

Вінницький національний технічний університет

Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра галузевого машинобудування

**Пояснювальна записка**

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему: ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ВІДНОВЛЕНИХ РОБОЧИХ  
ПОВЕРХОНЬ ВАЛУ 322-03-00 РЕДУКТОРА

Виконав: студент 2 курсу, групи 13В-19м  
спеціальності 132 – «Матеріалознавство» .

(шифр і назва спеціальності)

Закордонєць Володимир Кавлович

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. Шиліна Олена Павлівна

(прізвище та ініціали)

Рецензент: \_\_\_\_\_

Вінниця - 2020 р.

Вінницький національний технічний університет  
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра галузевого машинобудування

Освітньо-кваліфікаційний рівень «магістр»

Спеціальність 132 – «Матеріалознавство»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

завідувач кафедри ГМ

д.т.н., професор Поліщук Л.К.

« 25 » 09 2020 р.

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Закордонцю Володимир Павловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення довговічності відновлення робочих поверхонь валу 322-03-09 редуктора  
керівник роботи Шиліна Олена Павлівна, к.т.н., доцент, каф. ГМ,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)  
затверджені наказом ВНТУ від « 25 » вересня 2020 року № 214.
2. Строк подання студентом проекту (роботи): 30.11.2020 року
3. Вихідні дані до роботи: \_

Креслення валу 322-03-09 редуктора;

Допустимі параметри зносу. Режим роботи – довготривалий;

Річна програма відновлення деталей N=1000 шт.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ; Розділ 1. Сучасний стан наукової проблеми і шляхи її вирішення; Розділ 2. Дослідження направлені на підвищення довговічності відновлення робочих поверхонь валу 322-03-09; Розділ 3 Розробка та обґрунтування параметрів технологічного процесу відновлення поверхонь валу; Розділ 4. Розрахунок економічної ефективності інноваційного рішення; Розділ 5. Охорона праці і безпека в надзвичайних ситуаціях; Загальні висновки; Список використаних джерел; Додатки.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):  
1. Робоче креслення деталі; 2. Ремонтне креслення деталі; 4. Технологічний процес; 4. Установка з числовим програмним керуванням; 5. Робоче місце.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Шиліна О.П., к.т.н., доц., кафедри ГМ	25.09.2020р.	3.12.2020р.
Економіка виробництва	Бальзан М.В., к.е.н., доц., кафедри ЕПВМ	25.09.2020р.	2.12.2020р.
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Віштак І.В., доцент кафедри БЖД та ПБ	25.09.2020р.	2.12.2020р.

7. Дата видачі завдання «25» вересня 2019 р.  
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Формування та затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи (МКР)	25.09.20 р.	
2	Виконання спеціальної частини МКР. Перший рубіжний контроль виконання МКР	26.10.2020 р.	
3	Виконання спеціальної частини МКР. Другий рубіжний контроль виконання МКР	30.10.20 р.	
4	Виконання розділу «Економіка виробництва»	24.11.20 р.	
5	Виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»	25.11.20 р.	
6	Попередній захист МКР	30.11.20 р.	
7	Нормоконтроль МКР	07.11.20 р.	
8	Опонування МКР	08.12.2020 р.	
9	Захист МКР	10.12.2020 р.	

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Закордонець В.П.

Керівник проекту

\_\_\_\_\_

(підпис)

Шиліна О.П.

## РЕФЕРАТ

Дана магістерська кваліфікаційна робота присвячена питанню підвищення довговічності відновлення робочих поверхонь валу 322-03-09 редуктора електродуговим напиленням шляхом керування технологічними параметрами на всіх етапах процесу відновлення.

Магістерська кваліфікаційна робота складається із вступу, 5 розділів, загальних висновків та додатків. Загальний обсяг роботи 82 стор., у тому числі 32 рис., 27 табл., 34 літературних джерел.

**Предмет дослідження** – механізм утворення структури поверхневих шарів під впливом механічної обробки металічною щіткою поверхні деталі під час нанесення покриття.

Робота складається з п'яти розділів.

1. Сучасний стан наукової проблеми і шляхи її вирішення;
2. Дослідження направлені на підвищення довговічності відновлення робочих поверхонь валу 322-03-09
- 3 Розробка та обґрунтування параметрів технологічного процесу відновлення поверхонь валу;
4. Розрахунок економічної ефективності інноваційного рішення;
5. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

**Об'єкт дослідження** – процеси утворення структури поверхневих шарів під впливом деформаційного зміцнення.

**Головною метою** кваліфікаційної роботи є удосконалення технології відновлення валу 322-03-09 редуктора електродуговим напиленням шляхом керування технологічними параметрами на всіх етапах процесу відновлення, у тому числі із урахуванням відновлення шпонкових пазів валу та вдосконаленням конструкції обладнання для напилювання.

## ABSTRACT

This master's qualification work is devoted to the issue of increasing the durability of the restoration of the working surfaces of the shaft 322-03-09 of the reducer by electric arc spraying by controlling the technological parameters at all stages of the recovery process.

The master's qualification work consists of an introduction, 5 sections, general conclusions and appendices. The total volume of work is 82 pages, including 32 figures, 27 tables, 34 literature sources.

**The subject of research** - the mechanism of influence of heat treatment on structural transformations in the deposited layers.

**The work consists of five sections:**

1. The current state of the scientific problem and ways to solve it;
2. Research is aimed at increasing the durability of the restoration of the working surfaces of the shaft 322-03-09
- 3 Development and substantiation of parameters of technological process of restoration of surfaces of a shaft;
4. Calculation of economic efficiency of the innovative decision;
5. Occupational health and safety in emergencies.

**The object of research** is the processes of formation of the structure of surface layers under the influence of deformation hardening.

**The main purpose** of the qualification work is to improve the technology of restoration of the shaft 322-03-09 of the gearbox by electric arc spraying by controlling the technological parameters at all stages of the restoration process, including the restoration of key shafts and improving the design of spraying equipment.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 СУЧАСНИЙ СТАН НАУКОВОЇ ПРОБЛЕМИ І ШЛЯХИ ЇЇ ВИРІШЕННЯ.	11
1.1 Відновлення шпонкових пазів на валах редукторів.....	11
1.2 Особливості формування та структури покриттів отриманих суміщенням напилювання та механічної (щіткової) обробки.....	14
1.3 Висновки. Постановка завдань досліджень.....	15
2 ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРАВЛЕНІ НА ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ВАЛУ 322-03-09 .....	15
2.1 Матеріали та методика досліджень.....	17
2.2 Визначення запасу міцності при відновленні шпонкових пазів.....	17
2.3 Дослідження впливу механічної обробки на структуроутворення та якість напилених шарів.....	24
2.4 Проектування розпилювального пристрою.....	21
2.5 Висновки до другого розділу.....	25
3 РОЗРОБКА ТА ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ПОВЕРХОНЬ ВАЛУ.....	27
3.1 Аналіз службового призначення циліндричного редуктора транспортера, вимоги до деталі, що відновлюється та її поверхонь .....	28
3.2 Дефектування валу 322-03-09 черв'ячного редуктора.....	28
3.3 Визначення кількості переходів та операцій відновлення поверхонь валу 322-03-09 .....	32
3.4 Формування маршруту технологічного процесу відновлення валу 322-03-09 редуктора.....	34
3.5 Розрахунок припусків на механічну обробку валу.....	35
3.6 Розрахунок режимів механічної обробки тананесення покриття.....	37
3.7 Нормування технологічного процесу.....	38
3.9 Сворення конструктивної схеми верстата та її опис .....	39
3.10 Визначення способу закріплення деталі.....	39
3.11 Розрахунок маси розпилювального пристрою.....	40
3.12 Розрахунок та вибір виконавчих механізмів установки для автоматизованого відновлення деталі.....	42
3.13 Горизонтальне та вертикальне переміщення розпилювального пристрою.....	43
	45

	7
3.14 Висновки до третього розділу.....	47
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	48
4.1 Аналіз комерційного потенціалу розробки .....	48
4.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи...	50
4.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.....	57
4.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та період їх окупності.....	59
4.5 Висновки до розділу.....	63
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	64
5.1 Аналіз умов праці.....	64
5.2 Виробниче освітлення .....	67
5.3 Виробничий шум.....	68
5.4 Виробничі вібрації.....	69
5.5 Організаційно-техічне рішення щодо забезпечення безпечної роботи.....	70
5.6 Безпека у надзвичайних ситуаціях.....	72
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	78
ДОДАТКИ.....	81
ДОДАТОК А – Технічне завдання.....	81
ДОДАТОК Б – Мршрутні карти.....	87
ДОДАТОК В– Креслення.....	96

## ВСТУП

**Актуальність проблеми.** Актуальною проблемою машинобудування є підвищення довговічності, надійності та працездатності деталей машин та механізмів, економне використання матеріалів та енергоресурсів, а також відновлення зношених поверхонь. Зношені вали редукторів мають значний залишковий ресурс. Якщо розглядати умови експлуатації валів у складі механізмів то ми бачимо, що з підвищенням робочих швидкостей, тиску, температур, агресивності середовищ, посилюванням умов, характерних для роботи сучасного виробництва, збільшується й інтенсивність зношування, корозії й інших видів пошкодження поверхні металу вала і деталей, що контактують із зношуючими середовищами.

Основні дефекти, які виникають при експлуатації таких валів є: знос посадкових шийок під підшипники та шестерні і шпонкових пазів, через які передається крутний момент.

Оптимізація процесів відновлення робочих поверхонь валів в наш час є актуальною темою. Пояснюється це відносно великою економічною ефективністю відновлення зношеної деталі порівняно із виготовленням нової. Існування пакетів прикладних програм за якими можна моделювати дію тих або інших параметрів технологічного процесу, досліджувати розподіл температурних полів при відновленні і як результат корегувати взаємодію цих параметрів.

**Метою роботи** є удосконалення технології відновлення валу 322-03-09 редуктора електродуговим напиленням шляхом керування технологічними параметрами на всіх етапах процесу відновлення, у тому числі із урахуванням відновлення шпонкових пазів валу та вдосконаленням конструкції обладнання для напилювання.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити наступні основні **задачі дослідження**:

1. Обґрунтувати вибір електродугового напилювання в якості оптимального методу відновлення працездатності валу 322-03-09 редуктора і на основі аналітичного огляду показати ефективність його використання при ремонті.
2. Вивчення можливості застосування механічної обробки металевими щітками поверхні деталі під час нанесення газополум'яного покриття та процесі формування поверхневого шару.



3. На основі аналізу різних груп конструкції шпонкових пазів встановити температурні поля, що виникають під час завершальної стадії їх заплавлення.

4. Дослідити вплив розповсюдження температурного поля, яке утворюється в результаті заварювання шпонкового паза на моделі із застосуванням кінцево-елементного аналізу.

**Об'єкт дослідження** – процеси утворення структури поверхневих шарів під впливом деформаційного зміцнення.

**Предмет дослідження** – механізм утворення структури поверхневих шарів під впливом механічної обробки металічною щіткою поверхні деталі під час нанесення покриття.

**Методи дослідження.**

Експериментальні дослідження виконані на вимірювальних і моделюючих установках у лабораторних умовах кафедри ГМ. Мікроструктурні дослідження проведені за допомогою мікроскопа МІМ-8 з камерою для фотографування та подальшого їх аналізу для визначення глибини, товщини та оцінки параметрів структури утвореного покриття, діаметричні дослідження для визначення твердості. Математичне оброблення результатів дослідження виконувалось з використанням існуючого прикладного програмного забезпечення.

**Наукова новизна.** При виконанні магістерської кваліфікаційної роботи отримані результати, які мають наукову новизну, а саме:

1. Обґрунтовано вибір методу електродугового напилювання для відновлення працездатності валу 322-03-09 редуктора
2. Встановлена доцільність застосування механічної обробки металевими щітками поверхні деталі під час нанесення газополум'яного покриття та формування поверхневого шару.
3. Досліджено вплив температурного поля, яке утворюється в результаті заварювання шпонкового паза на моделі із застосуванням кінцево-елементного аналізу.

**Практичне значення** отриманих результатів полягає у:

1. Розробці технологічний процесу відновлення з використанням електродугового напилювання, який забезпечує відновлення експлуатаційних характеристик робочих поверхонь валу.

2. Модернізовано елетрометалізатор, призначений для транспортування розплавлених частинок матеріалу під час металізації поверхні валу.

