

ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, транспорту та енергетики
(повне найменування факультету)

Кафедра експлуатації та ремонту машин
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА до кваліфікаційної атестаційної роботи

бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «Розробка технології та оснащення для відновлення
кулачкового валу двигуна ЯМЗ-236 в умовах ТОВ «Калита-
Нова» м. Кропивницький»

Виконав: здобувач першого (бакалаврського)
освітнього рівня за ОПІ 208 – «Агроінженерія»,
групи АІ(ТС)-21СК-3

_____ Артем ЛУБЕНЕЦЬ

Керівник: _____ Ігор ШЕПЕЛЕНКО

Допустити до захисту: _____ Сергій МАГОПЕЦЬ

Рецензент: _____

Кропивницький – 2024 рік

Центральноукраїнський національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра експлуатації та ремонту машин

Освітній рівень – бакалавр

Галузь знань – 20 – Аграрні науки та продовольство

(шифр і назва)

Спеціальність – 208 – Агроінженерія

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, доц. Сергій МАГОПЕЦЬ

_____ «__» _____ 2024 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ

Лубенцю Артему Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Розробка технології та оснащення для відновлення кулачкового валу двигуна ЯМЗ-236 в умовах ТОВ «Калита-Нова» м. Кропивницький»

керівник роботи Щепеленко Ігор Віталійович, доктор технічних наук, професор

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, місце роботи)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «__» _____ року № _____

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи «05» червня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи 1. Матеріали переддипломної практики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Загальний розділ. Характеристика бази практики. Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи.

Технологічний розділ. Характеристика двигуна ЯМЗ-236. Умови роботи і основні процеси зношування агрегату. Характерні конструктивно-технологічних особливостей кулачкового валу. Аналіз причин зносу деталей, характер, вид і величини зносу. Вплив основних зносів деталей на технічний стан та якість роботи агрегату в цілому. Технологічний процес дефектування розподільчого валу. Складання технологічних маршрутів відновлення кулачкового валу. Технологічні вимоги, що висуваються до кулачкового валу. Вибір раціонального способу відновлення деталі. Розробка технологічного процесу відновлення розподільчого валу двигуна ЯМЗ-236. Розробка структурної послідовності виконання технологічних операцій відновлення кулачкового валу. Вибір технологічного обладнання, різального, вимірювального та контрольного інструменту. Розробка та вибір технологічного процесу відновлення деталі. Розрахунок та вибір режимів роботи і норми часу на кожну операцію.

Організаційний розділ. Організація робіт на зварювально-наплавлювальній дільниці. Визначення трудомісткості робіт, показників режиму роботи підприємства, числа робочої сили і робочих місць. Обґрунтування вибору обладнання для зварювально-наплавлювальної дільниці. Розрахунок площі зварювально-наплавочної дільниці. Енергетичні розрахунки виконання робіт на зварювально-наплавочній дільниці. Охорона праці та техніка безпеки при виконання робіт на зварювально-наплавочній дільниці.

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

1. Ремонте креслення деталі (A1). 2. Аналіз способів відновлення кулачкових валів. (A1). 3. Технологічні карти на відновлення деталі (A1). 4. Планування зварювально-наплавлювальної дільниці (A1).

6. Дата видачі завдання: 08.04.2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальний розділ	05.05	
2	Технологічний розділ	15.05	
3	Організаційний розділ	25.05	
4	Графічний матеріал	05.06	

Здобувач вищої освіти

_____ Артем ЛУБЕНЕЦЬ
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ Ігор ШЕПЕЛЕНКО
(підпис) (прізвище та ініціали)

Анотація

Розроблена кваліфікаційна атестаційна робота складається з 3 листів пояснювальної записки та 4 листів графічної частини. Пояснювальна записка вміщує три розділи, в яких розгорнуто представлено наступні питання.

В загальному розділі роботи представлено основні етапи розвитку ТОВ «Калита-Нова». Обґрунтовано тема кваліфікаційної атестаційної роботи.

У технологічному розділі кваліфікаційної атестаційної роботи наведена детальна характеристика двигуна ЯМЗ-236, яка крім технічних даних, вміщує умови роботи двигуна, а також процеси, що відбуваються на протязі експлуатації. Особливу увагу приділено конструкції паливного насосу високого тиску, до складу якого входить кулачковий вал. Показані закономірності виникнення дефектів кулачкового валу. Також представлено конструктивно-технологічні особливості кулачкового валу, виконано аналіз причин зносу деталі, показано характер, вид і величини зносу. Виокремлені дефекти кулачкового валу паливного насосу високого тиску двигуна ЯМЗ-236. Представлені технологічні маршрути відновлення кулачкового валу. Обґрунтовано вибір раціонального способу відновлення деталі. Розроблено структурну послідовність виконання технологічних операцій відновлення кулачкового валу. Обрано установчі бази, технологічне обладнання, різальний, вимірювальний та контрольний інструмент. Виконано розрахунок режимів операцій технологічного процесу відновлення кулачкового валу двигуна ЯМЗ-236, а також норми часу по кожній операції.

В організаційному розділі роботи представлено організацію робіт на зварювально-наплавлювальній дільниці. Визначено трудомісткість робіт, проведені розрахунки фондів часу, робочої сили. Обґрунтовано вибір обладнання для зварювально-наплавлювальної дільниці. Виконано розрахунок площі зварювально-наплавочної дільниці. Проведені енергетичні розрахунки для виконання робіт на зварювально-наплавлювальній дільниці. Розглянуті питання з охорони праці та техніка безпеки при виконання робіт на дільниці.

Вступ.....	
1. Загальний розділ.....	
1.1. Основні етапи розвитку бази практики – ТОВ «Калита-Нова»	
1.2. Обґрунтування теми бакалаврської кваліфікаційної роботи	
2. Технологічний розділ.....	
2.1. Технічна характеристик двигуна ЯМЗ-236	
2.2. Характеристика умов роботи і основних процесів зношування агрегату та деталі і вимоги до них.....	
2.3. Закономірності виникнення дефектів кулачкового валу	
2.4. Характерні ~~конструктивно-технологічних~~ особливостей кулачкового валу	
2.5. Аналіз причин зносу деталей, характер, вид і величини зносу.....	
2.6. Вплив основних зносів деталей на технічний стан та якість роботи агрегату в цілому	
2.7. Технологічний процес дефектування кулачкового валу	
2.8. Складання технологічних маршрутів відновлення кулачкового валу	
2.9. Технологічні вимоги, що висуваються до кулачкового валу	
2.10. Обґрунтування вибору раціонального способу відновлення деталей	
2.11. ~~Вібродугове~~ наплавлення як спосіб відновлення	
2.12. Розробка структурної послідовності виконання технологічних операцій відновлення кулачкового валу	
2.13. Вибір установчих баз	
2.14. Обґрунтування вибору технологічного обладнання, різального, вимірювального та контрольного інструменту	
2.15. Розрахунок режимів операцій технологічного процесу відновлення кулачкового валу двигуна ЯМЗ-236	

2.16. Нормування часу виконання операції для розробленого технологічного процесу відновлення кулачкового валу двигуна ЯМЗ-236.....	
--	--

3. Організаційний розділ.....	
3.1. Організація робіт на зварювально-наплавлювальній дільниці	
3.2. Визначення трудомісткості робіт на зварювально-наплавлювальній дільниці	
3.3. Режим роботи підприємства і розрахунок річних фондів часу	
3.4. Визначення числа робочої сили і робочих місць	
3.5. Обґрунтування вибору обладнання для зварювально-наплавлювальної дільниці	
3.6. Розрахунок площі зварювально-наплавочної дільниці	
3.7. Обґрунтування вибору підйомно-транспортного обладнання.....	
3.8. Енергетичні розрахунки виконання робіт на зварювально-наплавочній дільниці.....	
3.8.1 Вибір та розрахунок вентиляції.....	
3.8.2 Розрахунок освітлення.....	
3.8.3 Розрахунок силової електроенергії.....	
3.8.4 Розрахунок пара та палива.....	
3.8.5 Розрахунок води.....	
3.9. Охорона праці та техніка безпеки при виконання робіт на зварювально-наплавлювальній дільниці.....	
Висновки.....	
Список використаної літератури.....	

Вступ

Забезпеченість ремонтного виробництва запасними частинами відіграє ключову роль у підвищенні технічної готовності автомобільного парку. Збільшення випуску нових запасних частин потребує значних матеріальних і трудових ресурсів. Водночас близько 75% деталей, які вибраковуються під час першого капітального ремонту автомобілів, підлягають ремонту або можуть бути використані без відновлення.

Раціональною альтернативою збільшенню виробництва запасних частин є повторне використання зношених деталей, що відновлюються в процесі ремонту автомобілів та їхніх вузлів.

Більш того, практика ремонтного виробництва свідчить про те, що більшість деталей, вибракуваних через зношування, втрачають не більше 1-2% своєї початкової маси.

У цьому випадку, міцність деталей залишається практично незмінною. Згідно з даними [1, 2], приблизно 87% деталей двигунів внутрішнього згоряння вибраковують у разі зносу не більше 0,3 мм та їх можна повторно використовувати після ремонту.

З погляду відновлення парку машин, ремонт стає економічно вигідним завдяки можливості повторного використання більшості деталей, включно з тими, що зазнали значного зносу, після їх відновлення. Це дає змогу скоротити терміни ремонту і зменшити витрати металу та інших матеріалів порівняно з виготовленням нових деталей.

Також слід відмітити, що для сучасної техніки характерна подальша інтенсифікація режимів роботи машин, що призводить до значного збільшення навантажень на робочу поверхню деталей, вузлів і, особливо, рухомих сполучень (вузлів тертя).

Основною причиною відмов у роботі машин є не їхнє руйнування, а зношування робочих поверхонь, що зумовлює актуальність проблеми надійності та збільшення ресурсу деталей шляхом їх відновлення.

1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Основні етапи розвитку бази практики – ТОВ «Калита-Нова»

«Науково-виробнича фірма «Калита» була створена 5 листопада 1993 року у формі ТОВ. Початковою спеціалізацією роботи підприємства було обробкою та зміцненням колінчастих валів, що дозволило в подальшому займатися відновленням колінчастих валів методом електродугового напилення. У 1994 році підприємство заключило угоду з Державним Інноваційним фондом про впровадження інноваційного проекту: «Технологія відновлення колінчастих валів електродуговим напиленням композиційними покриттями». Проект було впроваджено за шість місяців; вже через місяць підприємство вийшло на проектну потужність» [3].

«Наприкінці 1994 року на підприємстві почалися роботи по впровадженню лінії відновлення блоків циліндрів двигунів внутрішнього згорання. Для цього було придбано та введено в експлуатацію розточувальне обладнання та розроблено технологію хонінгування циліндрів із застосуванням прогресивного інструменту: алмазних різців та алмазних хонінгувальних брусків. В загальні на НВФ «Калита» на протязі 1993 – 1995 рр. було впроваджено» [3]:

- відділення з ремонту та відновлення головок блоків циліндрів двигунів;
- технологію та оснащення для відновлення розподільчих валів.

«У 1997 році на підприємстві впроваджено дільницю по ремонту паливної апаратури та розширюється спеціалізація по відновленню пар тертя деталей машин, встановлено універсальний координатно-розточувальний верстат особливої точності, що дозволило проводити відновлення різноманітних корпусних деталей, а також спряжень типу вал – втулка» [3].

«У 1998 році на підприємстві модернізовано технологію ремонту головок блоків циліндрів двигунів із застосуванням новітньої технології

фірми “NEWAY”; впроваджується відділ по ремонту карбюраторів ДВЗ із сучасним технологічним обладнанням, яке дозволяє імітувати роботу карбюраторів в умовах близьких до умов реальної роботи двигуна» [3].

«З 1999 року розпочато роботи дільниці зварювально-рихтувальних робіт, а з 2000 року на підприємстві почала працювати ділянка шиномонтажу та балансування коліс. В цьому ж році ділянку оснащено верстатом по правці зварних коліс автомобілів. В 2001 році розпочаті роботи по ремонту ходових частин легкових автомобілів» [3].

«Починаючи з 2003 р. ринок послуг у сфері обслуговування автомобілів у м.Кіровоград значно розширювався. Тому гостро стало питання зміни вектору розвитку підприємства» [3].

«Новим етапом розвитку стало реорганізація підприємства, поява нових власників. Таким чином, зявилося нова форма власності ТОВ та нова назва – «Калита-Нова» » [3].

«На сьогодні «підприємство ТОВ «Калита-Нова» відноситься до автосервісних підприємств, що виконують функції, пов'язані з підтриманням автомобілів в справному технічному стані. Основним видом діяльності організації є технічне обслуговування та ремонт автотранспортних засобів. Проходячи практику на такому підприємстві здобувачі вищої освіти мають можливість побачити окремі технології ТО і ремонту автомобілів, а також закріпити теоретичні знання, отриманні під час навчання. Матеріально-технічна база підприємства дозволяє виконувати ремонт базових деталей автомобілів» (рис.1.1)» [3].



a)



б)



в)

Рис.1.1. Ремонт базових деталей автотракторної техніки на підприємстві ТОВ «Калита-Нова» [3]

1.2. Обґрунтування теми бакалаврської кваліфікаційної роботи

Для сучасної техніки характерна подальша інтенсифікація режимів роботи машин, що призводить до значного збільшення навантажень на робочу поверхню деталей, вузлів і, особливо, рухомих сполучень (вузлів тертя).

Основною причиною відмов у роботі машин є не їхня поломка, а зношення робочих поверхонь, що зумовлює актуальність проблеми надійності та збільшення ресурсу деталей.

У зв'язку з виснаженням природних мінеральних ресурсів проблема перероблення та подальшого використання відходів автомобільного

виробництва, а також відновлення зношених деталей стає дедалі актуальнішою.

Слід також додати, що нормальна експлуатація двигунів в значній мірі залежить від якісної роботи однієї з основних, найбільш навантажених і дорогої деталі – кулачкового валу. Практика ремонту двигунів показує, що при капітальному ремонті практично всі кулачкові вали в тій чи іншій мірі повинні підлягати відновленню, причому технологічні процеси відновлення відрізняються високим ступенем складності і високою собівартістю при відносно низькій післяремонтній довговічності. Сучасне ремонтне виробництво застосовує цілий ряд різних способів відновлення основних дефектів кулачкових валів.

Одним із самих трудомістких і тих, що слабо піддаються механізації технологічних процесів в загальному циклі капітального ремонту двигунів є операції при яких безпосередньо відбувається відновлення зношених поверхонь. Якість проведення саме цих процесів багато в чому визначає якість ремонту агрегатів. Таким чином, вдосконалення організації процесів відновлення агрегатів з використанням сучасних досягнень, а також впровадження прогресивних технологій у ремонтне виробництво є важливою і актуальною задачею.

Вдосконалення технологічних процесів зварювально-наплавочних робіт неможливе без використання сучасного обладнання. Особливе значення в цих умовах набуває розробка спеціального обладнання, що відповідає конкретним умовам технологічних процесів, що проводяться. Саме завдяки вдалому використанню спеціального обладнання залежить якість і собівартість процесів відновлення.

Таким чином, тема вдосконалення існуючої технології та оснащення для відновлення кулачкового валу є безумовно актуальною та своєчасною.

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Технічна характеристик двигуна ЯМЗ-236

Двигун ЯМЗ-236 являється силовим агрегатом автомобілів МАЗ.

Двигун 4-х тактний, 6-ти циліндровий з кутом 90^0 між осями циліндрів, число головок циліндрів – 2. Загальна вага двигуна 1230 кг. Технічна характеристика двигуна ЯМЗ-236 приведена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічна характеристика двигуна ЯМЗ-236

Параметри	Одиниці вимірювання	Норма
Діаметр циліндрів	мм	130
Хід поршня	мм	140
Робочий об'єм	л	14,87
Ступінь стиску		16,5
Номінальна потужність	~~к.с.~~	150
Максимальний крутний момент	кг·м	90
Число обертів при максимальному крутному моменті	об/хв	Не більше 1500
Мінімальна питома витрата палива	~~г/к.с.год~~	175
Спосіб сумішоутворення		Безпосередній ~~вприск~~
Діаметр головки клапанів: впускного випускного	мм	61,5 48
Розташування клапанів		Верхне

Система змащення двигуна комбінована – під тиском і розбризкуванням, система охолодження примусова, закритого типу.

До блока закріплюються масляний і водяний насоси і ряд інших вузлів і

агрегатів двигуна.

«Кривошипно-шатунний механізм складається з поршнів з кільцями, поршневих кілець, шатунів, колінчастого вала і маховика. Поршень сприймає тиск газів при робочому такті і передає його через поршковий палець і шатун на колінчастий вал. Поршень являє собою перевернутий циліндричний стакан, відлитий з алюмінієвого сплаву. У верхній частині поршня розташована головка з канавками, в які вставлені поршкові кільця. Нижче головки виконана юбка, що направляє рух поршня. В юбці є приливи – бобишки з отворами для поршневого пальця» [4].

«Поршкові кільця, що використовуються в двигунах діляться на компресійні і маслосборні. Компресійні кільця ущільнюють поршень в циліндрі і служать для зменшення проривання газів з циліндру в картер, а маслосборні знімають надлишок масла з дзеркала циліндрів і не допускають проникнення масла в камеру згорання. Кільця виготовляють з чавуну і сталі» [4].

