

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра агроінженерії та автомобільного транспорту

СЕРВІСНА ІНЖЕНЕРІЯ

Методичні розробки

для виконання курсового проєкту «Сервісна інженерія» для
здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня вищої освіти
за освітньо-науковою програмою

Сервісна інженерія в агропромисловому виробництві
спеціальностей 133 Галузеве машинобудування та 208 Агроінженерія

Полтава 2024

Методичні розробки для виконання курсового проекту «Сервісна інженерія» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньо-науковою програмою Сервісна інженерія в агропромисловому виробництва спеціальностей 133 Галузеве машинобудування та 208 Агроінженерія

Розробник: Келемеш Антон, доцент кафедри агроінженерії та автомобільного транспорту, к.т.н., доцент.

Методичні розробки розглянуті та схвалені на засіданні кафедри агроінженерії та автомобільного транспорту
Протокол від 02 вересня 2024 р. № 1

Завідувач кафедри агроінженерії та автомобільного транспорту



Олександр ГОРБЕНКО

Методичні розробки розглянуті та схвалені на засіданні кафедри механічної та електричної інженерії
Протокол від 02 вересня 2024 р. № 1

Завідувач кафедри механічної та електричної інженерії



Станіслав ПОПОВ

Методичні розробки розглянуті та схвалені радою з якості вищої освіти спеціальності Агроінженерія
Протокол від 02 вересня 2024 р. № 1

Голова
ради з якості вищої освіти спеціальності
Агроінженерія



Олексій БУРЛАКА

Методичні розробки розглянуті та схвалені радою з якості вищої освіти спеціальності Галузеве машинобудування
Протокол від 02 вересня 2024 р. № 1

Голова
ради з якості вищої освіти спеціальності
Галузеве машинобудування



Руслан ХАРАК

Зміст

Вступ	4
1. ЗАГАЛЬНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ПО ВИКОНАННЮ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ	5
2. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ НАД ЕТАПАМИ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ	12
2.1. Аналіз конструкції вузла та вибір раціонального способу відновлення деталі	12
2.1.1. Конструктивні особливості і умови роботи вузла	12
2.1.2. Розробка структурної схеми розбирання (складання) вузла	12
2.1.3. Обробка інформації про пошкодження деталі та вибір способу її відновлення	14
2.2. Розробка технологічного процесу відновлення деталі	20
2.2.1. Розрахунок параметрів та режимів технологічних процесів	21
2.2.2. Вибір обладнання, інструменту, пристосувань та матеріалів для відновлення	41
2.2.3. Нормування технологічного процесу	44
2.2.4. Розробка технологічної документації процесу відновлення	46
2.3. Розрахунок економічної ефективності відновлення	50
2.3.1. Розрахунок собівартості відновлення деталі	50
2.3.2. Розрахунок коефіцієнту відновлення	51
Список рекомендованої літератури	52
Додаток А. Тематика курсового проєкту	53
Додаток Б. Зразок оформлення титульної сторінки	55
Додаток В. Зразок оформлення завдання на курсовий проєкт	56
Додаток Д. Приклад оформлення графічної частини курсового проєкту	57
Додаток Ж. Орієнтовні режими механічної обробки для різних способів обробки, характеристика обладнання та матеріалів для відновлення	61

Вступ

Мета виконання курсового проєкту «Сервісна інженерія» підготувати майбутніх фахівців до вирішення завдань по розробці технологічних процесів відновлення із забезпеченням технічних вимог при найменших витратах. Одним із важливих чинників, що визначають експлуатаційну надійність і термін служби транспортних і технологічних машин і устаткування агропромислового комплексу є експлуатаційні властивості поверхневого шару матеріалу і його міцність. При експлуатації зношуються робочі поверхні деталей, що вимагає їх повної заміни і, як наслідок, підвищення собівартості ремонту. У ряді випадків виготовлення деталей нераціонально у зв'язку з високою вартістю матеріалів і високою трудомісткістю обробки. Тому для вирішення завдань підвищення фізико-механічних показників робочих поверхонь деталей і збільшення їх терміну служби в машинобудуванні і підприємствах технічного сервісу застосовують різні способи відновлення і зміцнення.

У методичних розробках розглядається методика вибору і застосування раціональних способів відновлення зношених і усунення дефектів пошкоджених поверхонь деталей.

Методичні розробки призначені для здобувачів вищої освіти при курсовому проєктуванні. В них приведені послідовність і методика проєктування технологічних процесів з вибором засобів технологічного оснащення, режимів обробки і розрахунком економічної ефективності відновлення деталей.

Компетентності:

фахові:

ФК 1. Здатність створювати, удосконалювати та застосовувати кількісні математичні, наукові й технічні методи та комп'ютерні програмні засоби, застосовувати системний підхід для розв'язування інженерних задач галузевого машинобудування, зокрема, в умовах технічної невизначеності;

ФК 3. Здатність створювати нові техніку і технології в галузі механічної інженерії;

ФК 4. Усвідомлення перспективних завдань сучасного виробництва, спрямованих на задоволення потреб споживачів, володіння тенденціями інноваційного розвитку технологій галузі;

ФК 6. Здатність виконувати науково-практичні та прикладні дослідження в машинобудівній галузі;

ФК 8. Здатність використовувати сучасні методи моделювання технологічних процесів і систем для створення моделей механізованих технологічних процесів сільськогосподарського виробництва;

ФК 9. Здатність проєктувати й використовувати мехатронні системи машин і засоби механізації сільськогосподарського виробництва;

ФК 10. Здатність проектувати, виготовляти і експлуатувати технології та технічні засоби виробництва, первинної обробки, зберігання та транспортування сільськогосподарської продукції;

ФК 11. Здатність прогнозувати і забезпечувати технічну готовність сільськогосподарської техніки.

Програмні результати навчання:

ПРН 1. Знання та розуміння механіки і машинобудування та перспектив їхнього розвитку.

ПРН 4. Планувати наукові та прикладні дослідження, обґрунтовувати вибір методології і конкретних методів дослідження.

ПРН 5. Знання і розуміння засад технологічних, фундаментальних та інженерних наук, що лежать в основі галузевого машинобудування відповідної галузі.

ПРН 6. Відшуковувати потрібну наукову і технічну інформацію в доступних джерелах, зокрема, іноземною мовою, аналізувати і оцінювати її.

ПРН 8. Застосовувати методи мехатроніки для автоматизації в АПК.

ПРН 9. Проектувати конкурентоспроможні технології та обладнання для виробництва сільськогосподарської продукції відповідно до вимог споживачів та законодавства.

ПРН 10. Забезпечувати роботоздатність і справність машин

ПРН 12. Здійснювати управління якістю в аграрній сфері, обґрунтовувати показники якості сільськогосподарської продукції, техніки та обладнання.

ПРН 15. Здійснювати інженерні розрахунки для вирішення складних практичних проблем у технічному обслуговуванні сільськогосподарської техніки, створюючи фізичні, математичні, комп'ютерні моделі.

ПРН 16. Здатність проводити налаштування на відповідні параметри і режими засобів механізації, реалізовувати контроль якості роботи під час виконання агротехнологічних операцій, здійснювати діагностику технічного стану та проводити випробовування окремих програмних й апаратних модулів.

ПРН 17. Здатність реалізовувати системи технічного обслуговування та ремонту засобів механізації, які відповідали б умовам і можливостям агропромислового виробництва.

1. ЗАГАЛЬНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ПО ВИКОНАННЮ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

Після виконання курсового проєкту здобувач вищої освіти повинен:

- знати технологічні і організаційні принципи відновлення деталей в сервісній інженерії; структуру технологічних процесів по відновленню деталей, методики і критерії вибору ефективного способу усунення дефектів деталей на ремонтному підприємстві; особливості технологій і організації виконання технологічних операцій і контролю якості відновлених деталей; основи розрахунку собівартості відновлення деталі і техніки безпеки робіт;
- знати і вміти використовувати результати технологічних розрахунків, зокрема при виборі режимів відновлення деталей, устаткування і матеріалів для сервісних підприємств в сільському господарстві;
- мати досвід застосування отриманих знань і навиків в створенні і складанні нормативно-технічної документації по відновленню деталей.

Тематика курсового проєкту

Тема курсового проєкту: «Розробка технології ремонту складальної одиниці (вузла) з детальним опрацюванням технології розбирання (складання) складальної одиниці (вузла) і технології відновлення деталі». Об'єктом проєктування є деталі вузлів і агрегатів технологічних і транспортних машин, що використовуються при виробництві сільськогосподарської продукції.

Завдання на проєктування кожен здобувач вищої освіти отримує на бланку встановленого зразка протягом першого та другого навчального тижня.

Тематика подана в додатку А.

Об'єм, орієнтовний зміст та оформлення курсового проєкту

Курсовий проєкт складається з пояснювальної записки обсягом 25 – 35 сторінок машинописного тексту (формат А4, розмір 210x297), графічної частини та комплексу технологічної документації.

Орієнтовна структура курсового проєкту:

Титульний аркуш

Завдання

Реферат

Зміст

Вступ

1 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ВУЗЛА ТА ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОГО СПОСОБУ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

1.1 Конструктивні особливості і умови роботи вузла

1.2 Розробка структурної схеми розбирання (складання) вузла

1.3 Обробка інформації про пошкодження деталі та вибір способу її відновлення

2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

2.1 Розрахунок параметрів та режимів технологічних процесів

2.2 Вибір обладнання, інструменту, пристосувань та матеріалів для відновлення

2.3 Нормування технологічного процесу

2.4 Розробка технологічної документації процесу відновлення

3 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ

3.1 Розрахунок собівартості відновлення деталі

3.2 Розрахунок коефіцієнту відновлення

Висновки

Список використаних джерел

Додатки

Пояснювальну записку оформляють з урахуванням вимог ДСТУ 3008-95.

Титульний аркуш є першим аркушем документа. Загальний вигляд і приклад заповнення титульного аркуша для курсового проєкту наведено в додатку Б.

Завдання є вихідним документом на виконання курсового проєкту (Додаток В). В завданні, яке видається здобувачу вищої освіти, чітко формулюється назва теми, приводяться необхідні вихідні дані, вказуються структура пояснювальної записки та зміст креслень, а також вказується термін виконання розділів і всього проєкту.

Реферат (1...2 сторінки) повинна включати: конкретні відомості, які розкривають зміст основної частини проєкту, короткі висновки відносно особливостей, ефективності, можливості і області застосування одержаних результатів.

Зміст містить найменування і номери початкових сторінок всіх розділів і підрозділів. Титульний аркуш, завдання і зміст входять у загальну кількість аркушів записки. Всі сторінки нумерують наскрізь до закінчення пояснювальної записки, включаючи і список літератури.

Слово “Зміст” записують у вигляді заголовку (симетрично тексту) з великої літери.

На першій сторінці змісту курсового проєкту виконують основний напис по формі 2 (рамка на 40 мм). На наступних сторінках “Змісту” напис виконують як для інших аркушів по формі 2а (рамка на 15 мм).

У вступі необхідно відобразити взаємозв'язок завдань курсового проєкту з завданнями, які стоять перед ремонтним виробництвом агропромислового комплексу. Вступ повинен містити актуальність відновлення деталей, характеристику сучасних технологій відновлення, тенденції їх розвитку. У вступі слід чітко сформулювати, в чому новизна і актуальність виконуваного проєкту, і обґрунтувати необхідність його проведення.

Основна частина записки повинна відображати зміст курсового проєкту та чітко відповідати завданню на проєктування та розділам проєкту, вказаних в змісті методичних рекомендацій та містити всі пояснення та розрахунки і закінчуватися висновками.

Пояснювальна записка курсового проєкту згідно з міждержавним стандартом ГОСТ 2.105-95 є одним з видів текстових документів і

оформляється відповідно до вимог Єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД) і Єдиної системи технологічної документації (ЄСТД).

Пояснювальна записка виконується на одній стороні друкарського паперу формату А4 (297х210мм) українською мовою одним із наведених нижче способів:

- рукописним – креслярським шрифтом (ГОСТ 2.304-81) з висотою літер і цифр не менше 2,5 мм. Цифри і літери необхідно писати чітко чорною пастою;
- машинним, із застосуванням друкуючих і графічних пристроїв виведення ЕОМ (ГОСТ 2.004-88).

Кожний лист пояснювальної записки повинен мати відповідну рамку по формі 2 або 2а. Рамку розміщують на відстанях 20 мм від лівої границі і 5 мм від інших границь формату.

Відстань від рамки до границь тексту на початку і в кінці рядків – не менше 5 мм.

Відстань від верхнього або нижнього рядка тексту до верхньої або нижньої рамки повинна бути не менше 10 мм.

Абзаци в тексті починають відступом, що дорівнює 12-15 мм.

Помилки, описки і графічні неточності, виявлені в процесі виконання документу, допускається виправляти підчищенням або зафарбуванням білою фарбою і нанесенням на тому ж місці виправленого тексту (графіки) машинописним способом або чорними чорнилами, пастою або тушшю рукописним способом.

Пошкодження аркушів пояснювальної записки, помарки і сліди неповністю видаленого попереднього тексту (графіки) не допускаються.

Текст пояснювальної записки розділяють на розділи і підрозділи. Розділи повинні мати порядкові номери у межах всієї записки, позначені арабськими цифрами без крапки і записані з абзацного відступу. Підрозділи повинні мати нумерацію у межах розділу. Номер підрозділу складається із номерів розділу і підрозділу, відокремлених крапкою. У кінці номера підрозділу крапка не ставиться, наприклад: 1.1, 1.2, 1.3 і т.д.

Розділи і підрозділи повинні мати заголовки. Пункти, як правило, заголовків не мають. Заголовки повинні чітко і стисло відображати зміст розділів, підрозділів.

Заголовки слід друкувати (писати) з великої літери без крапки в кінці і не підкреслюючи. Переноси слів у заголовках не допускаються. Якщо заголовок складається з двох речень, їх розділяють крапкою.

Між заголовками і текстом, а також між заголовками розділу і підрозділу, при виконанні записки машинописним та рукописним способом повинен бути пропущений рядок.

Кожний розділ записки рекомендується починати з нової сторінки.

В записці повинні застосовуватись науково-технічні терміни, позначення і визначення, встановлені відповідними стандартами, а при їх відсутності – загальноприйняті у науково-технічній літературі. У тексті застосовують

стандартизовані одиниці фізичних величин, їх найменування і позначення відповідно до ГОСТ 8.417-81.

В записці потрібно давати посилання на джерела: дану записку, стандарти, технічні умови та інші документи.

Посилання на запозичені джерела оформлюють у квадратних дужках. Посилатись слід на документ в цілому або його розділи і додатки. Посилання на підрозділи, пункти та ілюстрації не допускаються, за винятком підрозділів, пунктів, таблиць та ілюстрацій даної записки. Посилання містить номер джерела, взятий із списку використаних джерел, номер тома і в необхідних випадках номер сторінки, наприклад: [21, с. 17] або [21].

При посиланнях на стандарти і технічні умови вказують лише їх позначення, наприклад ГОСТ 2.105-95.

У формулах як символи слід застосовувати позначення, встановлені відповідними джерелами та стандартами. Пояснення символів і числових коефіцієнтів, що входять у формулу, якщо вони не пояснені раніше у тексті, повинні бути приведені. Пояснення кожного символу слід давати з нового рядка у тій послідовності, в якій символи приведені у формулі. Перший рядок пояснення повинен починатися зі слів «де» без двокрапки після цього.

Приклад: Частоту обертання деталі при наплавленні визначається за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V_H}{60 \cdot \pi \cdot D}, \quad (1)$$

де V_H – швидкість при наплавленні, м/год;

D – діаметр зношеної поверхні, яка наплавляється, мм.

Після формул, якщо розшифровуються символи ставить кома, в інших випадках крапка. Формули, що слідує одна за одною і не розділені текстом, розділяють комою.

Формули повинні нумеруватися порядковою нумерацією арабськими цифрами, які записують на рівні формули праворуч у круглих дужках. Нумерація формул може бути або наскрізна (наприклад (1)), або в межах розділу (у цьому випадку номер формули складається із номера розділу і порядкового номера формули, відокремлених крапкою, наприклад: (3.2)). Посилання у тексті на порядкові номери формул дають у дужках, наприклад: у формулі (3.2).

Ілюстрації (креслення, рисунки, графіки, схеми, діаграми, фотознімки) слід розміщувати безпосередньо після посилання в тексті, або на наступній сторінці. На всі ілюстрації мають бути посилання в тексті.

Ілюстрації, за винятком ілюстрацій додатків, слід нумерувати арабськими цифрами порядковою нумерацією. Якщо рисунок один, його позначають «Рис. 1». Допускається нумерувати ілюстрації в межах розділу. У цьому випадку номер ілюстрації складається з номера розділу і порядкового номера ілюстрації, відокремлених крапкою, наприклад: Рис. 1.1.

Таблиці, за винятком таблиць додатків, слід нумерувати арабськими цифрами порядковою нумерацією. Якщо у записці одна таблиця, її позначають «Таблиця 1 - » і назва таблиці.