3. Розроблена установка з числовим програмним керуванням на базі вузлів компанії «Festo» для відновлення поверхонь деталей типу «вал»

4. Спроектовано робоче місце для реалізації технологічного процесу відновлення деталі.

**Особистий внесок здобувача.** В даній роботі використано результати досліджень, які одержано автором самостійно. Мета і задачі роботи, обговорення результатів досліджень виконані спільно з керівником.

#### **Апробація результатів наукової роботи.**

Основні положення та результати наукової роботи доповідалися й обговорювалися на XLIX Науково-технічної конференції факультету машинобудування та транспорту 2020 року та Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «МОЛОДЬ В НАУЦІ: ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВИ (МН-2021)».

#### **Публікації.**

1. Савуляк В.І. Відновлення шпонкових пазів на валах редукторів. [Електронний ресурс] / В.І. Савуляк, В.П. Закордонець // Матеріали тез доповідей КОНФЕРЕНЦІЇ ВНТУ електронні наукові видання, XLIX Науково-технічна конференція факультету машинобудування та транспорту (2020)

<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2020/paper/view/9487/7768>

2. Закордонець В.П. Формування структури покриттів отриманих суміщенням напилювання та механічної (щіткової) обробки. [Електронний ресурс] / Закордонець В.П., Шиліна О. П. // Матеріали тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «МОЛОДЬ В НАУЦІ: ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВИ (МН-2021)»

## 1 СУЧАСНИЙ СТАН НАУКОВОЇ ПРОБЛЕМИ І ШЛЯХИ ЇЇ ВИРШЕННЯ

### 1.1 Відновлення шпонкових пазів на валах редукторів.

Для відновлення функціональної здатності вала з пошкодженим шпонковим пазом застосовують технічний прийом, який полягає у нарізанні нових шпонкових пазів і перший варіант вироблений паз залишають, в другому варіанті – вироблений паз заплавляють і новий нарізають з протилежного боку. Якщо старий паз залишається, то міцність та втомна витривалість вала значно зменшуються, так як з'являються два концентратора напружень на перерізі шийки. Можливим варіантом вирішення проблеми є усунення зайвого концентратора напружень – заплавлення, запаювання, або зарощування напилюванням дефектного паза [3, 20]. Обмеженням щодо використання відповідної операції є поява суттєвих теплових явищ здатних викликати жолоблення вала. При заплавленні паза електродуговим способом виникає температура зварювальної ванни, яка перевищує 1500 °С, що призводить до жолоблення та зміни структури. Прийнятним варіантом з цієї точки зору може бути використання різноманітних способів напилювання пошкоджених пазів, або їх запаювання.

Проаналізуємо раціональні способи відновлення шпонкових пазів.

1. Відновлення методом плазмового напилювання. Перед напилюванням поверхню деталі піддають піскоструминній обробці, бажано безпосередньо перед процесом нанесення покриття. Під час обробки абразивом, окрім створення шорсткої поверхні, руйнується плівка адсорбованого повітря і оксидів, яка перешкоджає адгезії між напилювальними частками і поверхнею деталі. Перед напилюванням основного покриття часто напилюють підшар, що збільшує собівартість процесу. Недоліком плазмового напилювання є його відносно мала продуктивність та висока енергоємність [10].

2. Електродугова металізація. Сутність процесу полягає в тому, що метал, який напилюється, розплавляється електричною дугою, розпилюється на частки 10–100 мкм і переноситься на відновлювану поверхню струменем газу (рис. 1.1).

Електрична дуга збуджується між двома електродними дротами 5, які взаємно ізольовані і рівномірно подаються роликівими механізмами 4 із швидкістю 0,6–1,5 м/хв. через напрямні наконечники 2. Якщо дроти

виготовлені з різних матеріалів, то матеріал покриття є їх сплавом. Відстань від сопла до деталі складає 80–100 мм.

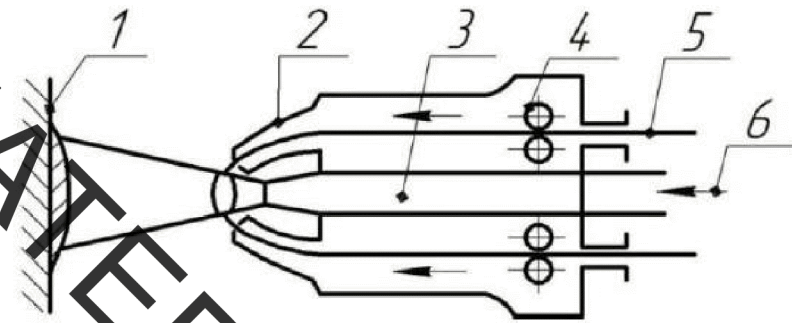


Рисунок 1.1 – Схема електродугової металізації: 1 – поверхня, що напилюється; 2 – напрямні наконечники; 3 – повітряне сопло; 4 – ролики подачі; 5 – дріт; 6 – газ (повітря)

Одночасно по повітряному соплу 3 в зону дуги поступає стисле повітря або інертний газ під тиском 0,4–0,6 МПа, який розпилює розплавлений метал і переносить його на поверхню деталі 1 [5, 17].

Живлення дуги може здійснюватися змінним або постійним струмом. Серед недоліків процесу відмічені такі: перегрів, окиснення і вигорання легуючих елементів матеріалу, що напилюється, недостатня міцність зчеплення [1]. Порівняння плазмового напилення та електродугової металізації показує, що за критеріями собівартості та продуктивності переваги має електродугова металізація.

Велика швидкість руху часток металу (120–300 м/с) і незначний час польоту, що обчислюється тисячними частками секунди, обумовлюють у момент удару об деталь їх пластичну деформацію, заповнення частками пор поверхні деталі, зчеплення часток між собою і з деталлю, внаслідок чого на ній утворюється суцільне покриття. Послідовним нашаруванням часток металу можна отримати покриття завтовшки більше 10 мм (звичайні 1,0–1,5 мм для тугоплавких і 2,5–3,0 мм для легкоплавких матеріалів). На рис. 1.2 показана схема утворення електродугового покриття осадженням крапель розплавленого металу, що летять.

Для того, щоб вибрати найбільш вигідний режим електродугового напилення для досягнення максимальної якості та ресурсу відновлюваних поверхонь необхідно знати фізико-хімічні процеси, які проходять при утворенні металевих частинок і нанесенні їх на поверхню деталей. Будова покриття на

відновлюваній поверхні характеризується наявністю кордонів між частками напильованого матеріалу покриття, шарами, а також наявністю поверхні розділу між відновлюваною поверхнею деталі і покриттям [17].

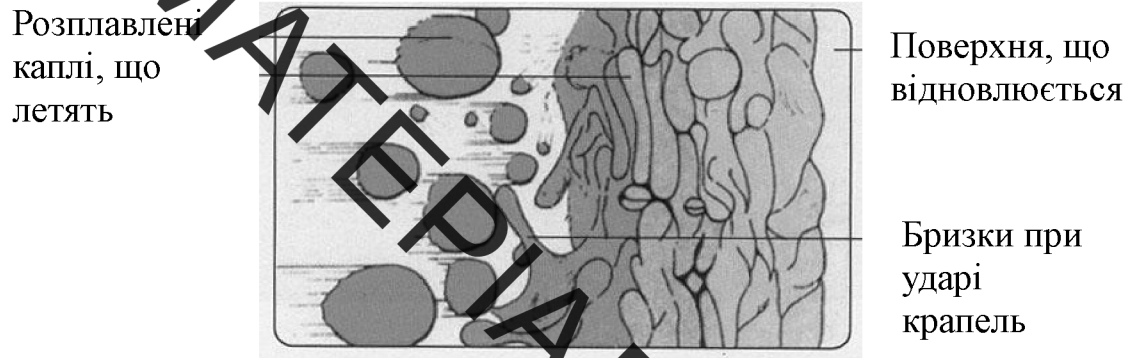


Рисунок 1.2 – Схема утворення електродугового покриття осадженням крапель розплавленого металу, що летять

За рахунок взаємодії частинок з навколишнім середовищем вміст кисню в покритті майже на два порядки вище його змісту у вихідному матеріалі. Цим обумовлюється наявність тонкого шару окислів на кордонах між частинками. Утворення кордонів між шарами відрізняється більш тривалим контактом з атмосферою. Товщина нанесеного за один прохід шару може досягати 50...100 мкм. Сприятливі умови для адсорбції газів, поява мікропорожнеч (пор) і осідання пилоподібних фракцій істотно погіршують властивості міжшарової зони покриття [ 17].

## 1.2 Особливості формування та структури покриттів отриманих суміщенням напилювання та механічної (щіткової) обробки

Одним з перспективних способів відновлення і зміцнення деталей машин є нанесення газотермічних покриттів, і, в першу чергу покриттів, нанесених газополум'яним та електродуговим способами, до переваг яких слід віднести простоту і дешевизну застосовуваного устаткування. Фахівці вважають газополум'яне та електродугове напилювання перспективними методами зміцнення і відновлення деталей, який дозволяє продовжити термін їх служби в 2...20 разів (в залежності від призначення деталі) [16].

Однак якісні параметри газополум'яних покриттів не завжди відповідають підвищеним вимогам, що пред'являються до експлуатаційних характеристик деталей машин, які працюють в умовах інтенсивних навантажень. Широкому застосуванню газополум'яного напилення покриттів перешкоджає низька адгезійно-когезійна міцність напилених покриттів і їх висока пористість.

Дослідження газополум'яного напилення спрямовані на раціональне активування процесу нанесення покриттів шляхом інтегрування його з іншими технологіями. Інтегрування декількох операцій в одну комплексну, виконувану на спеціальній установці або машині, нерідко дозволяють усунути недоліки, властиві традиційними технологіями нанесення відновних покриттів. Суміщення виробничих операцій може здійснюватися одночасно в часі і просторі. На підставі вище сказаного поставлено завдання розробки способу нанесення покриттів, що дозволяє при мінімальних додаткових витратах забезпечити підвищення міцності зчеплення напилених покриттів і зниження його пористості. Аналіз методів підвищення якості напилених покриттів показав наступні тенденції розробки інтегрованого способу газополум'яного напилювання [22, 25]:

- зниження собівартості при високій якості нанесених покриттів;
- поєднання з технологіями, що не вносять істотних змін у процес напилювання.

Таким видом зміцнення може стати спосіб формування зносостійкої поверхні деталі, в основі якого прийнято суміщення газополум'яного напилення з механічною обробкою металевою обертовою щіткою.

Щіткова обробка як один із найбільш технологічних способів механічного впливу [17] застосовується також для підготовки поверхні деталі

перед напилюванням для очищення від забруднень і створення необхідної шорсткості, активації поверхні основи [18]. Така інтегрована технологія дозволяє підвищити адгезійну і когезійну міцність покриття, завдяки пошаровій релаксації напружень за рахунок мікропластичної деформації шарів, що наносяться [19], а також активації поверхні основи безпосередньо перед напиленням. Дане припущення узгоджується з літературними даними - взаємодія матеріалів у твердій фазі активується не тільки температурою, але і тиском [ 21].

### 1.3 Висновки та постановка задач досліджень.

Проведений аналіз методів підвищення якості напилених покриттів дозволяє визначити наступні тенденції розробки інтегрованих способів: електродугового та газополуменевого напилювання:

- зниження собівартості при високій якості та довговічності нанесених покриттів;
- поєднання з технологіями, що не вносять істотних змін у процес напилювання.

**Метою роботи** є удосконалення технології відновлення валу 322-03-09 редуктора електродуговим напиленням шляхом керування технологічними параметрами на всіх етапах процесу відновлення, у тому числі із урахуванням відновлення шпонкових пазів валу та вдосконалення конструкції обладнання для напилювання.

#### **Задачі дослідження:**

1. Обґрунтувати вибір електродугового напилювання в якості оптимального методу відновлення працездатності валу 322-03-09 редуктора і на основі аналітичного огляду показати ефективність його використання при ремонті.
2. Вивчення можливості застосування механічної обробки щітковим інструментом поверхні деталі під час нанесення газополум'яного покриття та в процесі формування поверхневого шару.
3. Дослідити вплив розповсюдження температурного поля, яке утворюється в процесі відновлення шпонкових пазів.

4. Розробити технологічний процес відновлення з використанням електродугового напилювання, який забезпечує відновлення експлуатаційних характеристик робочих поверхонь валу.
5. Спроекувати устаткування з числовим програмним керуванням;
6. Розробити робоче місце для реалізації технологічного процесу відновлення деталі.