«Поршковий палець шарнірно з'єднує поршень з верхньою головкою шатуна. Палець виготовлений у вигляді пустотілого циліндричного стержня, зовнішня поверхня якого загартована за допомогою нагрівання струмів високої частоти» [5].

«Колінчастий вал сприймає зусилля, що передаються від поршнів шатунами і перетворює їх в крутний момент, котрий потім через маховик передається агрегатам трансмісії» [5].

2.2. Характеристика умов роботи і основних процесів зношування агрегату та деталі і вимоги до них

В процесі експлуатації машин за двигуном ведеться постійний контроль, приділяється максимум уваги і все ж першим з усіх агрегатів він виходить з ладу.

«Це пояснюється тим, що деталі двигуна піддаються активному

хімічному, термічному і механічному впливу і навантажені значними динамічними зусиллями. В умовах експлуатації стабільність робочих характеристик двигуна може порушуватися через велику кількість причин, що викликають несправності його деталей і механізмів». Несправності і знос можуть виникнути в результаті механічного зношування (змінюється форма і об'єм частин, що труться, без суттєвих фізичних і хімічних змін), молекулярно-механічного (одночасний вплив молекулярних або атомарних сил на поверхню деталі), абразивного (в результаті ріжучої і шкрябаючої дії твердих тіл або частинок), втомлюваного (повторне деформування мікрооб'ємів матеріалу) і багато інших факторів, таких як порушення регулювань механізмів і систем деталей спряжень» [6].

«Строк служби деталі в першу чергу залежить від якості матеріалу з якого вона виготовлена, її термічної і механічної обробки, точності збирання агрегатів машини, умов експлуатації і режимів роботи» [6, 7].

Дорожні і кліматичні умови і різка відміна режимів транспортних робіт обумовлюють часту зміну швидкостей і тривале використання понижених передач з високим ступенем використання великого крутного моменту, що призводить до різкої зміни температурного і навантажувального режимів роботи двигуна.

Найголовнішим критерієм довговічності деталей – це втомлювана міцність. При цьому перевірочні розрахунки на опір втомі, як правило не роблять, але вони є головним критерієм, який дозволяє судити про працездатність деталі. У сполученнях блоку циліндрів діють такі сили, як кругова, радіальна та осьова, а також моменти – згинальний та крутний. Як відомо в даному агрегаті контактують циліндричні поверхні.

Одним з основних та найбільш складних і важливих вузлів двигуна є паливний насос (рис.2.1). Паливний насос високого тиску плунжерного типу, шестисекційний, призначений для подачі у циліндр двигуна (через форсунки) у визначенні моменти часу строго необхідної кількості палива під високим тиском в залежності від режиму роботи двигуна. Він складається з шести

окремих насосних секцій, які об'єднені у один загальний корпус з приводом від кулачкового валика. Разом з насосом високого тиску у цьому агрегаті об'єдненні муфта автомобільного попередження впрыску, регулятор числа обертів та паливподкачуючий насос. Порядок роботи насосних секцій відповідає порядку роботи двигуна 1-4-2-5-3-6.

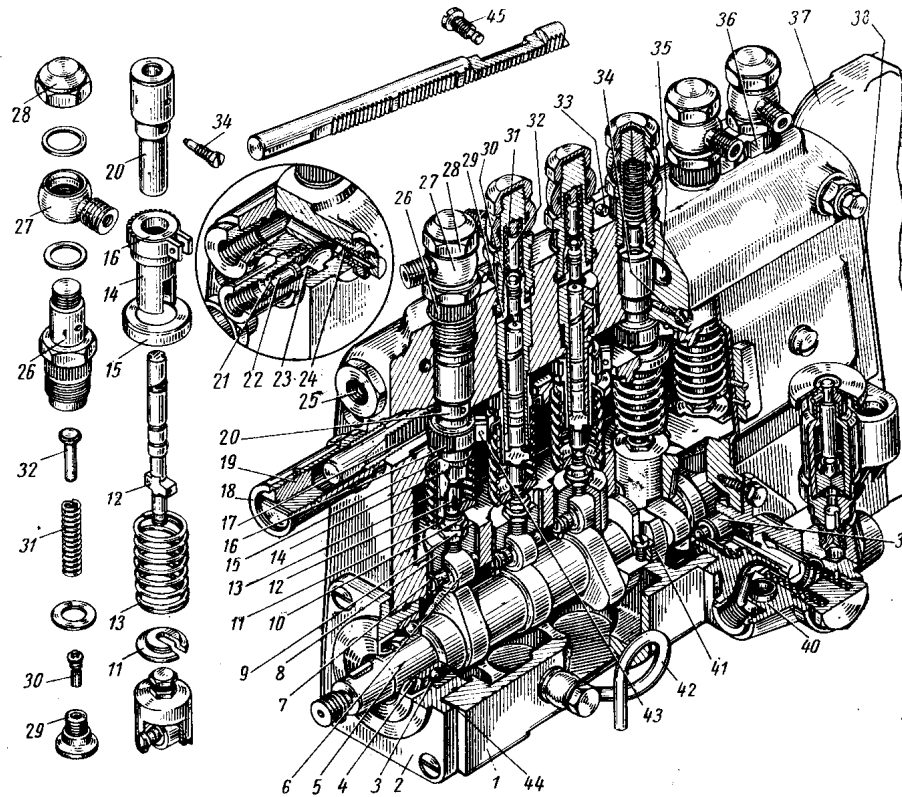


Рис.2.1. Паливний насос високого тиску: 1 – корпус; 2 – кришка підшипника; 3 – шарикопідшипник; 4 – сальник; 5 – кулачковий валик; 6 – ролик товкача; 7 – вісь ролика; 8 – товкач плунжера; 9 – контргайка; 10 – регулюючий гвинт; 11 – нижня тарелка пружини товкача; 12 – плунжер; 13 – пружина товкача; 14 – поворотна втулка; 15 – верхня тарілка; 16 – зубчастий венець; 17 – рейка; 18 – ковпачок рами; 19 – обмежувач гвинт; 20 – втулка плунжера; 21 – пружина перепускного клапану; 22 – перепускний клапан; 23 – седло перепускного клапану; 24 – пробка для випуску повітря; 25 – канал для підводу повітря; 26 – штуцер; 27 – з'єднуючий ніпель; 28 – ковпачкова гайка; 29 – седло нагнітального клапану; 30 – нагнітальний клапан; 31 – пружина нагнітального клапану; 32 – упор нагнітального клапану; 33 – гвинт держача штуцерів; 34 – стопорний гвинт втулки

плунжеру; 35 – канал для отводу надмірного паливу; 36 – держач штуцерів; 37 – корпус регулятора; 38 – бокова кришка; 39 – ролик товкача поршня; 40 – паливноподкачуючий насос; 41 – проміжноточна опора кулачкового валу; 42 – зливна трубка; 43 – стяжної гвинт; 44 – регулюючи прокладки; 45 – стопорний гвинт.

Максимальна подача палива кожної секції відповідає $105-107 \text{ мм}^3$ за кожний хід плунжера. Використання розподільної насосної секції, автоматичної муфти попередження впрыску, забезпечуючої оптимальний кут попередження впрыску палива дозволило отримати насос високого тиску двигуна ЯМЗ-236, який по рівнянні з минулими є більш надійним і значно економічним.

Насос розташований між рядами циліндрів та приводиться у дію від розподільного валу через шестерню приводу паливного насосу. Керування робочими секціями відбувається за допомогою кулачкового валу, який розташований у нижній частині корпусу.

Кулачковий вал двигуна ЯМЗ-236 має шість кулачків та ексцентрик для приводу паливноподкачуючого насосу та призначений для керування роботою секцій паливного насосу високого тиску шляхом передачі через кулачки зворотньо-поступого руху плунжеру.

Кулачковий вал обертається у двох роликових підшипниках та однієї проміжної опори ковзання. Осьове переміщення кулачкового валу у роликових підшипниках допускається в межах $0,01-0,07 \text{ мм}$ і регулюється набором регулюючих прокладок.

Кінцеві шийки кулачкового валику ущільнені резиновими сальниками.

2.3. Закономірності виникнення дефектів кулачкового валу

Пружні деформації згину, стиску і кручення в окремих деталях (місцях) кулачкового вала викликають коливальні процеси, що супроводжуються

порушенням роботи всієї системи живлення, зміщення кута вприску пального і його кількості в циліндрі і т.д.

В процесі експлуатації деталі зношуються та набувають усувних та неусувних дефектів.

До усувних дефектів паливного насосу відносяться згин кулачкового валу і штовхачів, порушення різьби кріплення, знос роликів, знос регулювальних гвинтів, плунжерних пар, шийок і кулачків валу.

Перелічені дефекти є результатом механічного зносу деталей при взаємодії в процесі експлуатації.

В результаті змінної дії навантажень з боку деталей насосу високого тиску виникає згин кулачкового валу, що у свою чергу приводить до підвищеного спрацювання опорних підшипників. Вказані навантаження приводять до порушень геометрії поверхонь опорних шийок: опорні шийки набувають конусності та сідлоподібності.

«Механічний знос, особливо абразивний, є одним з основних видів для складних деталей паливного насосу великого тиску. Значна частина спрацьованих деталей піддається втомленому зношуванню, що приводить до утворення в поверхневому шарі мікротріщин, і в кінцевому випадку може призвести до зламу деталі» [6].

«У підвісних сполученнях спостерігається пластична деформація виступаючих частин мікронерівностей, що супроводжується на поверхні тертя наклепаного шару, який має велику твердість і крихкість» [6].

2.4. Характерні конструктивно-технологічних особливостей кулачкового валу

Кулачковий вал паливного насосу високого тиску двигуна ЯМЗ-236 кований із сталі 18ХГТ ГОСТ 4543-71.

На кінцях валу є конусні шийки під муфту випередження вприску і втулку ведучої шестерні. Вал трьохопорний. Крайні опорні шийки валу

мають діаметр 20 мм, а середня – 27,5 мм. Ширина опорних шийок складає 28 мм для передньої і задньої шийок, 26 мм для середньої. Поверхні шийок та кулачків загортовані СВЧ до твердості 56-62 HRC (рис. 2.2).

Кулачковий вал обертається від вала приводу через центробіжну муфту, яка розміщена в передній частині корпусу насоса.

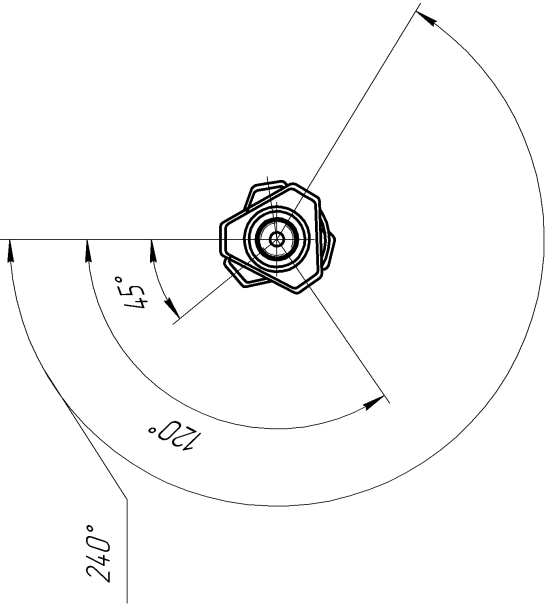


Рис.2.2.2. Кулачковый вал ЯМЗ-236

Частота обертання кулачкового валу вдвічі менша за частоту обертання колінчастого валу дизеля. Вірне встановлення шестерен забезпечується складанням по міткам, нанесенням біля зубців впадин.

На кулачковий вал діють різні види напружень. В результаті передачі крутного моменту в зворотно-поступове переміщення плунжерів на вал діють крутні моменти.

Зусилля стиску пружин, що діють на плунжер і штовхач приводять до зносу кулачків. Опорні шийки валу також піддаються спрацюванню. В процесі роботи двигуна у мастило попадають нагар, хімічні компоненти, які прискорюють зношення поверхонь тертя. Інтенсивний знос опорних шийок і кулачків проходить в момент запуску двигуна, коли змащення ще не надходило у сполучення деталей тертя. Перевантаження двигуна приносить різке падіння тиску в системі змащення, що приводить до сухого тертя.

2.5. Аналіз причин зносу деталей, характер, вид і величини зносу

«Найбільшому зносу підлягають опорні шийки вала і кулачки. Це відбувається внаслідок попадання в змазку нагару і абразивних частин. В процесі роботи двигуна зазори в сполученнях збільшуються, що в свою чергу приводить до зменшення тиску в системі мащення, а це також сприяє підвищенню зносу» [8].

«Як правило, характер зносу шийок і кулачків рівномірний по всій ширині, разом з тим, на передніх опорних шийках можуть мати місце колові риси від абразивних частинок, що попадають в змазку» [5].

«Биття середніх шийок відносно крайніх (згин валу) доходить величин більше 0,08 мм, що викликається дією знакозмінних навантажень» [8].

Знос шпоночних пазів під автоматичну муфту і під втулку ведучої шестерні регулятора по ширині та зрив чи знос різьби на кінцях валу викликається нерівномірним розподіленням навантаження і великими контактними напруженнями.

2.6. Вплив основних зносів деталей на технічний стан та якість роботи агрегату в цілому

Від роботи кулачкового валу залежить робота всієї системи палення двигуна і техніко-економічні показники його роботи.

Знос кулачкового валу приводить до порушення кута впорску і подачі кількості палива в циліндри. Послаблення посадки, шпоночних пазів, зрив різьби порушують міцний зв'язок шестерень з валом, що також порушує нормальну роботу паливної системи.

«В процесі роботи вала в умовах знакозмінних навантажень можуть утворюватися мікротріщини не лише в поверхневих шарах , але і в основній масі металу» [1].

В процесі експлуатації тріщини збільшуються і можуть привести до злому, особливо в небезпечних перерізах. Вал піддається також втомленому спрацюванню.

2.7. Технологічний процес дефектування кулачкового валу

«Дефектування є процесом визначення технічного стану деталей і можливості їх відновлення. У відповідності з типовою технологією деталі сортують за наступними групами: придатні, придатні в сполученні з новими, або відновленими до номінального розміру, ті, що підлягають ремонту і непридатні» [9].

Придатні деталі надходять до комплектувального відділення або на склад; деталі, які підлягають ремонту – на відповідні дільниці відновлення. Браковані деталі здаються в утиль.

Дефектування проводиться візуально з використанням інструменту, пристроїв і пристосувань.

Візуально можливо визначити наявність зколів та тріщин на кулачках, а також перевірити стан центровочних отворів. Центровочні отвори повинні

мати правильну геометрію, так як вони є базою при виконанні більшості операцій відновлення. Дефекти кулачкового валу наведені у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Дефекти кулачкового валу паливного насоса високого тиску двигуна ЯМЗ-236

Найменування дефектів	Спосіб усунення дефекту і вимірювальний інструмент	Розміри			Висновок
		Номинальний	~~Допуст.~~ без ремонту	~~Допуст.~~ для ремонту	
1. Бикришування цементованого шару на кулачках	Огляд.	-	Загальна площа не більше 10% поверхні кулачка	-	Ремонтувати. Зачищення гострих кромки. Бракувати при відколах більше 10% поверхні кулачка
2. Зменшення висоти кулачків в результаті спрацювання	Мікрометр МК 50-1 ГОСТ 6507-78	$10^{+0.05}$	9,6	Менше 9,6	Ремонтувати. Шліфування кулачків по копію
3. Спрацювання циліндричного кулачка	Мікрометр МК 50-1 ГОСТ 6507-78	$42_{-0.17}$	41,6	Менше 41,6	Ремонтувати. Хромування.
4. Спрацювання опорних шийок під підшипники	Скоба 20 мм. Мікрометр 0-25 мм	$20^{+0.017}_{+0.002}$	20,0	Менше 20	Ремонтувати. Наплавлення. Хромування. ~~Остатковання~~
5. Спрацювання шийки під середню опору валу	Скоба 27,4 мм	$27.5_{-0.07}^{+0.04}$	27,4	Менше 27,4	Ремонтувати. Хромування
6. Спрацювання конусних шийок під муфту випередження впорскування і втулки ведучої шестерні регулятора	Калібр конусний, ~~конусність~~ 1:5. Малий діаметр конусу 16 мм	~~Конусність~~ 1:5; діаметр конусу 18 на відстані $\alpha = 37 \pm 0.2$	Зміщення торця калібру відносно торця конусної шийки - 2	-	Ремонтувати. Наплавлення. Хромування. ~~Остатковання~~
7. Спрацювання шпонкових пазів під автоматичну муфту і під втулку ведучої шестерні регулятора по ширині	Шаблон 4,03 мм	$4_{-0.07}^{+0.03}$	4,03	-	Бракувати при розмірі більше 4,03 мм
8. Зрив або спрацювання різьби на кінцях валу	Огляд	M14x1,5-6H	Зрив двох ниток	Зрив більше двох ниток	Ремонтувати. Наварювання
9. Згинання валу	Призма. Індикатор зі стійкою	Биття середньої шийки під опору кулачкового валу відносно крайніх шийок			Ремонтувати. Певка.
		Не більше 0,02	Не більше 0,04	Більше 0,04	

Технічний стан кулачків кулачкового валу оцінюється шляхом вимірювання їх висоти калібром або штангенциркулем з точність відліку 0,05 мм.