Допускається нумерувати таблиці в межах розділу. В цьому випадку номер таблиці складається з номера розділу і порядкового номера таблиці, відокремлених крапкою, наприклад «Таблиця 2.1 – ».

Слово «Таблиця» вказують один раз зліва над першою частиною таблиці, над іншими частинами (якщо її переносять на іншу сторінку) пишуть «Продовження табл. 2.1» з правої частини аркуша.

Заголовки граф таблиці починають з великої літери, а підзаголовки – з малої, якщо вони складають одне речення з заголовком. Підзаголовки, що мають самостійне значення, друкують з великої літери. В кінці заголовків і підзаголовків таблиць крапки не ставлять. Заголовки і підзаголовки граф вказують в однині.

Горизонтальні та вертикальні лінії, які розмежовують рядки таблиці можна не проводити, якщо їх відсутність не утруднює користування таблицею.

Графу «Номер по порядку» в таблицю не включають. Якщо показники, параметри або інші дані необхідно нумерувати, їх порядкові номери вказують у графах для заголовків рядків таблиці перед найменуванням.

Одиниці величин вказують або у заголовках, або у підзаголовках. Окрему графу для одиниць не виділяють. Якщо всі параметри, розміщені у таблиці, мають тільки одну одиницю, то її скорочене позначення розміщують в назві таблиці. При відсутності окремих даних в таблиці слід ставити тире.

У висновках підводиться підсумок виконаної роботи. В них повинні міститися: оцінка результатів роботи; висновки по виконаній роботі; пропозиції по використанню одержаних результатів, шляхи подальшої роботи або обґрунтована недоцільність її пропозиції.

Список використаних джерел повинен містити перелік літератури, використаної при виконанні проєкту. Всі джерела нумерують наскрізно арабськими цифрами в тому порядку, в якому вони згадуються в тексті і позначають тим порядковим номером, яким воно записано у списку. Оформлення списку використаних джерел слід виконувати по прикладу даних методичних рекомендацій.

Додатки. У тексті записки на всі додатки повинні бути посилання. Розміщують додатки в порядку посилання на них у тексті.

Кожний додаток слід розпочинати з нової сторінки із вказуванням зверху посередині сторінки слова «Додаток» і його позначення. Згідно ДСТУ 3008-95 додатки слід позначати послідовно великими літерами української абетки, за винятком літер Г, Є, З, І, Ї, О, Ч, Ь, наприклад: додаток А, додаток Б і т. д. У випадку повного використання літер української абетки допускається позначати додатки арабськими цифрами.

Додаток повинен мати заголовок, який друкують (записують) симетрично відносно тексту з великої букви окремим рядком.

Таблиці кожного додатку позначають окремою нумерацією арабськими цифрами з додаванням перед цифрою позначення додатку, наприклад «Таблиця А.1», якщо вона приведена у додатку А.

В додатках розміщують **комплект документів на технологічний процес відновлення**, який включає: відомість оснащення; відомість технологічних документів; маршрутну карту; операційні карти на основні операції; операційну карту контролю. Всі документи оформляються згідно ГОСТ 3.1118-82 (формат А4).

Обсяг графічної частини курсового проєкту – два аркуші формату А1. Аркуш 1 – структурна схема розбирання (складання) заданої складальної одиниці (вузла). Аркуш 2 – ремонтне креслення пошкодженої деталі.

2. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ НАД ЕТАПАМИ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

2.1 Аналіз конструкції вузла та вибір раціонального способу відновлення деталі

В даній частині проєкту проводиться загальний конструктивний аналіз вузла, описуються умови його роботи, розробляється структурна схема розбирання (складання) вузла, виконується аналіз деталі та вибирається спосіб її відновлення.

2.1.1 Конструктивні особливості і умови роботи вузла

В даному підрозділі потрібно виконати загальний конструктивний аналіз вузла, тобто його призначення, характеристики та особливості роботи, взаємозв'язок з іншими вузлами та агрегатами, представити конструкцію вузла, основні несправності, методи діагностування та ін.

2.1.2 Розробка структурної схеми розбирання (складання) вузла

На основі конструктивного аналізу розробляється структурна схема розбирання (складання) заданого вузла.

Розбирання – це сукупність технологічних операцій, призначених для роз'єднання об'єктів ремонту на складальні одиниці і деталі у певній технологічній послідовності.

Схема розбирання (складання) складальної одиниці є доцільною вихідною інформацією для опису технологічного процесу розбирання (складання), а також може бути використана як самостійний технологічний документ на робочому місці, а із врахуванням трудомісткості виконання робіт дає можливість ґрунтовно визначити необхідні робочі місця для виконання розбирально-складальних операцій на даному підприємстві, оскільки на схемі відображена можливість виконання як послідовних, так і паралельних робіт.

Для складання схеми розбирання (складання) заданої складальної одиниці вивчають її конструкцію за складальним кресленням і ознайомлюються з відповідними типовими технологічними процесами.

Розбирання (складання) складальної одиниці здійснюють у певній послідовності, яка залежить від її конструкції (рис. 1).

Процес розбирання (складання) зображають на схемі прямою (вертикальною або горизонтальною) лінією, до якої у певних місцях примикають прямокутники, що позначають складові частини виробу (складальні одиниці і деталі). Для кращої наочності прямокутник, який схематично зображає складальну одиницю, виконується двома паралельними лініями.

На схемі розбирання прямокутники, що зображають складальні одиниці, які зніматимуть, розміщуються зліва за ходом лінії розбирання, а окремі деталі — справа. На схемі складання, навпаки: прямокутники, що зображують складальні одиниці, які встановлюватимуть, праворуч, а окремі деталі-ліворуч.

Початком для схеми розбирання є даний виріб (складальна одиниця), кінцем — базова деталь. Початком схеми складання є базова деталь, а кінцем — виріб (складальна одиниця).

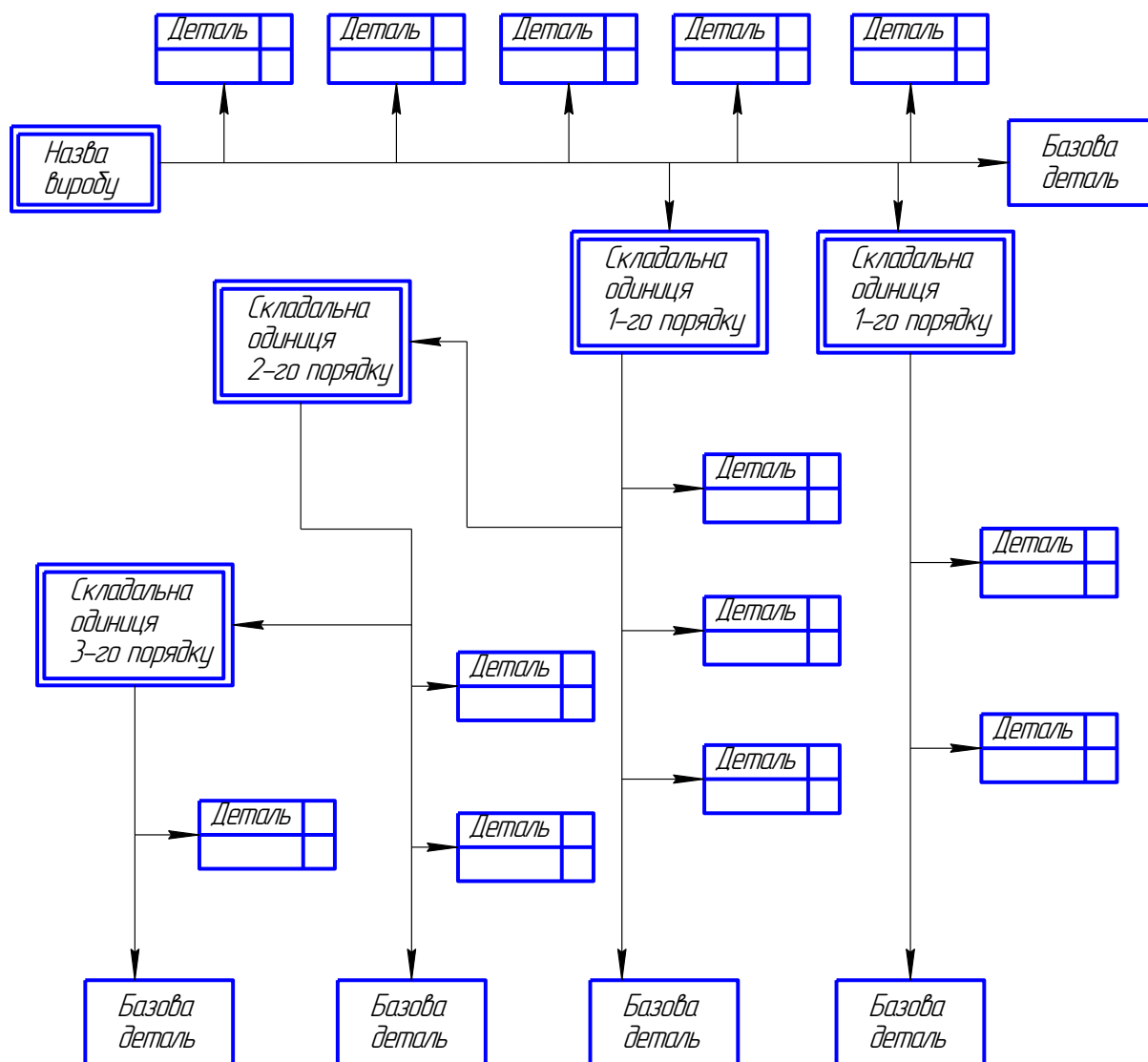


Рис. 1. Структурна схема розбирання складальної одиниці

Кожний прямокутник на схемі розділяється на чотири поля (рис. 2), в яких зазначаються найменування деталі або складальної одиниці, їх позначення, кількість і номер позиції за специфікацією на основному конструкторському кресленні.

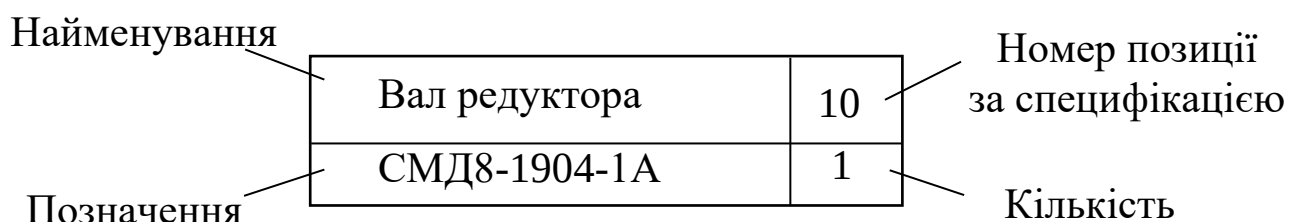


Рис. 2. Порядок оформлення прямокутників на схемі розбирання (складання)

Схема розбирання (складання) може супроводжуватися ескізом складальної одиниці і її специфікацією. Всі складові частини складальної одиниці нумерують на ескізі відповідно до номерів позицій, вказаних у специфікації. Номери позицій наносять на полках ліній-виносок, проведених від зображень складових частин.

Номери позицій проставляють на схемі у лівих верхніх квадратах прямокутників.

Приклад оформлення структурної схеми розбирання вузла представлено на рисунку Д.1 (Додаток Д).

2.1.3 Обробка інформації про пошкодження деталі та вибір способу її відновлення

В даному підрозділі потрібно виконати конструктивний аналіз деталі, виділити основні, допоміжні, технологічні та вільні поверхні, описати умови роботи, навести характеристику дефектів та вибрати спосіб їх усунення.

Для цього складається технічна характеристика деталі на основі вивчення робочого креслення деталі та технологічного процесу її виготовлення. Основні характеристики деталі зводять в таблицю, її форма і приклад представлений таблицею 1.

Таблиця 1 – Технічна характеристика ступиці муфти

Назва і позначення деталі	Матеріал	Твердість робочої поверхні	Маса, кг	Габаритні розміри, мм
Ступиця муфти	СЧ 18	HRC 42	1,3	100x225

Далі встановлюють причини втрати працездатності зношеної деталі при експлуатації вузла (машини). Наводиться характеристика дефектів (табл. 2), проводиться аналіз технічних показників: матеріал, твердість, точність та шорсткість поверхонь, величини дефектів, умови експлуатації, можливість роботи поверхні в спряженні, технічних і виробничих можливостей способів відновлення. На основі приведених показників вибираються основні та допустимі способи усунення дефектів.

Таблиця 2 – Характеристика дефектів ступиці муфти

Найменування дефектів	Величина параметру, мм			Найменування операцій для відновлення
	по кресленню	без ремонту	допустимий знос	
1. Знос шліцьових пазів по ширині	$6^{+0,070}_{+0,022}$	6,2	0,1	Вібродугове наплавлення, точіння, протягування
2. Знос посадочної поверхні	$\varnothing 55^{+0,028}_{+0,003}$	55,60	0,06	Механізоване наплавлення, точіння, гартування, шліфування

Вибір раціонального способу усунення дефекту деталі проводиться в наступній послідовності. Спочатку зі всього переліку всіх способів, що використовуються в ремонтній практиці і рекомендуються до впровадження, проводиться попередній відбір декілька по технологічному і технічному критеріях.

По технологічному критерію (критерій використання) проводять відбір способів на підставі можливостей їх застосування для усунення конкретного дефекту заданої деталі з урахуванням величини і характеру зносу, матеріалу деталі і її конструктивних особливостей. По цьому критерію призначають всі способи, за допомогою яких технологічно можливо усунути заданий дефект. Технологічні можливості способів відновлення деталей встановлюють по їх характеристиках (табл. 3) [1-6].

Таблиця 3 - Технологічні характеристики способів відновлення

Найменування характеристик	Умовні позначення способів відновлення								
	НВГ	ВДН	НШФ	ДМ	ГН	Х	З	КП	РН
Види металів і сплавів, по відношенню до яких застосовуються спосіб	сталь	сталь, ковкий і сірий чавун	сталь	всі матеріали		сталь	сталь, сірий чавун	всі матеріали	
Види поверхонь, по відношенню до яких застосовується даний спосіб	зовнішні циліндричні, плоскі			зовнішні і внутрішні циліндричні			зовнішні і внутрішні циліндричні, плоскі		
Мінімальний зовнішній діаметр поверхні, мм	15	15	35	30	30	5	12	10	10
Мінімальний внутрішній діаметр поверхні, мм	—	50	—	—	—	40	40	60	40
Мінімальна товщина покриття, що наноситься, мм	0,5	0,5	1,5	0,3	0,3	0,05	0,1	0,1	1,0
Максимальна товщина покриття, що наноситься, мм	3,5	3,0	5,0	8,0	1,5	0,3	3,0	1,5	6,0
<i>Примітки.</i> Умовні позначення способів відновлення деталей: НВГ – наплавлення в середовищі вуглекислого газу; ВДН – вібродугове наплавлення; НШФ – наплавлення під шаром флюсу; ДМ – дугова металізація; ГН – газополумєнєве напилення; Х – хромування; З – залізнення; КП – контактне наварювання; РН – ручне наплавлення.									

По технічному критерію – критерій або коефіцієнт довговічності – оцінюють експлуатаційні властивості деталі, що відновлена кожним способом, вибраним по технологічному критерію. До таких властивостей відносять

зносостійкість відновленої поверхні, втомну міцність (витривалість), зчеплення нанесених покриттів та ін. Для найбільш поширених способів відновлення деталей технічні критерії наведені в таблиці 4.

Таблиця 4 - Технічні критерії способів відновлення

Спосіб відновлення	Значення коефіцієнтів		
	зносостійкості, K_z	витривалості, K_v	зчеплення, $K_{зч}$
Наплавлення в середовищі вуглекислого газу	0,85	0,9...1,0	1,0
Вібродугове наплавлення	0,85	0,62	1,0
Наплавлення під шаром флюсу	0,90	0,82	1,0
Дугова металізація	1,0...1,3	0,6...1,1	0,2...0,3
Газополуменеве напилення	1,0...1,3	0,6...1,1	0,3...0,4
Плазмове напилення	1,0...1,5	0,7...1,3	0,4...0,5
Залізнення	0,9...1,2	0,8	0,65...0,8
Хромування	1,0...1,3	0,7...1,3	0,4...0,5
Контактне наварювання	0,9...1,1	0,8	0,8...0,9
Ручне наплавлення	0,9	0,8	0,8...0,9
Клейові композиції	1,0	-	0,7
Обробка під ремонтний розмір	1,0	1,0	1,0
Встановлення додаткової деталі	1,0	0,8	1,0
<i>Примітки.</i> 1. Коефіцієнт довговічності K_d чисельно приймається рівним значенню коефіцієнта, який має найменшу величину. 2. При виборі способів відновлення стосовно деталей, що не сприймають в процесі роботи значних динамічних і знакозмінних навантажень, чисельне значення коефіцієнту довговічності визначається тільки чисельним значенням коефіцієнта зносостійкості.			

Після вибору раціональних способів відновлення зношених поверхонь деталі виконують її ремонтне креслення.