## 2 ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРАВЛЕНІ НА ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ВАЛУ 322-03-09

### 2.1 Матеріали та методика досліджень

За основу була обрана сталь 40X стандартного складу.

Нанесення покриття на зразки здійснювалось електродуговим напилюванням. Електродуговим напилюванням, при постійному струмі зворотньої полярності, наносили шар металу на поверхні зразків електродним дротом Нп - 40X2Г2М ГОСТ 10543-98, діаметром  $d=3$  мм.

Хімічний склад електродів наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад наплавочного дроту за ГОСТ 10543-98

Марка дроту	C, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Ni, %	Mo, %	S, %	P, %
Нп-40X2Г2М	0,35–0,43	1,8–2,3	0,4–0,7	1,8–2,3	0,40	0,8–1,12	0,035	0,035

Експерименти також виконувались при газополуменевому напилюванні зразків зі сталі 40X діаметром 70 мм порошком ПГ-10Н-04, з одночасним механічним ущільненням – обробкою металевою шліфою.

Металографічні дослідження структури напиленого металу здійснювалось на травлених шліфах із використанням мікроскопа ММ-8, а також на растровому мікроскопі РЕМ-200 при збільшенні в 500 і 5000 разів.

### 2.2 Визначення запасу міцності при відновленні шпонкових пазів

При наплавленні деталей внаслідок нерівномірне та нестационарне нагрівання утворюються залишкові деформації, напруження і переміщення внаслідок розвитку складних термдеформаційних процесів та утворення нерівномірно розподілених у матеріалі залишкових деформацій.

Залишковий напружено-деформований стан у відновлених деталях загалом негативно впливає на їх експлуатаційні та технологічні показники. Зокрема, залишкові напруження можуть впливати на міцність деталі, а також змінювати геометричні розміри і форму деталі [18, 21]. Вивчення впливу залишкових напружень на крихке руйнування відновлених деталей є великою науково-технічною проблемою, яка має важливе

народногосподарське значення і якою займаються видатні вчені багатьох країн світу впродовж останніх десятиліть [27].

Дефектуванням вала редуктора встановлено, що однією з причин є втрати його службових характеристик та механічні пошкодження шпонкових пазів. Визначення запасу міцності валу при відновленні шпонкових пазів електродуговими методами є актуальним з точки зору його подальшої працездатності.

Можливі наступні негативні аспекти впливу залишкових напружень при заплавленні шпонкових пазів на валах:

- залишкові напруження можуть підсумовуватись з напруженнями від зовнішніх навантажень на деталь і змінювати зовнішнє навантаження, яке може спричинити руйнування деталі;

- об'ємний напружений стан може підсилюватись в окремих об'ємах металу деталі залишковими напруженнями, що ускладнює можливість пластичного деформування металу та сприятиме переходу його до крихкого стану, що знову ж таке призводить до передчасного руйнування;

- характер розподілу в різних перерізах деталі складний, тому залишкові напруження сприяють передчасному руйнуванню валів.

При дослідженні деформацій та температурних полів під час заварювання шпонкових пазів використали програмне забезпечення «Компас-3Д» з використанням додатку «Аналіз на Міцність» із застосуванням кінцево-елементного аналізу.

Проводили аналіз валів зі шпонковими пазами, де були встановлені шпонки та без них. На рисунку 2.1 показані перерізи валів та розраховані їх центри ваги. Розрахунок показав, що у випадку, коли вал має один шпонковий паз без шпонки, центр мас перерізу зміщується відносно центра ваги перерізу ліворуч від пазу на 0,81 мм. Якщо вал має дві шпонки – центр мас не змінний.

У випадку коли шпонки вставлені у пази (приймаємо їх як суцільний матеріал) центр мас зміщується відносно шпонки на 0,65 мм (для вала з одною шпонкою). При наявності двох шпонок (друга як вставка, і в два рази менша за висотою від прийнятої), зміщення убік повноцінної шпонки складає 0,78 мм.

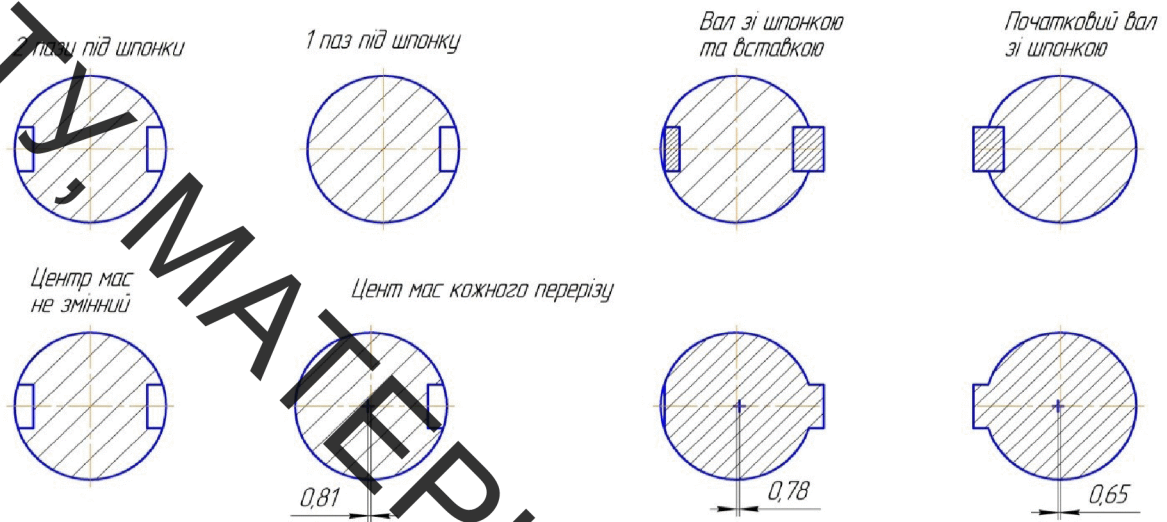


Рисунок 2.1 – Перерізи валів зі шпонками та без шпонок

Теоретичні розрахунки показали, що зміщення центра ваги перерізу вала коливається в межах  $0,61...0,81$  мм, що не впливає на наявність незаплавленого пазу і тому при виконанні ремонтних робіт на валах зі шпонкою заварювати вироблений паз не доцільно. Тим самим відсутній вплив температури, що виключає жолоблення вала, не змінюється структура металу.

В програмі «Компас-3Д» накреслили 3-D модель вала, зафіксували його так, як він фіксується у пристосуванні при відновленні. Під час розробки математичної моделі кінцево-елементного аналізу було змодельовано заварювання шпонкового пазу в середовищі  $CO_2$  при температурі до  $3000^{\circ}C$ . Отримали модель показану на рисунку 2.2.

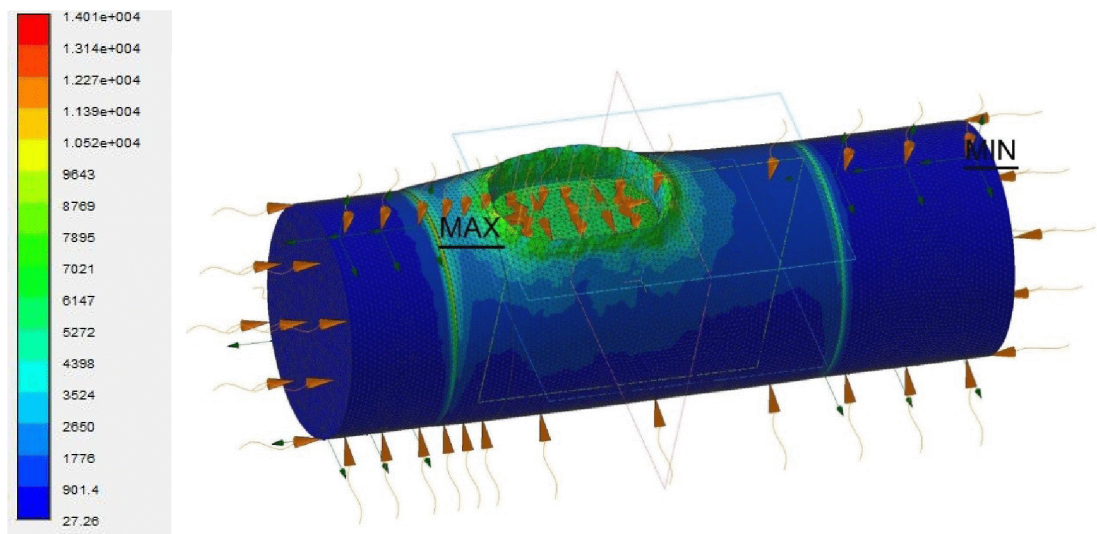


Рисунок 2.2 – Напруження, що виникають під час заплавлення шпонкового пазу

Показані на моделі напруження, деформують і призводять до жолоблення деталі. Максимальні напруження виникають безпосередньо в зоні шпонкового пазу і становлять 14,0 ГПа.

На рисунку 2.3 показані деформації, які після охолодження частково залишаються, а поверхня деталі в зоні паза змінює свої початкові розміри та властивості.

На моделі показані переміщення, під час наплавлення, вал зафіксовано, в зоні паза змінюється діаметр та його форма. Діаметр валу збільшився на 0,66 мм, і сильно zdeформувався в області паза.

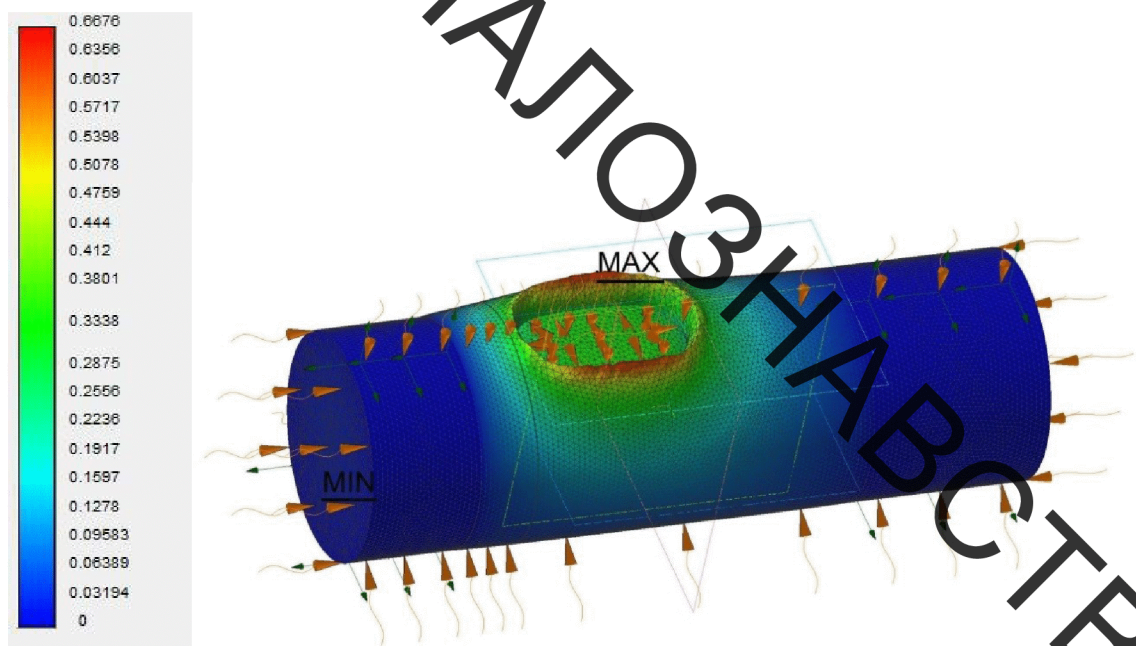


Рисунок 2.3 – Деформації, що виникають під час заварювання шпонкового пазу

На рисунку 2.4 показано переріз валу, при дії на паз температури 3000°C. На моделі показано, що тепло розповсюджується в середину валу, і в результаті виникають напруження при температурі 375°C. При досягненні температури 600°C, напруження дорівнюють 0. На деталь починає діяти тиск дуги, внаслідок якої під час заварювання шпонкового пазу виникають великі деформації, що призводять до жолоблення валу під дією температури та відбуваються структурні перетворення матеріалу, що потребує подальшої термічної обробки. В таких випадках не доцільно заварювати вироблений паз.