Згин вала перевіряється індикатором годинникового типу із штативом з двома призмами, встановленими на плиті, або ж в центрах ПБМ-500.

Спрацювання опорних шийок контролюється мікрометром або скобами. Спрацювання посадочного місця під шестерню також контролюється скобою або мікрометром.

2.8. Складання технологічних маршрутів відновлення кулачкового валу

Під маршрутною розуміється технологія, складена на комплекс дефектів з урахуванням суворої послідовності виконання технологічних операцій при найкоротшому русі деталі по цехах і дільницях.

Під час розроблення маршрутів відновлення деталі необхідно керуватися такими основними принципами:

- поєднання дефектів у кожному маршруті має бути дійсним і базуватися на результатах дослідження закономірностей появи дефектів даної деталі;
- маршрут має передбачати технологічний взаємозв'язок сполучень дефектів зі способами відновлення, а вибір раціонального способу відновлення деталі залежить від поєднання дефектів;
- кількість маршрутів відновлення деталі має бути мінімальною (не більше п'яти), оскільки велика кількість маршрутів ускладнює виробничий процес, ускладнює технологічну документацію і виробничий облік. Зменшення кількості маршрутів може бути досягнуто шляхом об'єднання варіантів сполучень, що відрізняються між собою наявністю незначних за трудомісткістю дефектів; включенням до складу маршруту відновлення взаємопов'язаних співвісних поверхонь; включенням в усі рекомендовані маршрути операцій, що забезпечують підвищення якості відновлення операцій, що забезпечують підвищення якості відновлення деталей (виправлення погнутості, прогонка різьблень, зачищення задирок та ін.);

- відновлення деталей за цим маршрутом має бути економічно доцільним і враховувати технологічну необхідність відновлення окремих поверхонь.

Стосовно маршрутів відновлення розподільчого валу розглянуто такі найбільш часто зустрічаючи варіанти поєднання дефектів.

Маршрут №1

- 1 Усунення згину вала
- 2 Відновлення опорних шийок
3. Відновлення кулачків
4. Відновлення циліндричного кулачка.

Маршрут №2

- 1 Відновлення опорних шийок.
- 2 Усунення згину вала.
- 3 Відновлення конусних шийок.

Маршрут №3

- 1 Відновлення різьби.
- 2 Відновлення кулачків.
- 3 Відновлення шпоночних пазів.

Маршрут №4

- 1 Відновлення опорних шийок
- 2 Відновлення кулачків
3. Відновлення шпоночного пазу

Для розробки технологічного процесу відновлення розподільчого валу вибираємо маршрут №4, який містить найбільш характерне сполучення дефектів.

2.9. Технологічні вимоги, що висуваються до кулачкового валу

1. «Робочі поверхні опорних шийок і кулачків валу повинні бути чистими без вибоїн і рисок» [9].
2. «Твердість шийок і кулачків кулачкового валу повинні бути не менше HRC 54...62» [9].
3. Висота кулачків допускається не менше 9,6 мм.
4. Діаметри шийок кулачкового вала допускаються не менше 20 мм.
5. Осьовий люфт валу допускається 0,1 мм, для нових 0,01 – 0,07 мм.

2.10. Обґрунтування вибору раціонального способу відновлення деталей

«Вибір раціонального способу відновлення залежить від конструктивно-технологічних особливостей робочої поверхні деталей (форми і розміру, матеріалу і термообробки, поверхневої твердості і шорсткості), від умов їхньої роботи (характеру навантаження, виду тертя) і зносу, а також від вартості відновлення» [10].

Для врахування всіх цих факторів під час вибору раціонального способу рекомендується послідовно користуватися трьома критеріями:

- технологічним (застосовності);
- технічним (довговічності);
- техніко-економічним (відношенням собівартості відновлення до коефіцієнта довговічності).

Технологічний критерій (критерій застосовності) враховує, з одного боку, особливості поверхонь деталей, що підлягають відновленню, а з іншого - технологічні можливості відповідних способів відновлення. Крім цього, враховуються технологічні можливості конкретного підприємства, де буде проводитися відновлення (наявність обладнання, пристосувань, робітничих кадрів, матеріалів тощо). Технологічні можливості способів відновлення деталей встановлюють за їхніми характеристиками, що наведені в спеціальній довідковій і технічній літературі.

При цьому можна користуватися такими рекомендаціями:

1. Для відновлення деталей, що утворюють нерухомі з'єднання:

- у разі зносу до 0,02 мм доцільно застосовувати електроіскрове нарощування;
- у разі зносу 0,020 - 0,08 мм доцільно застосовувати електроімпульсне нарощування або гальванічне покриття.

2. Для відновлення деталей, що утворюють рухомі з'єднання, рекомендується:

- у разі зносу до 0,5 мм застосовувати хромування або тверде залилювання;
- у разі зносу 0,5-2,0 мм шар металу найдоцільніше нарощувати вібродуговим наплавленням, наплавленням у середовищі CO₂, газополум'яними методами або електроконтактним наплавленням металевого порошку.

3. Для відновлення деталей рухомих сполучень, що працюють на принципі кочення (перекочування) поверхонь при абразивному зношуванні можна застосовувати:

На підставі технологічних характеристик встановлюють (вибирають) можливі способи відновлення різних поверхонь деталей за технологічним критерієм, кількість яких приймають рівною 3-4.

Виходячи з цих міркувань можна обрати такі способи відновлення деталей типу «вал», до яких до речі слід віднести кулачковий вал (рис. 2.2):

- наплавлення під шаром флюсу;
- вібродугове наплавлення;
- багатоелектродне наплавлення;
- наплавлення в середовищі вуглекислого газу;
- залізнення;
- приварювання сталеві стрічки.

Проаналізуємо технологічні можливості обраних способів відновлення.

Наплавлення під шаром флюсу. При напавленні під шаром флюсу електрична дуга горить між деталлю і кінцем голого електродного дроту, що подається в зону дуги автоматично по мірі розплавлення. Одночасно дуга автоматично переміщається вздовж деталі, що повільно обертається. При цьому до місця зварювання з бункера безперервно подається флюс, що повністю закриває дугу і робить її невидимою (рис. 2.3).

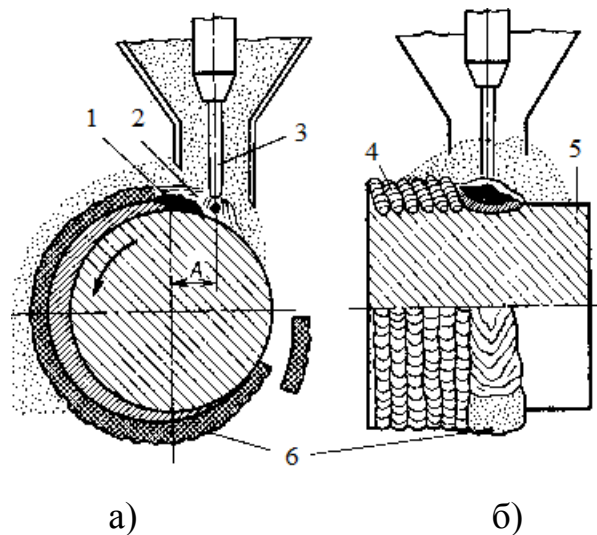


Рис. 2.2. Схема наплавлення під шаром флюсу: а – поперечний переріз; б – поздовжній переріз; 1 – ванна розплавленого металу; 2 – розплавлений флюс; 3 – електродний дріт; 4 – напавлений шар металу; 5 – деталь; 6 – шлакова кірка; А – змішання електродного дроту із зенітом

Таким чином, весь процес, починаючи від горіння дуги і закінчуючи утворенням напавленого шару, відбувається під шаром флюсу, при цьому зварювальна ванна добре захищається від шкідливого впливу кисню та азоту повітря. Наявність значного шару флюсу сприяє повільному твердінню рідкого металу, внаслідок чого з нього встигає видалитись розчинений газ, а статичний тиск флюсу перешкоджає розбризкуванню рідкого металу під дією газів, що утворюються при частковому розкладанні флюсу. В результаті напавлений метал виходить високоякісним.

Електродний дріт при напавленні підбирається в залежності від матеріалу відновлюваної деталі і вимог, що до неї висуваються в умовах

експлуатації. Флюси, що застосовуються при цьому, повинні сприяти стійкому горінню дуги, утворенню щільного наплавленого металу і шлаку, що легко видаляється з поверхні металу. Температура плавлення флюсу повинна бути на $200\ldots 300^{\circ}\text{C}$ нижче температури плавлення металу.

Флюси, що застосовуються для наплавлення, поділяються на три класи: плавлені, керамічні та флюси-суміші. При цьому вони містять різні за призначенням елементи: розкислювальні, легуючі, шлакоутворюючі та ін.

Вібродуговим наплавленням називається уривчастий дуговий процес, при якому електрод вібрує вздовж своєї осі, викликаючи короткі замикання в зварювальному ланцюзі та обумовлюючи короткочасні періоди існування дуги. Дріт, що подається в зону наплавлення за допомогою електромагнітного або механічного пристрою, здійснює зворотно-поступальні рухи частотою до 100 разів у секунду і розмахом $0,5\ldots 3,0$ мм (рис. 2.3). Оскільки тривалість існування дуги невелика і становить 20% всього циклу, провар основного металу виходить неглибоким, з невеликою зоною термічного впливу.

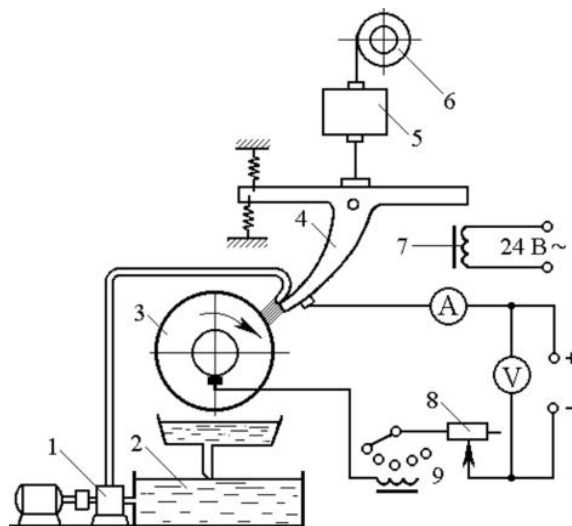


Рис. 2.3. Схема установки для вібродугового наплавлення: 1 – насос; 2 – бак; 3 – деталь; 4 – мундштук; 5 – механізм подачі; 6 – касета з дротом; 7 – вібратор; 8 – реостат; 9 – індукційний резистор

Вібродугове наплавлення здійснюють найчастіше у водних розчинах (розчин кальцинованої соди або 25%-й розчин технічного гліцерину у воді).

Наявність рідини забезпечує високу швидкість охолодження, що сприяє зменшенню деформації деталі, а також загартуванню наплавленого металу. Ці особливості процесу послужили основою його застосування при наплавленні деталей невеликого розміру, знос яких становить менше 1 мм. При силі струму 100...200 А напруга на дузі 18...25 В, продуктивність процесу становить 1...2 кг наплавленого металу на годину. Втрати електродного металу на угар і розбризкування становлять 11...30% при коефіцієнті наплавлення 8...10 г/(А·год.).

До недоліків цього способу слід віднести часто виникаючі дефекти в наплавленому металі у вигляді дрібних газових пор, тріщин, а також нерівномірну його твердість. Утомна міцність деталей, відновлених зазначеним способом, істотно знижується. Цей недолік змусив дослідників та виробників шукати шляхи його усунення, в результаті чого останнім часом розроблені різновиди вібрودугового наплавлення: під шаром флюсу, в середовищі вуглекислого газу, аргону, в рідкому середовищі, в потоці повітря, в середовищі пари або піни. Загальна особливість цих способів – роздільне застосування захисту металу, що наплавляється, (за допомогою різних захисних середовищ) і регулювання теплового стану деталі охолодженням її рідиною в зоні наплавлення або підігріву.

Найбільш ефективне вібродугове наплавлення в газорідинному середовищі. При цьому струмінь кисню низького тиску витісняє атмосферне повітря із зони наплавлення. У зону зварювання постійно разом із киснем потрапляє невелика (0,3 л/год.) кількість води, що у 100 разів менше, ніж при вібродуговому наплавленні в рідині, яка в зоні горіння дуги випаровується, а водень, що дисоціює з неї, знижує окислювальну дію кисню. При відновленні деталей даним способом для отримання наплавленого металу необхідно застосовувати дріт з підвищеним вмістом кремнію, марганцю та вуглецю, які компенсують угар цих елементів у наплавленому шарі.

При вібродуговому наплавленні використовують зварювальний вуглецевий або легований дрiт діаметром 1,0...1,5 мм; Св-08, Св-08А, Св-08ГА, Св-10Г2С, Св-18ХГСА, Св-10ХМ та Св-18ХМА.

Наплавленням в середовищі захисних газів називається дугова наплавлення, при якому дуга і метал, що розплавляється, а в деяких випадках і остигаючий шов знаходяться в захисному газі, який подається в зону зварювання за допомогою спеціальних пристроїв.

Наплавлення в середовищі захисних газів в основному буває двох різновидів – плавкими та неплавкими електродами.

Наплавлення плавким електродом у середовищі захисного газу протікає в умовах потоку газу з боку подачі електродного дроту (наплавного матеріалу), що забезпечує захист зони дуги від навколишнього повітря.

Як захисний газ найчастіше використовують CO_2 , хоча останнім часом поширена практика наплавлення в суміші вуглекислого газу з аргоном та іншими інертними газами.

У електродний матеріал при наплавленні вуглекислим газом вводять елементи-розкислювачі (титан, кремній, марганець, вуглець) та інші легуючі елементи, що перешкоджають окисленню хімічно активних домішок у дроті.

Схема процесу наплавлення в середовищі вуглекислого газу показана на рис. 2.4.

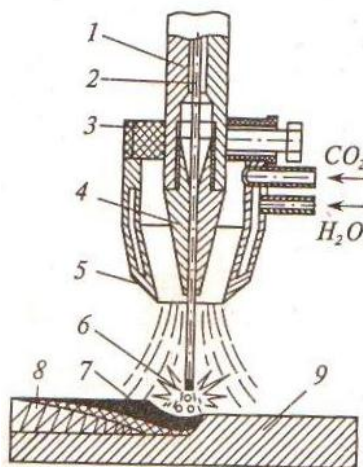


Рис. 2.4. Схема наплавлення в середовищі вуглекислого газу: 1 – мундштук; 2 – електродний дрiт; 3 – пальник; 4 – наконечник; 5 – сопло

пальника; 6 – електрична дуга; 7 – зварювальна ванна; 8 – наплавлений метал; 9 – деталь, що наплавляється

Спосіб дає можливість наплавляти деталі діаметром від 15 мм і вище практично без їх деформації при нанесенні шарів товщиною 1...6 мм.

Охолодна рідина загартовує нанесений шар і дозволяє регулювати його твердість у широких межах (HRC 20-50).

Матеріалом для наплавлення служить дріт наступних марок: Св-08ГС, Св-08Г2С, Св-12ГС, Св-10ХГ2С, Св-18ХГСА, Нп-30ХГСА, ПП-АНЧ, ПП-АН5, ПП-АН8, ПП-3Х2В8Т, ПП-Р18Т, ПП-Х12ВФТ та ін. Хімічний склад і структура, а також якість наплавленого шару залежать від режимів наплавлення [12].

Витрати вуглекислого газу встановлюють в межах 8... 15 л/хв., виліт електрода 8...15 мм, а його зсув 3...8 мм, при цьому товщина наплавленого шару досягає 0,8...1,0 мм.

Для зварювання, наплавлення в середовищі захисних газів використовують спеціальні автомати АДПГ-500, АТП-2, АДСП-2, УДС-1-58, АСА-500 і напівавтомати А-547Р, ПШП-10, ПГШ-2М, ПДПГ-300, А-537, ПГД-2М, перетворювачі ПСГ-350, ПСГ-500, зварювальні випрямлячі ВС-300, ВО-600, ВДГ-301 та ін.

Для відновлення деталей наплавленням в середовищі захисних газів служать спеціалізовані установки (ЖС-П232, 011-1-00 і У-465, УД-420, УД-209, УД-294 та ін.).

Залізнєння (насталювання) – процес електролітичного покриття поверхні деталі з урахуванням компенсації зношеного шару металу з урахуванням припуску на обробку. В електроліті хлористого заліза $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.

Найбільш поширеним і придатним для утворення твердого шару покриття є електроліт, який містить 200 г/л хлористого заліза; 0,6...0,8 г/л соляної кислоти. Цей електроліт забезпечує отримання гладких і щільних

дрібнозернистих покриттів з високими механічними властивостями товщиною до 0,5...1,5 мм і більше. Швидкість електролітичного осадження заліза 0,2...0,6 і доходить до 1 мм/год., майже у 3 рази більша хрому; вихід заліза за струмом – 80...95%, а хрому – 30...35% при густині струму – 20...60 А/дм², напрузі – 6...12 В і температурі 60...80 °С. При цьому твердість покриття отримують до 6500 МПа.