Ремонтне креслення деталі є одним із основних елементів техніко-економічної документації на відновлення деталі. Воно містить значний об'єм даних призначених для підготовки ремонтного виробництва, виконання технологічного процесу і контролю деталі після відновлення.

Ремонтні креслення розробляють за технічним завданням на технологічні процеси. Вони призначені для розробки технологічних процесів відновлення деталей, контролю їх якості.

Початковими даними для розробки ремонтного креслення служать:

- робоче креслення деталі (або робоче креслення імпоротної техніки);
- технічні вимоги на ремонт машини і дефектування деталі;
- перелік дефектів і їх характеристики.

У технічних вимогах приведений ескіз деталі (складальної одиниці) з позначенням місць розташування дефектів, їх найменування, допустимих розмірів робочих поверхонь, способів і засобів контролю.

Вимоги до ремонтних креслень наведені в ГОСТ 2.604-2000 "Креслення ремонтні. Загальні вимоги", згідно яким на полі креслення розташовують зображення відновлюваної деталі або складальної одиниці, таблицю дефектів; указують умови і дефекти за наявності яких деталь піддається вибраковуванню, рекомендований технологічний маршрут відновлення, технічні вимоги на відновлення.

Ремонтні креслення оформляють на листах формату А3 (допускається використовувати листи інших форматів, але не більше формату А1). Креслення можуть оформлятися на одному або декількох листах. У останньому випадку на першому листі розміщують зображення відновлюваної деталі (складальної одиниці), технічні вимоги, специфікацію, основний напис (форма 1), а на наступних - необхідні розрізи або перетини, таблицю дефектів (форма 2а) (рис. Д.2, Д.3, Додаток Д).

На ремонтних кресленнях поверхні, які підлягають обробці при ремонті, виконують основною суцільною товстою лінією, решту частини зображення — суцільною тонкою лінією (у два-три рази тоншою основної суцільної лінії). Місця дефектів нумерують відповідно до номера дефекту, вказаного у таблиці дефектів, наведених на ремонтному кресленні (наприклад: Деф. 1, Деф. 2 і т.д.). Розмір шрифтів номерів позицій, дефектів, буквених позначень має бути у 1,5 рази більший, ніж розмір цифр розмірних чисел, які застосовують на тому ж ремонтному кресленні.

На ремонтних кресленнях зображують тільки ті види, розрізи і перерізи та вказують ті розміри, граничні відхилення, допустимі похибки взаємного розміщення осей і поверхонь, параметри твердості, шорсткості поверхонь тощо, які мають бути виконані і перевірені у процесі відновлення деталі.

Числові значення і позначення розмірно-точносних характеристик, параметрів твердості та шорсткості поверхонь мають бути такими, як на робочому кресленні.

Граничні відхилення лінійних розмірів вказують чисельними значеннями або умовними позначеннями, відмічаючи у дужках їх цифрове значення.

На кресленні деталі розміри, необхідні для розрахунку нормативів часу на обробку, вибору обладнання (габаритні розміри), проєктування оснащення тощо, для яких не потрібен контроль, проставляють у вигляді довідкових розмірів.

Таблиця дефектів несе інформацію, що характеризує дефекти і способи їх усунення. Номери дефектів в таблиці повинні відповідати нумерації дефектних місць на зображенні деталі або складальної одиниці.

У графі "Найменування дефекту" указують характер дефекту і допустиме значення контрольованого параметру (овальність, конусність та ін.), яке приймається з технічних вимог на дефектування деталі.

Графа "Коефіцієнт повторюваності дефекту", якщо відсутні дані, не заповнюється. Значення даного коефіцієнта визначається з урахуванням відновлюваних деталей і загальної кількості тих, що надійшли на дефектування.

У графах "Основний спосіб усунення дефекту" і "Допустимий спосіб усунення дефекту" дають короткий опис операцій, які повинні бути виконані для усунення дефекту. При описі операцій указують відомості про матеріали і номер стандарту на матеріал. Основним вважають спосіб, який забезпечує максимальний ресурс деталі після відновлення при мінімальних витратах.

Під таблицею дефектів указують у вигляді примітки дефекти і умови, при яких деталей не підлягає відновленню. Під приміткою дається опис технологічного маршруту відновлення, який включає найменування операцій технологічного процесу і послідовність їх виконання, а також номери дефектів, що усуваються при виконанні даної операції.

Технічні вимоги викладають у такій послідовності:

- вимоги, що пред'являються до матеріалу відновлюваної деталі і його властивостей, термічної обробки;
- граничні відхилення розмірів, форми і взаємного розташування поверхонь (вісей);
- вимоги до якості поверхонь, зазори, натяги, розташування окремих елементів конструкції;
- умови і методи випробування, особливі умови експлуатації, посилання на інші документи, що містять технічні вимоги, які розповсюджуються на даний виріб, але не вказані на кресленні.

Пункти технічних вимог повинні мати наскрізну нумерацію; кожен новий пункт записують з нового рядка. Заголовок "Технічні вимоги" не пишеться.

На ремонтних кресленнях деталей, при необхідності, дають рекомендації по базуванню при виконанні окремих операцій у вигляді схем базування на вільному полі креслення.

Приклад оформлення ремонтного креслення валика представлений на рисунку В.4 (Додаток В).

2.2 Розробка технологічного процесу відновлення деталі

Дана частина курсового проєкту представлена технологічними розрахунками вибраного способу відновлення, вибирається обладнання, інструмент, матеріали, виконується нормування технологічних операцій усунення дефектів та оформляється комплект технологічної документації.

При складанні технологічного маршруту визначають послідовність виконання технологічних операцій. Маршрут повинен забезпечити отримання деталі відповідно до вимог креслення. Спочатку передбачають операції з відновлення або створення технологічних баз.

Перед нанесенням металопокриттів на зношені поверхні виконують операції з видалення дефектних шарів металу, відновлення форми

(циліндричності, прямолінійності) або зі створення необхідної шорсткості поверхонь з метою підготовки зношених ділянок деталі до подальших операцій нарощування. Потім виконують операції нарощування, чорнової обробки, гартування (при необхідності), чистової та оздоблювальної обробки; проводять контроль якості.

При складанні технологічного маршруту необхідно передбачати технологічні операції, що знімають негативний вплив енергетичної дії (відпускання, правку та ін.).

Подальшу механічну обробку в першу чергу передбачають для тих поверхонь, при знятті металу з яких у найменшій мірі зменшується жорсткість деталі, виключається можливість прогину і вібрації при обробці інших поверхонь. В останню чергу обробляють легкопошкоджувані поверхні (зовнішню різьбу).

Розробка операцій технологічного процесу відновлення деталі передбачає вирішення наступних завдань:

- визначення змісту і встановлення послідовності переходів;
- вибір матеріалів і засобів технічного обладнання;
- вибір і розрахунок режимів.

2.2.1 Розрахунок параметрів та режимів технологічних процесів

Виконується розрахунок товщини покриття, яке наносять на зовнішні циліндричні поверхні за формулою:

$$h = U + z, \quad (2)$$

де h – товщина покриття, мм;

U – знос деталі, мм;

z – припуск на механічну обробку після нанесення покриття, мм (табл.

5)

Таблиця 5 – Припуск на механічну обробку після нанесення покриття, мм

Спосіб відновлення	Значення припуску на обробку
Ручне дугове наплавлення	1,4...1,7
Дугове наплавлення під шаром флюсу	0,8...1,1
Наплавлення в середовищі вуглекислого газу. Вібродугове наплавлення	0,6...0,8
Плазмове наплавлення	0,4...0,6
Контактне наварювання, газотермічне напилювання	0,2...0,5
Залізнення	0,1...0,2
Хромування	0,05...0,1

Наступним етапом виконується вибір та розрахунок режимів нанесення покриття та наступної механічної обробки відновлених поверхонь. В курсовому проєкті потрібно розрахувати основні параметри режимів нанесення покриття:

силу струму, швидкість наплавлення, частоту обертання деталі, швидкість подачі дроту та ін.

При розрахунку ручного дугового наплавлення для відновлення шпонкових пазів, шліців, заплавлювання отворів товщину покриття не розраховують.

Методика розрахунку і вибір параметрів технологічних режимів для найбільш розповсюджених способів нанесення покриттів приведені нижче.

Ручне дугове наплавлення

Ручне дугове наплавлення використовується при відновленні зношених деталей для заплавлювання шпонкових пазів, шліців тощо.

Визначаємо силу струму наплавлення за формулою:

$$I = K \cdot d_e, \quad (3)$$

де K – щільність струму, $K = 25 \dots 60$ А/мм², (табл. 6);

d_e – діаметр електроду, залежить від товщини деталі, що наплавляється чи зварюється, мм, (табл. 6).

Таблиця 6 – Вибір щільності струму і діаметру електроду при ручному зварюванні (наплавленні)

Товщина деталі, мм	1...3	3...4	4...5	5...10	10...15	Більше 15
Діаметр електроду, мм	1,6...2,0	2...3	3...4	4...5	5	5 і більше
Щільність струму, А/мм ²	25...30	30...45	45...50		50...60	

Розраховуємо робочу напругу дуги за формулою:

$$U = 21 + 0,04 \cdot I. \quad (4)$$

Швидкість наплавлення визначається по наступній залежності:

$$V_{н.р} = \frac{\alpha_n \cdot I}{100 \cdot F_{шв} \cdot \rho}, \quad (5)$$

де α_n – коефіцієнт наплавлення, $\alpha_n = 8 \dots 14$ г/(А·год);

$F_{шв}$ – площа поперечного перерізу шва, см²;

ρ – густина електродного дроту, $\rho = 7,85$ г/см³.

Масу наплавленого металу для ручного зварювання розраховуємо за формулою:

$$G_n = F_{шв} \cdot l \cdot \rho, \quad (6)$$

де l – довжина шва, см;

Масу наплавленого металу для ручного наплавлення:

$$G_n = F_{нп} \cdot h \cdot \rho, \quad (7)$$

де $F_{нп}$ – площа наплавленої поверхні, см²;

Дугове наплавлення під шаром флюсу та в середовищі захисних газів

Суть наплавлення під шаром флюсу полягає в тому, що в зону дуги подається флюс завтовшки 50...60 мм, який закриває дугу і плавиться під впливом тепла. Як присадний матеріал використовується ізольований дріт, а функції обмазки електродів виконують флюси. Марка флюсу і дроту визначається вимогами, що пред'являються до наплавленого шару. Деталі з низьковуглецевих і низьколегованих сталей наплавляють дротом діаметром 1,2...1,6 мм марок Св-0,8, Св-10А, Нп-30, Нп-40 та ін., а з легованих сталей – марок Св-18ХГСА, Нп-0ХГСА, порошковими проволочками марок ПП-3Х2В8, ПП-АН4, Пп-Х42ВФ і ін. Високу зносостійкість наплавленого шару можна отримати наплавленням дроту Нп-2Х13.

Для даного виду зварювання і наплавлення при відновленні деталей сільськогосподарської техніки найбільше застосування знаходять флюси марок АН-318А, АН-348А, АН-348В, ОСЦ-45, АНЦ-1 та ін. Такі флюси рекомендуються для наплавлення низько- і середньовуглецевих сталей. Для наплавлення низько- і середньолегованих сталей використовуються флюси АН-348А, АН-60, АН-22 та інші у поєднанні з проволочками Св-08А, Св-08ГА.

Наплавленням дротом Св-08 під керамічним флюсом АНК-19 можна отримати твердість наплавленої поверхні *HRC* 45...49.

Діаметр електродного дроту вибирається в залежності від діаметру деталі (табл. 7).

Таблиця 7 – Вибір діаметру електродного дроту

Спосіб наплавлення	Діаметр деталі, що наплавляється, мм	Діаметр електродного дроту, мм
Наплавлення під шаром флюсу	35...50	1,2...1,6
	70...80	1,6...2,0
	80...100	2,0
Наплавлення в середовищі захисних газів	15...40	0,8...1,0
	40...50	1,0...1,2
	50...70	1,2...1,4
	70...90	1,4...1,6
	90...120	1,6...2,0

Величину сили струму наплавлення визначаємо за формулою:

$$I = a \cdot F, \quad (8)$$

де a – щільність струму, $a = 80...110$ А/мм²;

F – площа поперечного перерізу електродного дроту, мм².

Величину робочої напруги наплавлення вибирають відповідно товщини наплавленого шару: при $h = 0,3...1,0$ напруга становить 12...15 В; при $h = 1,1...2,0$ – відповідно 15...20 В і при $h = 2,0$ напруга становить 20...25 В.

Визначаємо крок наплавлення, мм;

$$S_n = (2...2,5) \cdot d_{dp}, \quad (9)$$

де d_{dp} – діаметр електродного дроту, мм.

Швидкість наплавлення розраховується за формулою:

$$V_n = \frac{\alpha_n \cdot I}{h \cdot S \cdot \gamma}, \quad (10)$$

де α_n – коефіцієнт наплавлення, $\alpha_i = 12 \dots 14$ г/(А·год);

γ – щільність електродного дроту, $\gamma = 7,85$ г/см³.

Визначаємо частоту обертання деталі:

$$n = \frac{1000 \cdot V_n}{60 \cdot \pi \cdot D}, \quad (11)$$

де D – діаметр зношеної поверхні, яка наплавляється, мм.

Швидкість подачі електродного дроту:

$$V_{dp} = \frac{4 \cdot \alpha_n \cdot I}{\pi \cdot d_{dp}^2 \cdot \gamma}. \quad (12)$$

Виліт електрода визначається по залежності:

$$l = (10 \dots 12) \cdot d_{dp}. \quad (13)$$

Визначаємо зміщення електрода:

$$a_e = (0,05 \dots 0,07) \cdot D. \quad (14)$$

Витрати флюсу при наплавлення знаходять по залежності:

$$G_{fl} = \frac{(U - 1,8) \cdot 780}{V_n}. \quad (15)$$

Витрата вуглекислого газу залежить від сили зварювального струму (табл. 8).

Таблиця 8 – Залежність витрати вуглекислого газу від сили зварювального струму

Сила зварювального струму, А	50...160	160....220	220...300	360...450
Витрата CO ₂ , л/хв	8...10	10...14	15...16	18...20

Вібродугове наплавлення

Вібродуговим наплавленням відновлюють велику номенклатуру деталей типу “вал” та інші деталі. Параметри режиму нанесення покриттів визначають по наступних формулах:

- сила струму, А

$$I = (60 \dots 75) \frac{\pi \cdot d_{dp}^2}{4}, \quad (16)$$

- швидкість подачі електродного дроту, м/год

$$V_{dp} = \frac{0,1 \cdot I \cdot U}{d_{dp}^2}, \quad (17)$$

де d_{op} – діаметр дроту, мм;
 U – напруга, В ($U = 14...20$ В);
 - швидкість наплавлення, м/год

$$V_n = \frac{0,785 \cdot d_{op}^2 \cdot V_{op} \cdot \eta}{h \cdot S_n \cdot \alpha_{sid}}, \quad (18)$$

де η – коефіцієнт переходу електродного матеріалу в наплавлений метал,
 $\eta = 0,8...0,9$;

h – товщина наплавленого шару, мм;

S_n – крок наплавлення, мм/об;

α_{sid} – коефіцієнт, що враховує відхилення фактичної площі перетину наплавленого шару від площі чотирикутника, $\alpha_{sid} = 0,8$;

- крок наплавлення, мм/об

$$S_n = (1,6...2,2)d_{op}, \quad (19)$$

- амплітуду коливань, мм

$$A = (0,75...1,0)d_{op}. \quad (20)$$

Плазмове наплавлення

При плазмовому наплавленні розрахунок таких параметрів режиму, як швидкість, частота обертання, товщина покриттів рекомендується виконувати по формулах, прийнятих для розрахунку режиму наплавлення під шаром флюсу.

Плазмове наплавлення використовують для нанесення тонкошарових покриттів на навантажені деталі з малим зносом (колінчастих, розподільних, кулачкових валів, валів турбокомпресорів, вісей, хрестовин та ін.)

Існують декілька способів плазмового наплавлення: із застосуванням присадного матеріалу у вигляді порошку, дроту або стрічки та ін. Перевагами цього процесу є мала глибина проплавлення основного металу, можливість наплавлення тонких шарів, висока якість наплавленого металу.

Найбільше застосування для плазмового наплавлення деталей отримали сормайт, сплави ФБХ-9-2, Ус-25, ПГ-СРЗ і СНГН-50. Орієнтовні технологічні режими плазмового наплавлення деталей при роботі з аргонем наступні: сила струму 150...200 А; напруга холостого ходу 120...160 В, робоча напруга 40...45 В; витрата плазмоутворюючого газу 1,5...2,5 л/хв, витрата транспортуючого газу 5...7 л/хв, витрата захисного газу 15...20 л/хв; швидкість наплавлення 0,15...0,18 м/хв, відстань від пальника до деталі 10...18 мм; число коливань пальника в хвилину – 40...100.

Раціональне значення сили струму при плазмовому наплавленні знаходиться в межах 200...230 А, коефіцієнт наплавлення $\alpha_i = 10...13$ г/(А·год).