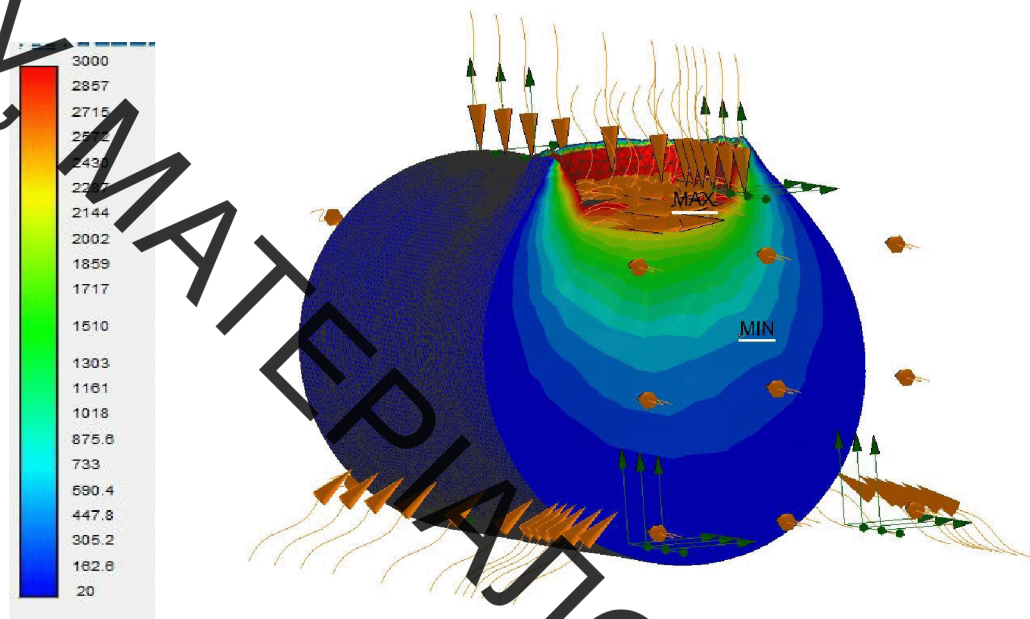


Рисунок 2.4 – Розподілення температури під час заплавлення шпонкового пазу

### 2.3 Дослідження впливу механічної обробки на структуроутворення та якість напилених шарів

Метою досліджень є вивчення можливості застосування механічної обробки металевими щітками поверхні деталі під час нанесення газополум'яного покриття в процесі формування поверхневого шару.

Пропонується в процесі газополуменевого порошкового напилювання виконувати механічну обробку спеціальною металевою щіткою.

Зміцнення деталей за допомогою інтегрування двох прогресивних технологічних процесів вельми складна внаслідок відмінності їхнього характеру [1, 2, 3]. Тому, навіть часткове вирішення цієї задачі на основі аналізу та дослідження основних закономірностей формування властивостей напилених поверхонь, дозволить ефективно управляти якістю зміцнених деталей.

Експерименти виконувались при газополуменовому напилюванні зразків зі сталі 40Х діаметром 70 мм порошком ПГ-10Н-04, з одночасною механічною обробкою металевою щіткою.

Технологічні параметри щіткової обробки (швидкість обертання щітки 2100 об / хв; діаметр 0,8 мм і довжина голок 40 мм при щільності розташування голок – 32 шт/см<sup>2</sup>) забезпечують збільшення міцності зчеплення покриття з основою з 18 ... 20 МПа при традиційному способі напилення до 26,5 ... 28 МПа – при інтегрованому напилюванні [2]. Визначено, що застосування щіткової обробки при газополум'яному напилюванні дозволяє в середньому на 22% збільшити міцність зчеплення покриття з основою.

Газополум'яне покриття утворюється з окремих розплавлених або близьких до цього стану частинок, які з високою швидкістю (40...50 м\*с<sup>-1</sup>) соударяються і нашаровуються на поверхню основи (причому в процесі напилення температура основи підвищувалася від кімнатної – 20 °С до 150°С). Покриття являє собою шарувату структуру утворену деформованими плоскими частинками. Під час руху напилюваних частинок у високотемпературному газовому струмені їх поверхні окислюються. В результаті кожна частинка покривається плівкою оксидів, яка залишається на кордонах частинок в покритті і перешкоджає їх сплавленню. При першому зіткненні частинок напилюваного матеріалу з основою у поверхневому шарі виникає різкий градієнт температур, який зумовлює велику швидкість кристалізації несформованого покриття і відбувається явище переохолодження, що веде до утворення великої кількості центрів кристалізації [5].

На рис. 2.5а в структурі покриття напиленого порошком ПГ-10Н-04, газополум'яним способом за традиційною технологією, видно численні порожнечі (пори), особливо на кордоні покриття з основою і недеформовані частинки напиляного матеріалу. Кількісний мікроаналіз показав, що пори мають округлу форму розміром від 10 до 40 мкм, залишкова пористість покриття складає 16...18%. Зчеплення покриття з основним металом недостатнє, що обумовлено досить високою пористістю шару поблизу основи. При аналізі покриття, нанесеного із застосуванням щіткової обробки на різних режимах, мікроструктура основи металу не змінюється. Поверхня розділу «покриття – металева основа» характеризується відсутністю скупчення пор (рис. 2.5, б).

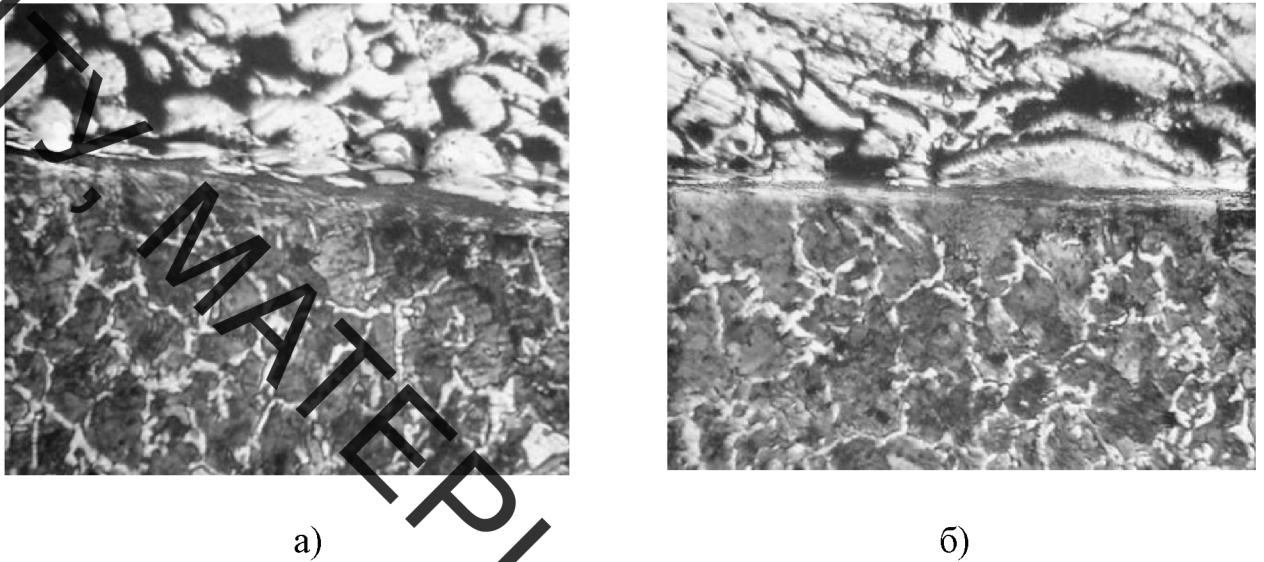
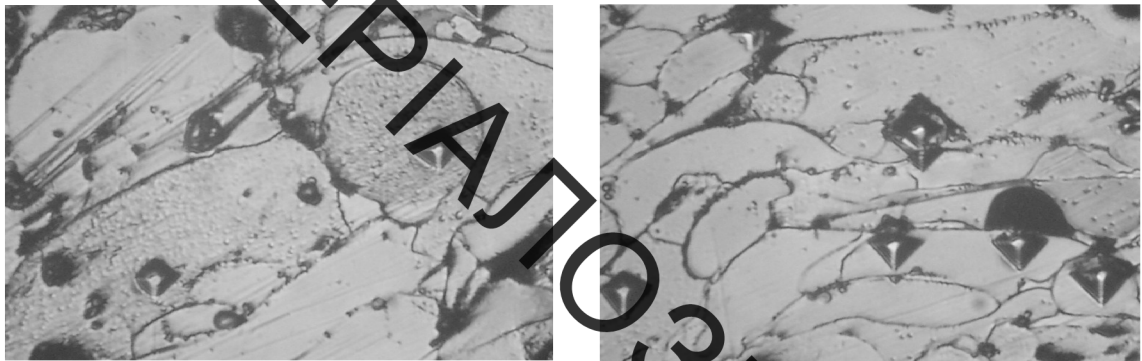


Рисунок 2.5 – Структура напилених покриттів з сплаву ПГ-10Н-04 на сталі 40Х (х130) без щіткової обробки (а) та з щітковою обробкою (б) в процесі напилення ( $n_2=2100$  об/мин)

Щіткова обробка, згідно з даними досліджень, очищає поверхню від забруднень і створює розгорнутий мікропрофіль з необхідною шорсткістю, руйнує окисну плівку, що утворюється на поверхні основного металу [10,12]. При цьому дрібні частинки окислів відіграють роль додаткових центрів кристалізації, в результаті чого формується перехідний шар, який має дрібнозернисту будову, що обумовлено надшвидкою кристалізацією, яка призводить до утворення великої кількості крайових дефектів біля зерен - вакансій і дислокацій. Отримана шорсткість поверхні  $Ra\ 10...12\ \mu\text{м}$  при застосуванні щіткової обробки забезпечує збільшення площі контакту основи з напилюваним покриттям і, як наслідок, підвищення адгезії поверхні основи і покриття за рахунок зростання механічної взаємодії.

Зразки, напилені за такою технологією (рис. 2.6), відрізняються більш дрібнозернистою будовою. Структура утворених покриттів представлена більш протяжними ламелями і більше впорядкована. Умови кристалізації наступних шарів покриття значно відрізняються від умов кристалізації перехідного шару: практично відсутні переохолодження, зменшується температурний градієнт. Тому слід було очікувати утворення крупнозернистої структури в покритті за рахунок зменшення швидкості кристалізації. Застосування ж щіткової обробки в процесі формування напилюваних шарів покриття забезпечує збільшення кількості центрів

кристалізації за рахунок руйнування окисних плівок на кордонах частинок в шарах покриття і порушують цілісність структури покриття, тому зерна в покритті утворюються дрібніші. Металографічні дослідження показали, що в результаті мікропластичного впливу щіткової обробки, щільність напилених покриттів помітно підвищилася, залишкова пористість склала 8...10%, причому пори приймають витягнуту форму і зменшуються до розміру 5 ... 15 мкм, тобто можна сказати відбувається так зване «заліковування» пор.



а)

б)

Рисунок 2.6 – Мікроструктура покриттів, нанесених газополумєневим напленням, поєднаним зі щіткової обробкою (x260)

Мікроструктура напиленого шару являє собою досить м'яку з підвищеною в'язкістю матрицю, в яку вкраплені тверді і зносостійкі карбіди, що забезпечують підвищену міцність і зносостійкість напиленого покриття в умовах граничного тертя і тертя в умовах мащення. Руйнування окисних плівок на окремих частинках, в процесі формування покриття металевою щіткою забезпечує сплавлення металевих частинок і їх з'єднання під дією сил Вандер-Ваальса.

Металографічні дослідження показали, що структурні особливості напилених газополумєневих покриттів, викликані впливом мікропластичної деформації як результату механічної обробки спеціальної металевої щітки.

В результаті мікропластичного впливу щіткової обробки, щільність напилених покриттів помітно підвищилася, залишкова пористість склала 8...10%, відбувається так зване «заліковування» пор.

Напилений шар являє собою досить м'яку з підвищеною в'язкістю матрицю, в яку вкраплені тверді і зносостійкі карбіди, що забезпечують



зносостійкість напиленого покриття в умовах граничного тертя і тертя в умовах мащення.