Якщо немає промислового електроліту – хлористого заліза, то його готують з стружки мало вуглецевої сталі 2,3 або АРМКО – заліза у розчині соляної кислоти. Щоб отримати електроліт хлорного заліза, в якому б концентрація двохлористого заліза $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ була 200 г/л, необхідно протравити 56,2 г сталльної стружки і 250 г/л соляної кислоти питомої ваги 1,15 г/см³ на один літр дистильованої води. Перед травленням стружку знежирюють у 10-ти процентному розчині каустичної соди і промивають у проточній воді. Потім стружку занурюють у водний розчин соляної кислоти, додають при необхідності хлористий натрій. Електроліту дають відстоятися протягом 12-18 годин, потім фільтрують, перевіряють і корегують кислотність, додають при необхідності 0,2...0,3 г/л соляної кислоти.

Залізнєння проводять у гарячих і холодних електролітах в гальванічних ваннах і безванним способом. Ванни для залізнєння аналогічні ваннам для хромування. Аноди для залізнєння виготовляють із маловуглицевої сталі. Відношення площі анодів до площі катодів (поверхня деталі, яка покривається залізом) повинна бути 1 до 2. У ході процесу покриття аноди розчиняються і на їх поверхні утворюється шлам. Щоб не забруднювати електроліт, шломом, аноди поміщують в чохла зі скляної тканини.

Підготовка поверхні деталі до залізнєння така ж, як і для хромування. Якість покриття залежить від складу електроліту і режиму процесу.

Гаряче залізнєння проводиться при температурі електроліту 70...80 °С. Склад електроліту: хлористе залізо – 200...300 г/л, хлористий натрій – 100 г/л; соляна кислота – 1...2 г/л. Режими: густина струму на катоді – 10...50 А/дм², напруга – 6...12 В.

Гаряче залізнення продуктивне, дає добре покриття, але для цього процесу необхідно багато тепла. Тому, в практиці ремонту машин ширше застосовують холодне залізнення.

Холодне залізнення проводять на асиметричному змінному струмі при температурі електроліту – 18...20 °С. Застосовують суміш: хлористе залізо – 200г/л; сірчаноокисле залізо – 200 г/л; соляна кислота – 2...8 г/л або хлористе залізо – 400...600 г/л; соляна кислота – 5...10 г/л; аскорбінова кислота – 1...2 г/л тощо.

Режими: у перші 3 хв. щільність струму – 3...5 А/дм² і коефіцієнт асиметрії – 1,5...2 (відношення амплітуд катодного і анодного струмів) доведенням протягом 5 хв. густина струму до 30-50 А/дм², коефіцієнт асиметрії до 10 і робота на цьому режимі до одержання заданої товщини покриття.

Ванним залізненням відновлюють поверхневий зношений шар металу на посадочних місцях валів трансмісії і ходової частини машин, шийки розподільних валів, штовхачі, стержні клапанів тощо.

Місцеве (безванне) залізнення полягає в тому, що на деталі (корпусній) у потрібному місці за допомогою пристрою створюють місцеву ванночку і проводять нарощування відповідної поверхні. Поверхню деталі, підготовлену до залізнення, травлять – 20-30%-ним розчином соляної кислоти і промивають у проточній воді. Потім монтують місцеву ванну (посадочне місце під підшипник в корпусній деталі), яка показана на рисунку 138.

В ванночку заливають електроліт: 30 г/л сірчаної кислоти і 15 г/л сірчаноокислого алюмінію і протягом 3...5 хв. при щільності 5...8 А/дм² проводять анодне травлення. Звільняють ванночку від електроліту і промивають водою.

Після цього установлюють анод з маловуглецевої сталі, діаметр якого повинен бути рівним 1/3 діаметру отвору.

Потім заливають в електроліт: хлористе залізо – 400...500 г/л; соляна кислота – 1,0...2,0 г/л; натрієвий хлор – 60...70 г/л; хлорний цинк –

25...35 г/л; електроліз проводиться на постійному струмі густиною – 20...25 А/дм², температурі – 30...40 °С.

Якщо залізнення проводять на симетричному перемінному струмі, тоді застосовують електроліт такого складу: хлорне залізо – 200...250 г/л; йодистий калій – 15...20 г/л; соляна кислота – 1,0...2,0 г/л. Режими: густина струму – 25...30 А/дм²; напруга – 6...12 В; температура – 15...20 °С. Твердість покриття – 4000...4200 МПа.

Після закінчення залізнення отворів деталі відсосують гумовою грушою електроліт, деталі промивають гарячою водою і нейтралізують 10%-ним розчином їдкого натрію.

Місцеве залізнення застосовують при відновленні зношеного шару металу в отворах корпусних деталей, коробок передач, задніх мостах, маточинах колес тощо.

Попередній аналіз відомих методів відновлення, які можуть бути застосовані при відновленні кулачкового валу показав, що найбільш доцільним та сприйнятливим є метод вібродугового наплавлення. Розглянемо більш детально цей метод.

2.11. Вібродугове наплавлення як спосіб відновлення

Вібродугове наплавлення – це різновид дугового наплавлення, який дає змогу завдяки використанню вібрації електрода та подачі в зону дуги охолоджувальної рідини (рис. 2.3) додатково впливати на властивості металу, що наплавляється. Вібродугове наплавлення є переривчастим зварювальним процесом, під час якого електрод здійснює коливальні рухи в осьовому напрямку з частотою до 100 Гц і амплітудою від 0,3 до 3 мм [2].

У результаті вібрації електрода час існування дуги становить близько 1/5 від часу всього робочого циклу і на поверхню переноситься мала кількість металу. У цьому разі глибина провару виходить невеликою, а

тепловий вплив на основну деталь мінімальним. Вібродугове наплавлення виконується за допомогою напівавтоматів, оснащених спеціальними електромеханічними пристроями переривчастої подачі, при цьому використовується дріт для наплавлення діаметром 1,6-2 мм. Процес наплавлення здійснюється в середовищі захисних газів (вуглекислий газ, аргон та ін.), водяної пари, водних розчинів або піни під флюсом тощо.

Вібродугове наплавлення має такі беззаперечні переваги:

- невеликий нагрів деталі;
- можливість наплавлення деталей з малим діаметром (8-10 мм);
- незначна зона термічного впливу;
- можливість отримання необхідних міцностей наплавленого шару за рахунок застосування різних марок електродного дроту.

До недоліків вібродугового наплавлення належать наявність пір і мікротріщин у наплавленому металі, великі внутрішні напруження в деталях, що різко знижує їхню втомну міцність (на 30-40 %), особливо під час роботи на знакозмінних навантаженнях.

Обмеження кількості охолоджувальної рідини і подача її на деталь на деякій відстані від зони наплавлення дає змогу в багатьох випадках запобігти утворенню тріщин у наплавленому металі. Під час вібродугового наплавлення під шаром або в середовищі захисних газів деталь можна піддавати попередньому підігріву, і тим самим підвищувати якість наплавленого металу. Природно, що в тому разі наплавлений метал матиме нижчу твердість. Для наплавлення застосовують електродний дріт Св-08, Св-08ГА, Св-ЮГ2, Св-18ХГСА, Св-18ХМА, Нп-30ХГСА, а також дріт із конструкційної сталі марок 40, 50, 70, 65Г, пружинного вуглецевого прокату марок ОВС, ВС, П-1, ПК-1 та ін. Отримання наплавленого металу без тріщин, пор та інших дефектів, втомна міцність відновленої деталі, товщина і твердість наплавленого шару, а також продуктивність процесу визначається переважно режимом і умовами наплавлення. При вібродуговому наплавленні, крім сили струму, напруги дуги, швидкості наплавлення, кроку наплавлення і

зміщення електрода із zenіту, найважливішими параметрами режиму є частота й амплітуда коливання електрода, кількість охолоджувальної рідини, що подається, кут підведення електродного дроту до деталі, що відновлюється, сила струму короткого замикання, індуктивність контуру зварювального ланцюга і тривалість електричних розрядів між електродом і виробом.

Під час наплавлення на постійному струмі необхідна зворотна полярність, оскільки під час наплавлення на прямій полярності різко збільшуються втрати металу на розбризкування, а також виникає небезпека несплавлення шару, що наплавляється, з основним металом. При вібродуговому напавленні в середовищі рідини застосовується напруга дуги 12-22 В. За нижчої напруги дуги можуть утворитися непровари та інші дефекти, а за вищої помітно збільшується розбризкування електродного металу. Якщо вібродугове напавлення проводиться з використанням флюсу, то напруга дуги має становити 25-30 В. З підвищенням сили струму збільшуються втрати електродного металу на чад і розбризкування і погіршується чистота поверхні напавленого шару, тому напавлення виконують на струмі не більше 200 А. Величина струму змінюється залежно від швидкості подачі електродного дроту. Під час напавлення циліндричної деталі дріт може підводитися до деталі збоку або у верхній точці, трохи зміщений із zenіту, як показано на рис. 3.26.

При цьому коливання електрода мають бути спрямовані перпендикулярно дотично в точці, тобто в місці підведення дроту до деталі. При недотриманні цієї умови відбувається "розмазування" дуги і погіршення чистоти напавленого шару. Під час напавлення шару завтовшки 1,5-3 мм кут між осьовими лініями деталі та електрода має становити 65-75 градусів за меншої товщини шару – 75-90 градусів; виліт електрода за контактні поверхні мундштука – 8-12 мм.

Найпродуктивнішим є напавлення в один шар із мінімальним припуском на механічну обробку. Під час розрахунку необхідної товщини

наплавленого шару необхідно враховувати, що припуск на механічне оброблення має становити від 0,6 до 1,2 мм. Зазвичай величину кроку наплавлення при напрузі 10-12 В приймають рівною 1,2-1,5 діаметру використовованого електродного дроту при напрузі 15-22 В – 1,2-2,0 діаметра електродного дроту. Як охолоджувальну рідину найчастіше застосовують 3-5 % водний розчин кальцинованої соди. Іноді до того розчину додають трохи машинного мастила і технічного гліцерину або 20-25 % - розчин технічного гліцерину. Середня величина струму при діаметрі дроту від 1 4 до 1 8 мм становить від 100 до 200 А. Під час наплавлення дроту марки ВС можна застосовувати напругу 12-14 В, а маловуглецевого дроту – 16-18 В.

2.12. Розробка структурної послідовності виконання технологічних операцій відновлення кулачкового валу

Технологічний процес відновлення деталей спряження являє собою безперервну зміну стану заготовки задля забезпечення технічного стану деталей відповідно до її призначення.

Проектування технологічного процесу відновлення визначає оптимальний порядок і спосіб обробки окремих поверхонь деталей в цілому, забезпечує необхідні для обробки і контролю пристрої, пристрої та інструменти, визначає оптимальні режими обробки і технічні норми часу.

При цьому головна вимога до технологічного процесу – забезпечення необхідної рівня якості з найменшими витратами.

Для здійснення технологічного процесу його слід розкласти на наступні складові: операції, переходи, установки.

Таблиця 2.3 – Структура послідовності операцій розробленого технологічного процесу відновлення кулачкового валу двигуна ЯМЗ-236

№ операції	№ переходу	Назва операції	Зміст операцій
005	1 2	Токарна	Виправити центровий отвір $\varnothing 11,9$ мм Виправити центровий отвір $\varnothing 11,9$ мм
010		Слюсарна	Зачистити опорні шийки, кулачки.
015		Шліфувальна	Шліфувати 6 кулачків до розмірів $B=29,5$ мм, $B=39,5$ мм на довжині 12 мм
020	1 2	Шліфувальна	Шліфувати дві крайні опорні шийки до $\varnothing 19,5$ мм на довжині 28 мм Шліфувати середню опорну шийку до $\varnothing 27$ мм на довжині 26 мм
025		Наплавочна	Наплавити поверхню кулачків до розмірів $B=30,5$ мм та $B=40,5$ мм на довжині 12 мм
030		Наплавочна	Наплавити поверхні опорних шийок до $\varnothing 20,5$ мм на довжині 28 мм. Наплавити середню опорну шийку до $\varnothing 28$ мм на довжині 26 мм
035		Наплавочна	Заварити ~~цylоничний~~ паз шириною 4 мм на довжині 10 мм глибиною 5 мм
040		Шліфувальна	Шліфувати крайні опорні шийки кулачкового валу до $\varnothing 20_{-0,002}^{+0,017}$ мм на довжині 28 мм

			Шліфувати середню опорну шийку кулачкового валу до $\varnothing 27,5_{-0,07}^{+0,06}$ мм на довжині 26 мм
045		Фрезерна	Фрезерувати шпонковий паз на ширині $4_{-0,07}^{+0,02}$, глибина $5_{-0,055}^{+0,010}$ довжина $10 \pm 0,1$ мм
050		Копіювально-шліфувальна	Шліфувати 6 кулачків кулачкового валу до розміру $B=30^{+0,05}$ $B=40^{+0,05}$ мм на довжині 12 мм кожний
055		Контрольна	Виконати контроль якості відновлення кулачкового валу

Нами обрано при відновленні кулачкового валу паливного насосу високого тиску двигуна ЯМЗ-236 для відновлення спрацьованих поверхонь кулачків та шийок використовувати вібродугове наплавлення. Наведений аналіз методу дозволяє стверджувати про його ефективність при відновленні валів низької жорсткості.

2.13. Вибір установчих баз

При наплавленні деталей в якості установчих баз доцільно використовувати бази, які прийняті при їх виготовленні. При виконанні технологічних операцій відновлення кулачкового валу установчими базами є поверхні центрових отворів та опорних шийок. З метою забезпечення заданої точності обробки в технологічний процес може бути введена операція відновлення центрального отвору.

2.14. Обґрунтування вибору технологічного обладнання, різального, вимірювального та контрольного інструменту

При виборі технологічного обладнання маркувалися наступними критеріями:

1. «Відповідність основних розмірів обладнання розмірам деталі, яка відновлюється» [13].
2. «Відповідність продуктивності обладнання річній програмі» [13].
3. «Мінімальна собівартість обробки» [13].
4. «Мінімальні витрати часу на обробку» [13].
5. «Необхідність використання наявного обладнання» [13].

При малосерійному та серійному випуску доцільно використовувати універсальне обладнання.

«Підбір ріжучого інструменту здійснюється по принципу досягнення оптимальних технологічних вимог (клас точності, чистота обробки і найбільшої продуктивності)» [13].

«Для ремонтного виробництва звичайно використовують універсальний вимірювальний інструмент, однак використання жорстких вимірювальних пристроїв (пробок, скоб, шаблонів) спрощують операції контролю та підвищують продуктивність праці)» [13].

Таблиця 2.4 – Перелік технологічного обладнання, ріжучого, контрольного і вимірювального інструменту при виконанні операцій технологічного процесу відновлення кулачкового валу двигуна ЯМЗ-236

№ опер.	Назва операції	Назва, марка, ГОСТ технологічного обладнання, інструменту	Назва, марка, ГОСТ контрольно-вимірювального інструменту
005	Токарна	Токарно-гвинторізний верстат 1K62	

		Люнет, патрон 7100-0009 ГОСТ 2675-80 ~~Зенковка~~ 2353-0122 ГОСТ 14953-80	-
010	Слюсарна	Верстак ОРГ-1468-01-060 Шкурка шліфувальна тканинна 725х50 ЛОГ15А40- ММА ГОСТ 5009-82	-
015	Копіювально- шліфувальна	Верстат копіювально- шліфувальний 3438 Круг шліфувальний ПП 600х32х305 63с 40П СМ1- СМ27 КЗ 32 м/хв А 1 кл. ГОСТ 2424-83	ШЦ-П-160-0,05 ГОСТ 166-80
020	Шліфувальна	~~Верстат кругло- шліфувальний 3Б161, круг шліфувальний ПП 600х32х305 63С 40-П СМ1- СМ-27КЗ 32 м/хв А 1кл. ГОСТ 2424-83~~	ШЦ-П-160-0,05 ГОСТ 166-80
025	Наплавочна	Дріт наплавочний НП-70 Ø 2,0 мм ГОСТ 10543-82 флюс АНЗ48А, установка УД209УХЛ4	ШЦ-П-160-0,05 ГОСТ 166-80
030	Наплавочна		

035	Наплавочна	Трансформатор зварювальний ТД102У2, електродотримач, електрод Э-34 ГОСТ 9467-80	-
040	Шліфувальна	Верстат кругло- шліфувальний 3Б161, круг шліфувальний ПП 600х32х305 63С 40-П СМ1- СМ-27К3 32 м/хв А 1 кл. ГОСТ 2424-83	Мікрометр МК 50-1 ГОСТ 6507-88
045	Фрезерна	Верстат 6Н82Г, фреза дискова Ø 22 мм Р9	Калібр 5 $\begin{smallmatrix} -0,010 \\ -0,065 \end{smallmatrix}$ ГОСТ 2015-84
050	Копіювально- шліфувальна	Верстат копіювально- шліфувальний 3438 Круг шліфувальний ПП 600х32х305 63с 40П СМ1- СМ27 К3 32 м/хв А 1 кл. ГОСТ 2424-83	Мікрометр МК 50-1 ГОСТ 6507-88
055	Контрольна		Комплекс контрольно- вимірального інструменту

2.15. Розрахунок режимів операцій технологічного процесу відновлення кулачкового валу двигуна ЯМЗ-236

005 - Токарна

Перехід 1

Глибину різання для виправлення центрових отворів визначаємо таким чином [14]:

$$t = \frac{D}{2},$$

де D – діаметр інструмента; D = 7,5 мм

$$h = \frac{7,5}{2} = 3,75 \text{ мм}$$

Значення подачі:

$$S_{\text{повз}} = 0,06 \text{ мм/об}$$

Швидкість різання при свердленні [14]:

$$V_{\text{різ}} = 12 \text{ м/хв.}$$

Кількість число обертів при свердленні

$$n=500 \text{ об/хв.}$$

Перехід 2

Аналогічно переходу 1 визначаємо:

- глибину різання: $t = 3,75 \text{ мм}$;
- подачу: $S = 0,06 \text{ мм/об}$;
- швидкість різання: $V = 12 \text{ м/хв}$;
- кількість обертів деталі: $n = 500 \text{ об/хв.}$

010 - Слюсарна

Операція виконується вручну наждачною шкіркою.