Витрата порошку визначається по формулі:

$$Q = 0,1 \cdot V_n \cdot S_n \cdot h \cdot \rho \cdot K_n, \quad (21)$$

де Q – витрата порошку, г/с;
 V_n – швидкість наплавлення, (формула 11);
 S_n – крок наплавлення, $S_n = 0,4 \dots 0,5$ мм/об;
 h – товщина наплавленого шару, мм;
 ρ – густина наплавленого металу; для сплавів на залізній основі $\rho = 7,4$ г/см³; для сплавів на нікелевій основі $\rho = 0,8$ г/см³;
 K_n – коефіцієнт, що враховує втрати порошку, $K_n = 1,12 \dots 1,17$.

Контактне наварювання стрічки

Процес контактного наварювання стрічки проводиться на спеціальних установках одночасно з деформацією нанесеного і поверхневого металу, нагрітих до пластичного стану короткими (0,02...0,16 с) імпульсами струму 7...30 мА. Утворювані при цьому зварювальні крапки розташовуються по гвинтовій лінії і частково перекривають один одного, що досягається обертанням деталі з швидкістю, пропорційній частоті імпульсів, і подовжнім переміщенням зварювальних інструментів.

Найбільше розповсюдження контактне наварювання дроту знайшло для відновлення різбових ділянок валів. Діаметр дроту підбирають таким, щоб при наварюванні вона повністю заповнила западину різби і виступала на величину припуску, необхідного для подальшої обробки. Враховуючи знос витків різби, подовжню подачу зварювальних інструментів приймають рівною кроку різби.

Орієнтовні режими приварювання стрічки приведені в таблиці 9.

Таблиця 9 – Рекомендовані режими приварювання стрічки товщиною 1 мм

Найменування параметру	Значення параметру
Сила зварювального струму, кА	16,1...18,1
Тривалість зварювального циклу, с	0,04...0,08
Тривалість паузи, с	0,1...0,12
Подача, мм/об	3...4
Зусилля стиснення електродів, кН	1,3...1,6
Ширина зварювальних роликів, мм	4
Швидкість наплавлення, м/хв	3...4

Частоту обертання деталі, норму часу на наплавлення розраховують аналогічно розрахунку цих параметрів при наплавленні під шаром флюсу.

Гальванічне наросування

Відновлення деталей електролітичними покриттями полягає в нанесенні на зношену поверхню деталі металу шляхом електролізу.

Для відновлення деталей широкого поширення набули залізнення (осталювання) і хромування. Залізненням відновлюють отвори в корпусних деталях, шийки валів агрегатів трансмісій, валики приводів насосів, шківів,

катки, кронштейни, маточини, чавунні втулки і інші деталі із зносом до 3 мм на сторону.

Хромуванням відновлюють деталі із зносом до 0,3 мм на сторону, що працюють при значному питомому тиску, великих швидкостях ковзання, поверхні яких повинні володіти високою твердістю, термостійкістю і зносостійкістю.

Як анод при хромуванні застосовують нерозчинний в електроліті сплав свинцю і сурми (5...10%). Площа анодів повинна бути в 1,5...2 рази більша площі катода, а форма повинна повторювати форму деталі, що підвищує рівномірність нанесення покриття.

Технологічний процес відновлення деталей електролітичними покриттями складається з трьох етапів. Перший – попередня обробка деталей включає: механічну обробку зношеної поверхні – надання поверхні правильної геометричної форми і необхідної шорсткості поверхні, видалення наклепаного шару; промивку деталі органічними розчинами; ізоляцію місць, що не підлягають хромуванню; монтаж на підвісні пристосування; знежирення; промивку в гарячій і холодній воді; декапірування; другий етап – електроосадження покриттів; третій – промивка, зняття з підвісок і видалення ізоляції, сушка, механічна обробка.

При розрахунку параметрів гальванічного процесу визначають силу струму нарощування:

$$I = D_k \cdot F_k, \quad (22)$$

де D_k – щільність гальванічного струму, для хромування $D_k = 50...75$ А/дм², для залізнення $D_k = 20...30$ А/дм²;

F_k – площа гальванічного нарощування, дм².

Газополуменеве напилення

Залежно від призначення і матеріалу деталі, умов її експлуатації при відновленні використовуються наступні методи газополуменевого нанесення покриттів:

газополуменеве напилення порошку без подальшого оплавлення; використовується для відновлення деталей із зносом до 2,0 мм на сторону, без деформації, зміни структури основного металу, що не піддаються в процесі експлуатації ударним, знакозмінним навантаженням, великому нагріванню (до 300...350 °С);

газополуменеве напилення з одночасним оплавленням; використовується для відновлення деталей, виготовлених з сірого чавуну, конструкційних, нержавіючих сталей та ін, з місцевим зносом до 3...5 мм, що працюють при знакозмінних і ударних навантаженнях;

газополуменеве напилення з подальшим оплавленням; дає можливість відновлювати деталі типу «вал» із зносом до 2,5 мм на сторону; відновлені цим методом деталі стійкі проти корозії, абразивного зношування, дії високих температур.

Області застосування газополуменевого напилення і наплавлення досить різноманітні — відновлення геометричних розмірів зношених деталей;

підвищення зносостійкості, жаростійкості, твердості; отримання теплоізоляційних покриттів і ін.

Для отримання покриттів із заданими властивостями випускається різного типу порошки: для газопорошкового наплавлення ПГ-10Н-01, ПГ-ЮН-03, ПГ-10Н-04, ПГ-10К-01, ПС-10НВК-01; для напилення з подальшим оплавленням ПГ-12Н-01, ПГ-12Н-03, ПС-12НВК-01; для напилення без оплавлення ПГ-19Н-01, ПТ-19М-01, ПТ-19Н-01, ПТ-19НВК-01. Порошок ПТ-НА-01 використовується як підшар. Для відновлення чавунних деталей застосовується порошки ПНЧ-1 і ПНЧ-2.

Технологічний процес відновлення газополуменевим напиленням і наплавленням з відповідними режимами (табл. 10) включає наступні операції:

- підготовку поверхні деталі;
- підготовку порошкових матеріалів;
- підготовку устаткування для напилення (наплавлення);
- газополуменеве напилення (наплавлення);
- механічну обробку;
- контроль якості відновленої поверхні деталі.

Таблиця 10 - Рекомендовані режими відновлення деталей газополуменевим напиленням (наплавленням)

Найменування параметру	Значення параметру при обробці	
	напиленням	наплавленням
Тиск кисню, МПа	0,35...0,45	0,3...0,45
Тиск ацетилену, МПа	0,1	0,1
Витрата кисню, л/год	960...1100	350...600
Витрата ацетилену, л/год	900...1000	350...600
Витрата пропану, л/год	200...300	200...300
Витрата порошку, кг/год	до 2,5...3,0	до 2,5...3,0
Дистанція напилення, мм	150...250	15...5 (6...10)
Частота обертання, хв ⁻¹	50...250	—
Подача, мм/об	3...8	—
Грануляція порошку, мкм	40...100	40...100

Відновлення деталей встановленням додаткових елементів

Спосіб додаткових ремонтних деталей (ДРД) застосовують для відновлення різбових і гладких отворів в корпусних деталях, шийок валів і осей, зубчатих зачеплень, зношених площин та ін.

При відновленні деталі зношена поверхня оброблюється під більший (отвір) або менший (вал) розмір і на неї встановлюється спеціально виготовлена ДРД: вкрутка, втулка, насадка, компенсуюча шайба або планка. Закріплення ДРД на основній деталі проводиться напрусуванням з гарантованим натягом, приварюванням, стопорними гвинтами, клейовими композиціями, різьбою. При

виборі матеріалу для додаткових деталей слід враховувати умови їх роботи і забезпечувати термін служби до чергового ремонту. Після установки робочі поверхні додаткових деталей оброблюються під номінальний розмір з дотриманням необхідної точності і шорсткості.

Зусилля запресування F розраховують по формулі:

$$F = 0,1 f \cdot \pi \cdot d \cdot L \cdot p, \quad (23)$$

де $f = 0,08 \dots 0,10$ – коефіцієнт тертя;

d – діаметр контактуючих поверхонь, мм;

L – довжина запресування, мм;

p – питомий контактний тиск при запресуванні, МПа.

Діаметр контактуючих поверхонь:

для валу

$$d = ei - 2\delta, \quad (24)$$

для втулки

$$d = ES + 2\delta, \quad (25)$$

де ei , ES – відповідно нижнє і верхнє граничні відхилення валу і втулки, мм;

δ – товщина втулки, мм.

Значення мінімально допустимої товщини втулки визначають з умови міцності:

$$\delta = \frac{p \cdot n \cdot d}{2[\sigma]}, \quad (26)$$

де $n = \sigma_T / [\sigma]$ – запас міцності; $[\sigma]$ – допустиме напруження, МПа;

σ_T – межа текучості для матеріалу втулки, МПа.

До розрахункової товщини втулки необхідно додати припуск на її механічну обробку після запресування.

Питомий контактний тиск між деталями визначається по залежності:

$$p = 10^{-3} \sqrt{\frac{N_{\max}}{d \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right)}}, \quad (27)$$

де $N_{\max}$ – максимальний розрахунковий натяг, мкм;

C_1 і C_2 – коефіцієнти охоплюваної і охоплюючої деталі;

E_1 і E_2 – модулі пружності матеріалів охоплюваної і охоплюючої деталі, МПа.

$$C_1 = \frac{d^2 + d_0^2}{d^2 - d_0^2} - \mu_1, \quad (28)$$

$$C_2 = \frac{D^2 + d^2}{D^2 - d^2} - \mu_2,$$

де d_0 – діаметр отвору охоплюваної деталі (для валу $d_0 = 0$), мм;

D – зовнішній діаметр деталі, що охоплює, мм;

μ_1 , і μ_2 – коефіцієнти Пуассона для охоплюваної і охоплюючої деталі (для сталі – 0,3; для чавуну – 0,25).

Якщо для постановки ДРД використовуються теплові методи збирання то температуру нагрівання деталі, що охоплює, або охолодження охоплюваної деталі визначають по формулі:

$$T_{наг(охол)} = 10^{-3} \frac{K \cdot N_{max}}{\alpha \cdot d}, \quad (29)$$

де $K = 1,15 \dots 1,30$ – коефіцієнт, що враховує часткове охолодження або нагрівання при збиранні;

α – коефіцієнт лінійного розширення деталі, яку нагрівають або охолоджують.

Довідкові дані, що необхідні для розрахунку режимів відновлення для найбільш застосованих матеріалів приведені в таблиці 11.

Таблиця 11 – Довідкові дані для розрахунку режимів відновлення встановленням додаткової деталі

Матеріал деталей	Коефіцієнт лінійного розширення, $\alpha \cdot 10^{-6}$	Границя текучості, σ_T , МПа	Модуль пружності, $E \cdot 10^3$, МПа	Допустиме напруження, $[\sigma]$, МПа
Сталь 30	12,6±2	295	200	255
Сталь 35	11,1±1	315	206	265
Сталь 40	12,4±2	335	212	231
Сталь 45	12,2±2	355	200	245
Сталь 50	12,0±1	375	216	279
Чавун	11,0±1	210	90	110

Особливості відновлення високоточних деталей

До високоточних деталей і з'єднань відносить деталі, що оброблені по 4...6 квалітетам точності, прикладом можуть бути елементи гідравліки, такі як гідророзподільні пристрої та ін.

В даний час на ремонтних підприємствах мало уваги приділяється особливостям вибору способу відновлення деталей високоточних з'єднань. При збиранні таких з'єднань необхідно звертати увагу на деформаційні схеми, що виникають при силовому замиканні елементів конструкції, що сполучаються і одночасно по декількох параметрах. Так, відхилення форми буває зв'язано з одночасним відхиленням розташування поверхонь. Такі відхилення є типовими і називаються сумарними.

Основним видом експлуатаційних відмов деталей (до 80 %) є зношування робочих поверхонь і мають лінійний знос до 0,3 мм. Для відновлення зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталей високоточних з'єднань з малим зносом найбільш перспективним є метод електроіскрової обробки (ЕІО).

ЕІО, що є ресурсозберігаючою і екологічно чистою технологією, основана на використанні дії імпульсного електричного розряду, що проходить між електродами в газовому середовищі. Суть його полягає в тому, що при іскровому розряді в газовому середовищі зарядженого конденсатора відбувається переважно

руйнування матеріалу електроду (анода) і перенесення продуктів ерозії на поверхню деталі (катод). За рахунок короткочасності розряду (10...1000 мкс) і його локальності нагрівання мікрооб'єми металу деталі миттєво охолоджуються за рахунок його високої теплопровідності. Відбувається надшвидкісне гартування мікрооб'ємів поверхневого шару деталі, утворюється шар високої твердості. Характерною особливістю поверхні є однакове розташування шорсткості на всіх напрямках.

Наплавлення проводиться із заданою частотою обертання деталі n_1 і подачею електроду S , що забезпечують взаємне перекривання смуг, що наплавляються, в поперечному і подовжньому напрямку, який характеризується коефіцієнтами перекриття в рядку K_C і між рядками K_M . Для забезпечення нормативної суцільності (70 %) і товщини покриття повинно дотримуватися співвідношення $K_C = K_M \approx 0,25$. Якщо величини зсуву осі електроду щодо осі деталі e , кутової швидкості обертання електроду ω_2 і тиск P вважати постійним, то необхідна частота обертання деталі буде визначатися:

$$n_1 = \frac{K_C \cdot D_{\text{л}}}{2\pi \cdot R \cdot t_{\text{имп}}}, \quad (30)$$

де n_1 – частота обертання деталі, хв⁻¹;

$D_{\text{л}}$ – діаметр лунки (залежить від енергетичних режимів ЕІО), мм;

R – радіус деталі, мм;

$t_{\text{имп}}$ – тривалість одного імпульсу, хв.

Для забезпечення коефіцієнта перекриття K_M подовжня подача електроду на один оберт деталі повинна бути рівна – $S = K_M \cdot D_{\text{л}}$.

На ерозію електроду, а отже, і на товщину і якість отримуваних шарів великий вплив роблять наступні параметри процесу ЕІО: енергія одиничного розряду, тривалість імпульсів струму, тривалість існування короткого замикання, частота подачі імпульсів струму, а також взаємне зближення і переміщення електроду і деталі.

Енергія одиничного імпульсу W_p режиму ЕІО розраховується по формулі:

$$W_p = \frac{C_p \cdot U_{\text{хх}}^2}{2}, \quad (31)$$

де W_p – енергія одиничного імпульсу, Дж;

C_p – величина ємкості накопичувальних конденсаторів, мкФ;

$U_{\text{хх}}$ – напруга холостого ходу, В.

Виходячи з енергетичних характеристик генераторів, кінематики роботи електродів, їх механічних і теплофізичних властивостей, можна здійснювати

вибір матеріалу електроду і технологічних режимів процесу ЕІО для нанесення покриттів необхідної товщини і якості, із заданими механічними властивостями.

Розрахунок режимів механічної обробки

Механічну обробку відновлених поверхонь, або перед нанесенням покриття, виконують різцями, фрезами, свердлами, протяжками і абразивними кругами. Орієнтовні рекомендовані режими основних видів обробки наведені в таблицях Ж.1 – Ж.2, (Додаток Ж), а послідовність їх розрахунку представлені нижче.

Токарна обробка.

При розрахунку параметрів токарної обробки в залежності від виду нанесення покриття, виконують розрахунок для чорнової і чистової обробки.

Параметри режимів токарної обробки деталей розраховують по наступним залежностям:

- швидкість різання, м/хв

$$V = \frac{C}{t^x \cdot S^y \cdot T^m}, \quad (32)$$

- частота обертання деталі, хв⁻¹

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad (33)$$

- кількість проходів

$$i = \frac{Z}{t}, \quad (34)$$

де C – емпіричний коефіцієнт, для сталі і чавуну $C = 41,7$;

t – глибина різання, приймається в залежності від виду обробки і припуску на механічну обробку (при чорновому точінні глибина різання повинна бути максимальною, щоб забезпечити зняття металу за один прохід і становить 1...5 мм, а при чистовому – 0,1...1,0 мм);

S – подача, мм/об (табл. 12);

T – стійкість різця, для інструментів із швидкоріжучою сталі $T = 60$ хв, із твердого сплаву – $T = 90$ хв;

x, y, m – показники степенів (табл. 13);

d – діаметр деталі, що обробляється;

z – припуск на обробку, мм.