#### 2.4 Проектування розпилювального пристрою

При дуговій металізації утворення потоку розпилюваних частинок відбувається за рахунок плавлення розпилюваного матеріалу високоамперною дугою і його диспергування швидкісним потоком газу. З приведеної на рис. 1.4 – схеми електродугової металізації видно, що горіння дуги відбувається в специфічних умовах. Площа активних плям на електродах обмежена невеликими діаметрами використовуваних для розпилення дротів. Горіння дуги відбувається в умовах впливу могутнього швидкісного потоку газу [16]. Це обумовлює стиск (контрагування) стовпа дуги. Іншою особливістю горіння дуги є мінливість її довжини. Принципово можливі дві схеми горіння дуги: без коротких замикань і з періодичними короткими замиканнями. Характер горіння дуги визначається, насамперед, родом струму і режимом процесу. При живленні дуги змінним струмом коротких замикань не відбувається. Застосування джерел постійного струму дає можливість ведення процесу як з короткими замиканнями, так і без них. Однак і в цьому випадку в горінні дуги простежується циклічність.

Теплота, що виділяється в активних плямах, практично цілком витрачається на плавлення електродного дроту. Значна частина теплоти стовпа дуги витрачається на нагрівання розпилюваного газу.

В роботі [17] показано, що найбільш ефективним пристроєм для відновлення є електродуговий металізатор.

При подаванні обох дротів (рисунок 2.6), між кінцями яких збуджується дуга, відбувається розплавлення матеріалу дротів. Розплавлений матеріал підхоплюється струменем надзвукового високотемпературного газополум'яного потоку, що витікає з центрального сопла пальника, диспергується із високою швидкістю переноситься в захисному середовищі надзвукового потоку продуктів згоряння вуглеводнів з повітрям на поверхню основного металу у вигляді покриття. Оскільки транспортування розплавлених частинок матеріалу здійснюється з великою швидкістю у високо температурному надзвуковому потоці полум'я продуктів згоряння, що володіє захисними властивостями, то покриття одержується з мінімально окислених часток з підвищеними когезійними та адгезійними властивостями.

Металізатор складається з надзвукового газополум'яного пальника, в корпусі якого, що містить плоску задню стінку 1, циліндричну обичайку 2, конусоподібна звужена кришка 3, і центральний сопловий отвір (канал) 4, формується надзвуковий газополум'яний потік продуктів згоряння вуглеводнів з повітрям. В задній стінці 1, співвісно з вказаним сопловим каналом, розташований водоохолоджуваний струмопідвідний наконечник 5, з осьовим каналом для подання одного з витратних електродів 12, (центрального) в зону розпилювання. На кришці 3 встановлений другий (бічний) струмопідвідний наконечник 6, з осьовим каналом для подавання другого (бічного) витратного електрода 12 в зону плавлення. Геометрична вісь каналу наконечника 6 нахилена до геометричної вісі соплового каналу і

Рисунок 2.6 – Електродуговий металізатор

каналу в наконечнику 5 під кутом 20-80°. Пальник і струмопідвідної наконечник охолоджується водою, що надходить та виходить крізь канали 7 та 7а. Пальна газова суміш надходить крізь канал 8 і перфоровану стінку 9, яка виготовлена з кераміки, в порожнину газополум'яного пальника,

утворену задньою стінкою 1, циліндричною обичайкою 2 і конусоподібна звужуючоюся кришкою 3, де підпалбється за бопомогою свічки 10. Одержана, розширена восокотемпературна суміш продуктів згоряння з повітрям надходить в центральний сопловий канал 4, геометричні розміри якого забезпечують формування надзвукового витоку цього потоку в оточуюче середовище та сприяють утворенню високоякісного покриття.

## 2.5 Висновки до другого розділу

1. Проведено аналіз методів підвищення якості напилених покриттів, що дозволив визначити наступні тенденції розробки інтегрованих способів електродугового та газополуменевого напилювання: зниження собівартості при високій якості та довговічності нанесених покриттів; поєднання з технологіями, що не вносять істотних змін у процес напилювання, але в тойже час значно підвищують якість покриття.

2. Показано вплив температурних напружень на вал в результаті заварювання шпонкового паза на моделі із застосуванням кінцево-елементного аналізу. Під дією температури виникають деформації, які призводять до жолоблення валу та в поверхневих шарах деталі відбуваються структурні перетворення.

3. Металографічні дослідження показали, що в результаті мікропластичного впливу щіткової обробки, щільність напилених покриттів помітно підвищилася, залишкова пористість склала 8...10%, відбувається так зване «заліковування» пор.

4. Мікроструктура напиленого шару, що зазнала впливу обробки металевими щітками, являє собою досить м'яку з підвищеною в'язкістю матрицю, в яку вкраплені тверді і зносостійкі карбіди, що забезпечують зносостійкість напиленого покриття в умовах граничного тертя і тертя в умовах мащення.

5. Модернізований елетрометалізатор призначено для транспортування розплавлених частинок матеріалу. Розплавлені частинки рухаються з великою швидкістю у високотемпературному надзвуковому потоці полум'я продуктів згоряння, який володіє захисними властивостями, в результаті утворюються покриття з мінімально окислених часток з підвищеними когезійними та адгезійними властивостями.

### 3 РОЗРОБКА ТА ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ПОВЕРХОНЬ ВАЛУ

#### 3.1 Аналіз службового призначення циліндричного редуктора транспортера, вимоги до деталі, що відновлюється та її поверхонь

Вал 322-03-09 є складовою частиною редуктора.

Аналіз робочого креслення показав, що найбільш точними поверхнями є зовнішні циліндричні поверхні  $\varnothing 74k6^{(+0,021)}_{(+0,002)}$  та  $\varnothing 80k6^{(+0,021)}_{(+0,002)}$ , що використовуються для правильної орієнтації деталі у вузлі, а саме місце під посадку підшипників. Шестерні на валу встановлюють на шпонках.

Таким чином, поверхні  $\varnothing 74k6^{(+0,021)}_{(+0,002)}$  та  $\varnothing 80k6^{(+0,021)}_{(+0,002)}$  – це основні конструкторські бази; праві та ліві шийки діаметром  $\varnothing 66$ , шпонкові пази  $16h9_{(-0,043)}$  довжиною 36 мм., а також 2 фаски  $2 \times 45^\circ$  – вільні поверхні.

Габаритні розміри і 700x90x90 мм. Конструкція показана на рис. 3.1



Рисунок 3.1 Робоче креслення

Також розміри деталі, які вказані на кресленні можуть бути проконтрольовані безпосередньо, перешкод для контролю не існує.

Можливе суміщення технологічних і вимірювальних баз при виконанні розмірів, що мають вказані допустимі відхилення. Спеціальних вимог немає і тому додаткові операції не потрібні. Дана деталь має масу 4,5 кг і штамуються на кривошипних пресах.

Вал виготовлено із сталі 40Х ГОСТ4543-71 ( табл. 3.1 та рис 3.2)

Таблиця 3.1 Хімічний склад сталі 40Х у відсотках за ГОСТ 4543-71

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	N	Fe
0,36- 0,44	0,17- 0,37	0,50- 0,80	до 0,30	до 0,035	до 0,035	0,80- 1,10	до 0,30	до 0,08	≈96

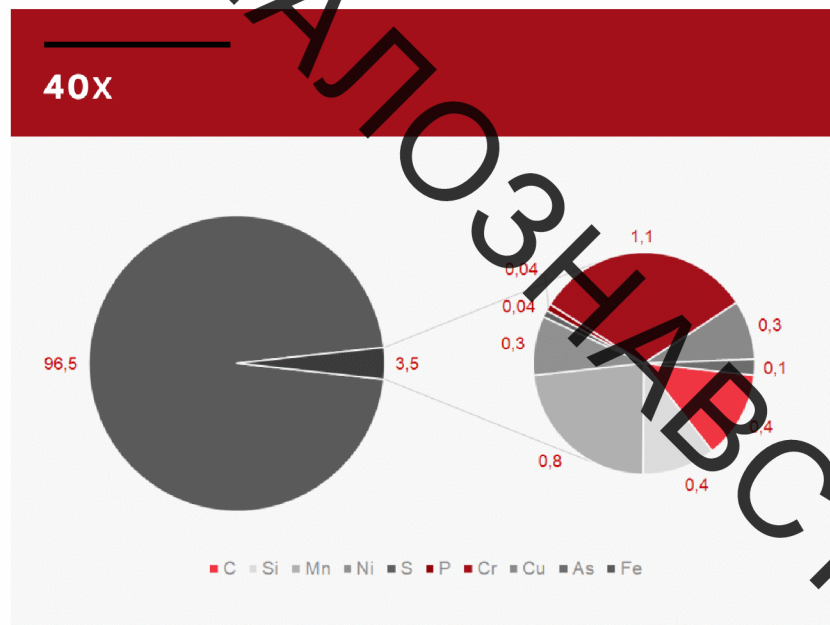


Рисунок 3.2 – Графічний розподіл хімічного складу сталі 40Х

Низьколегована сталь 40Х характеризується високою механічною міцністю і досить доброю стійкістю до корозії. При порушенні технології обробки різанням і механічним інструментальним оснащенням може проявляти схильність до утворення тріщин. У термообробленому стані демонструє високу зносостійкість й твердість поверхні. Помірно чутлива до деформаційного старіння. Є важко зварювальним сплавом. Дуже схильна до відпускнуї крихкості і флокеночутлива. Правильно підібраний режим термічної обробки дозволяє

знизили вміст водню в металі й тим самим мінімізує утворення флокенів.

Таблиця 3.2 – Фізико-механічні властивості нормалізованої сталі 40X за ГОСТ 8479-70

Марка сталі	Товщина а перетину, мм	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_{0.2}$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\Psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ, МПа
40X	до 100	570	315	17	38	39	174... 217
	100... 300	570	315	14	35	34	167... 207

Сталь 40X застосовують в машинобудуванні для виготовлення: зубчастих коліс; футорок й різьбових втулок; фітингів з накатаним різьбленням; гайок, плоских підкладних й сферичних шайб; пінолей, бортштанг, рейкових направляючих; валів, поршнів, піввісей; кілець та кулачків. В табл.3.3 наведені аналоги 40X в міжнародній практиці.

Таблиця 3.3 – Аналоги сталі 40X в міжнародній практиці

Болгарія	37Cr4, 41Cr4 ЄС 37Cr4KD, 41CrS4
КНР	40Cr, 45Cr, ML40Cr
США	5135, 5140H, G51350, H51350
Чехія	14140
Франція	37Cr4, 38C4FF, 41Cr4, 42C4TS
Японія	SCr435, SCr440, SCr440H
Україна	40XH, 45X, 38XA

Кількісний аналіз технологічності конструкції деталі проведено за показниками: коефіцієнт уніфікації, коефіцієнт точності, коефіцієнт шорсткості [4, 13].

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_{ye} = \frac{Q_{ye}}{Q_e} = \frac{28}{37} = 0,757 \quad (3.1)$$

де,  $Q_{ye}$  – кількість уніфікованих елементів;

$Q_e$  – загальна кількість елементів.

Всі розміри деталі наведено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Розміри деталі «Вал»

Лінійні розміри	Діаметральні розміри	Кутові розміри	Шорсткість
700	$\varnothing 74^{(+0,021)}_{(+0,002)}$ *	45° (2пов)*	Ra 0,32 (2 пов)*
190	$\varnothing 76^{(+0,021)}_{(+0,002)}$ *		Rz 0,63 (3 пов)*
130	$\varnothing 80^{(+0,021)}_{(+0,002)}$ (2)*		Rz 25*
70	$\varnothing 85$		
60	$\varnothing 90^{(+0,021)}_{(+0,002)}$ *		
120			
72			
12			
16 (6)*			
8 (6)*			
36 (2)*			
52*			
$\Sigma_{\text{заг.}} = 23$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 6$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 2$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 6$
$\Sigma_{\text{уніф.}} = 15$	$\Sigma_{\text{уніф.}} = 5$	$\Sigma_{\text{уніф.}} = 2$	$\Sigma_{\text{уніф.}} = 6$

Примітка: позначення «\*» мають уніфіковані розміри.

Коефіцієнта точності обробки:

$$K_{\text{т.ч.}} = 1 - \frac{1}{T_{\text{ср}}} = 1 - \frac{1}{11,6} = 0,086 \quad (3.2)$$

де

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{336}{29} = 11,6; \quad (3.3)$$

де  $T_i$  – квалітет точності оброблюваних поверхонь даної деталі;  
 $n_i$  – кількість поверхонь деталі з точністю відповідно за 0...17 квалітетами.