015 - Копіювальньо-шліфувальна

Визначаємо припуск на обробку для даній операції [14]:

$$h = D - d,$$

де D – розмір поверхні, що обробляється; $D = 39,9 \text{ мм}$;

d – розмір поверхні, що обробляється; $d = 39,5 \text{ мм}$;

$$h = 39,9 - 39,5 = 0,2 \text{ мм}$$

Визначаємо глибину шліфування

$$t = 0,05 \text{ мм}$$

Визначаємо число проходів шліфувального кола:

$$i = \frac{h}{t},$$

де h – припуск на обробку

t – глибина різання

$$i = \frac{0,2}{0,05} = 4$$

а також поздовжню подачу

$$S_{\text{повз}} = B_k \cdot \beta,$$

де B_k – ширина шліфувального кола, $B_k = 16$ мм;

β – поздовжня подача у долях ширини шліфувального кола; $\beta = 0,2$

$$S_{\text{повз}} = 16 \cdot 0,2 = 3,2 \text{ мм/об}$$

Швидкість різання вибираємо з []

$$V = 20 \text{ м/хв.}$$

Число обертів поверхні, що обробляється, визначаємо таким чином:

$$n = \frac{318 \cdot V}{d}$$

$$n = \frac{318 \cdot 20}{39,5} = 161 \text{ об/хв}$$

Коректуємо значення за паспортом верстату: $n = 150$ об/хв

Визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V = \frac{n \cdot d}{318}$$

$$V = \frac{150 \cdot 39,5}{318} = 18,6 \text{ м/хв}$$

020 - Шліфувальна

Перехід 1

Визначаємо припуск на обробку [14]:

$$h = \frac{D - d}{2},$$

де D – діаметр шийки до шліфування; $D = 19,9$ мм;

d – діаметр опорної шийки після шліфування; $d = 19,5$ мм

$$h = \frac{19,9 - 19,5}{2} = 0,2 \text{ мм}$$

Приймаємо глибину при шліфуванні

$t = 0,07$ мм;

Число проходів шліфувального кола визначаємо таким чином [14]

$$i = \frac{h}{t},$$

де h – припуск на обробку

t – глибина різання

$$i = \frac{0,2}{0,07} = 3$$

Розраховуємо подачу повздовжню

$$S = B_k \cdot \beta,$$

де B_k – ширина шліфувального кола; $B_k = 24$ мм;

β – повздовжня подача у долях ширини шліфувального кола; $\beta = 0,2$

$$S = 24 \cdot 0,2 = 4,8 \text{ мм/об}$$

Вибираємо швидкість різання []:

$$V = 20 \text{ м/хв},$$

а також число обертів деталі:

$$n = \frac{318 \cdot V}{d}$$

$$n = \frac{318 \cdot 20}{19,9} = 320 \text{ об/хв}$$

Коректуємо це значення за паспортом верстату: $n = 300$ об/хв.

Визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V = \frac{n \cdot d}{318}$$

$$V = \frac{300 \cdot 19,9}{318} = 18,75 \text{ м/хв}$$

Перехід 2

Припуск на обробку слід визначити за формулою:

$$h = \frac{D - d}{2},$$

де D – діаметр шийки до шліфування, $D = 27,4$ мм;

d – діаметр опорної шийки після шліфування, $d = 27,0$ мм

$$h = \frac{27,4 - 27,0}{2} = 0,2 \text{ мм}$$

Глибину шліфування приймаємо з наступних міркувань []: $t = 0,055$

Визначаємо число проходів шліфувального кола:

$$i = \frac{h}{t},$$

де h – припуск на обробку

t – глибина різання

$$i = \frac{0,2}{0,055} = 4$$

Визначаємо повздовжню подачу

$$S_{\text{повз}} = B_k \cdot \beta,$$

де B_k – ширина шліфувального кола, $B_k = 24,0$ мм;

β – повздовжня подача у долях ширини шліфувального кола; $\beta = 0,2$

$$S = 24 \cdot 0,2 = 4,8 \text{ мм/об}$$

Швидкість різання

$$V = 20 \text{ м/хв.}$$

Число обертів деталі визначаємо наступним чином

$$n = \frac{318 \cdot V}{d}$$

$$n = \frac{318 \cdot 20}{27} = 235 \text{ об/хв}$$

Коректуємо значення за паспортом верстату $n = 250$ об/хв

Визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V = \frac{n \cdot d}{318}$$

$$V = \frac{250 \cdot 27}{318} = 21,22 \text{ м/хв}$$

025 - Наплавочна

Спочатку слід визначити масу металу, що наплавляється на 1 кулачок:

$$G = L \cdot F \cdot j,$$

де L – довжина поверхні, що наплавляється, $L = 1,2$ см;

F – площа поперечного перерізу металу, що наплавляється, $F = 0,6 \text{ см}^2$;

J – густина металу електрода, $J = 7,8 \text{ г/см}^3$

$$G = 1,2 \cdot 0,36 \cdot 7,8 = 3,37 \text{ г}$$

Обираємо коефіцієнт наплавлення ($\alpha = 15,5 \text{ г/Агод}$) і величина струму ($I=120 \text{ А}$)

030 - Наплавочна

Перехід 1

Аналогічно операції 025 визначаємо масу металу, що наплавляється на 1 опорну шийку:

$$G = L \cdot F \cdot j,$$

де L – довжина поверхні, що наплавляється, $L = 2,8 \text{ см}$;

F – площа поперечного перерізу металу, що наплавляється, $L = 2,8 \text{ см}$;

J – густина металу електрода, $J = 7,8 \text{ г/см}^3$

$$G = 2,8 \cdot 0,84 \cdot 7,8 = 18,3 \text{ г}$$

Визначаємо коефіцієнт наплавлення ($\alpha = 15,5 \text{ г/Агод}$) та величину струму ($I=140 \text{ А}$)

Перехід 2

Масу металу, що наплавляється на посадочне місце під шестірню, визначаємо аналогічно переходу 1:

$$G = L \cdot F \cdot j,$$

де L – довжина поверхні, що наплавляється, $L = 2,6 \text{ см}$;

F – площа поперечного перерізу металу, що наплавляється, $F = 0,78 \text{ см}^2$;

J – густина металу електрода, $J = 7,8 \text{ г/см}^3$

$$G = 2,6 \cdot 0,78 \cdot 7,8 = 15,82 \text{ г}$$

Визначаємо коефіцієнт наплавлення ($\alpha = 15,5 \text{ г/Агод}$) та величину струму ($I = 120 \text{ А}$)

035 - Наплавочна

Маса наплавляемого металу під шпоночний паз визначаємо:

$$G = L \cdot F \cdot j,$$

де b – довжина поверхні, що наплавляється, $b = 0,5 \text{ см}$;

h – ширина поперечного перерізу металу, що наплавляється, $h = 0,5 \text{ см}$;

l – довжина шпоночного пазу, $l=3,5$ см

J – густина металу електрода, $J = 7,8$ г/см³

$$G = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 3,5 \cdot 3,5 \cdot 7,8 = 6,83 \text{ г}$$

Визначаємо коефіцієнт наплавлення ($\alpha = 6,5$ г/Агод) та величину струму ($I=100$ А)

040 - Шліфувальна

Перехід 1

Припуск на обробку визначаємо наступним чином:

$$h = \frac{D - d}{2},$$

де D – діаметр шийки до шліфування, $D = 20,5$ мм;

d – діаметр опорної шийки після шліфування, $d = 20,0$ мм

$$h = \frac{20,5 - 20}{2} = 0,25 \text{ мм}$$

Обираємо глибину шліфування

$t=0,05$ мм

Число проходів шліфувального кола

$$i = \frac{h}{t},$$

де h – припуск на обробку

t – глибина різання

$$i = \frac{0,25}{0,05} = 5$$

Визначаємо подачу

$$S_{\text{повз}} = B_{\text{к}} \cdot \beta,$$

де $B_{\text{к}}$ – ширина шліфувального кола, $B_{\text{к}} = 24$ мм;

β – повздовжня подача у долях ширини шліфувального кола, $\beta = 0,2$

$$S = 24 \cdot 0,2 = 4,8 \text{ мм/об}$$

Обираємо швидкість різання

$V = 20$ м/хв

Визначаємо число обертів деталі:

$$n = \frac{318 \cdot V}{d},$$
$$n = \frac{318 \cdot 20}{20} = 318 \text{ об/хв}$$

Коректуємо це значення за паспортом верстату $n = 300 \text{ об/хв}$

Визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V = \frac{n \cdot d}{318}$$
$$V = \frac{300 \cdot 20}{318} = 18,86 \text{ м/хв.}$$

Перехід 2

Визначаємо припуск на обробку:

$$h = \frac{D - d}{2},$$

де D – діаметр шийки до шліфування, $D = 28,0 \text{ мм}$;

d – діаметр шийки після шліфування, $d = 27,5 \text{ мм}$

$$h = \frac{28,0 - 27,5}{2} = 0,25 \text{ мм}$$

Обираємо глибину шліфування: $t = 0,05 \text{ мм}$

Число проходів шліфувального кола визначаємо

$$i = \frac{h}{t},$$

де h – припуск на обробку;

t – глибина різання;

$$i = \frac{0,25}{0,05} = 5$$

Визначаємо повздовжню подачу

$$S = B_k \cdot \beta,$$

де B_k – ширина шліфувального кола, $B_k = 24 \text{ мм}$;

β – повздовжня подача у долях ширини шліфувального кола, $\beta = 0,2$

$$S = 24 \cdot 0,2 = 4,8 \text{ мм/об}$$

Обираємо швидкість різання

$$V = 20 \text{ м/хв}$$

Розраховуємо число обертів деталі:

$$n = \frac{318 \cdot V}{d},$$
$$n = \frac{318 \cdot 20}{27,5} = 231 \text{ об/хв}$$

Коректуємо це значення за паспортом верстату $n = 200 \text{ об/хв}$

Фактичну швидкість різання:

$$V = \frac{n \cdot d}{318},$$
$$V = \frac{200 \cdot 27,5}{318} = 17,2 \text{ м/хв}$$

045 - Фрезерна

h – глибина фрезерування, $h = 5 \text{ мм}$;

S – поздовжня подача, $S = 0,32 \text{ мм/об}$;

V – швидкість різання, $V = 60 \text{ м/с}$;

n – число обертів фрези, $n=331 \text{ об/хв}$

050 - Копіювально-шліфувальна

Для обробки кулачків слід передбачити припуск на обробку:

$$h = D - d,$$

де D – розмір поверхні, що обробляється, $D = 40,5 \text{ мм}$;

d – розмір поверхні, що обробляється, $d = 40,0 \text{ мм}$

$$h = 40,5 - 40,0 = 0,5 \text{ мм}$$

Обираємо глибину шліфування: $t = 0,175 \text{ мм}$

Визначаємо число проходів шліфувального кола

$$i = \frac{h}{t},$$

де h – припуск на обробку

t – глибина різання

$$i = \frac{0,5}{0,01} = 50$$

Визначаємо повздовжню подачу

$$S_{\text{повз}} = B_{\text{к}} \cdot \beta,$$

де $B_{\text{к}}$ – ширина шліфувального кола, $B_{\text{к}} = 16$ мм;

β – повздовжня подача у долях ширини шліфувального кола, $\beta = 0,2$

$$S = 16 \cdot 0,2 = 3,2 \text{ мм/об}$$

Обираємо швидкість різання

$$V = 20 \text{ м/хв}$$

Розраховуємо число обертів деталі:

$$n = \frac{318 \cdot V}{d};$$

$$n = \frac{318 \cdot 20}{40,5} = 157 \text{ об/хв}$$

Коректуємо це значення за паспортом верстату до найближчого значення $n=150$ об/хв

Фактичну швидкість різання визначаємо за формулою:

$$V = \frac{n \cdot d}{318};$$

$$V = \frac{150 \cdot 40,5}{318} = 19,1 \text{ м/хв}$$

2.16. Нормування часу виконання операції для розробленого технологічного процесу відновлення кулачкового валу двигуна ЯМЗ-236

Технічна норма часу на відновлення деталі залежить від конкретних організаційно-технічних умов, що визначаються типом виробництва – масового, серійного або одиничного. У разі масового, середньо- і багатосерійного виробництва застосовують досконаліші технології, високопродуктивне устаткування, операції повторюють частіше, ніж у разі дрібносерійного та одиничного виробництва, тому потрібні жорсткіші й

точніші технічні норми часу. Але при цьому необхідні й більші витрати на нормування робіт, які за іншої серійності виробництва не завжди можуть бути економічно виправдані. Тому метод визначення норм часу залежить від масштабу виробництва. У великосерійному і масовому виробництві технічну норму часу визначають аналітично-дослідницьким методом, у серійному виробництві норму часу розраховують за більш укрупненими комплексами прийомів і робіт (за типовими операціями) [15].

За аналітично-розрахункового методу нормування технологічних операцій здійснюється за заздалегідь складеними в технологічних лабораторіях нормативними даними щодо режимів виконуваних робіт і хронометражними дослідженнями типових прийомів на підготовчо-заклучні та допоміжні роботи. За кожною операцією визначають: режими виконання технологічних переходів шляхом розрахунку і з використанням нормативно-технічних документів (таблиць, карт); розраховують основний час виконання операції на підставі режимів її виконання за всіма переходами; за нормативами визначають підготовчо-заклучний час і час на зняття та установлення деталі; у відсотковому відношенні від основного визначають допоміжний час, пов'язаний з переходом. Оперативний час виконання технологічної операції визначають підсумовуванням за всіма переходами основного і допоміжного часу. Час обслуговування робочого місця визначається у відсотковому відношенні від оперативного. Штучний час на операцію визначають шляхом додавання підсумків за основним, допоміжним часом і часом обслуговування робочого місця.

005 - Токарна

Перехід 1

Розраховуємо основний час за переходом 1

$$T_{01} = \frac{L \cdot i}{n \cdot S},$$

де L – розрахункова довжина поверхні, що обробляється, яка враховує врізання та перебігу інструмента, $L=7,5$ мм;

n – число обертів деталі, об/хв;

S – подача, мм/об;

i – кількість проходів.

$$T_{01} = \frac{7,5}{0,06 \cdot 500} = 0,25 \text{ хв.}$$

Перехід 2

За аналогією переходу 1 розрахуємо основний час

$$T_{02} = \frac{L \cdot i}{n \cdot S},$$

$$T_{02}=0,25 \text{ хв.}$$

Обираємо допоміжний час, які слід врахувати для встановлення і зняття деталі

$$T_{в1} = 0,24 \text{ хв.}$$

Також слід врахувати допоміжний час, що пов'язаний з проходом

$$T_{д2} = 0,12 \text{ хв.}$$

Таким чином маємо допоміжний час

$$T_{д} = T_{д1} + T_{д2}$$

$$T_{д} = 0,24 + 0,12 = 0,36 \text{ хв.}$$

Розраховуємо додатковий час наступним чином:

$$T_{доп} = \frac{T_{оп} \cdot K}{100},$$

де $T_{оп}$ – оперативний час на виконання операції;

$$T_{оп} = T_o + T_{д};$$

$$T_{оп} = 0,25 \times 2 + 0,36 = 0,86 \text{ хв};$$

де K – відсоткове відношення допоміжного часу до оперативного, з врахуванням [], $K = 6\%$

$$T_{доп} = \frac{0,86 \cdot 6}{100} = 0,052 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-заклучний час:

$$T_{пз} = 8 \text{ хв.}$$

Розрахуємо норма часу:

$$T_{н} = T_{о} + T_{д} + T_{доп} + \frac{T_{пз}}{n_{шт}},$$

де $n_{шт}$ – число деталей у партії;

$$n_{шт} = \frac{N}{A},$$

де N – річна програма на відновлення деталей, шт;

A – кількість запусків

$$n_{шт} = \frac{1000}{52} = 19,$$

$$T_{н} = 0,25 + 0,36 + 0,052 + \frac{8}{19} = 0,87 \text{ хв.}$$

010 - Слюсарна

Враховуючи специфіку операції, яка пов'язана із зачисткою валу наждачною шкіркою, визначаємо норма часу:

$$T_{н} = T_{оп} \cdot K,$$

де $T_{оп}$ – оперативний час виконання операції;

K – коефіцієнт, який враховує додатковий і заключний час.