Таблиця 12 - Величини подач при точінні

Клас шорсткості	t, мм	Подачі, мм/об, при діаметрі оброблюваної деталі, мм					
		до 30	30...60	60...100	100...150	150...300	300...500
1...3	до 3	0,15...0,4	0,2...0,6	0,30...0,8	0,4...1,0	0,5...1,5	0,7...2,0
1...3	3...6	0,10...0,3	0,15...0,4	0,20...0,6	0,3...0,8	0,5...1,2	0,6...1,5
4...6	до 2	0,15...0,2	0,15...0,25	0,25...0,35	0,3...0,35	0,3...0,4	0,35...0,6
7...8	до 3	0,08...0,12	0,10...0,2	0,15...0,25	0,2...0,3	0,25...0,4	0,3...0,45

Таблиця 13 - Значення показників степенів x, y, m

Вид обробки	Матеріал різця	Подача S, мм/об	Коефіцієнти степенів	Вид обробки	Матеріал різця
			<i>x</i>	<i>y</i>	<i>m</i>
Обробка сталі конструкційної вуглецевої, $\sigma_s = 750$ МПа					
Точіння прохідними різцями	T15K6	до 0,30	0,15	0,20	0,20
		0,30...0,70		0,35	
		$S \geq 0,70$	0,15	0,43	0,20
	P18	до 0,25	0,25	0,25	0,125
		$S \geq 0,25$		0,66	
Відрізання	T5K10		—	0,80	0,20
	P18			0,66	0,25
Обробка сірого чавуну, HB 190					
Точіння прохідними різцями	BK6	до 0,40	0,15	0,20	0,20
		$S \geq 0,40$		0,40	
Відрізання	BK6		—	0,40	0,40
	P18				0,15
Обробка ковкого чавуну, HB 150					
Точіння прохідними різцями	BK8	до 0,40	0,15	0,15	0,20
		$S \geq 0,40$		0,45	
	P18	до 0,25	0,20	0,20	0,125
		$S \geq 0,25$		0,50	
Відрізання	BK		—	0,4	0,2
	P18			0,5	0,25

Примітка. При виборі подачі для чорнового точіння слід приймати більшу величину із обраного діапазону, для чистового – меншу і співставити із можливими подачами на вибраному верстаті. Величини граничних подач на верстаті 1K62:

0.07; 0.074; 0.084; 0.097; 0.11; 0.12; 0.13; 0.14; 0.15; 0.17; 0.195; 0.21; 0.23; 0.26; 0.28; 0.30; 0.34; 0.43; 0.52; 0.57; 0.61; 0.7; 0.78; 0.87; 0.95; 1.04; 1.14; 1.21; 1.4; 1.56; 1.74; 1.9; 2.0 і далі від 2.28 до 4.16.

Частота обертання шпинделя верстата 1K62 (хв⁻¹):

12.5; 16; 20; 25; 31.5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 590; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000.

Свердління.

Допустиму швидкість різання розраховують по формулі:

$$V = \frac{C_v \cdot D^{Z_v}}{T^m \cdot t^{X_v} \cdot S^{Y_v}}, \quad (35)$$

де C_v – коефіцієнт, що залежить від оброблюваного матеріалу і умов обробки (табл. 14)

D – діаметр свердла, мм;

T – стійкість свердла (табл. 15), хв;

Z_v, m, X_v, Y_v – показники степенів, що характеризують матеріал ріжучої частини свердла (табл. 14);

t – глибина різання, при свердлінні $t = D/2$ мм, при розсвердлюванні, зенкеруванні і розвірчуванні $t = (D-d)/2$, мм.

S – подача, мм/об (табл. 16);

Таблиця 14 – Значення показники C_v, Z_v, m, X_v, Y_v при свердлінні

Матеріал	Подача	Матеріал свердла	C_v	Z_v	m	X_v	Y_v
Конструкційні вуглецеві і леговані сталі	$\leq 0,2$	Швидко-різальна сталь	7,0	0,4	0,2	0	0,7
	$> 0,2$		9,8	0,4	0,2	0	0,5
	-	Твердий сплав	18,0	0,6	0,25	0,2	0,3
Сірий чавун	$\leq 0,3$	Швидко-різальна сталь	14,7	0,25	0,125	0	0,55
	$> 0,3$		17,1	0,25	0,125	0	0,4
	-	Твердий сплав	105	0,4	0,4	0,15	0,45

Таблиця 15 – Період стійкості інструменту при свердлінні

Оброблюваний матеріал	Матеріал інструменту	Стійкість інструменту (хв) при діаметрі свердла (мм)				
		до 5	6...10	11...20	21...30	31...40
Конструкційна вуглецева і легована сталь	Швидко-різальна сталь	15	25	45	50	70
	Твердий сплав	8	15	20	25	35
Чавун, кольорові сплави	Швидко-різальна сталь	20	35	60	75	105
	Твердий сплав	15	25	45	50	70

Таблиця 16 - Подачі при свердлінні, мм/об

Діаметр свердла	$\sigma_B \leq 800$ МПа,	$\sigma_B = 800 \dots 1000$ МПа,
2...5	0,08...0,18	0,06...0,14
6...9	0,2...0,31	0,15...0,24
10...15	0,32...0,47	0,25...0,34
16...25	0,48...0,66	0,35...0,50

Частоту обертання при свердлінні розраховують по формулі (33), де d відповідає діаметру отвору або свердла.

Після розрахунку подачу і частоту обертання порівнюють і вибирають найближчу по паспорту верстату.

Для верстату 2A125 граничні подачі мають наступні значення: 0,1; 0,13; 0,17; 0,22; 0,28; 0,36; 0,48; 0,62; 0,81.

Частота обертання, хв^{-1} : 97; 140; 195; 272; 392; 545; 680; 960; 1360.

Фрезерування.

Допустиму швидкість різання розраховують за формулою:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^r \cdot Z^n}, \quad (36)$$

де C_v – коефіцієнт, що залежить від оброблюваного матеріалу і умов обробки (табл. 17);

D – діаметр фрези, мм;

T – стійкість фрези, (при діаметрі фрези 90, 110 – $T=120$ хв; при 130, 150 – $T=150$ хв);

S_z – подача на один зуб фрези (при обробці сталі $S_z = 0,06 \dots 0,6$ мм/зуб, при обробці чавуну $S_z = 0,1 \dots 0,6$ мм/зуб);

t – глибина фрезерування (залежить від виду обробки та матеріалу фрези $t = 1 \dots 10$ мм);

B – ширина фрези (при розрахунках можна прийняти рівною ширини пазу), мм;

Z – кількість зубів фрези (для дискових фрез можна прийняти 20...30 шт.);

m, x, y, r, n, q – емпіричні показники степенів, що характеризують матеріал ріжучої частини фрези та параметри фрезерування (табл. 17).

Частоту обертання при фрезеруванні розраховують по формулі (33), де d відповідає діаметру фрези.

Таблиця 17 – Значення коефіцієнту C_V та показників степенів для визначення швидкості фрезерування при обробці площин та пазів

Тип фрези	Матеріал ріжучої частини	Операція	Значення параметрів, коефіцієнту та показників степенів							
			S_z	C_v	m	x	y	r	n	q
Обробка конструкційної вуглецевої сталі										
Дискова із вставним и ножами	Твердий сплав	Фрезерування площин, пазів	$\leq 0,12$	1340	0,35	0,4	$0,12$	0	0	0,2
			$> 0,12$	740			$0,4$			
		Фрезерування пазів	$\leq 0,06$	1825			$0,12$		0,1	
				$> 0,06$			690			
Дискова цільна	Швидко-різальна сталь	Фрезерування площин, пазів	$\leq 0,1$	75,5	0,2	0,3	$0,2$	0	0,	0,25
			$> 0,1$	48,5			$0,4$	0,1		
Обробка сірого чавуну										
Дискова із вставним и ножами	Швидко-різальна сталь	Фрезерування площин, пазів		72	0,15	0,5	0,4	0,1	0,1	0,2
Обробка ковкого чавуну										
Дискова із вставним и ножами	Швидко-різальна сталь	Фрезерування площин, пазів	$\leq 0,1$	105,8	0,2	0,3	$0,2$	0,1	0,1	0,25
			$> 0,1$	68			$0,4$			

Протягування.

Протягування використовують для обробки круглих і фасонних поверхонь, пазів, шліців, забезпечуючи високу точність і 6...8 клас шорсткості оброблених поверхонь.

Допустиму швидкість різання розраховують за формулою:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot S_z^y}, \quad (37)$$

де C_V – коефіцієнт, що залежить від оброблюваного матеріалу і умов обробки (табл. 18);

T – стійкість протяжки, ($T = 200 \dots 400$ хв);

S_z – подача на один зуб протяжки (при обробці сталі $S_z = 0,05 \dots 0,15$ мм/зуб, при обробці чавуну $S_z = 0,1 \dots 0,2$ мм/зуб);

m, y – емпіричні показники степенів (табл. 18).

Таблиця 18 – Значення коефіцієнту C_V і показників степенів m , y для протяжок із сталі Р9 і Р18

Матеріал, що оброблюється	Твердість НВ	Шпонкові протяжки			Шліцеві протяжки		
		C_V	m	y	C_V	m	y
Сталь вуглецева (з охолодженням)	≤ 200	9,8	0,87	1,14	15,5	0,6	0,75
	200...230	8,8			14,0		
	>230	6,3			10,2		
Чавун сірий (без охолодження)	≤ 200	6,2	0,6	0,95	17,5	0,5	0,6
	>200	5,1			14,7		

Шліфування.

Шліфування є кінцевою механічною обробкою відновленої деталі, яке виконується після термічної обробки і попередньої обробки точінням, фрезеруванням та ін. Шліфування забезпечує високий клас шорсткості поверхні і високу точність.

Число проходів визначається по формулі:

$$i = h_z / t, \quad (38)$$

де h_z – припуск на шліфування, мм.

t – глибина шліфування (при обробці відновлених поверхонь шліфуванням з подовжньою подачею глибина шліфування приймається 0,010...0,025 мм/прохід для чорнової і 0,005...0,015 мм/прохід для чистової обробки)

Подовжня подача, мм/об

$$S = S_D \cdot B_K, \quad (39)$$

де S_D – подовжня подача в частках ширини круга на один оберт деталі (для чорнового шліфування відновлених поверхонь деталей діаметром менше 20 мм приймається 0,3...0,5 B_K , більше 20 мм – 0,6...0,7 B_K ; для чистового шліфування приймають 0,2...0,3 B_K);

B_K – ширина шліфувального круга, $B_K = 20...60$ мм.

Колову швидкість деталі V_d для чорнового шліфування приймають 20...80 м/хв, а для чистового – 2...5 м/хв.

Швидкість подовжнього переміщення столу V_{cm} (м/хв) визначається по формулі:

$$V_{cm} = \frac{S \cdot n_d}{1000}, \quad (40)$$

де n_d - частота обертання деталі.

$$n_d = \frac{1000 \cdot V_d}{\pi \cdot d}, \quad (41)$$

де d – діаметр деталі, що оброблюється, мм.

Нарізання різьб.

Внутрішні різьби діаметром до 20 мм нарізують на токарному верстаті мітчиками. Діаметр отвору під різьбу орієнтовно можна визначити із залежності:

$$d_{cv} = d - P_p, \quad (42)$$

де d – зовнішній діаметр різьби; мм

P_p – крок різьби, мм.

Під час нарізання різьб подача дорівнює кроку різьби.

Швидкості нарізання різьб мітчиками залежить від оброблюваного матеріалу: для сталі – 3...15 м/хв; для чавуну, бронзи, алюмінію – 4...22 м/хв (застосування охолоджувальної рідини обов'язкове).

Під час нарізання плашками швидкість різання становить: для сталі – 3...4 м/хв; для чавуну – 2...3 м/хв; для латуні – 9...15 м/хв (застосування охолоджувальної рідини обов'язкове).

Різцями різьбу нарізують за декілька проходів. Їх кількість і швидкість різання приведені в таблиці 19.

Таблиця 19 – Швидкість різання і число робочих ходів під час нарізання зовнішньої різьби на деталях із конструкційної сталі

Різьба метрична						
Границя міцності σ_A , МПа	Твердість, НВ	Швидкість різання (м/хв) при кроці різьби (мм)				
		2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6	6
539	153...161	187	182	179	176	173
637	179...192	146	142	139	137	135
736	210...220	118	115	113	111	109
834	235...250	107	101	98	95	93
Число робочих ходів						
Чорнових		3	4	5	7	8
Чистових		2	2	2	2	2

Продовження табл. 19

1	2	3	4	5	6	6
Різьба дюймова						
539	153...161	184	179	175	171	167
637	179...192	143	140	137	133	130
736	210...220	116	113	110	108	105
834	235...250	105	99	96	92	92
Число робочих ходів						
Чорнових		3	4	5	8	10
Чистових		2	2	2	2	3

2.2.2 Вибір обладнання, інструменту, пристосувань та матеріалів для відновлення

Вибір обладнання проводиться виходячи з таких умов:

- 1) обладнання повинне забезпечувати формування відновлених поверхонь, відповідно до технічних вимог;
- 2) габаритні розміри обладнання повинні відповідати габаритним розмірам відновлюваної деталі;
- 3) використання вибраного обладнання повинне бути найбільш ефективним в порівнянні з іншим.

Вибір технологічного оснащення проводиться на основі аналізу можливості реалізації технологічного процесу при виконанні технічних вимог до деталі, технічних можливостей оснащення, а також конструктивних характеристик деталі і відновлюваних поверхонь і ін.

Вибір обладнання визначається видом обробки, точністю та шорсткістю поверхні, продуктивністю обладнання, економічністю виконання операції, габаритними розмірами (висота центрів, відстань між ними і т.д.), кінематичними характеристиками (частота обертання, подача), прийнятою схемою базування та ін.

Технологічне оснащення повинне по можливості підбиратися стандартизованих типорозмірів із зазначенням загальноприйнятих позначень.

Вибір устаткування і технологічного оснащення проводиться по спеціальних каталогах, або використовуючи засоби Інтернет. Технічні характеристики деяких установок для відновлення деталей представлені в таблицях Ж.3 – Ж.9 (Додаток Ж).

Для наплавлення під шаром флюсу використовують голівки для наплавлення А 384, А 409, АВС, які встановлюють на токарні верстати або спеціалізовані наплавочні напівавтомати типів А580М, А1408, А1409 і ін. (табл. Д.3).

При застосуванні апаратів А 1408 та А 1409 використовуються верстати для наплавлення, технічна характеристика яких наведена в таблиці Ж.4 (Додаток Ж).

Апарат А580М встановлюється на супорті будь-якого токарного верстата, який відповідає габаритам відновлюваних деталей і оснащеного редуктором для зниження частоти обертання. Подовжнє переміщення голівки здійснюється за допомогою супорта верстата.

Спеціальні наплавочні верстати, що створені в інституті електрозварювання ім. Е. О. Патона (табл. Ж.5), використовуються для наплавлення деталей типу "вал", плоских поверхонь, шліців валів, а також деталей складного профілю (зубці зірочок і т.п.).

Устаткування для напівавтоматичного та автоматичного дугового зварювання та наплавлення в середовищі вуглекислого газу наведені в таблиці Ж.6 (Додаток Ж).

Після вибору устаткування і оснащення для проєктованого технологічного процесу відновлення деталі по окремим операціям заповнюють

відомість і приводять технічну характеристику. Приклад відомості устаткування і оснащення по технологічному процесу відновлення наведений в таблиці 20.

Таблиця 20 – Відомість обладнання та пристосувань для відновлення деталі

Найменування операції	Найменування обладнання, пристосування та інструменту	Марка, позначення
1	2	3
Наплавлення	Установка для наплавлення	УД-209
	Джерело живлення	ВДУ-506
	Балон вуглекислого газу	
	Редуктор	
	Патрон 3-х кулачковий	
	Центр	
Точіння	Токарно-гвинторізний верстат	1К62
	Патрон 3-х кулачковий	
	Центр	
	Різець прохідний	Т5К10
	Штангенциркуль	ШЦ-II-250-0,05
Гартування	Установка СВЧ	ВУГЗ 1601
	Індуктор, ванна, кліщі	
Шліфування	Круглошліфувальний верстат	3М174В
	Круг шліфувальний	ПП 600х63х305
	Центр, хомутик	
	Мікрометр	МК-75

Вибір і визначення норми витрати матеріалу.

По призначенню матеріали для відновлення деталей підрозділяються на основні і допоміжні. Вибрані матеріали (наплавлювальний дріт, стрічка, порошок, флюс, технологічні гази та ін.) повинні забезпечувати виконання технічних вимог до відновленої деталі, згідно ремонтного креслення. Сучасні способи відновлення деталей характеризуються різноманітністю матеріалів. Їх призначення і характеристики наведені в спеціальній довідковій і навчальній літературі [1-9]. Марки і призначення основних матеріалів для різних способів відновлення представлені в таблицях Ж.10 – Ж.16 (Додаток Ж).

Норму витрати основних і допоміжних матеріалів для відновлення деталей розраховують різними методами, зокрема дослідно-експериментальним і статистичним. Допускається визначення норми витрати матеріалів по типових технологічних процесах або літературних джерелах, шляхом їх перерахунку до конкретної деталі.

Норма витрати наплавлювального дроту розраховується окремо на кожен наплавлений поверхню по формулі:

$$m = 0,1h \cdot F_{нов} \cdot \gamma \cdot K_1, \quad (43)$$

де m – маса дроту, що витрачається на наплавлення поверхні, г;

h – товщина наплавленого шару, мм;

$F_{нов}$ – площа наплавленої поверхні, см²;

γ – питома маса наплавленого матеріалу, $\gamma = 7,8$ г/см²;

K_1 – коефіцієнт, що враховує витрати матеріалу на розбризкування, $K_1 = 1,15$.

Норми витрати матеріалів зводять в таблицю (приклад табл. 21).