Таблиця 3.5 – Визначення коефіцієнта точності обробки

Квалітет (розміри)	Кількість поверхонь	Розрахунок
6 ( $\varnothing 74^{(+0,021)}_{(+0,002)}$ , $\varnothing 76^{(+0,021)}_{(+0,002)}$ , $\varnothing 80^{(+0,021)}_{(+0,002)}$ , $\varnothing 90^{(+0,021)}_{(+0,002)}$ )	5	6·5=30
14 ( $\varnothing 85$ , 700, 190, 130, 70, 120, 72, 60, 52, 36,	24	14·24=336

16, 8, 12)		
Сума	29	336

Коефіцієнт шорсткості поверхні:

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{ср}} = \frac{1}{6,88} = 0,145; \quad (3.4)$$

$Ш_{ср}$

де  $Ш_{ср}$  – середня шорсткість поверхні, мкм;

$$Ш_{ср} = \frac{\sum ш_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{27,53}{6} = 6,88 \quad (3.5)$$

де  $Ш_i$  – шорсткість оброблюваних поверхонь даної деталі, мкм;

$n_i$  – кількість поверхонь, що мають шорсткість, яка відповідає числовому значенню параметра  $R_a$ , мкм.

Таблиця 3.6 – Коефіцієнт шорсткості поверхні

Шорсткість (розміри)	Кількість поверхонь	Розрахунок
$R_a 0,32 (\varnothing 76^{+0,021}_{+0,002}, \varnothing 80^{+0,021}_{+0,002})$	2	$0,32 \cdot 2 = 0,64$
$R_z 0,63 (\varnothing 74^{+0,021}_{+0,002}, \varnothing 80^{+0,021}_{+0,002}, \varnothing 90^{+0,021}_{+0,002})$	3	$0,63 \cdot 3 = 1,89$
$R_z 25 (\varnothing 85)$	1	$25 \cdot 1 = 25$
Сума	6	27,53

$K_y = 0,757 > 0,6$ ;  $K_t = 0,086 > 0,8$ ;  $K_{ш} = 0,145 < 0,32$ . Отже, деталь за кількісними показниками є технологічною.

### Висновок:

На основі проведеного аналізу можна зробити такий висновок що деталь є технологічною, тому що має додаткові поверхні для виходу різця, що забезпечує швидкісну обробку деталі. Конструкція деталі в цілому технологічна. Деталь має хороші базові поверхні для виконання більшості операцій механічної обробки. Базування деталі виконується на крайніх поверхнях. Вказані на кресленні деталі квалітети точності механічної обробки відповідають параметрам шорсткості. Вони можуть бути забезпеченими на верстатах з числовим програмним керуванням.

### 3.2 Дефектування валу 322-03-09 черв'ячного редуктора

Вал може мати наступні дефекти:



- а) Спрацювання поверхні спряження зовнішніх діаметрів 76, 80 мм з підшипниками ковзання (Деф.5,6).
- б) Спрацювання шпонкового пазу (Деф. 2). Дивись рисунок 1.2
- в) Спрацювання поверхні спряження зовнішнього діаметру 74 мм з шестернею (Деф.1), діаметру 80 мм з шестернею (Деф.3), діаметру 90 мм з шестернею (Деф.4).

Рисунок 3.3 Ремонтне креслення

При дефектуванні виконують наступні операцій [24]:

- 1) Зовнішнім оглядом неозброєним оком (за допомогою лупи, перевіркою на дотик) виявляємо наступні ушкодження: тріщини, забоїни, ризики, обломи, пробоїни;
  - 2) Вимірюємо знос поверхні діаметром 76, 80 мм;
  - 3) Оглядаємо шпонкові пази 16 мм та вимірюємо їх.
  - 4) Вимірюємо знос поверхні діаметром 74, 80,90 мм;
- В табл. 3.7 наведені дефекти валу.

Таблиця 3.7 Дефекти валу 322-03-09

№ п/п	Дефект	Спосіб виявлення дефекту. Вимірювальний інструмент	Розміри, мм	
			За кресленням	Допустимий
1	Спрацювання поверхні валу діаметром 74 мм (Деф.1.)	Штангенциркуль ШЦ І 0-200	$\varnothing 74_{-0,01}$	$\varnothing 73,8$
2	Пошкодження шпонкового пазу шириною $16^{+0,01}$ мм (Деф.2) -6 пазів	Зовнішнім оглядом Штангенциркуль ШЦ І 0-200	$16^{+0,01}$	15,5
3	Спрацювання поверхні валу діаметром 80 мм (Деф.3)	Штангенциркуль ШЦ І 0-200	$\varnothing 80^{(+0,021)_{+0,002}}$	$\varnothing 79,8$
4	Спрацювання поверхні валу діаметром 90 мм (Деф.4)	Штангенциркуль ШЦ І 0-200	$\varnothing 90^{(+0,021)_{+0,002}}$	$\varnothing 79,7$
5	Спрацювання поверхні валу діаметром 76 мм (Деф.5)	Штангенциркуль ШЦ І 0-200	$\varnothing 76^{(+0,021)_{+0,002}}$	$\varnothing 75,8$
6	Спрацювання поверхні валу діаметром 80 мм (Деф.6)	Штангенциркуль ШЦ І 0-200	$\varnothing 80^{(+0,021)_{+0,002}}$	$\varnothing 79,8$

Виробництво великосерійне, знаходимо величину партії запуску за формулою [4, 19]:

$$P_{зап} = \frac{P_B}{P_D} = \frac{1000}{253} \cdot 5 = 30 \text{ [шт]} \quad (3.6)$$

Отже проаналізувавши можливі методи відновлення поверхонь та їхні характеристики, найбільш доцільним методом, який забезпечить найкращі умови відновлення деталі є метод відновлення електродуговим напиленням у захисному газі.

### 3.3 Визначення кількості переходів та операцій відновлення поверхонь валу 322-03-09

Відповідно заданим умовам установлюємо маршрут обробки поверхонь:  $\emptyset 76k6^{(+0,021)}_{(+0,002)}$  та  $\emptyset 80k6^{(+0,021)}_{(+0,002)}$ . Для дефекту Д1 та Д2 діаметр становить  $\emptyset 76k6^{(+0,021)}_{(+0,002)}$  та  $\emptyset 80k6^{(+0,021)}_{(+0,002)}$  і ці дефекти будемо напилювати плазмовим способом. Для плазмового напилювання обираємо граничні допуски [24]:

$$\varepsilon = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}} \quad (3.7)$$

$$\varepsilon = \frac{300}{19} = 15,78$$

Таблиця 3.8 – Варіанти обробки, мкм.

Назва	$\varepsilon$
Чорнова	5...6
Напівчистова	3...4
Чистова	2...2,5
Тонка	1,5...2

$$\sum = 6 \cdot 2,63 = 15,78 \text{ (мкм)}$$

Розрахунки показали, що механічна обробка після напилювання складається з чорнового та чистового шліфування.

Уся зазначена обробка виконується з установкою заготовки в центрах.

### 3.4 Формування маршруту технологічного процесу відновлення вала 322-03-09 редуктора

Технологічний процес відновлення включає в себе такі послідовні операції [19, 22, 24]:

- очищення поверхні під напилювання;
- напилювання;
- механічна обробка;
- контроль нанесеного покриття.

Підготовка поверхні перед електродуговим напилюванням впливає на якість нанесеного покриття. Для очищення вала від бруду, іржі, мастила,

деталь миємо у розчині бензину або в миючих засобах типу “Лобомід – 102” та проводимо піскострумне очищення поверхні під напилювання.

Електродугове напилювання здійснювалось наплавочним дротом Нп - 40Х2Г2М ГОСТ 10543-98. Діаметр дроту 3 мм.

На рисунку 3.4 наведена схема технологічного маршруту відновлення валу.

№ операції	Операційні переходи	Операційні ескізи	Моделі верстатів
005	<p>Наплавлення</p> <p>1. Встановити заготовку, закріпити, зняти заготовку.</p> <p>2. Заплавити шпункові пази 6, 7, 8, врівень</p>		Зварювальний напіл автомат ПС 180.2
010	<p>Токарна</p> <p>1. Встановити заготовку, закріпити, зняти заготовку.</p> <p>2. Точити поверхні 1, 2, 3, 4, 5 до розмірів за ескізом.</p>		Токарно-гвинтарізнний верстат 16К20; Планшайба
015	<p>Напилення</p> <p>1. Встановити заготовку, закріпити зняти заготовку.</p> <p>2. Напилити поверхні 1, 2, 3, 4, 5 до розмірів за ескізом.</p>		Установка для напилення з ЧПК
020	<p>Токарна</p> <p>1. Встановити, закріпити, зняти заготовку.</p> <p>2. Точити поверхню 1, 2, 3, 4, 5 до розмірів за ескізом.</p>		Токарно-гвинтарізнний верстат 16К20; Планшайба
025	<p>Фрезерна</p> <p>1. Встановити, закріпити, зняти заготовку.</p> <p>2. Фрезерувати шпункові пази 6, 7, 8 до розмірів за ескізом.</p>		Вертикально фрезерний верстат 6Р12
030	<p>Шліфувальна</p> <p>1. Встановити, закріпити, зняти заготовку.</p> <p>2. Шліфувати поверхні 1, 2, 3, 4, 5 до розмірів за ескізом.</p>		Кругло шліфувальний верстат 3М174Е;
035	<p>Контрольна</p> <p>1. Виміряти діаметр наплавленої поверхні</p> <p>2. Порівняти виміри з розмірами на кресленні</p>		Контрольний стіл, Штангенциркуль

Рисунок 3.4 – Маршрут відновлення валу редуктора

### 3.5 Розрахунок припусків на механічну обробку валу

Розрахунок припусків на діаметр  $\varnothing 76k6^{(+0,021)}_{(+0,002)}$  [4,24]

Таблиця 3.9 – Припуски та граничні розміри. Розрахунковий мінімальний припуск на обробку

Маршрут обробки поверхні діаметром $\varnothing 76k6^{(+0,021)}_{(+0,002)}$	Елементи припуску, мкм				Розрахункові величини		Допуск на виконувани розміри, мкм	Прийняті (округлені) розміри заготовки по переходах, мм		Граничний припуск, мкм	
	$R_z$	$h$	$\Delta$	$\sigma$	припуск у $2Z_i$ , мкм	мінімального діаметра, мм		найбільші	найменші	$2Z_{max}$	$2Z_{min}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Напильвання	150	200	29			77,046	300	77,346	77,046		
Шліфування: Попереднє Остаточне	50	20	1,75	100	900	76,146	50	76,196	76,146	1150	900
	5	15	0,07	0	144	76,002	19	76,021	76,002	175	144

Перевірку правильності розрахунків проводимо за рівнянням :

$$Z_{0_{max}} - Z_{0_{min}} = T_s - T_d = 1,325 - 1,044 = 300 - 19 = 281 \text{ мкм.} \quad (2.7)$$

$$t_{max} = t + \frac{2z_{max}}{2} = 0,6 + \frac{1,325}{2} = 1,2625$$

$$t_{min} = t + \frac{2z_{min}}{2} = 0,6 + \frac{1,044}{2} = 1,122$$

Приймаємо:  $t=1,2$  мм на сторону.

Таблиця 3.10 – Припуски та граничні розміри. Розрахунковий мінімальний припуск на обробку  $80k6^{(+0,021)}_{(+0,002)}$

Операція $80k6^{(+0,021)}_{(+0,002)}$	Елементи припуску, мкм				Розрахункові величини		Допуск на розмір, мкм	Гран. розм. віднов. дет., мм		Гран. знач. припуску, мм	
	$R_z$	$H$	$\rho$	$E_y$	припуск к $2Z_i$ , мкм	мінімального діаметра, мм		min	max	$Z_{min}$	$Z_{max}$
Відновлена деталь	150	200	29	0	-	81,046	300	81,046	81,346		
Шліфування	50	20	1,75	100	900	80,146	50	80,146	80,196	900	1150

попереднє											
остаточне	5	15	0.07	0	144	80,002	19	80,002	80.021	144	175

Перевірку правильності розрахунків проводимо за рівнянням :

$$Z_{0\max} - Z_{0\min} = T_z - T_d = 1,325 - 1,044 = 300 - 19 = 0,281 \text{ мкм.}$$

$$t_{\max} = t + \frac{2z_{\max}}{2} = 0,6 + \frac{1,325}{2} = 1,2625$$

$$t_{\min} = t + \frac{2z_{\min}}{2} = 0,6 + \frac{1,044}{2} = 1,122$$

Приймаємо:  $t=1,2$  мм на сторону.