Обираємо значення оперативного часу $T_{оп} = 3,6 \text{ хв.}$

Таким чином, норма часу на операцію 010 Слюсарна дорівнює:

$$T_{н} = 3,6 \cdot 1,11 = 3,99 \text{ хв.}$$

015 - Шліфувальна

Для даній операції визначаємо основний час

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_{повз}},$$

де L – загальна довжина оброблюваної поверхні, $L = 72 \text{ мм};$

n – число обертів деталі, $n = 150 \text{ об/хв};$

S – повздовжня подача, $S = 3,2 \text{ мм/об};$

i - кількість проходів, $i = 4$

$$T_0 = \frac{72 \cdot 4}{150 \cdot 3,2} = 0,6 \text{ хв.}$$

Визначаємо допоміжний час для даній операції [15]:

$$T_{д1} = 2,0 \text{ хв};$$

$$T_{д2} = 0,55 \text{ хв},$$

$$T_{д} = T_{д1} + T_{д2};$$

$$T_{д} = 2,0 + 0,55 = 2,55 \text{ хв.}$$

Враховуючи те, що додатковий час операції складає 8% від оперативного маємо

$$T_{доп} = \frac{T_{оп} \cdot 8\%}{100},$$

$$T_{оп} = T_0 + T_{д};$$

$$T_{оп} = 0,6 + 2,55 = 3,15 \text{ хв.};$$

$$T_{доп} = \frac{3,15 \cdot 8}{100} = 0,25 \text{ хв.}$$

Обираємо підготовчо-заклучний час:

$$T_{пз} = 16 \text{ хв.}$$

та визначаємо норму часу:

$$T_{н} = T_0 + T_{д} + T_{доп} + \frac{T_{пз}}{n_{шт}},$$

$$T_{н} = 0,6 + 2,55 + 0,25 + \frac{16}{19} = 4,18 \text{ хв.}$$

020 - Шліфувальна

Перехід 1

Розраховуємо основний час для даній операції [15]

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_{повз}},$$

де L – довжина оброблюваної поверхні, L = 56 мм;

n – число обертів деталі, n = 300 об/хв;

S_{повз} – повздовжня подача, S_{повз} = 4,8 мм/об;

i – кількість проходів, i = 3

$$T_0 = \frac{56 \cdot 3}{300 \cdot 4,8} = 0,12 \text{ хв.}$$

Визначаємо допоміжний час для даній операції

$$T_{д1} = 2,0 \text{ хв.}$$

$$T_{д2} = 0,55 \text{ хв.}$$

$$T_d = T_{д1} + T_{д2} ;$$

$$T_d = 2,0 + 0,55 = 2,55 \text{ хв.}$$

Враховуючи те, що додатковий час операції складає 8% від оперативного, маємо:

$$T_{доп} = \frac{T_{оп} \cdot 8\%}{100},$$

$$T_{оп} = T_o + T_d ;$$

$$T_{оп} = 0,12 + 2,55 = 2,67 \text{ хв.};$$

$$T_{доп} = \frac{2,67 \cdot 8}{100} = 0,21 \text{ хв.}$$

Перехід 2

Розраховуємо основний час операції

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_{повз}},$$

де L – довжина оброблюваної поверхні, $L = 26$ мм;

n – кількість обертів деталі, $n = 250$ об/хв;

$S_{повз}$ – повздовжня подача, $S_{повз} = 4,8$ мм/об;

i – число проходів, $i = 4$

$$T_0 = \frac{26 \cdot 4}{250 \cdot 4,8} = 0,09 \text{ хв.}$$

Обираємо допоміжний час для даній операції []:

$$T_d = 2,0 \text{ хв.}$$

Врахуємо, що додатковий час операції складає 8% від оперативного:

$$T_{доп} = \frac{T_{оп} \cdot 8\%}{100};$$

$$T_{оп} = T_o + T_d;$$

$$T_{\text{оп}} = 0,09 + 2,0 = 2,09 \text{ хв};$$

$$T_{\text{доп}} = \frac{2,09 \cdot 8}{100} = 0,17 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-заключний час:

$$T_{\text{пз}} = 16 \text{ хв.}$$

Розрахуємо норма часу:

$$T_{\text{н}} = T_{\text{о}} + T_{\text{д}} + T_{\text{доп}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n_{\text{шт}}},$$

$$T_{\text{н}} = 0,12 + 0,09 + 2,55 + 2,0 + 0,21 + 0,17 + \frac{16}{19} = 5,98 \text{ хв.}$$

025 - Наплавочна

Визначимо основний час для операції наплавлення

$$T_{01} = \frac{60 \cdot G}{\alpha \cdot I},$$

де G – маса металу, що наплавляється на 1 кулачок, $G = 3,37$ г;

α – коефіцієнт наплавлення, $\alpha = 15,5$ г/Агод;

I – сила струму, $I = 120$ А

$$T_{01} = \frac{60 \cdot 3,37}{15,5 \cdot 120} = 0,11 \text{ хв.}$$

Розрахуємо основний час для наплавлення 6 кулачків:

$$T_{\text{о}} = 0,11 \cdot 6 = 0,66 \text{ хв.}$$

Обираємо допоміжний час

$$T_{\text{в}} = 1 \text{ хв.},$$

а також визначимо додатковий час, який складає 15% від оперативного:

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{о}} + T_{\text{в}};$$

$$T_{\text{оп}} = 0,66 + 1 = 1,66 \text{ хв};$$

$$T_{\text{д}} = 1,66 \cdot 0,15 = 0,25 \text{ хв.}$$

Визначаємо значення підготовчо-заключного часу

$$T_{\text{пз}} = 20 \text{ хв.}$$

Визначаємо норму часу для даній операції:

$$T_{\text{н}} = T_{\text{о}} + T_{\text{д}} + T_{\text{доп}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n_{\text{шт}}};$$

$$T_{\text{н}} = 0,66 + 1 + 0,25 + \frac{20}{1} = 21,91 \text{ хв.}$$

030 - Наплавочна

Перехід 1

Розрахуємо основний час для наплавлення

$$T_{01} = \frac{60 \cdot G}{\alpha \cdot I},$$

де G – маса металу, що наплавлюється на 1 опорну шийку, $G = 22,23$ г;

α – коефіцієнт наплавлення, $\alpha = 15,5$ г/Агод;

I – сила струму, $I = 140$ А

$$T_{01} = \frac{60 \cdot 18,3}{15,5 \cdot 140} = 0,5 \text{ хв.}$$

Визначаємо основний час для наплавлення 5 опорних шийок

$$T_{\text{о}} = 0,5 \cdot 2 = 1,0 \text{ хв.}$$

Обираємо допоміжний час

$$T_{\text{в}} = 1 \text{ хв.}$$

Враховуючи те, що додатковий час операції складає 15% від оперативного, маємо

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{о}} + T_{\text{в}};$$

$$T_{\text{оп}} = 1,0 + 1,0 = 2,0 \text{ хв};$$

$$T_{\text{д}} = 2,0 \cdot 0,15 = 0,3 \text{ хв.}$$

Перехід 2

Визначаємо основний час для наплавлення

$$T_{02} = \frac{60 \cdot G}{\alpha \cdot I};$$

де G – маса металу, що наплавлюється, $G = 15,82$ г;

α – коефіцієнт наплавлення, $\alpha = 15,5$ г/Агод;

I – сила струму, $I = 120$ А

$$T_{02} = \frac{60 \cdot 15,82}{15,5 \cdot 120} = 0,51 \text{ хв.}$$

Обираємо допоміжний час операції

$$T_{\text{в}} = 1 \text{ хв.},$$

а також врахуємо, що додатковий час операції складає 15% від оперативного

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{o}} + T_{\text{в}} ;$$

$$T_{\text{оп}} = 0,51 + 1 = 1,51 \text{ хв};$$

$$T_{\text{д}} = 1,51 \cdot 0,15 = 0,23 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-заклучний час

$$T_{\text{пз}} = 20 \text{ хв.}$$

Розрахуємо норма часу

$$T_{\text{н}} = T_{\text{o}} + T_{\text{д}} + T_{\text{доп}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n_{\text{шт}}},$$

$$T_{\text{н}} = 1,0 + 0,51 + 0,3 + 0,23 + 1,0 + 1,0 + \frac{20}{19} = 5,09 \text{ хв.}$$

035 - Наплавочна

Розрахуємо основний час для наплавлення

$$T_{01} = \frac{60 \cdot G}{\alpha \cdot I},$$

де G – маса металу, що наплавляється на шпоночний паз, $G = 6,83 \text{ г}$;

α – коефіцієнт наплавлення, $\alpha = 6,5 \text{ г/Агод}$;

I – сила струму, $I = 100 \text{ А}$

$$T_{01} = \frac{60 \cdot 6,83}{6,5 \cdot 100} = 0,6 \text{ хв.}$$

Визначаємо допоміжний час:

$$T_{\text{в}} = 1 \text{ хв.},$$

а також розраховуємо додатковий час операції, який складає 15% від оперативного

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{o}} + T_{\text{в}} ;$$

$$T_{\text{оп}} = 0,6 + 1 = 1,6 \text{ хв.};$$

$$T_d = 1,6 \cdot 0,15 = 0,24 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-заклучний час

$$T_{пз} = 20 \text{ хв.},$$

та розраховуємо норму часу на виконання операції 035 Наплавлення

$$T_n = T_o + T_d + T_{доп} + \frac{T_{пз}}{n_{шт}},$$

$$T_n = 0,6 + 1 + 0,24 + \frac{20}{19} = 2,86 \text{ хв.}$$

040 - Шліфувальна

Перехід 1

Розраховуємо основний час операції

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_{повз}},$$

де L – довжина оброблюваної поверхні, $L = 56 \text{ мм}$;

n – кількість обертів деталі, $n = 300 \text{ об/хв}$;

$S_{повз}$ – повздовжня подача, $S_{повз} = 4,8 \text{ мм/об}$;

i – число проходів, $i = 5$

$$T_0 = \frac{56 \cdot 5}{100 \cdot 4,8} = 0,58 \text{ хв.}$$

Визначаємо допоміжний час

$$T_{д1} = 2,0 \text{ хв}$$

$$T_{д2} = 0,55 \text{ хв.},$$

$$T_d = T_{д1} + T_{д2}$$

$$T_d = 2,0 + 0,55 = 2,55 \text{ хв.}$$

Розраховуємо додатковий час операції, який складає 8% від оперативного:

$$T_{доп} = \frac{T_{оп} \cdot 8\%}{100},$$

$$T_{оп} = T_o + T_d$$

$$T_{оп} = 0,58 + 2,55 = 3,13 \text{ хв};$$

$$T_{\text{дон}} = \frac{3,13 \cdot 8}{100} = 0,25 \text{ хв.}$$

Перехід 2

Розраховуємо основний час операції

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_{\text{повз}}},$$

де L – довжина оброблюваної поверхні, $L = 26$ мм;

n – число обертів деталі, $n = 200$ об/хв;

$S_{\text{повз}}$ – повздовжня подача, $S_{\text{повз}} = 4,8$ мм/об;

i – кількість проходів, $i = 5$

$$T_0 = \frac{26 \cdot 5}{100 \cdot 4,8} = 0,27 \text{ хв.}$$

Визначаємо допоміжний час операції

$$T_{\text{д1}} = 2,0 \text{ хв.};$$

$$T_{\text{д2}} = 0,55 \text{ хв.},$$

$$T_{\text{д}} = T_{\text{д1}} + T_{\text{д2}}$$

$$T_{\text{д}} = 2,0 + 0,55 = 2,55 \text{ хв.},$$

а також додатковий час, який складає 8% від оперативного:

$$T_{\text{доп}} = \frac{T_{\text{оп}} \cdot 8\%}{100},$$

$$T_{\text{оп}} = T_0 + T_{\text{д}}$$

$$T_{\text{оп}} = 0,27 + 2,55 = 2,82 \text{ хв.};$$

$$T_{\text{дон}} = \frac{2,82 \cdot 8}{100} = 0,23 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-заклучний час

$$T_{\text{пз}} = 16 \text{ хв.}$$

Розрахуємо норма часу

$$T_{\text{н}} = T_0 + T_{\text{д}} + T_{\text{доп}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n_{\text{шт}}},$$

$$T_{\text{н}} = 0,58 + 0,27 + 2,55 \cdot 2 + 0,25 + 0,23 + \frac{16}{19} = 7,27 \text{ хв.}$$

045 - Фрезерувальна

Розрахуємо основний час операції

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_{\text{повз}}},$$

де L – загальна довжина оброблюваної поверхні, $L = 10$ мм;

n – число обертів фрези, $n = 331$ об/хв;

$S_{\text{повз}}$ – повздовжня подача, $S_{\text{повз}} = 0,32$ мм/об;

i – число проходів, $i = 1$

$$T_0 = \frac{10 \cdot 1}{331 \cdot 0,32} = 9,4 \text{ хв.}$$

Обираємо допоміжний час операції []:

$$T_{d1} = 0,7 \text{ хв.};$$

$$T_{d2} = 0,2 \text{ хв.};$$

$$T_d = T_{d1} + T_{d2};$$

$$T_d = 0,7 + 0,2 = 0,9 \text{ хв.}$$

Розрахуємо додатковий час операції, який складає 8% від оперативного:

$$T_{\text{доп}} = \frac{T_{\text{оп}} \cdot 7\%}{100};$$

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_d;$$

$$T_{\text{оп}} = 9,4 + 0,9 = 10,3 \text{ хв.};$$

$$T_{\text{доп}} = \frac{10,3 \cdot 7}{100} = 0,72 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-заклучний час

$$T_{\text{пз}} = 27 \text{ хв.}$$

Розрахуємо норму часу

$$T_n = T_o + T_d + T_{\text{доп}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n_{\text{шт}}};$$

$$T_n = 9,4 + 0,9 + 0,72 + \frac{27}{19} = 12,44 \text{ хв.}$$

050 - Шліфувальна

Визначимо основний час операції

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_{\text{повз}}},$$

де L – загальна довжина оброблюваної поверхні, $L = 72$ мм;

n – кількість обертів деталі, $n = 150$ об/хв;

$S_{\text{повз}}$ – повздовжня подача, $S_{\text{повз}} = 3,2$ мм/об;

i – кількість проходів, $i = 35$

$$T_0 = \frac{72 \cdot 10}{150 \cdot 3,2} = 1,5 \text{ хв.}$$

Визначаємо допоміжний час операції []:

$$T_{д1} = 2,0 \text{ хв.},$$

$$T_{д2} = 0,55 \text{ хв.},$$

$$T_{д} = T_{д1} + T_{д2};$$

$$T_{д} = 2,0 + 0,55 = 2,55 \text{ хв.}$$

Відомо, що додатковий час операції складає 8% від оперативного:

$$T_{\text{доп}} = \frac{T_{\text{оп}} \cdot 8\%}{100},$$

$$T_{\text{оп}} = T_0 + T_{д};$$

$$T_{\text{оп}} = 1,5 + 2,55 = 4,05 \text{ хв};$$

$$T_{\text{доп}} = \frac{4,05 \cdot 8}{100} = 0,32 \text{ хв.}$$

Обираємо підготовчо-заклучний час

$$T_{\text{пз}} = 16 \text{ хв.}$$

Розраховуємо норму часу

$$T_{\text{н}} = T_0 + T_{д} + T_{\text{доп}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n_{\text{шт}}},$$

$$T_{\text{н}} = 1,5 + 2,55 + 0,32 + \frac{16}{19} = 5,2 \text{ хв.}$$

055 - Контрольна

Норма часу на виконання даної операції складає $T_{\text{н}} = 4,5$ хв. (дані переддипломної практики).

3. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ

3.1. Організація робіт на зварювально-наплавлювальній дільниці

На зварювально-наплавлювальній дільниці виконуються комплекс робіт з ремонту та відновлення деталей з використанням технології зварювання і наплавлення [16].

Слід зазначити, що зварювання і наплавлення пошкоджених деталей є одними з найбільш традиційних і продуктивних засобів відновлення. Тому на проєктованій дільниці виконуються наступні роботи:

- зварювання тріщин;
- наплавлення поверхонь зношених деталей;
- різання деталей, а також для виконання зварювальних робіт, пов'язаних із потребами підприємства.

Але слід відмітити, роботи, які виконуються на дільниці, настільки різноманітні, що майже у всіх випадках є необхідність мати обладнання для всіх видів зварювання, а також для декількох видів механізованих наплавок.

Структура зварювально-наплавлювальної дільниці, а також перелік і кількість робочих місць залежить від характеру дефектів, що усуваються, матеріалу, термічної обробки, що використовується, призначення та конфігурації деталей, що відновлюються, типу та масштабу підприємства, його потужності та рівня спеціалізації.

Згідно технологічного процесу деталі, що підлягають зварюванню та наплавленню, надходять згідно технологічного маршруту зі складу ремонтного фонду, слюсарно-механічної та іншої дільниці [16].

3.2. Визначення трудомісткості робіт на зварювально-наплавлювальній дільниці

Річна програма робіт на зварювально-наплавлювальній дільниці залежить від номенклатури та кількості деталей, а також виходячи із обліку річної програми підприємств і коефіцієнта відновлення (ремонт) деталей.

«Річний обсяг зварювальних і наплавлювальних робіт визначається по кожному виду цих робіт, тобто по різних методам зварювання та наплавлення, виходячи із норм часу на ці роботи та річної програми» [16].

