповідно до сучасних економічних умов.

Йдеться про розвиток систем з обслуговування та ремонту сільськогосподарської техніки чи за прямої участі заводських-виробників (виробничих фірм), говорячи про технічний сервіс у широкому обсязі.

# НУБІП України

Магістерська робота складається з чотирьох частин, це: перший розділ включає в себе аналізування та огляд основних методів з відновлення колінчастих

валів, розрахування процесу з відновлення колінчатого валу двигуна Д-240; другий розділ включає розрахунки по основним параметрам з відділу відновлення колінчатих валів, розрахування переліку по основному обладнанню та по витратам основних технологічних матеріалів; третій розділ включає основні питання по охороні праці; четвертий розділ включає економічне обґрунтування та перелік економічних показників з виконання магістерської роботи.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Н

1. Дипломне проектування з надійності та ремонту машин

Портнов Н.Е.-2004

Н

2. ОСНОВИ РОЗРАХУНКУ, ПРОЕКТУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО УСТАТКУВАННЯ В. Г. МАКСИМОВ, Т. М. ГРИГОРОВА-2010

Н

3. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СЕРВІСНИХ ПІДПРИЄМСТВ: НАВЧ. ПОСІБ.

За Дудніков А. А., Писаренко П. В., Біловод О. І. та ін.-2007 113-175с.

4. Ремонт машин та обладнання Karabinesh Sergey, Ruzhilo Zinoviyy 2014 р.132с.

Н

5. Дипломне проектування / Д. Г. Войтюк, С. Колісник та ін.; За ред. О. В. Дацишина, - К.: Урожай,2005р. - 182 с.

6. Трактори МТЗ-80 і МТЗ-82. М., "Колос", 1972. – 231-258 с.

7. Методичний посібник дипломне проектування у запитаннях та відповідях д.т.н., проф. Дідур В.А., к.т.н., доцент Смелов А.О.-2018р.

Н

8. Механізація й автоматизація ремонту сільськогосподарської техніки. ~  
Видавець: Росагропромздат, 1993. - 171 с.

9. Обладнання та оснастка для ремонту сільськогосподарської техніки, автомобілей та обладнання: - Журнал. – Кудрявцев О.К, 2011. -35с.

Н

10. МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МЕТАЛООБРОБКА УКРАЇНИ (2006)БОЛГОВ В.В

11 Оборудование сельских ремонтных мастерских - М.: Россельхозиздат, 1977.- 144с,

Н

УДІЛ І УКРАЇНИ

12. Рекомендації по ремонту деталей в малих майстернях та ремонтно-технічних підприємств. / Чірко О.В., 2013.
13. Технології ремонту машин та обладнання- В. Андрющенко, Воловко Е. Л., 2017. ~ 237 с.
14. Курсове й дипломне проектування з надійності та ремонту машин / Й. С. Серий, А. П. Смілов, В. Е. Чуркун. 2005р. - 171с.
15. Курсове й дипломне проектування Богданов / В.С, Ілін І.С, Дзюзер В.Я, Струков В.Г, Макридина М.Т, Кудрявцев Е.М, Чудний Ю.П. 2006р.
16. Гуревич Д. Ф., Цирин А. А. Ремонтні майстерні., 2013р.
17. Економіка сучасного підприємства, Іванова О.А, Пеліхов Є.Ф, Сумець О.М./ 2017р.
18. Теоретична механіка. Опір матеріалів / В. Г. Нагайчук, В.А. Матнінчик, Д.В. Чернілевський;, 2002.-130с.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України