Таблиця 21 - Норми витрати порошкових матеріалів, необхідних для усунення різних дефектів розподільного валу двигуна СМД – 62 газополуменевим напиленням

Найменування дефекту	Марка порошку (дроту)	Норма витрати на 1 деталь, кг
Знос поверхонь опорних шийок	ПТ-НА-01 (підшар)	0,03
	ПГ-19М-01 (основний шар)	0,09
Знос поверхонь кулачків	ПГ-10Н-01	0,6
Всього		0,72

2.2.3 Нормування технологічного процесу

Норма часу при відновленні деталей визначається з виразу:

$$T_H = T_0 + T_{дон} + T_{доо} + \frac{T_{нз}}{n_{ум}}, \quad (44)$$

де T_0 – основний час, хв;

$T_{дон}$ – допоміжний час, що витрачається на виконання комплексу підготовчих і завершальних (допоміжних) переходів (встановлення, закріплення, вимірювання), хв; при розрахунках можна прийняти $T_{дон} = 0,1 T_0$;

$T_{доо}$ – додатковий час, що витрачається на організаційно-технічне обслуговування робочого місця, відпочинок і т.п. хв; приймається $T_{доо} = 0,08 T_0$;

$T_{нз}$ – підготовчо-заклучний час, хв., (відводиться на ознайомлення з роботою, підготовку робочого місця, налагодження обладнання, одержання інструменту, здавання деталей, прибирання робочого місця); $T_{нз} = 20 \dots 24$ хв;

$n_{ум}$ – кількість деталей, що відновлюється, шт.

Норму часу при нанесенні гальванічних покриттів визначають по формулі:

$$T_H = \frac{(T_0 + T_i) \cdot k_{нз}}{n_o \cdot \eta_B}, \quad (45)$$

де T_0 – тривалість осадження покриття, год;

T_i – час на завантаження і вивантаження деталей з ванни, приймається 0,1...0,2 год;

k_{nz} – коефіцієнт, що враховує додатковий і підготовчо-заклучний час, при однозмінній роботі приймають рівним 1,1...1,2; при двохзмінній – 1,03...1,05;

η_B – коефіцієнт використання ванни ($\eta_B = 0,8...0,95$).

Основний час – це час, протягом якого відбувається нарощування шару металу заданої товщини на зношені поверхні деталі або його видалення в процесі механічної обробки деталі. Сума основного і допоміжного часу називається *оперативним часом*.

Основний час гальванічного нарощування:

$$T_0 = \frac{1000 \cdot h \cdot \gamma}{c \cdot D_k \cdot \eta}, \quad (46)$$

де h – товщина шару, що нарощується, мм;

γ – щільність осажденного металу, г/см³; (заліза - 7,8; хрому - 7);

c – електрохімічний еквівалент, для хромування $c = 0,323$ г/(А·год); для залізнення $c = 1,042$ г/(А·год);

η – вихід за струмом, для хромування $\eta = 0,2...0,3$, для залізнення $\eta = 0,9...0,98$.

Основний час на виконання **механізованих наплавлювальних операцій** розраховується за формулою:

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_i}, \quad (47)$$

де L – довжина поверхні, що наплавляється, мм;

i – число проходів;

n – частота обертання деталі, хв⁻¹;

S_n – крок наплавлення, мм/об.

При ручному наплавленні розраховуємо час горіння дуги (основний час наплавлення) за формулою:

$$T_0 = \frac{G_n}{I \cdot \alpha_n}, \quad (48)$$

де α_n – коефіцієнт наплавлення, $\alpha_n = 8...10$ г/(А·год);

G_n – маса наплавленого металу, г.

Норму часу на механічну обробку визначають по формулі (39).

Основний час при обробці деталі на металорізальних верстатах визначається по формулах:

– на токарних:

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \quad (49)$$

– на фрезерних:

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_z \cdot Z}, \quad (50)$$

– на шліфувальних (при зовнішньому шліфуванні):

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} \cdot \kappa_3, \quad (51)$$

– на свердлильних:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S}, \quad (52)$$

– на протягувальних:

$$T_0 = \frac{L}{1000 \cdot V} k_{np}, \quad (53)$$

де L – довжина поверхні, що оброблюється з урахуванням величини врізання і перебігу інструменту;

κ_3 – коефіцієнт запасних ходів (приймається в межах 1,1...1,4 залежно від точності обробки; більше значення для вищої точності);

k_{np} – коефіцієнт, що враховує зворотній хід інструменту, $k_{np} = 1,4...1,5$.

Довжина поверхні, що оброблюється визначається по наступній залежності:

$$L = l + l_1 + l_2, \quad (54)$$

де l – довжина поверхні, що оброблюється, мм;

l_1 – довжина врізання інструменту, приймається рівною глибини різання, мм;

l_2 – довжина підведення і перебігу інструменту, $l_2 = 2...5$ мм.

2.2.4 Розробка технологічної документації процесу відновлення

Комплект документів на технологічний процес відновлення повинен включати:

- титульний аркуш;
- відомість технологічних документів
- відомість оснащення;
- маршрутну карту;
- операційні карти на основні операції;
- операційну карту контролю.

Титульний аркуш (ТЛ) - документ, призначений для оформлення комплекту технологічної документації на ремонт (виготовлення) виробу або відновлення деталі.

Відомість технологічних документів (ВТД) - застосовується для зазначення повного складу документів, необхідних для ремонту виробу або відновлення деталей.

Відомість оснащення (ВО) - застосовується для вказання використовуваного технологічного оснащення при виконанні технологічного процесу.

Маршрутна карта (МК) - призначена для маршрутного і маршрутно-операційного опису технологічного процесу в прийнятій технологічній послідовності з наведенням даних про обладнання, технологічне оснащення, матеріальні нормативи і трудові витрати.

Операційна карта (ОК) - служить для опису технологічної операції з зазначенням послідовного виконання переходів, даних про засоби технологічного оснащення, режими і затрати праці та застосовується при розробці одиничних технологічних процесів.

До заповнення граф технологічних документів пред'являються наступні вимоги:

- кожна строчка уявно ділиться по горизонталі навпіл, і інформацію записують в її нижній частині, залишаючи верхню частину вільною для внесення змін, причому записи не повинні зливатися з лініями;
- при запису інформації допускаються скорочення, передбачені ГОСТом;
- незаповнені граfi свідчать про наявність інших документів, які містять цю інформацію. У випадку відсутності інформації для певної граfi в ній ставлять прочерк довжиною 4...5 мм;
- запис інформації в документах слід виконувати построчно з прив'язуванням до відповідних службових символів, які умовно виражають склад інформації, яка заноситься в граfi строки. Запис службових символів є обов'язковим. Допускається не проставляти службові символи на наступних строках, які несуть ту ж саму інформацію при описі однієї тієї ж операції. В якості позначення службових символів прийняті букви українського алфавіту, який проставляється перед номером строки, наприклад М01, А02, і т.д. Проставляти службові символи слід виходячи з інформації, яка буде вміщена в строчці, та у відповідності з таблицею 22.

Таблиця 22 - Службові символи і їх інформація

Позначе-ння службового символу	Зміст інформації, що вноситься в граfi, розташування в рядку	Примітка
М01	Інформація про матеріал і масу деталі; маса вказується в графі «Н. витрати»	МК/ОК
А	Номер цеху, ділянки, робочого місця, номер і найменування операції	МК, МК/ОК, МК/КТО
Б	Код, найменування обладнання і інформація про трудовитрати	МК/ОК, МК/КТО
М	Інформація про вживаний для відновлення матеріал (найменування, позначення)	МК/ОК, МК/КТО
О	Зміст операції (переходу)	МК, МК/ОК, МК/КТО

Т	Інформація про вживане при виконанні операції технологічне оснащення	МК/ВО, МК, МК/ОК, МК/КТО
З	Номер по порядку деталей, відновлених по типовому технологічному процесу; найменування і позначення по конструкторських документах	МК/ВТП, МК/ВТО
Ш	Змінні дані по номерах цеху, ділянки, робочого місця, операції і трудовитратам	МК/ВТП, МК/ВТО
Р	Інформація про технологічні режими	МК і ЕТП, МК/ОК, МК/КТО, МК/ВТП, МК/ВТО

Послідовність подачі інформації: для маршрутних карт – М, А, Б; для операційних карт – М, А, Б, О, Т, Р. При відсутності інформації з якимось із службових символів записується інформація з наступним по порядку символом.

При заповненні строк із символами А, Б, К, М інформація заноситься у відповідні комірки; при заповненні інформації в строках із службовим символом “О” інформацію записують в технологічній послідовності по всій довжині строки з можливим переносом інформації на наступну строку. Номер переходу ставлять на початку строки. В кінці опису переходу вказують дані по T_o і $T_{дон}$.

При заповненні інформації в строках із символом “Т” її записують в такій послідовності: пристрій; допоміжний інструмент; ріжучий інструмент; слюсарно – монтажний інструмент; засоби вимірювання. Запис інформації виконують по всій довжині строки з можливістю переносу інформації на наступну строку. З метою розподілу інформації застосовують умовні позначення: ПР – пристрій; ДІ – допоміжний інструмент; РІ – ріжучий інструмент; ЗВ – засіб вимірювання. Позначення кожної складової технологічної оснастки починають з нової строки. Якщо інструмент або пристрій використовується в різних переходах операції, то його записують один раз в переході, який стоїть першим з зазначенням інших переходів, наприклад: *штангенциркуль ШЦ – II- 250-0,5 ГОСТ 160-89 (для переходів 2, 4-6, 8)*. В наступних переходах, де застосовується вказана оснастка, слід робити посилання на номер переходу, де вона вказана вперше, наприклад: *див. перехід 2*.

Маршрутна карта (МК) є основним і обов’язковим документом комплексу технологічної документації, розробленої для технологічних процесів відновлення та ремонту.

У відповідності до галузевої документації для маршрутної карти прийнято форму 2 (перший аркуш) та форму 1б (наступні аркуші) за ГОСТ 3.1118-82. В цих формах передбачено надання інформації кількома типами строк. Типи строк визначаються складом інформації, яку вони містять. Наприклад, назва операції, обладнання і т.д., повинні записуватися в різних окремих строчках. Службові символи, які присвоюються строчкам згідно інформації, яку вони несуть, наведені в таблиці 22.

Якщо склад інформації, яка заноситься в строку, відповідає графам шапки першої строки, то перед номером цієї строки ставиться символ А і далі в строчці в межах кожної графи записується необхідна інформація. Такий же принцип занесення інформації, яка відноситься до граф Б, К, М. В строчці А вказуються операції процесу відновлення, причому кожній операції відповідає окрема строка. В графу Б заноситься інформація по технологічному обладнанню, яке використовується при виконанні відповідної операції. В графу К заноситься інформація стосовно деталей та складальних одиниць, які використовуються при відновленні. В графу М заноситься інформація, що стосується матеріалів, які використовуються під час відповідної технологічної операції.

Якщо інформація, яка заноситься в строку технологічного документа, не відповідає змісту жодної з граф (А,Б,К,М), тоді запис проводиться по всій довжині строки, а якщо він не поміщається на ній, то переноситься на наступну. Перед номером строки ставиться службовий символ, який вказує на зміст інформації. Найбільш поширені серед них наступні: О – в строчці вказується технологічний перехід; Т – вказується інструмент та технологічна оснастка, пристосування; Р – вказуються режими відновлення.

Якщо в пакет технологічної документації входять маршрутна та операційні карти, то в маршрутну карту заноситься інформація, яка відповідає символам А та Б без вказування технологічних переходів та іншої інформації. В операційній карті вказується повна інформація, яка стосується тільки окремої операції. Потрібно звернути увагу, що в операційній карті номер операції та інша інформація, яка стосується певної технологічної операції повинна збігатися з даними вказаними в маршрутній карті.

2.3 Розрахунок економічної ефективності відновлення

В даному розділі приводиться розрахунок витрат на відновлення зношеної деталі та розрахунок коефіцієнту відновлення за яким роблять висновок про можливість використання розробленого технологічного процесу на виробництві.

2.3.1 Розрахунок собівартості відновлення деталі

Витрати на відновлення деталі розраховуються за формулою:

$$B = B_{\text{від}} + B_{\text{мат}} + B_{\text{ел}}, \quad (55)$$

де $B_{\text{від}}$ – вартість відновлення деталі, грн;

$B_{\text{мат}}$ – вартість матеріалів для відновлення, грн;

B_{el} – вартість затраченої електроенергії, грн.

Вартість відновлення деталі враховує витрати на заробітну плату задіяних працівників на відповідних операціях (слюсар, зварювальник, токар та ін.) і розраховується за формулою:

$$B_{\text{від}} = Z_{\text{сл}} + Z_{\text{зв}} + Z_{\text{ток}}, \quad (56)$$

де $Z_{\text{сл}}$, $Z_{\text{зв}}$, $Z_{\text{ток}}$ – заробітна плата відповідно слюсара, зварювальника і токаря.

Заробітна плата по спеціальностям визначається за формулою:

$$Z = T_n \cdot C_z \cdot K_t, \quad (57)$$

де T_n – норма витрат часу на виконання відповідної операції, год.;

C_z – годинна ставка відповідних робітників, (для розрахунку можна прийняти $B_z = 30,5$ грн/год).;

K_t – коефіцієнт, що враховує доплати до основної заробітної плати, $K_t = 1,5$.

У вартість матеріалів входять всі витрати на матеріали, які застосовують для відновлення даної деталі по всіх технологічних операціях:

$$B_{\text{мат}} = \sum_{i=1}^n g_i \cdot C_i, \quad (58)$$

де g_i – маса (об'єм) використаного матеріалу конкретного найменування, кг (л);

C_i – ціна 1 кг (л) матеріалу конкретного найменування, грн.;

n – число найменувань конкретних матеріалів.

Ціна матеріалів визначається по прейскурантах з урахуванням індексу цін, прайс-листам або за даними підприємства.

Витрати на електроенергію розраховують по наступній формулі:

$$B_{el} = \frac{N_{\text{дв}} \cdot T_0 \cdot C_{el}}{100 \cdot \eta_{\text{об}}}, \quad (59)$$

де $N_{\text{дв}}$ – встановлена потужність двигунів обладнання, кВт (для зварювального обладнання можна прийняти $N_{\text{дв}} = U \cdot I$);

C_{el} – ціна 1 кВт·год електроенергії, для підприємств $C_{el} = 1,7$ грн/(кВт·год);

$\eta_{\text{об}}$ – коефіцієнт корисної дії обладнання, приймається 0,7...0,8.

2.3.2 Розрахунок коефіцієнту відновлення

Коефіцієнт ефективності відновлення деталі розраховується за формулою:

$$K_{\text{эф}} = \frac{K_{\text{д}} \cdot B_{\text{нов}}}{B} \geq 1, \quad (60)$$

де K_d – коефіцієнт довговічності (табл. 4);

$B_{нов}$ – вартість нової деталі, грн.

Якщо коефіцієнт більше одиниці, то відновлення деталі по розробленому технологічному маршруту буде економічно вигідно.

Результати розрахунку економічної ефективності відновлення деталі представити у вигляді таблиці 23.

Таблиця 23 - Результати розрахунку економічної ефективності відновлення валу наплавленням в середовищі вуглекислого газу

Найменування показника	Значення показника
1. Вартість відновлення деталі, грн	95
2. Вартість матеріалів для відновлення, грн	55
3. Вартість затраченої енергії, грн	22
4. Загальні витрати на відновлення деталі, грн	172
5. Коефіцієнт довговічності для наплавлення в середовищі вуглекислого газу	0,85
6. Вартість нової деталі, грн	250
7. Коефіцієнт ефективності відновлення	1,2

Список рекомендованих джерел

1. Армашов Ю. В., Кобець А. С., Мельянцева П. Т. Основи надійності технічних і технологічних систем в сільськогосподарському машинобудуванні : навч. посіб. / за ред. А. С. Кобця. Дніпро : Видавець Біла К. О., 2022. 632 с.

2. Болтянська Н. І. Надійність технологічних систем : посібник-практикум. Мелітополь : Люкс, 2019. 162 с.

3. Дудніков А. А., Писаренко П. В., Біловод О. І., Дудніков І. А. Проектування технологічних процесів сервісних підприємств: навч. посіб. Вінниця : ФОП Каштелянов О. І., 2011. 400 с.

4. Практикум з ремонту машин. Загальний технологічний процес ремонту та технології відновлення і зміцнення деталей машин. Том 1 : навч. посіб. / О. І. Сідашенко та ін. Харків : ТОВ «Пром-Арт», 2018. 416 с.

5. Сукач М. К. Технічний сервіс машин : навч. посіб. Київ : Видавництво Ліра-К, 2017. 290 с.

6. Файнзільберг Л. С., Жуковська О. А., Якимчук В. С. Теорія прийняття рішень : підручник. Київ : Освіта України, 2018. 246 с.

7. Халін С. В. Регістр технічних засобів та обладнання для АПК України 2013-2023 рр. / Держ. наук. установа «УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого». Дослідницьке, 2023. 590 с.