«Розрахунок річної трудомісткості робіт на даній дільниці можна зробити за відсотковим утримуванню зварювальних робіт від нормальної трудомісткості об'єкту ремонту з врахуванням річної програми підприємства. На потреби допоміжного виробництва, як правило, закладається 10 % від загальної річної трудомісткості робіт» [16].

Розрахуємо трудомісткість зварювально-наплавлювальних робіт при виконанні робіт по одному об'єкту

$$T_n = T_p \times \kappa_1 = 251,73 \times 0,027 = 6,8 \text{ чол. год}$$

тут T_n – трудомісткість капітального ремонту повнокомплектного автомобіля, $T_p = 251,73$ люд·год. [];

κ_1 – коефіцієнт, який враховує відсоткове відношення виду робіт до трудомісткості капітального ремонту, $\kappa_1 = 0,027$ [].

Річна трудомісткість робіт на дільниці дорівнює

$$T_n = T_n \times N \times \kappa_2 = 6,8 \times 1000 \times 1,1 = 7480 \text{ чол. год}$$

де N – річна програма ремонту об'єктів, яка складає $N = 1000$ шт. (за даними переддипломної практики);

κ_2 – коефіцієнт, який має враховувати потреби допоміжного виробництва, $\kappa_2 = 1,1$ [17].

Визначимо окремо частину зварювальних та наплавлювальних робіт.

Зварювальні: $T_{зв} = T_n \times \kappa_3 = 7480 \times 0,26 = 1944,8 \text{ чол. год.}$

Наплавлювальні: $T_{nn} = T_n \times \kappa_4 = 7480 \times 0,74 = 5535,2$ чол. год.,

де κ_3, κ_4 – коефіцієнти, що враховують відношення зварювальних та наплавочних робіт до загальної трудомісткості, $\kappa_3 = 0,26, \kappa_4 = 0,74$ [17].

3.3. Режим роботи підприємства і розрахунок річних фондів часу

«Режим роботи підприємства характеризується кількістю робочих днів у році, кількістю змін роботи та їх тривалістю. Тривалість робітничої зміни та кількість робочих часів у тиждень визначається трудовим законодавством. При п'ятидобовій робочій неділі з двома вихідними днями тривалість зміни складає 8,0 годин. Число робочих годин у неділю при п'ятидобовій роботі складає 40 годин» [17].

Робота ремонтних підприємств характеризується перервним процесом виробництва і технологічний процес по ним може бути приурочений до одно-, дво- та тризмінної роботи.

Враховуючи специфіку роботи дільниці приймаємо роботу зварювально-наплавочної дільниці в одну зміну, тривалістю робочої зміни – 8 годин [17].

«Для прийнятого режиму роботи ремонтного підприємства визначаємо річні фонди часу дільниці, робочого місця, а також обладнання і робітника. При цьому треба розпізнавати календарний, номінальний і дійсний фонди часу» [16].

«Календарний річний фонд часу (Φ_k) дорівнює добутку числа календарних днів у рік на число годин за добу. Номінальний річний фонд часу (Φ_n) робочих, обладнання, дільниці при п'ятидобовому робочому тижні та одозмінній роботі дорівнюють» [16]:

$$\Phi_n = D_p \cdot n - D_n (n - n_1) = 254 \cdot 8 - 5 \cdot (8 - 7) = 2027 \text{ год.}$$

«де D_p – кількість робочих днів у році;

n – тривалість робочої зміни» [17].

«Дійсний річний фонд часу робочих менше номінального річного фонду на час втрат, пов'язаних з відпустками, виконанням державних та суспільних обов'язків та ін.» [16].

$$\Phi_o = \Phi_n - (d_o + d_y + d_d + d_r + d_n)n,$$

«де d_o – кількість днів відпустки для зварювальників та наплавлювальників;

d_y – кількість днів, які відпускаються робочим які навчаються у ЗВО;

d_d – кількість днів декретної відпустки, яка дорівнює 1,3-1,6% від кількості робочих днів у році;

d_r – кількість днів невиходу на роботу у зв'язку з виконанням державних і суспільних обов'язків, яке дорівнює 0,15-0,30% від загального числа робочих днів у році;

d_n – кількість днів інших невиходів на роботу, яке дорівнює 0,5 % від числа робочих днів за рік;

n – тривалість робочої зміни» [17].

Дійсний річний фонд часу для робітників, що виконують роботи по зварюванню та наплавленню, дорівнює

$$\Phi_d = 2027 - (24 + 5 + 3 + 1 + 1) \cdot 8 = 1755 \text{ год.}$$

Розрахуємо річний час фонду робочого місця

$$\Phi_{p.m.} = \Phi_n \cdot p_r \cdot c = 2027 \cdot 1 \cdot 1 = 2027 \text{ год.}$$

«де Φ_n – номінальний річний фонд часу;

p_r – кількість робочих одночасно працюючих на одному робочому місці;

c – кількість змін роботи » [16].

Номінальний річний фонд часу для обладнання визначимо наступним чином

$$\Phi_{o.n.} = \Phi_n \cdot c = 2027 \cdot 1 = 2027 \text{ год.}$$

Розрахуємо дійсний річний фонд часу обладнання за формулою

$$\Phi_{o.d.} = \Phi_n \cdot c \cdot \eta = 2027 \cdot 1 \cdot 0,97 = 1966,2 \text{ год.,}$$

де η – коефіцієнт, який характеризує використання обладнання по часу.
Зазначимо, що цей коефіцієнт при однозмінному режимі роботи для
обладнання зварювально-наплавлювальних дільниць дорівнює, $\eta = 0,97$ [17].

3.4. Визначення числа робочої сили і робочих місць

Розрахуємо явочну ($P_{я}$) та облікову ($P_{с}$) кількість робочого персоналу
для виконання робіт із зварювання та наплавлення

$$P_{я} = \frac{T}{\Phi_{н} \cdot k};$$

$$P_{с} = \frac{T}{\Phi_{д} \cdot k},$$

де « T – трудомісткість робіт, чол.·год.;
 $\Phi_{н}$ – номінальний фонд часу одного робочого;
 $\Phi_{д}$ – дійсний фонд часу одного робочого;
 k – коефіцієнт перевиконання норми» [16].

Розрахуємо явочну кількість зварювальників

$$P_{я.с.} = \frac{1944,8}{2027 \cdot 1,1} = 0,87$$

Прийнято 1 людина.

Визначимо облікову кількість зварювальників

$$P_{с.с.} = \frac{1944,8}{1755 \cdot 1,1} = 1,01$$

Прийнято 1 людина.

Встановимо явочну кількість наплавлювальників

$$P_{я.н.} = \frac{5525,2}{2027 \cdot 1,1} = 2,48$$

Прийнято 3 людини.

Визначимо облікову кількість наплавлювальників

$$P_{с.н.} = \frac{5535,2}{1755 \cdot 1,1} = 2,87$$

Прийнято 3 людини.

Розрахуємо кількість робітників на зварювально-наплавлювальній дільниці

$$P_{осн.} = P_{с.в.} + P_{с.н.} = 1 + 3 = 4 \text{ чол.}$$

Число допоміжних робітників складає 10-15% від загальної кількості. Тобто маємо

$$P_{дон} = 0,15 \times 4 = 0,6 \text{ чол.}$$

Прийнято 1 людина.

«Кількість інженерно-технічних робітників, службовців та молодшого обслуговуючого персоналу приймаємо у відсотковому відношенні від суми головних виробничих та допоміжних робочих, відповідно 8-10%, 2-3%, 2-%» [17].

Отриманні дані дозволяють скласти шатну відомість дільниці (табл.3.1).

Таблиця 3.1 - Відомість дільниці

Найменування спеціальностей робочих	Трудомісткість робіт, ~~чол.~~	Номінальний фонд часу, год.	Явочна кількість робочих, по розрахунку	Прийнята кількість явочних робочих	Дійсний фонд часу, год.	Облікова кількість робочих, по розрахунку	Прийнята кількість облікових робочих
Зварники	1944,8	2027	0,87	1	1755	1,01	1
~~Наплавники~~	5535,2	2027	2,48	3	1755	2,87	3
Усього							4

Таким чином, можна визначити загальну кількість робітників, що працюють на зварювально-наплавлювальній дільниці

$$P = P_{гол} + P_{дон} = 4 + 1 = 5 \text{ чол.}$$

3.5. Обґрунтування вибору обладнання для зварювально-наплавлювальної дільниці

В загальному вигляді кількість обладнання для виконання робіт зі зварювання та наплавлення можна розрахувати за формулою:

$$N_{об} = \frac{T_n \cdot K_v}{\Phi_{од} \cdot K_n},$$

«де T_n – річна трудомісткість зварювально-наплавочних робіт;

K_v – коефіцієнт, враховуючий відсоткове відношення виду зварювально-наплавлювальних робіт до загальної трудомісткості зварювально-наплавлювальних робіт;

$\Phi_{од}$ – дійсний річний фонд часу обладнання;

K_n – коефіцієнт, який враховуючий використання зварювально-наплавочного обладнання» [17].

Таким чином, маємо постів для ручного електродугового зварювання і наплавлення

$$N = \frac{7480 \cdot 0,18}{1966,2 \cdot 0,7} = 0,98$$

Прийнято 1 стіл.

Для постів ручного газополуменевого зварювання і наплавлення

$$N_e = \frac{7480 \cdot 0,12}{1966,2 \cdot 0,7} = 0,65$$

Прийнято 1 стіл.

Кількість установок для механізованого зварювання і наплавлення під шаром флюсу

$$N_{\phi} = \frac{7480 \cdot 0,14}{1966,2 \cdot 0,7} = 0,76.$$

Прийнято 1 установку.

Розрахуємо кількість установок для контактного наварювання дроту

$$N_c = \frac{7480 \cdot 0,16}{1966,2 \cdot 0,7} = 0,86.$$

Прийнято 2 установки.

Визначимо кількість установок для вібродугового наплавлення

$$N_e = \frac{7480 \cdot 0,2}{1966,2 \cdot 0,7} = 1,08$$

Прийнято 1 установку.

Решту обладнання вибираємо за технологічною необхідністю та формуємо відомість обладнання (табл.3.2).

Таблиця 3.2 – Відомість обладнання зварювально-наплавочної ділянки

Номер на кресленні та найменуванні обладнання	Кількість	Марка, тип ~~обладнання~~	Габаритні розміри, мм	Площа, м ²		~~Встановлена~~ потужність, кВт
				~~одиниці~~ ~~обладнання~~	~~усього~~ ~~обладнання~~	
1. Зварювальний напівавтомат для наплавлення деталей під шаром флюсу	1	УДГ-508	1600x1200	1,92	1,92	10,2
2 Розподільний пристрій	1	Щ302	800x1000	0,8	0,8	-
3. Перетворювач зварювальний постовий	2	ПСО-300	800x600	0,48	0,96	10,4
4. Установка для ~~вібродугового~~ наплавлення	1	ОКС-6569	1730x500	0,86	0,086	6,4
5. Випрямляч селеновий	1	ВС-600	1000x805	0,80	2,40	10,5
6. Установка для контактного наварювання	1	011-1-02	2400x1000	2,40	2,40	4,0
7. Зварювальний трансформатор	1	ТС-500	950x818	0,78	0,78	6,4

Продовження табл.3.2

8. Щит керування	2	ЩЗ80	600х300	0,18	0,36	-
9. Установка для металізації	1	-	1800х900	1,62	1,62	10,2
10. Барабан для дроту	1	~~Власн. вигот.~~	600х600	0,36	0,36	-
11. ~~Масловолого-відокремлювач~~	1	-	800х800	0,64	0,64	0,5
12. Верстат наплавочний	3	У-653	2720х1220	3,32	9,96	3,0
13. ~~Дробоструменева установка~~	1	-	1100х800	0,88	0,88	-
14. Стелаж секційний	1	~~Власн. вигот.~~	1200х1000	1,20	1,20	-
15. Бункер для дробу	1	~~Власн. вигот.~~	600х800	0,48	0,48	-
16. ~~Під'ємно-поворотний стенд~~	3	П-310	600х600	0,36	1,08	-
17. Стіл газозварника	1	~~Власн. вигот.~~	900х500	0,45	0,45	-
18. Приймальний пересувний столик	3	~~Власн. вигот.~~	900х500	0,45	1,35	-

Продовження табл.3.2

19. Стелаж для деталей	3	~~Власн. вигот.~~	2800x1200	3,36	10,08	-
20. Кран консольний	3	П-402	-	-	-	4,5
21. Стіл електрозварника	2	ОКС-1549А	1035x735	0,76	1,52	-
22. ~~Однопостовий зварний напівавтомат~~	1	СТШ-500	600x600	0,36	0,36	10
23. Кран-балка	1	П-751	-	-	-	3,38
24. Пересувний ~~обдирно-шліфувальний~~ верстат		3151	725x530	0,38	0,38	2,2
25. Накопичувач для охолодження деталей		~~Власн. вигот.~~	1200x1200	1,44	1,44	-
26. Рейкова колія	2	-	7000x800	5,6	11,2	-
27. Верстак слюсарний	1	ОРГ-53-63	1500x500	0,75	0,75	-
28. Зварювальний стенд	1	ОКС-1549Б	1024x724	0,74	0,74	-
29 Візок	1	~~Власн. вигот.~~	1000x600	0,6	0,6	-
30. Піч нагрівальна ~~двомуфельна~~	1	СНО 6.12	600x1200	0,72	0,72	4,2

Продовження табл.3.2

31. Ящик для піску	1	~~Власн. вигот.~~	1000x650	0,65	0,65	-
32. Стіл для піддонів	1	~~Власн. вигот.~~	1500x1200	1,8	1,8	-
Всього					57,948	85,43

3.6. Розрахунок площі зварювально-наплавочної дільниці

«В залежності від типу підприємства, розміру програми та стадії проектування використовують декілька способів розрахунку виробничих площ» [17]:

- «- за питомою площею всього обладнання;
- за кількості робочих та питомих площ, що припадають на одного робочого;
- за кількості робочих місць та питомих площ, що припадають на одне робоче місце» [17].

На наш погляд, найбільш ефективно для розрахунків використовувати перший варіант, тобто розрахунок за площею підлоги, яку займає обладнання з врахуванням перехідного коефіцієнту

$$F = \sum F_{\text{заг}} \cdot k = 57,9 \cdot 5,0 = 289,5 \text{ м}^2$$

де $\sum F_{\text{заг}}$ – загальна площ, яку займає обладнання, $\sum F_{\text{заг}} = 57,9 \text{ м}^2$;

k – перехідний коефіцієнт, який враховує робочі зони, проїзди і проходи, для зварювально-наплавочній дільниці, $k=5$ [17].

Таким чином, приймаємо площу дільниці, $F=300 \text{ м}^2$, яка має довжина – 25 м та ширину – 12 м.

3.7. Обґрунтування вибору підйомно-транспортного обладнання

Виходячи з технологічної необхідності та з врахуванням розробленого технологічного процесу приймаємо:

- кран консольний поворотний (марки П-402, $Q = 3$ т) – 3 шт.;
- кран-балка підвісна електрична (модель П-751, $Q = 2$ т) – 1 шт.

3.8. Енергетичні розрахунки виконання робіт на зварювально-наплавочній дільниці

3.8.1 Вибір та розрахунок вентиляції

«Вентиляція виробничих приміщень призначена для зменшення закуреності, задимленості і для очищення повітря від шкідливих викидів виробництва, а також підвищення цілісності устаткування. Вона служить одним із головних засобів оздоровлення умов праці, підвищення продуктивності й запобігання небезпеки професійних захворювань» [16].

«Розрахунок вентиляції виконується в наступній послідовності. Визначаємо вид вентиляції і відмічаємо кратність обміну повітря» [16].

«Розраховуємо продуктивність вентилятора, виходячи із об'єму приміщення та кратності обміну повітря» [16]

$$W_v = V_o \cdot k = 1890 \cdot 5 = 9450 \text{ м}^3/\text{год.}$$

де V_o – об'єм дільниці, який дорівнює $V_o = F \cdot h = 300 \cdot 6,3 = 1890 \text{ м}^3$

F – площа зварювально-наплавочної дільниці, $F = 300 \text{ м}^2$;

h – висота приміщення, $h = 6,3 \text{ м}$;

k – годинна кратність обміну повітря, $k = 5$.

Виходячи з розрахунків обираємо вентилятор (№4 серії ЕВД), який має такі характеристики:

- продуктивність вентилятора, $W_v = 10000 \text{ м}^3/\text{г}$;
- напір вентилятора, $H_v = 115 \text{ кгс/м}^2$;
- коефіцієнт корисної дії, $\eta_v = 0,53$;

– число обертів вентилятора, $n = 1500 \text{ хв}^{-1}$.

Визначаємо потужності електродвигуна

$$N_e = \frac{W_B H_B \beta}{3600 \cdot 102 \cdot \mu_B} = \frac{10000 \cdot 115 \cdot 1,5}{3600 \cdot 102 \cdot 0,53} = 7,09 \text{ кВт}$$

«де W_B – продуктивність вентилятора;

H_B – напір вентилятора;

β – коефіцієнт, враховуючий невраховані витрати напору повітряного потоку;

μ_B – коефіцієнт корисної дії вентилятору» [16].