### 3.6 Розрахунок режимів механічної обробки та нанесення покриття

Операція 010 – для поверхонь  $\varnothing 80^{(+0,021}_{+0,002)}$  мм;  $\varnothing 90^{(+0,021}_{+0,002)}$  мм; та  $\varnothing 76^{(+0,021}_{+0,002)}$  мм;

Розрахунок проводиться за методикою описаною у джерелі [11]

Таблиця 3.12 – Режими різання

Глибина різання	0,5мм
Подча	0,5 мм/об.
Швидкість різання	87м/хв
Частота обертання шпинделя	400об/хв
Фактична швдкість різання	85,2м/хв

Основні параметри автоматичного напилювання розраховані згідно [28] і занесені до таблиці 3.13.

Таблиця 3.13 – Режими напилювання для поверхонь валу

Лінійна швидкість напилювання	$v_n = \frac{P \cdot d}{3,6 \cdot m} = \frac{5 \cdot 24}{3,6 \cdot 0,29} = 115 \frac{\text{мм}}{\text{с}}$ , P – продуктивність розпилювача, 5 кг/год
Горизонтальна швидкість переміщення металізатора	$v_z = \frac{k \cdot d \cdot v_n}{\sqrt{k^2 \cdot d^2 + \pi^2 \cdot D^2}} = \frac{0,45 \cdot 24 \cdot 115}{\sqrt{0,45^2 \cdot 24^2 + 3,14^2 \cdot 80^2}} = 2,375 \frac{\text{мм}}{\text{с}}$ ,
Швидкість обертання деталі	$\omega_d = \frac{v_z}{k \cdot d} = \frac{2,375}{0,45 \cdot 24} = 0,22 \frac{\text{об}}{\text{с}}$ , приймаємо: $\omega_d = 0,2 \frac{\text{об}}{\text{с}}$ ,
Кількість проходів	$n = \frac{H}{h} = \frac{1\text{мм}}{0,08\text{мм}} = 12,5 \text{ проходів.}$ Приймаємо: $n=13$
Час напилення	$t_n = \frac{L}{\omega \cdot v_z} \cdot n = \frac{120}{2 \cdot 2,4} \cdot 13 = 325\text{с.}$

### 3.7 Нормування технологічного процесу

Нормування інших операцій проводимо згідно [6, 21] і результати розрахунків записуємо до таблиці 3.15

Таблиця 3.15 Нормування операцій

Номер і назва операції	$T_o$	$T_{доп}$	$T_{оп}$	$T_{обс}+T_{відп}$	$T_{п-з}$	$T_{шт}$	$T_{шт-к}$
05 Миття	1,0	0,3	1,3	0,078	10	1,38	1,43
10 Дефектувальна	2,0	0,6	2,6	0,14	20	2,8	2,85
15 Наплавлення	4,5	1,6	6,1	0,45	25	6,55	7,25
20 Токарна	3,14	0,43	3,87	0,21	19	4,08	4,71
25 Напилувальна	7,04	1,68	8,72	0,43	25	9,15	10,05
30 Токарна	2,95	0,43	3,38	0,21	19	3,59	4,22
35 Фрезерна	0,74	0,3	1,04	0,062	15	1,102	1,108
40 Шліфувальна	8,71	1,68	10,39	0,23	15	10,62	11,39
45 Контрольна	2,5	0,75	3,25	0,195	3	3,445	3,46

### 3.9 Створення конструктивної схеми верстата та її опис

Розробимо конструктивну схему установки. З'ясуємо з яких основних компонентів має складатися установка для автоматизованого відновлення деталі (рисунок 3.10)

Основними елементами конструктивної схеми є розпилюючий пристрій 1, закріплений на консольному регульованому кронштейні 2, що забезпечує можливість вибирати та при необхідності змінювати відстань між деталлю та розпилюючим пристроєм. Електромеханічний привід 2 закріплено на каретці портального приводу 4, що забезпечує можливість переміщення розпилюючого пристрою вздовж деталі 5. Деталь 5 є довгою (700мм) і масивною деталлю. Розмітимо її вертикально у просторі, що спростить її базування і закріплення в обертачеві. Біля розпилюючого пристрою 1 розташований живильник 3, який забезпечує необхідну кількість прошку, що подається у розпилюючий пристрій. Відновлювана деталь 5 закріплюється у патроні 6. Патрон 6 закріплено у шпинделі 7 встановленим на підшипниках. Шпиндель 7 через муфту 8 з'єднано з електромотором 9 закріпленим на рамі установки.



Рисунок 3.10 – Конструктивна схема установки відновлення

### 3.10 Визначення способу закріплення деталі

Враховуючи те, що деталь вал має довжину 700 мм і діаметр 80 мм,. Розробимо закріплюючий пристрій, опорну планшайбу з підтримуючим нерухомим центром, спроектованим під деталь вал. Закріплення планшайби з внутрішнім конусом діаметром 80 мм, що відповідає одному з торців вала, виконується на шпинделі різцю.

Патрон трикулачковий свердильний встановимо на валу шпинделя обертача. (рисунок 3.11)

Рисунок 3.11 – Закріплення валу :

1- вал, 2 – планшайба, 3 – вал шпинделя, 4 – радіальний підшипник шпинделя, 5 – упорний підшипник шпинделя 8204, 6 – корпус шпинделя, 7 – стопорне кільце

Знаючи конструкцію шпиндельного вузла та способу закріплення можна визначити мотор який буде здатний обертати рухомі деталі шпиндельного вузла з пристосуванням та відновлюваною деталлю [31].

Для визначення мотору треба розрахувати масоцентровочні характеристики всіх тіл які обертаються в процесі відновлення деталі

Для визначення масоцентровочних характеристик розробимо 3D моделі усіх деталей що обертаються (рисунок 3.12).

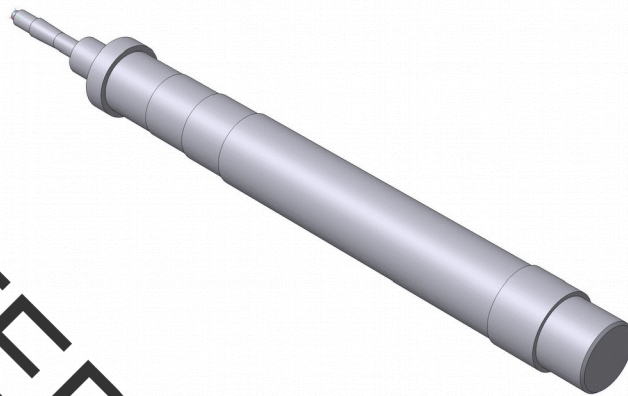


Рисунок 3.12 – 3D модель деталей шпіндельного вузла

Розрахунок МЦХ проведемо засобами САПР Компас

МЦХ

Деталь

Площа

$$S = 217619.321205 \text{ мм}^2$$

Об'єм

$$V = 3992308.072627 \text{ мм}^3$$

Матеріал

Сталь

Густина

$$\rho_0 = 0.007820 \text{ г/мм}^3$$

Маса

$$M = 31219.849128 \text{ г}$$

Центр мас

$$X_c = 0.000000 \text{ мм}$$

$$Y_c = 531.815680 \text{ мм}$$

$$Z_c = 0.000000 \text{ мм}$$

ВУ центральній системі координат:

Осьові моменти інерції  $J_x = 1442448770.809379 \text{ г*мм}^2$

$$J_y = 26347576.007957 \text{ г*мм}^2$$

$$J_z = 1442448771.323238 \text{ г*мм}^2$$

Для розрахунку та вибору приводу обертання необхідно знати

Осеві моменти інерції в центральній системі координат відносно тієї осі навколо якої відбувається обертання деталей

$$J_y = 26347576.007957 \text{ г*мм}^2 = 26347,5 \text{ кг/мм}^2$$

### 3.11 Розрахунок маси розпилювального пристрою

Розробимо 3D модель розпилювального пристрою (рис. 3. 13).

Порахуємо засобами САПР Компас масу розпилювального пристрою

Площа	$S = 75415.232423 \text{ мм}^2$
Об'єм	$V = 112870.796050 \text{ мм}^3$
Маса	$M = 882.649625 \text{ г}$
Центр мас	$X_c = 3.952803 \text{ мм}$
$Y_c = -4.329507 \text{ мм}$	
$Z_c = 4.191226 \text{ мм}$	

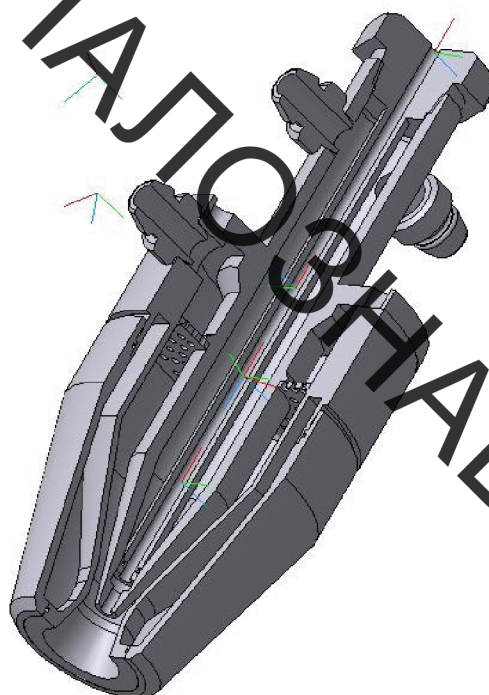


Рисунок 3.13 – 3D модель розпилувального пристрою

### 3.12 Розрахунок та вибір виконавчих механізмів установки для автоматизованого відновлення деталей

Для розрахунку приводу обертання застосуємо програму Positioning drives компанії Festo[31]

Вихідними даними для розрахунку привода обертання є момент інерції тіл які треба обертати (в нашому випадку становить  $J_u = 26347576.007957 \text{ г} \cdot \text{мм}^2 = 26347,5 \text{ кг} \cdot \text{мм}^2$  додаткові сили які є гальмівними або прискорювальними (в нашому випадку відсутні). Відстань від центру тяжіння деталей що обертаються – приймається нульовою тому що застосовано додатковий проміжний шпindel який сприймає всі навантаження від маси тіл, що обертаються. Максимальна частота обертання – розрахункова  $0,22 \text{ об/с} = 13,2 \text{ об/хв}$  приймаємо – 15 що дасть змогу одробляти більшу номенклатуру деталей. Час розгону приймаємо 1 с. Тип приводу - сервопривід змінного струму. Включно з вбудованими гальмами та варіантами з вбудованим редуктором. Монтажне розташування горизонтальне

В результаті розрахунку запропоновано наступні рішення (Додаток А)

Замовимо на сайті [FESTO.COM.UA](http://FESTO.COM.UA) 3D модель вибраного приводу обертання в форматі sat 3 який розпізнає програма Компас.

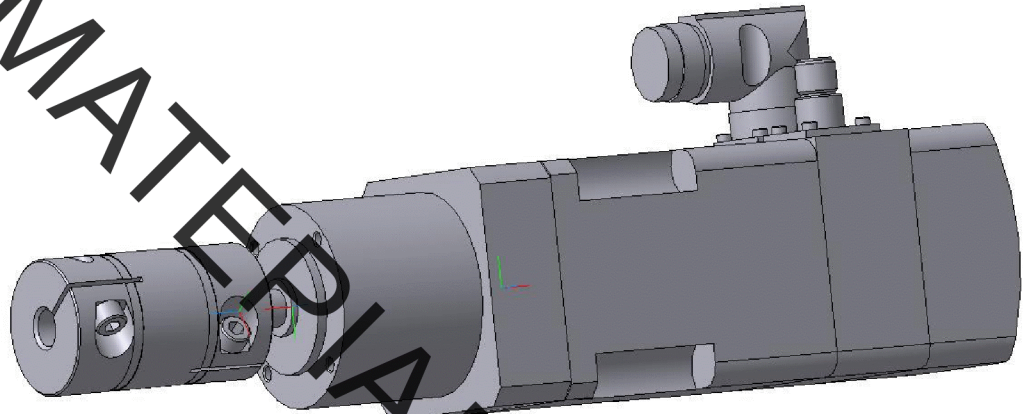
сервомотор EMMS\_AS\_70\_S\_RSB\_3\_0

Муфта EAMC\_40\_66\_11\_11\_3\_0

Редуктор 3:1 EMGA\_60\_P\_G3\_SAS\_70\_3\_0

Спроекуємо вузол обертання. Для цього необхідно з'єднати сервомотор з валом шпинделя та закріпити підшипниковий вузол шпинделя та сервомотор на одній платформі. Спочатку на сайті [Festo.com.ua](http://Festo.com.ua) виберемо

муфту яка з'єднає вали сервомотора та шпинделя. Вибір виконуємо на основі відомого діаметру вала сервомотора який становить 8 мм (рисунок 3.14)  
Розроблена 3D модель приводу обертання дивись на рисунку 3.14



Рисунку 3.14 – Вузол обертання деталі, зборка – сервомотор , редуктор, муфта

### 3.13 Горизонтальне та вертикальне переміщення розпилювального пристрою

Горизонтальне переміщення розпилювальної головки дає можливість в змінювати відстань розпилювача від відновлюваної поверхні. Особливо це важливо при відновленні ступінчастих поверхонь та валів різних діаметрів де зміна відстані є технологічно необхідною. Таке регулювання можна здійснити спеціальним кронштейном на якому закріплюється розпилювальний пристрій, а кронштейн закріплюється на рухомій каретці портального лінійного приводу з можливістю регулювати відстань від розпилювача до відновлювальної поверхні.