8. Швець Л. В., Паладійчук Ю. Б., Труханська О. О. Технічний сервіс в АПК : навч. посіб. Вінниця : ВНАУ, 2019. 648 с.

Додаток А

Тематика курсового проєкту

1. Розробка технології ремонту редуктора комбайну РСМ з детальним опрацюванням технології її складання і технології відновлення вісі шнека правої 3518050-16032
2. Розробка технології ремонту структурної схеми розбирання вузла на відновлення деталі вал опори 151.41.158
3. Розробка технології ремонту приводу очисти комбайну Acros530 з детальним опрацюванням технології його розбирання. Розробка технології відновлення ведучого валу 150.41.056-2СБ.
4. Розробка технології ремонту даху кабіни комбайну РСМ-142 Acros 530 з детальним опрацюванням технології її розбирання. Розробка технології відновлення вала 155.37.507-1
5. Розробка технології ремонту важеля молотильної секції комбайну РСМ-142 з детальним опрацюванням технології її складання. Розробка технології відновлення вісі 50-1701434
6. Розробка технології ремонту важеля молотильної секції комбайну РСМ-142 з детальним опрацюванням технології її складання. Розробка технології відновлення муфти фланця кардана 151.36.141
7. Розробка технології ремонту з детальним опрацюванням технології її розбирання РСМ редуктора і розробка технологічної на відновлення деталі вал 1 передачі і заднього ходу 70-1701382
8. Розробка технології ремонту даху кабіни комбайну РСМ-142 Acros530 з детальним опрацюванням технології його розбирання. Розробка технології відновлення вала 151.37.378-3
9. Розробка технології ремонту транспортуючої дошки з детальним опрацюванням його розбирання. Розробка технології відновлення деталі вал первинної роздавальної коробки 151.37.306-4
10. Розробка технології ремонту транспортуючої дошки комбайну ACROS 530 з детальним опрацюванням його розбирання. Розробка технології відновлення гвинта розкосу 150.56.188
11. Розробка технології ремонту бітера відбійного з детальним опрацюванням технології її складання і технології відновлення деталі валику ввімкнення гідронасосу 151.57.204-2
12. Розробка технології колінчастих валів з детальним опрацюванням технології складання і технології відновлення деталі вісь проміжної шестерні 70-1601335
13. Розробка технології ремонту складальної одиниці 0 з детальним опрацюванням технології її розбирання і технології відновлення деталі маточини комбайна ДОН-1500
14. Розробка технології ремонту важеля молотильної секції комбайну РСМ-142 з детальним опрацюванням технології її складання. Розробка технології відновлення валу первинного роздавальної коробки 151.37.306-4
15. Розробка технології ремонту важеля молотильної секції комбайну РСМ-142 з детальним опрацюванням технології її складання. Розробка технології відновлення муфти фланця кардана 151.36.141
16. Розробка технології ремонту фільтра масляного ЯМЗ-236 з детальним опрацюванням технології його розбирання. Розробка технології відновлення ступиці муфти КИС 0202605А
17. Розробка технології ремонту електромагнітного клапана з детальним опрацюванням технології його складання і технології відновлення деталі вал РКС 6.03.651
18. Розробка ремонтно-монтажної дільниці в майстерні господарства та проєктування технологічного процесу ремонту валу комбайна ДОН-1500.

19. Розробка технологічної документації на відновлення деталі колінчастого вала трактора ЯМЗ вісь 52-1809094,
20. Розробка технології ремонту складальної одиниці з детальним опрацюванням технології відновлення деталі вал-шестерня КИС-0904601Б
21. Розробка технології ремонту привода вентилятора МАЗ з детальним опрацюванням технології його розбирання і технології відновлення деталі вал КИС 0205005Б
22. Розробка технології складальної одиниці з детальним опрацюванням технології складання і відновлення деталі на абзі підприємства ПСП «Нива»
23. Розробка технології ремонту водяного насоса складальної одиниці з детальним опрацюванням технології його розбирання і технології відновлення вала КИС 0204601А
24. Розробка технології ремонту складальної одиниці з детальним опрацюванням технології його розбирання і технології відновлення вала РСМ – 155.37.507-1
25. Розробка технології ремонту складальної одиниці з детальним опрацюванням технології її розбирання і технології відновлення деталі храповик КИС 0904020Б
26. Розробка технології ремонту детальним опрацюванням технології його розбирання і технології відновлення валика фланця муфти
27. Розробка технології ремонту складальної одиниці з детальним опрацюванням технології її розбирання масляний насос коробок передач і технології відновлення вала регулятора Д27-101
28. Розробка технології ремонту складальної одиниці з детальним опрацюванням технології її розбирання і технології відновлення валу РЕМ-10.01408
29. Розробка технології ремонту фільтру грубої очистки палива двигуна ЯМЗ-236 з детальним опрацюванням технології його відновлення. Вісі привода КИС 0902603А
30. Розробка технології ремонту фільтра грубої очистки з детальним опрацюванням технології відновлення валу середнього 120977178
31. Розробка технології ремонту фільтра масляного ЯМЗ-236 з детальним опрацюванням технології його розбирання. Розробка технології відновлення ступиці муфти КИС 0202605А
32. Розробка технології ремонту валу колінчастого з детальним опрацюванням технології його складання і технології відновлення деталі вал 72-2209013
33. Розробка технології ремонту форсунки двигуна ЯМЗ-236 з детальним опрацюванням технології її складання. Розробка технології відновлення вісі правої КИС 0902603А
34. Розробка технології складальної одиниці з детальним опрацюванням технології її складання і технології відновлення шестерні 70-2407053
35. Розробка технології складальної одиниці з детальним опрацюванням технології її складання головки циліндрів і технології відновлення деталі вал 72-1802063
36. Розробка технології ремонту складальної одиниці з детальним опрацюванням технології її розбирання і технології відновлення деталі муфти фланця Т-150
37. Розробка ділянки по ремонту вузлів системи живлення в майстерні господарства та проектування технологічного процесу ремонту вала РСІ-10.01.39.601В комбайна ДОН-1500
38. Розробка технології ремонту фільтра масляного ЯМЗ-236 з детальним опрацюванням технології його складання. Розробка технології відновлення фланця 72-2308017
39. Розробка технології ремонту головки циліндрів з детальним опрацюванням технології її складання і технології відновлення деталі вісь 50-1701434
40. Розробка технології ремонту насоса підкачувального з детальним опрацюванням технології розбирання і технології відновлення деталі вісі крюка 50-2807016
41. Розробка технології ремонту складальної одиниці з детальним опрацюванням технології її розбирання шківів варіатора комбайна «Вектор» технології відновлення деталі вала РКС6.03.647

Додаток Б
Зразок оформлення титульної сторінки

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра агроінженерії та автомобільного транспорту

КУРСОВИЙ ПРОЄКТ

СЕРВІСНА ІНЖЕНЕРІЯ

на тему: «Розробка технології ремонту варіатора комбайна ДОН-1500 з детальним опрацюванням технології його розбирання і технології відновлення валу варіатора РСМ-10Б.01.21.608»

Здобувача __ курсу ____ групи
ступеня вищої освіти магістр
ОНП Сервісна інженерія в
агропромисловому виробництві
спеціальності 133 Галузеве
машинобудування, 208 Агроінженерія

(П.І.Б. здобувача)

Керівник _____

(П.І.Б. керівника)

Національна шкала _____

Кількість балів _____ Оцінка ЄКТС _____

м. Полтава – 20__ рік

Додаток В

Зразок оформлення завдання на курсовий проєкт



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра агроінженерії та автомобільного транспорту

ЗАВДАННЯ НА КУРСОВИЙ ПРОЄКТ

Сервісна інженерія

на тему: «Розробка технології ремонту складальної одиниці (вузла) з детальним опрацюванням технології розбирання (складання) складальної одиниці (вузла) і технології відновлення деталей»

Здобувачу вищої освіти _____ група _____

Вихідні дані: Марка машини _____
Найменування деталі _____

Зміст курсового проєкту:

1. Аналіз конструкції вузла та вибір раціонального способу відновлення деталі.
2. Розрахунок технологічного процесу відновлення деталі.
3. Розрахунок економічної ефективності відновлення.

Об'єм курсового проєкту:

Пояснювальна записка – об'єм 30-35 с. формату А4.

Графічна частина – 2 аркуша формату А1 (креслення схеми розбирання (збирання) складальної одиниці, ремонтне креслення деталі.

Комплект технологічної документації.

Графік виконання курсового проєкту

Неділя навчального процесу					
	II	V	VII	X	XI
Етап виконання	Аналіз конструкції вузла та розробка структурної схеми розбирання (складання)	Ремонтне креслення деталі	Розробка технологічного процесу відновлення	Розробка технологічної документації	Розрахунок економічної ефективності відновлення

Дата видачі _____

Завдання отримав _____

Завдання видав _____

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет _____ Форма навчання _____
Спеціальність _____ Курс _____, група _____

ЛИСТ ОЦІНЮВАННЯ курсowego проекту «Сервісна інженерія»

здобувача вищої освіти _____

на тему _____

Обсяг курсowego проекту _____ Кількість використаних джерел _____

Результати оцінювання

№ п/п	Критерії оцінювання курсowego проекту	Максимальна кількість балів	Отримані бали
1	Відповідність змісту курсowego проекту вимогам навчально-методичних рекомендацій щодо його виконання;	5	4
2	Обґрунтування основних інженерних, технологічних рішень, відповідність прийнятих рішень виданому завданню на проектування;	10	9
3	Дотримання під час виконання розрахунків, проектування та конструювання вимог державних норм;	10	9
4	Забезпечення ефективності та раціональності прийнятих рішень та відповідність отриманих результатів сучасній практиці;	10	9
5	Використання сучасних комп'ютерних технологій;	10	8
6	Уміння працювати з нормативними та довідковими документами, наявність посилань на використані джерела;	5	4
7	Оформлення пояснювальної записки, графічних матеріалів згідно з вимогами конструкторської та технологічної документації, ДСТУ.	9	7
Загальна кількість балів за виконання курсowego проекту (до захисту)		59	50

Висновки (*підкреслити*):

- ☐ рекомендувати до захисту без доопрацювання;
- ☐ рекомендовано до захисту за умови доопрацювання: _____
- ☐ не рекомендовано до захисту, необхідно суттєво доопрацювати _____

Роботу перевірів: _____ (_____)

«_____» _____ 20__ р.

Приклад оформлення графічної частини курсового проєкту

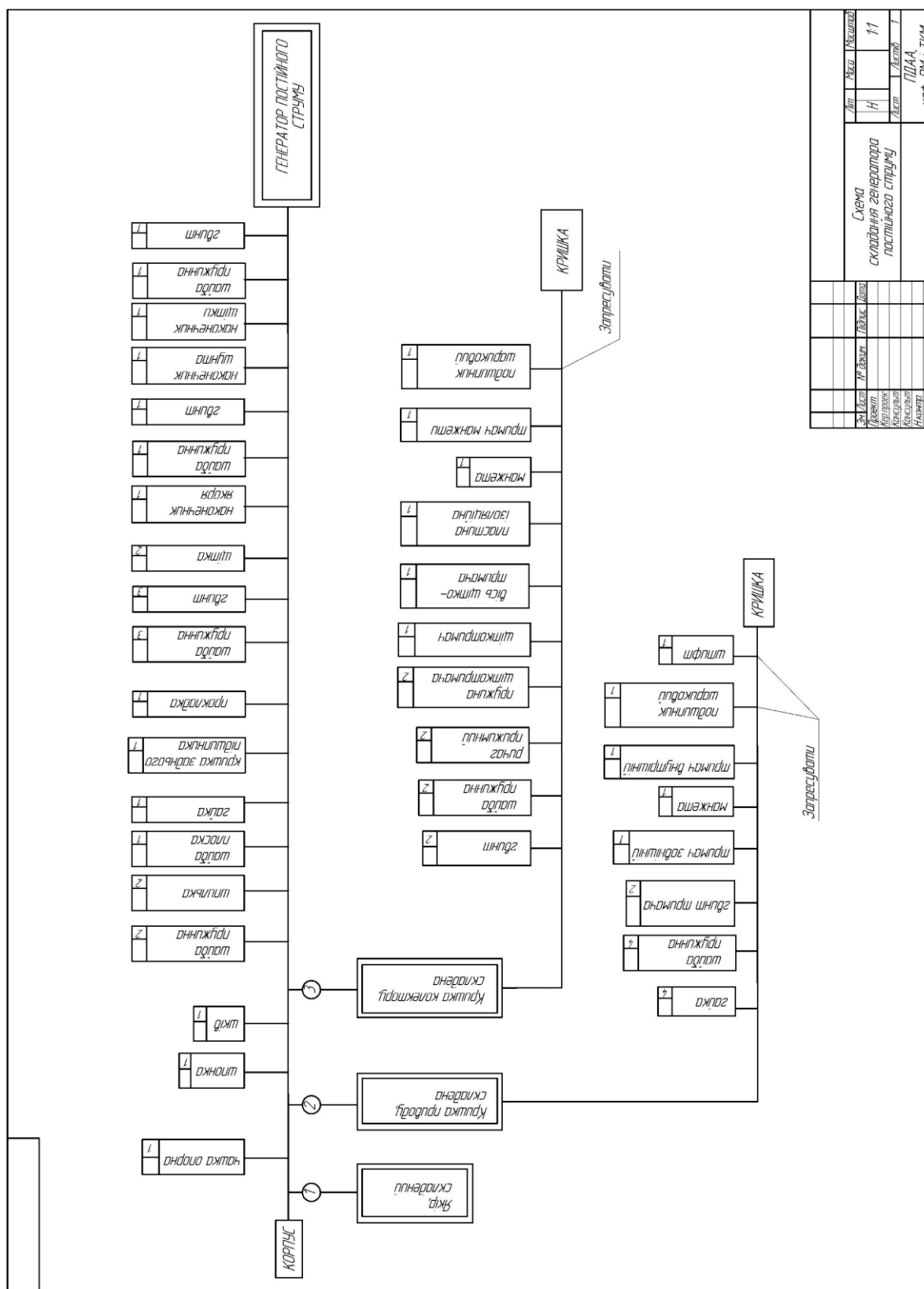


Рис. Д.1.1. Схема складання генератора постійного струму

Рис. Д.2. Ремонтне креслення (формат А3, 1 аркуш)

Додаток Ж

Орієнтовні режими механічної обробки для різних способів обробки та характеристика обладнання та матеріалів для відновлення

Таблиця Ж.1 - Режими токарної обробки відновлюваних деталей

Спосіб відновлення	Вид обробки	Матеріал інструменту	Режими різання		
			Швидкість різання V, м/хв	Подача S, мм/об	Глибина обробки t, мм
Наплавлення	чорнова	T15K6, T14K8, BK6, BK8	46,0 27,5	0,2 0,3	1,0 2,0
	чистова	T15K6, T14K8, BK3, BK6, BK8	138 104	0,15 0,20	0,25 0,50
Газотермічне напилення порошкових матеріалів	чорнова	T15K6, T14K8, BK6, BK8	20	0,30	0,50
	чистова	T15K6, T14K8, BK6, BK8	40	0,15	0,20
Залізнення	чорнова	T15K6, BK6, BK8, T30K4	30	0,50	2,00
	чистова	T15K6, BK6, BK8, T30K4	60	0,12	0,20

Таблиця Ж.2 - Режими шліфування відновлюваних деталей

Спосіб відновлення	Вид обробки	Характеристика шліфувального круга	Режими обробки			
			V _к , м/с	V _д , м/хв	S, м/хв	t, мм
Наплавлення	чорнова	Нормальний електрокорунд зернистість 40 - 50, твердість СТ - СТ1	25-30	10-15	0,7-1,2	0,01-0,05
	чистова	Білий електрокорунд, зернистість 25 - 40, твердість CM2 - CM1	30-32	12-15	0,4-0,7	0,008-0,01
Газотермічне напилення порошкових матеріалів	чорнова	Нормальний електрокорунд, зернистість 46 - 60, твердість CM2 - CM1	10-30	6-15	0,5-0,7	0,01-0,03
	чистова	Те ж	20-30	3-6	0,3-0,5	0,008-0,01
Контактне наварювання металевої стрічки	чистова	Білий електрокорунд, зернистість 25-40, твердість CM2-CM1	30-40	25-30	0,2-0,3	0,008-0,01
Залізнення	чистова	Синтетичний алмаз АСП10К6, АСП15К8, АСП25К6-50, АСП30К6-50	25-35	20-25	1,0-1,5	0,01-0,02
Хромування	чистова	Нормальний електрокорунд, зернистість 40-50, твердість C1-C2	30-40	15-20	1,0-1,5	0,008-0,01

Таблиця Ж.3 - Апарати для автоматичного наплавлення

Апарат	Діаметр дроту, мм	Струм, А	ПВ, %	Швидкість подачі дроту, $V_{др}$, м/год	Джерело живлення
A580M	1,0...3,0	400...100	65	48...408	ПСО-500
A1408	1,6...3,0	500	100	50...500	ВДУ-504
A1409	1,6...3,0	300	100	50...500	ВДУ-504

Таблиця Ж.4 - Технічна характеристика верстатів для наплавлення з уніфікованих вузлів