3.8.2 Розрахунок освітлення

Орієнтовну площу освітлення визначаємо наступним чином

$$F_{\text{ост}} = \frac{f_{\text{п}} \alpha}{\tau} = \frac{300 \cdot 0,25}{0,55} = 136 \text{ м}^2,$$

«де $f_{\text{п}}$ – площа підлоги ділянки, $f_{\text{п}} = 300 \text{ м}^2$;

α – коефіцієнт природного освітлення, $\alpha = 0,25$ [16];

τ – коефіцієнт, який враховує витрати світла від забруднення застіблення» [16].

Приймаємо $F_{\text{ост}} = 140 \text{ м}^2$.

Кількість ламп для освітлення зварювально-наплавочної ділянки

$$n = \frac{E_{\text{ср}} \cdot f_{\text{п}} \cdot k}{F_0 \cdot \eta} = \frac{60 \cdot 300 \cdot 1,6}{2200 \cdot 0,45} = 29,27$$

«де $E_{\text{ср}}$ – середнє освітлення для зварювально-наплавочної ділянки;

$f_{\text{п}}$ – площа підлоги зварювально-наплавочної ділянки;

k – коефіцієнт запасу освітлення зварювально-наплавочної ділянки;

F_0 – світловий потік кожної лампи;

η – коефіцієнт використання світлового потоку» [16].

Приймаємо 30 ламп.

3.8.3 Розрахунок силової електроенергії

Розрахуємо активну потужність

$$P_a = k_c \sum P_{\text{вст}},$$

«де k_c – коефіцієнт попиту;

$\sum P_{\text{вст}}$ – сумарна встановлена потужність групи електроприймачів»

[16].

Визначимо річну електроенергію для силового споживання

$$W_c = \sum P_a \cdot \Phi_{\text{од}} \cdot n \cdot \eta_3 = 85,43 \cdot 1966,2 \cdot 1 \cdot 0,75 = 125966 \text{ кВт}$$

«де $\sum P_a$ – сума активних напруг споживачів;

$\Phi_{\text{од}}$ – річний дійсний фонд часу обладнання;

n – кількість робочих змін;

η_3 – коефіцієнт завантаження струмоприймальників по часу» [16].

Встановимо питомі витрати електроенергії на освітлення

$$W_{\text{осв}} = P_{\text{осв}} \cdot F \cdot n \cdot k = 15 \cdot 300 \cdot 310 \cdot 0,85 = 1185 \text{ кВт}$$

«де $P_{\text{осв}}$ – питомі витрати електроенергії на освітлення;

F – площа підлоги дільниці;

n – річне число годин освітлювального навантаження;

k – коефіцієнт попиту» [16].

Таким чином, можна визначити сумарну річну потребу дільниці в електроенергії складає

$$W_{\text{річ.}} = W_c + W_{\text{осв}} = 125966 + 1185 = 127151 \text{ кВт}$$

3.8.4 Розрахунок пара та палива

Розраховуємо річні потреби палива і пару на опалення та вентиляцію за формулами:

$$Q_T = \frac{q_m HV}{k \cdot 1000 \eta_k};$$

$$Q_n = \frac{q_m HV}{i \cdot 1000},$$

«де q_m – середня витрата тепла на 1 м^3 будівлі;

H – кількість годин у опаленому періоді;

V – об'єм приміщення, $V = F \cdot h = 300 \cdot 6,3 = 1890 \text{ м}^3$;

k – теплопровідна здатність палива;

η_k – коефіцієнт корисної дії котельного пристосування;

i – тепло випаровування» [17].

Таким чином, встановимо річні потреби у паливі

$$Q_T = \frac{30 \cdot 4234 \cdot 1890}{7000 \cdot 1000 \cdot 0,75} = 45,72 \text{ т}$$

та в пару

$$Q_n = \frac{30 \cdot 4234 \cdot 1890}{540 \cdot 1000} = 14,18 \text{ т.}$$

3.8.5 Розрахунок води

Вода на зварювально-наплавальній дільниці витрачається на виробничі та побутові потреби. На виробничі потреби вода використовується для охолодження у процесі наплавлювальних робіт. Річні витрати вода для виготовлення охолоджуючої рідини визначається за кількості обладнання та його завантаженню

$$Q_{об} = \frac{q_v \cdot N_{ст} \cdot \Phi_{од} \cdot \eta_3}{1000} = \frac{75 \cdot 2 \cdot 1966,2 \cdot 0,7}{1000} = 206,45 \text{ м}^3,$$

«де q_v – погодинна витрата охолоджуючої рідини на одиницю обладнання;

$N_{ст}$ – кількість обладнання;

$\Phi_{од}$ – дійсний фонд часу обладнання;

η_3 – коефіцієнт завантаження обладнання» [17].

За санітарними нормами на 1 робітника за 1 зміну необхідно 25 літрів води. Тому, річні витрати на воду складатимуть

$$Q_{бн} = p_d \cdot q \cdot n \cdot p_p = 254 \cdot 25 \cdot 1 \cdot 5 = 31750 \text{ л} = 31,75 \text{ м}^3,$$

«де p_d – кількість робочих днів у році;

q – норма витрати води;

п – кількість змін;

п_р – кількість робочих на дільниці» [17].

Таким чином, річні витрати води на зварювально-наплавлювальній дільниці дорівнюють

$$Q_{\Gamma} = Q_{об} + Q_{бн} = 206,45 + 31,75 = 238,2 \text{ м}^3$$

3.9. Охорона праці та техніка безпеки при виконання робіт на зварювально-наплавлювальній дільниці

До зварювальних і наплавочних робіт допускаються особи лише чоловічого роду не молодше 20 років з кваліфікаційною групою по техніці безпеки не нижче II і які не мають медичних протипоказань. Зварювальник повинен виконувати роботи під контролем наглядача. Проводити роботи всередині ємкості при наявності в них отруйних речовин, пожежо- та вибухонебезпечних рідин без дотримання певних мір безпеки забороняється. Кожна ємкість на початку робіт повинна бути провентильована (не менше ніж п'ятикратною зміною повітря). Під час роботи необхідно здійснювати видалення повітря або подавати чисте повітря під маску зварювальника. Для ізоляції від зварювального металу повинні застосовуватися діелектричні мати і коврики, шоломи і рукавиці з діелектричного матеріалу.

При зварюванні великогабаритних виробів з підігріванням, пульти операторів потрібно розташовувати в кабінах виконаних з термоізоляційного матеріалу і оснащених кондиціонерами, використовувати дистанційне керування процесом. При неможливості автоматизування процесу зварювання з підігріванням необхідно використовувати теплоізолюючі коврики (асбестові та інш.), термоізолюючі водоохолоджуючі костюми, робити перерви в роботі, проводячи їх в місцях відпочинку з оптимальним кліматом.

«До небезпечних виробничих факторів відносять дію електроструму, іскри та бризки, викиди розплавленого металу та шлаку; можливість вибуху

балонів і систем, які знаходяться під тиском; механізми та деталі, що рухаються» [18].

Невірна експлуатація та електроприладів може призвести до ураження електричним струмом. Застосування відкритого газового полум'я та дуги, наявність іскр, бризок, викидів розплавленого металу при зварюванні та наплавленні.

«До шкідливих виробничих факторів відноситься: підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони: ультрафіолетове, видиме та інфрачервоне випромінювання зварювальної дуги, електромагнітні поля, іонізуючі випромінювання; шум, ультразвук, статичні навантаження на руку» [18].

Під час наплавлення або зварювання в зону дихання працюючих можуть поступати зварювальні аерозолі в складі твердої фази, окиси різноманітних металів (Mn, Ni, Cu, Fe тощо), а також токсичні речовини, гази (окисли вуглецю, озон, фтористий водень, оксиди азоту та інш.)

Для створення безпечних умов праці на зварювально-наплавочній дільниці потрібно: щоб працюючий був забезпечений індивідуальними засобами захисту, якщо потрібно повинні стояти на землі решітки або килимки, на обладнанні повинні бути надіті захисні кожухи, робоче місце повинно добре освітлюватися і бути ізольоване від попадання сторонніх звуків. На робочих місцях повинні стояти вентиляційні колодязі або витяжні зонти, або ж повинна бути створена природня вентиляція. Можливо виконання провітрювання під час короткого перепочинку.

а) Безпека технологічних процесів. Зварювальні кабелі, шланги повинні бути захищені від механічних пошкоджень. Джерела постійного струму повинні мати напругу холостого ходу не вище 35 В, а робоча напруга, яка підводиться від зварювального трансформатора до виробу, який зварюється, при змінному струмі не повинно перевищувати 70 В. постійне робоче місце при живленні від багатопостових джерел повинні бути

оснащені щитками з сигнальною лампою, яка вказує зварювальнику на наявність або відсутність напруги в мережі.

б) Організація робочих місць розташування обладнання та проходів. У всіх робочих приміщеннях, де можливо присутність у повітрі вибухонебезпечних, отруйних і легкозаймистих парів і газів, дозволяється виконувати роботи лише після ліквідації джерела забруднення, очистки або провітрювання приміщення, дільниці деталі з наступною перевіркою параметрів повітряного середовища.

«Ширина проходів між обладнанням, рухомими механізмами стаціонарними багатопостовими джерелами живлення повинна бути не менше 1,5 м, а відстань між автоматичними зварювальними установками не менше 2 м» [18].

«Ширина проходів між обладнанням, механізмами, що рухаються, стаціонарними багатопостовими джерелами живлення повинна бути не менше 1,5 м, а відстань між автоматичними зварювальними установками не менше 2 м» [18].

«Ширина проходів між обладнанням і місцями складування повинна бути 1-1,6 м в залежності від розмірів обладнання і виробів, що зварюються» [18].

«Для захисту людей не пов'язаних із зварюванням робоче місце зварювальника повинно бути огорожене екранами або ширмами із вогнетривких матеріалів висотою не менше 1,6 м. Підлога повинна бути не менше 1 м з настилом» [18].

в) Електробезпека. Під'єднані та від'єднанні від електромережі зварювальні установки, переключення зварювального струму рукоятками, розташованими всередині установки за дверцятами, які не мають блокування, а також спостереження за несправним станом установок в процесі експлуатації повинно проводитися електротехнічним персоналом.

Весь персонал, що обслуговує електрозварювальні установки, повинен періодично проходити інструктаж по техніці безпеки та про способи надання першої медичної допомоги.

г) Безпека пристосувань. Обладнання, що застосовується повинно відповідати нормам безпеки.

Джерела зварювального струму можуть під'єднуватися до розподільних електромереж з напругою не більше 380 В. Корпус будь-якого пристосування повинен бути занулений. Послідовне включення кількох апаратів заборонено. Заборонено залишати обладнання ввімкнутим в мережу після роботи. Зварювальні автомати повинні бути захищені запобіжниками або автоматами з боку мереж. Багатопостові зварювальні агрегати при захисті з боку живильних мереж повинні мати вимикаючий автомат в загальному ланцюгу і запобіжники на кожному проводі до зварювального поста.

д) Засоби індивідуального захисту. В якості захисного одягу вибираємо брезентовий костюм зварювальника. Робочий одяг, рукавиці, черевики повинні видавати на підприємстві для захисту працюючих від попадання шкідливих аерозолей та інших небезпечних речовин.

ВИСНОВКИ

Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи є розробка технології та оснащення для відновлення кулачкового валу двигуна. Для досягнення поставленої мети в окремих розділах роботи висвітлені наступні питання.

У загальному розділі представлено історію створення та основні етапи розвитку ТОВ «Калита-Нова». Обґрунтовано тему бакалаврської кваліфікаційної роботи.

У технологічному розділі особливу увагу приділено технічній характеристиці двигуна ЯМЗ, який є силовим агрегатом автомобілів МАЗ. Двигун є 4-х тактний, 6-ти циліндровий з кутом 90^0 між осями циліндрів, число головок циліндрів – 2. Розглянуто умови роботи та основні процеси зношування агрегату. Встановлені основні закономірності виникнення дефектів кулачкового валу. Визначені характерні конструктивно-технологічних особливостей кулачкового валу. Наведений технологічний процес дефектування кулачкового валу. Для розробки технології відновлення складено технологічний маршрут відновлення кулачкового валу. З метою обґрунтованого підходу до вибору раціонального способу відновлення зносів кулачкового валу розглянуто існуючі методи відновлення, зокрема: наплавлення під шаром флюсу, вібродугове наплавлення; наплавлення у середовищі захисних газів, залізнення та інш. Доведено переваги використання вібродугового наплавлення як способу відновлення деталі. Розроблений технологічний процес відновлення кулачкового валу двигуна ЯМЗ-236. Виконано вибір технологічного обладнання, різального, вимірювального та контрольного інструменту. Проведений розрахунок режимів виконання операцій технологічного процесу відновлення кулачкового валу, а також норм часу.

В організаційному розділі приведено організацію робіт на зварювально-наплавлювальній дільниці. Виконані розрахунки трудомісткості

робіт, фондів часу та кількості робочої сили. З технологічних міркувань обґрунтований вибір обладнання для зварювально-наплавлювальної дільниці. Проведений розрахунок площі зварювально-наплавочної дільниці. Представлені стандартні енергетичні розрахунки при проведенні робіт на зварювально-наплавлювальної дільниці. Розглянуті питання з охорони праці та техніка безпеки при виконання робіт на дільниці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ремонт машин та обладнання: Підручник / О.І. Сідащенко та ін.; за ред. проф. О.І. Сідащенка, О.А. Науменка. Підручник. – К.: Агроосвіта, 2014. – 665 с.
2. Черновод М.И. Восстановление и упрочнение деталей сельскохозяйственной техники: Учеб. пособие/ М.И. Черновод. – К.: УМК ВО, 1989. – 259 с.
3. <https://erm.kntu.kr.ua/materiali/pidgotovka.html>
4. Білоконь Я.Ю. Трактори і автомобілі/ Я.Ю. Білоконь, А.І. Окоча. – К.: Урожай, 2002. – 324 с.
5. Ремонт автомобілів: Навчальний посібник/ Упор. В.Я. Чабанний. – Кіровоград: Кіровоградська районна друкарня, 2007. – 720 с.
6. Основи трибології: Підручник / А.М. Антипенко, О.М. Бедас, В.А. Войтов та ін. За ред. Войтова В.А. – Харків: ХНТУСГ, 2008. – 342 с.
7. Стецько А. Є. Технологічне забезпечення ресурсу роботи виготовлених і відновлених деталей: монографія. – Львів: Видавнича компанія «АРС», 2013. – 240 с.
8. Практикум з ремонту машин. Загальний технологічний процес ремонту та технології відновлення і зміцнення деталей машин. Том 1 / О.І. Сідащенко, О.В. Тіхонов, Т.С. Скобло та інші. Навчальний посібник. – Харків: ТОВ «Пром-Арт», 2018. – 416 с.
9. Харламов Ю.А. Основы технологии восстановления и упрочнения деталей машин/ Ю.А. Харламов, Н.А. Будагянц. – Луганск: изд-во Восточно-укр. национ. ун-та им В. Даля, 2003. – 480 с.
10. Лузан С.О. Обґрунтування економічної доцільності і ефективності відновлюваного наплавлення деталей композиційними матеріалами/ С.А. Лузан// Технічний сервіс агропромислового лісового та транспортного комплексів. 2020. №22. – С.272–280.
11. Лузан С.А. Критерии выбора способа восстановления деталей машин и определение рационального маршрута технологии/ С.А. Лузан// Вісник ХНТУСГ ім. П.Василенка. 2017. Вип.183. – С.45–56.

12. Технологія ремонту машин та обладнання : метод. вказівки до виконання практичних занять для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спец. 208 «Агроінженерія» / [уклад. : М. В. Красота, Р. А. Осін] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. експлуатації та ремонту машин. – Кропивницький : ЦНТУ, 2023. – 83 с. <https://dspace.kntu.kr.ua/handle/123456789/13638>

13. Основи технології виробництва та ремонту машин : методичні вказівки до виконання практичних занять з курсу «Основи технології виробництва та ремонту машин» : для студент. спец. 208 «Агроінженерія», освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр / [уклад. : М. В. Красота, С. О. Магопєць, О. В. Бєвз, І. В. Щєпєлєнкo та ін.] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. експлуатації та ремонту машин. – Кропивницький : ЦНТУ, 2023. – 41 с. <https://dspace.kntu.kr.ua/handle/123456789/13637>

14. Ділик Р.П. Розрахункові операції режимів механічної обробки матеріалів: точіння, свердління, зенкерування, розгортання: навч. посіб. / Р.П. Ділик, В.В. Зіль, С.Т. Пацєра. – Д.: Національний гірничий університет», 2013. – 196 с.

15. Данюк В.М. Нормування праці: Навч. посіб. / В.М. Данюк, Г.О. Райковська, За заг. ред. В. М. Данюка. – К.: КНЕУ, 2006. – 268 с.

16. Булей И.А. Проектирование ремонтных предприятий сельского хозяйства К.: Вища школа, 1983. – 348 с.

17. Проектування цехів і дільниць для відновлення та зміцнення деталей : метод. вказ. до виконання курс. проекту : для магістрантів спец. 132 - Матеріалознавство / [уклад. : О. В. Бєвз, С. О. Магопєць, М. В. Красота, Р. А. Осін] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. експлуатації та ремонту машин. - Кропивницький : ЦНТУ, 2020. - 35 с.

18. Запорожець О.І. Основи охорони праці: Підручник. – Київ: вид ЦУЛ, 2019. – 264 с.