Характеристика	У 651	У 652
Апарат для наплавлення	А 1408	А 1409
Поверхня, що наплавляється	Зовнішні поверхні валів, шліци	Корінні та шатунні шийки колінчастих валів
Параметри деталі, що наплавляється: діаметр d , мм довжина l , мм маса m , кг	20...150 1300 150	100 1300 150
Діаметр дроту для наплавлення $d_{др}$, мм: під флюсом порошкового	— 2...3	1...2 2...2,5
Габаритні розміри верстата, мм	2720x1800x1050	2720x1800x2900
Маса верстата, кг	1580	1630

Таблиця Ж.5 - Технічні характеристики верстатів для наплавлення

Параметр	У-465	У-427
Діаметр деталі, що наплавляється d , мм	25...100	40...100
Довжина деталі, що наплавляється l , мм	2000	1800
Діаметр дроту, що наплавляється під шаром флюсу, мм	1,6...2,0	1,6...2,0
Діаметр порошкового дроту, мм	2,0...2,8	2,0...2,8
Зварювальний струм, А	до 600	до 600
Швидкість подачі електроду, м/год	24...240	24...240
Швидкість наплавлення, м/год	20...80	20...80
Крок наплавлення, мм/об	1,0...12,0	2,0...12,0
Габаритні розміри, мм	2330x520x1120	3000x1330x2980
Маса, кг	880	1783

Таблиця Ж.6 - Апарати для зварювання і наплавлення

Параметр	Модель			
	3441212 107	3441212 005	3441221 212	3441221 292
Тип	Автомат		Напівавтомат	
Призначення	Низьковугле- цева і низько- легована сталь	Низько- вуглецева сталь	Низьковугле- цева сталь	Низьковугле- цева і низько- легована сталь
Напруга U , В	380	300	220 або 380	220 або 380
Номинальний струм I , А	630	500	315	315
Діаметр дроту, мм	1,2...3,0	1,2...2,0	1,2; 1,4; 1,6	1,0...1,4
Швидкість подачі дроту, м/год	120...960	120...720	120...960	75...960

Таблиця Ж.7 - Технічні характеристики установок для електродугового напівлення

Показник	Марка установки	
	УД-609.01 “Ремдеталь”(для нанесення покриттів на деталі типу "вал")	УД-609.10 “Ремдеталь”(для нанесення покриттів на плоскі деталі)
Продуктивність, кг/год	до 10	18,8 (сталь) 12 (алюміній) 40 (цинк)
Робоча напруга, В	24...36	17...40
Зварювальний струм, А	240...310	50...400
Частота обертання деталі, хв ⁻¹	80	—
Діаметр дроту, мм	1,6...2,0	1,5...2,0
Витрата стиснутого повітря, м ³ /год	120	до 150
Робочий тиск стиснутого повітря, МПа	0,5...0,6	0,3...0,6
Максимальна товщина покриття, мм	5	—
Максимальні розміри відновлюваних деталей, мм:		
Довжина x діаметр (ширина)	2500 x 400	600 x 450
Габаритні розміри, мм	2620x760x1600	1420x760x1600
Маса комплекту, кг	700	600

Таблиця Ж.8 - Обладнання для відновлення деталей контактним наварюванням матеріалу

Марка установ-ки	Призначення	Матеріал, що наварюється	Продуктивність	Розміри деталей, що відновлюються, мм		Товщина покриття, мм	Габаритні розміри, мм
				діаметр	довжина		
011-1-02М "Рем-деталь"	відновлення шийок валів, вісей всіх типів	сталева стрічка, дрід, керамічна і порошкова стрічки	50...100 деталей за зміну	20...250	1250	0,65...1	2730х880х1280
011-1.10 "Рем-деталь"	відновлення стаканів підшипників	сталева стрічка	До 60 см ² за хвилину	внутр. 60...180, зовн. 100...250	100	0,2...1	1970х886х1280
011-1.06.01 "Рем-деталь"	відновлення гільз циліндрів тракторних і автомобільних двигунів	сталева стрічка порошкові матеріали	25... 30 деталей за зміну	100...300	Глибина 300	0,3...0,85	2040х900х1220
011-1-05 "Рем-деталь"	відновлення зовнішньої різьби М14-М20 поверхонь деталей типу "вал"	дрід, стрічка	15	10...30	—	0,15...0,5	2280х1020х1430
01.08.005 "Рем-деталь"	відновлення клапанних гнізд головок блоків циліндрів двигунів А-01, А-41, Д-240, СМД-14, Д-50, ЯМЗ-238	порошкові матеріали	2 головки за год	38...70	—	—	2230х1800х1250

Таблиця Ж.9 - Характеристики гальванічних установок

Установка	Кількість ємностей	Вміст 1 ємності, л	Продуктивність, дм ² /год	Струм	Потужність, кВт	Габаритні розміри, мм	Маса, кг	Призначення
0013-040-Ремдеталь	2	160	20 (h=0,2)	Асиметричний, постійний, 200	42	1035х1725х3230	950	Залізнення
0013-024-Ремдеталь	1	560	17	Асиметричний, постійний, 630	12**	1180х2146х4305	1250	Залізнення, в тому числі проточне
0013-022-Ремдеталь	2	390	20 (h=0,25)	Постійний, 50 А/дм ²	42	9750х4000х3500	5500	Залізнення
0013-031-Ремдеталь	1	600	—	Асиметричний, постійний, 630	15	1560х2500х1940	956	Холодне залізнення
0013-039-Ремдеталь	4	560	56 (h=0,15)	Постійний	48	80 м ²	9320	Автоматизована лінія залізнення
0113-006-Ремдеталь	2	100	1,2 мм/год ***	Постійний, 630	19,8	3400х2250х2490	1200	Електронатирання корпусних деталей
0013-035-Ремдеталь	2	200	8 (h=0,05)	Постійний, 400	16,8	4800х1400х2500	1370	Хромування
<i>Примітки:</i> * – В дужках дана товщина покриття, при якій досягається вказана продуктивність ** – Потужність джерела живлення без урахування потужності нагрівачів *** – Вказана швидкість осадження металу								

Таблиця Ж.10 - Електроди для ручного дугового зварювання та наплавлення

Електрод		Твердість поверхні НВ (HRC) після операції		Область застосування
Марка	Тип	наплав- лення	гартування	
ОММ-5	Е-42	120...140	—	Зварювання і наплавлення маловуглецевих сталей
ОМА-2	Е-42	120...140	—	
ЦМ-7	Е-42	120...140	—	Наплавлення поверхонь, які не вимагають високої твердості
УОНИ-13/45	Е-45	140...200	—	
УОНИ-13/55	Е-55	140...210	—	
ОЗН-300	ЕН-15Г3-25	250...300	250...300	Наплавлення деталей, що працюють в умовах високих контактних напруг і ударного вантаження
ОЗН-400	ЕН-20Г4-40	370...430	—	
ОМГ	ЕН-70Х11-25	250...320	—	Наплавлення деталей із сталі 110Г13Л, що працюють в умовах інтенсивного абразивного зношування (ланки гусениць, зуби ковшів екскаваторів і т.д.)
ОМГ-Н	ЕН-70Х11Н3-25	250...310	—	
ЦН-5	ЕН-25Х12-40	(41,5)	(50)	Наплавлення швидкозношувальних деталей, що вимагають механічної обробки ріжучим інструментом після наплавлення (вали, вісі, штампи і т.д.)
ЕН-60М	ЕН-60Х2СМ-50	(51,5)	(61)	
ЦШ-1	ЕН-30Х3В8	(41,5 после отжига)	(55)	
Т-590	ЕН-УЗОХ25РС2 Г-60	—	—	Наплавлення деталей, що працюють в умовах інтенсивного абразивного зношування (ножі дорожніх машин)
Т-620	ЕН-УЗОХ25Р2	(56...60)	—	
ВКН/ЛИВ Т	С2ТГ-55	(59...63)	—	

Таблиця Ж.11 - Дріт сталевий наплавлювальний

Марка	Твердість наплавленого шару	Призначення матеріалу
Нп-25, Нп-33	НВ 160 – 220	Вісі, шпинделі, вали
Нп-40, Нп-45	НВ 170 – 230	Вісі, шпинделі, вали
Нп-50	НВ 180 – 240	Натяжні колеса, скати візків, опорні ролики
Нп-65	НВ 220 – 300	Опорні ролики, вісі
Нп-80, Нп-85	НВ 260 – 360	Колінчасті вали, хрестовини карданів
Нп-40Г	НВ 180 – 240	Вісі, шпинделі, ролики, вали
Нп-50Г	НВ 200 – 270	Натяжні колеса, опорні ролики
Нп-65Г	НВ 230 – 310	Опорні ролики, вісі
Нп-30ХГСА	НВ 220 – 300	Обтискні прокатні вали, деталі тракторів, автомобілів, сільськогосподарських машин
Нп-40ХЗГ2МФ	HRC 38 – 44	Деталі, що сприймають удари і абразивне зношування
Нп-40Х2Г2М	HRC 54 – 56 (після гартування)	Деталі машин, що працюють з динамічними навантаженнями, колінчасті вали, поворотні кулаки, вісі опорних катків
Нп-50ХФА	HRC 43 – 50	Шліцьові вали, колінчасті вали двигунів внутрішнього згорання
Нп-20Х14	HRC 32 – 38	Поверхні ущільнювачів засувки для пари і води
Нп-30Х13	HRC 38 – 45	Плунжери гідропресів, шийки колінчастих валів, штампи
Нп-30Х10Г10Т Нп-40Х13	НВ 200 – 220 HRC 45 – 52	Опорні ролики тракторів і екскаваторів, деталі транспортерів
Нп-Г13А	НВ 220 – 280	Щоки дробарок, зуби ковшів
Нп-Х15Н60	НВ 180 – 220	Деталі, що працюють при високій температурі
Нп-Х20Н80Т	НВ 180 – 220	Вихлопні клапани автомобільних двигунів

Таблиця Ж.12 - Дріт сталевий зварювальний для наплавлення

Марка	Твердість наплавленого металу	Призначення матеріалу
Св-08	НВ 120...160	Вісі, вали, підтримуючі ролики тракторів, гальмівні барабани, маточини коліс
Св-10Г2	Після наплавлення НВ 180...210 Після гартування НВ 395...410	Вісі, шпінделі, вали
Св-08ГС, Св-12ГС	НВ 180...220	Вісі, шпінделі, вали, опорні ролики
Св-08Г2С	Після наплавлення НВ 180...210 Після гартування НВ 395...410	Вісі, шпінделі, вали, опорні ролики
Св-18ХГС	Після наплавлення НВ 240...300 Після гартування НВ 550...560	Опорні ролики, натяжні колеса гусеничних тракторів, цапфи, вісі катків
Св-20Х13, Св-10Х17Т	НRC 30...48	Ущільнюючі поверхні деталей
Св-06Х19Н9Т,	НВ 160...190	Ущільнюючі поверхні запірної арматури для пари і води

Таблиця Ж.13 - Стрічка наплавлювальна спечена

Марка стрічки	Рекомендована марка флюсу	Призначення
ЛС-70ХЗНМ (А) ЛС-70ХЗМ (Б)	АН-60, АН-20П, АН-26П	Одношарове (А) і багатошарове (Б) наплавлення деталей, що працюють в умовах інтенсивного абразивного зношування з помірними ударними навантаженнями при температурах до 300°C
ЛС-08Х21Н9Г	АН-26П	Багатошарове наплавлення корозійностійкого шару
ЛС-1Х14НЗ	АН-20П, АН-26П	Багатошарове наплавлення для умов абразивного зношування (до 450°C) і корозії. Наплавлення плунжерів
ЛС-20Х10Г10Т	АН-26П, АН-20П	Наплавлення деталей для умов високої стійкості при кавітації, абразивному і гідроабразивному зношуванні

Таблиця Ж.14 - Литі прутки для наплавлення неплавким електродом

Марка дроту	Тип	Твердість наплавленого шару, HRC	Умови роботи деталей, що наплавляються
Пр-С2	ПрН-У20Х17Н2	44	Абразивне зношування з ударними навантаженнями. Наплавлений метал стійкий до середовища нафтопродуктів, пари та ін.
Пр-С1	ПрН-У30Х27Н4С3	50	Абразивне зношування з невеликими ударними навантаженнями. Наплавлений метал стійкий до середовища нафтопродуктів, пари і ін.
Пр-С27	ПрН-У45Х28Н2СВМ	52	Інтенсивне абразивне зношування з помірними ударними навантаженнями і при температурі до 500°C
Пр-В3К	ПрН-У10ХК63В5	40	Абразивне і ерозійне зношування при температурі до 750°C, дія хімічно активних середовищ і ударних навантажень, тертя металу об метал
Пр-В3К-Р	ПрН-У20ХК57В10	46	Абразивне і ерозійне зношування при температурі до 800°C, дія хімічно активних середовищ, тертя металу об метал

Таблиця Ж.15 - Керамічні флюси для наплавлення

Марка флюса	Наплавлений шар		Рекомендований дріт	Умови роботи деталей, що наплавляються
	тип	твердість		
ФК-45/5Х10В5ФМ*	45Х10В5Ф	HV-540	Св-20Х13	Інтенсивне зношування при температурі до 600°C
ЖСН-5*	20Х6МФ	HRC 36 HRC 42 HRC ≥ 48 HRC 54	Св-08А Св-08ГА Св-12ГС Нп-30ХГСА	Інтенсивне зношування при терті металу об метал, циклічних теплових навантаженнях, високому тиску
АНК-18**	3Х3Г1	HV 400 HRC 50	Св-08 Св-08А Нп-30ХГСА	Тертя металу об метал
АНК-19**	60Х4ГС	HRC 50	Св-08А Св-08	Абразивне зношування
АНК-40*	25Х1ГС	HB 250	Св-08А Св-08	Тертя металу об метал
* і ** - наплавлення постійним струмом зворотної полярності (** і змінним)				

Таблиця Ж.16 - Плавлені флюси для наплавлення

Марка флюса	Характеристика
АН-348-А, ОСЦ-45, АН-60	Флюси можна використовувати для наплавлення вуглецевих і низьколегованих сталей
АН-8, АНФ-1, АН-25	Флюси для електрошлакового зварювання. Придатні також для наплавлення: АН-8 – для нелегованих сталей; АНФ-1 – високолегованих; АН-25 – для збудження електрошлакового процесу без дуги.
АН-20	Низькокремнистий безмарганцевий флюс для дугового наплавлення низьколегованих і середньолегованих сталей. Має три модифікації: АН-20С, АН-20СМ, АН-20П, що відрізняються розміром і будовою зерен: З – склоподібний, М – дрібний, П – пемзовидний.
АН-70	Пемзовидний низькокремнистий безмарганцевий флюс для дугового наплавлення низьколегованих і середньолегованих сталей. Має низьку окислювальну здатність.
АН-26	Зварювальний флюс можна використовувати для дугового наплавлення аустенітних хромникелевих сталей.
ОФ-10	Пемзовидний низькокремнистий безмарганцевий флюс з малою окислювальною здатністю. Призначений для наплавлення стрічкою корозійностійких сталей. Забезпечує хороше формування шару при ширині стрічки до 100 мм.
ОФ-6	Безкремнистий безмарганцевий флюс для зварювання та наплавлення середньолегованих і високолегованих сталей. Гідроскопічний – потрібно проколювати перед застосуванням.
АН-30	Безкремнистий безмарганцевий склоподібний флюс для наплавлення середньолегованих сталей.
АН-28	Пемзовидний флюс низькокремнистий безмарганцевий. Призначений для наплавлення сталевую і чавунною стрічками.

Таблиця Ж.17 - Марки твердих сплавів при різних видах обробки

Види і характер обробки	Марка твердого сплаву при обробці				
	Вуглеце- вої та легова- ної сталі	загарто- ваної сталі	Чавуну		Кольо- рових матеріа- лів
			HB 240	HB 400... 700	
Точіння чорнове по кірці та окаліні при нерівномірному перетині зрізу і перервному різанні з ударами	T5K10 T5K12B BK8		BK8 BK8B BK4	BK8 BK8B	BK4 BK6 BK8
Точіння чорнове по кірці при нерівномірному перетині зрізу і безперервному різанні	T14K8 T5K10		BK4 BK8	BK6M BK4	BK4 BK6
Точіння чорнове по кірці та окаліні при відносно рівномірному перетині зрізу і безперервному різанні	T15K6 T14K8		BK4 BK8	BK6M BK2	BK2 BK3M BK4
Точіння напівчистове і чистове	T15K6 T14K8 T5K10	T5K10 BK4 BK8	BK4 BK6 BK8	BK6M	BK2 BK3M BK4
Точне точіння при перервному різанні	T30K4 T15K6	BK6M	BK2 BK3M BK4	BK6M BK2	BK2 BK3M BK4
Точне точіння при безперервному різанні	T30K4	BK6M BK3M	BK2 BK3M	BK6M BK3M BK2	BK2 BK3M
Відрізання та підрізання каналок	T15K6 T14K8 T5K10	BK6M BK4	BK4 BK6 BK8	BK6M BK2	BK2 BK3M BK4