Конструкція кронштейна – є пластина з листового металу товщиною 3 мм з двома повздовжніми пазами через які кронштейн закріплюється на каретку портального приводу з можливістю регулювати відстань між розпилювальним пристроєм і відновлюваною поверхнею. Розпилювальний пристрій встановлюється на центральний отвір пластини з можливістю повороту на 45 градусів. Що дасть змогу відновлювати більш широку номенклатуру деталей. Маса кронштейну 0,548 кг.

Вихідними даними для вибору привода горизонтального переміщення є маса яку необхідно переміщувати це маса розпилувального пристрою 0,88 кг плюс маса кронштейну горизонтального переміщення 0,58 кг та маса приєднаних комунікації, яка приблизно становить до 1 кг. Разом ця маса становить  $0,88+0,58+1=2,46$  кг. Ще однією величиною для вибору привода є величина вертикального переміщення яку приймаємо з запасом і яка становить 800 мм

Скористаємось програмою Positioning drives для вибору приводу вертикального переміщення.

Можливе рішення у вигляді приводу позиціонування дивись Додаток В

Комплектуючі для монтажу сервомотору на лінійній вісі виберемо з розділу documentations відповідної вісі DGE-25-SP-KF-GK

Замовимо на сайті FESTO.COM.UA 3D модель вибраного привода DGE-25-SP-KF-GK форматі sat3.

Поеднаємо усі механізми згідно їх функціонального призначення та отримаємо функціональний вузол вертикального переміщень розпилувального пристрою. Розмістимо у просторі всі деталі згідно їх призначення враховуючи те що відстань між поверхнею відновлюваної деталі та сопла розпилувального пристрою повинна складати 100 150 мм створимо засобами програми Компас заготовку креслення з 3D моделі показаній на рисунку 3.15, і поєднаємо її з обертачем. Отримаємо креслення установки з числовим програмним керування деталі вал (додаток Г)

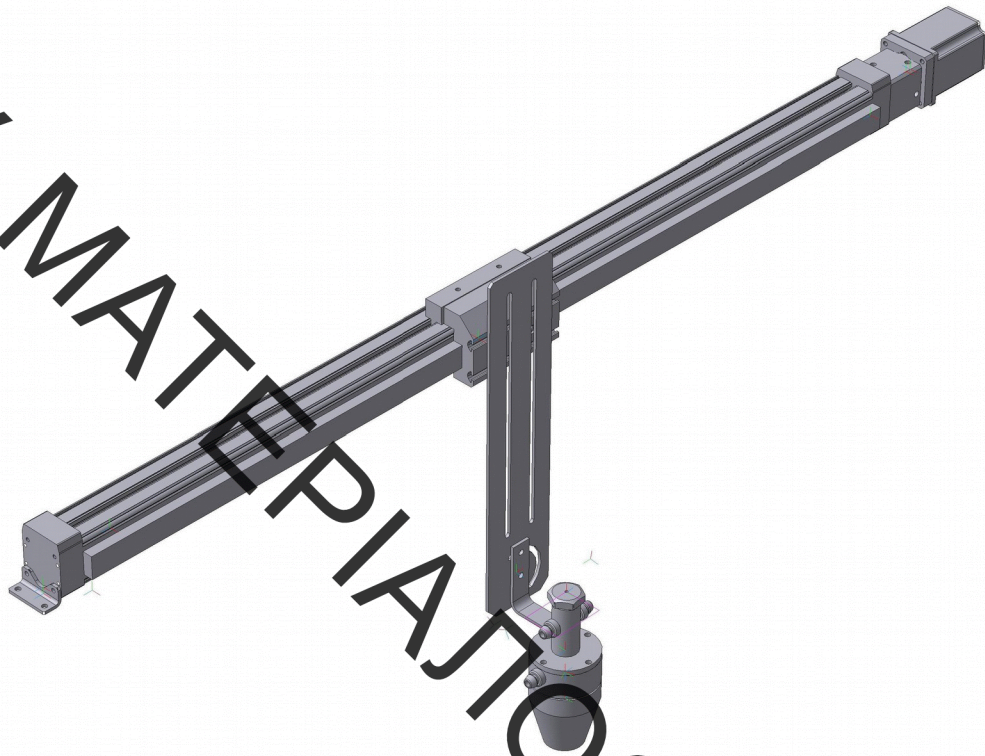


Рисунок 3.15 – Взаємне розташування розрахованих та вибраних деталей та механізмів вертикального переміщення розпилювального пристрою

Наступним кроком є створення рамної конструкції яка забезпечить задане взаємне розташування всіх механізмів. Для створення рамної конструкції використаємо профільний металопрокат, а саме швелер

ГОСТ 8240-79 №12, №8. Додатково встановимо косинки для забезпечення жорсткості конструкції рами. Конструкція рами зварна. Зварка електродугова за ГОСТ 5264-80.

Контролери керування приводами обертача (СММР-AS) та вертикального переміщення (СММС-ST) розпилюючого пристрою. Розмістимо на комп'ютерному столику оператора.

Складальне креслення установки для відновлення вала 322-03-09 редуктора та інших подібних деталей довжиною не більше 800 мм та діаметром не більше 100 мм наведено в додатку Г.

### 3.14 Висновки до 3-го розділу



В результаті модернізації технологічного процесу створено установку з ЧПК для електродугового напилювання, за рахунок якого досягається можливість регулювання відстані між розпилювачем і деталлю, що призводить до зменшення витрат напилюємого матеріалу[14].

Для 3D моделювання використовувалась програма Компас так і для розрахунку масоцентровочних характеристик, креслення. Програма Positioning drives – для розрахунку і вибору виконавчих механізмів та комплектуючих деталей. Всі комплектуючі механізми і деталі вибрано на сайті [www.festo.com.ua](http://www.festo.com.ua)

Розроблено проект загального виду робочого місця з дотриманням безпечних умов праці обслуговуючого персоналу.

## 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Економічна частина є завершальним розділом магістерської дипломної роботи, в якому розробляються остаточні висновки щодо економічної ефективності запропонованої розробки. В даному розділі розглянемо основні питання конкурентоспроможності продукту та комерційного потенціалу розробки.

### 4.1 Аналіз комерційного потенціалу розробки

#### 4.1.1 Визначення рівня комерційного потенціалу розробки

Метою проведення технологічного аудиту є оцінювання комерційного потенціалу розробки, створеної в результаті науково-технічної діяльності.

Для проведення технологічного аудиту залучимо 3-х незалежних експертів. У нашому випадку такими експертами будуть керівник магістерської роботи та провідні викладачі випускової та споріднених кафедр. Для оцінювання комерційного потенціалу розробки були залучені три експерти. Оцінювання комерційного потенціалу результатів НДДКР будемо здійснювати за 12-а критеріями згідно рекомендацій.

Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки заносимо до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Результати оцінювання комерційного успіху розробки

Критерії	Експерти		
	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3
	Бали, виставлені експертами		
1	4	3	4
2	4	3	3
3	3	4	3
4	4	3	4
5	3	4	3
6	3	4	3
7	4	3	3
8	4	3	3
9	3	4	4
10	4	3	4
11	3	3	3
12	4	4	4
Сума балів	44	41	41
Середньоарифметична сума балів $\overline{CB}$	42		

За даними таблиці 4.1 робимо висновок щодо рівня комерційного потенціалу розробки. При цьому користуємося рекомендаціями, наведеними в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Рівні комерційного потенціалу розробки

Середньоарифметична сума балів, розрахована на основі висновків експертів	Рівень комерційного потенціалу розробки
0 – 10	Низький
11 – 20	Нижче середнього
21 – 30	Середній
31 – 40	Вище середнього
41 – 50	Високий

Оскільки середньоарифметична сума балів складає 42, то рівень комерційного потенціалу розробки високий, тому дана розробка є реальною для подальшої її реалізації та впровадження.

Можливі декілька шляхів реалізації розробки. Оскільки розробка не складна, не вимагає великої кількості людей та спеціального обладнання, то це може бути невелике підприємство, або один або декілька приватних підприємців, які працюють за договорами.

Розробка має новизну, оскільки проблема якості та довговічності поверхонь деталей є актуальною в даний час. Сьогодні дуже багато говориться про те, як захистити поверхні тертя деталей від передчасного зношування, тому новизна розробки полягає у вигляді застосування механічної обробки щітковим інструментом поверхні деталі під час нанесення газополум'яного покриття та формування поверхневого шару з покращеними властивостями його захисту від зношування у порівнянні з його аналогами. За рештою показників (зручність у користуванні, швидкодія) розробка не буде поступатися конкурентам.

Програмне забезпечення буде універсальним, тому може підходити як і простим користувачам-ремонтникам, так і великим підприємствам у промислових масштабах. Основною конкурентною перевагою даного продукту буде застосування механічної обробки щітковим інструментом поверхні деталі під час нанесення газополум'яного покриття та формування поверхневого шару, що дозволяє забезпечити високу надійність та малу

вартість. За іншими показниками розробка не буде програвати аналогам на ринку.

Соціальним впливом застосування даного продукту може бути поліпшення якості та довговічності нанесеного покриття на поверхні деталі, задоволенням потреб для конкретного підприємства.

Технічна розробка може бути здійснена за невеликий проміжок часу. Математичні та експериментальні моделі, які необхідні для реалізації продукту готові. Зібрана схема пристрою для відновлення та підвищення довговічності деталей, яка буде їх реалізовувати. Документація до продукту може бути розроблена інженерами-конструкторами та менеджерами за короткий термін. Для розробки продукту необхідно найняти декілька кваліфікованих людей, які розуміються на процесах відновлення деталей машин.

В даній розробці зацікавлене підприємство, основним напрямом якого є енергетичне збереження та підвищення довговічності та надійності роботи машин та приладів.

## 4.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи

### 4.2.1 Розрахунок витрат, що стосуються виконавців досліду

Проведемо прогнозування витрат на виконання робіт у три етапи:

*1-й етап:* Розрахунок витрат, які безпосередньо стосуються виконавців даного розділу НДР.

*2-й етап:* Розрахунок загальних витрат на виконання НДР;

*3-й етап:* Прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження НДР.

Проведемо перший етап прогнозування.

1. Основна заробітна плата кожного із дослідників  $Z_o$ , якщо вони працюють в наукових установах бюджетної сфери визначається за формулою:

$$Z_o = \frac{M}{T_p} \cdot t \text{ (грн.)} \quad (4.1)$$

де  $M$  – місячний посадовий оклад конкретного розробника (інженера, дослідника, науковця тощо), грн.;

$T_p$  – число робочих днів в місяці; приблизно  $T_p \approx 21...23$  дні;

$t$  – число робочих днів роботи дослідника.

Дану розробку буде проводити інженер, величина окладу буде становити 6200 грн. на місяць. Кількість робочих днів у місяці складає 21, а кількість робочих днів дослідника складає 60. Зведемо сумарні розрахунки до таблиця 4.3.

Таблиця 4.3 – Заробітна плата дослідника в науковій установі бюджетної сфери

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату Грн
Керівник проекту	8500	404,76	5	2023,80
Інженер	6200	295,23	60	17714,2
Всього				19738

2. Розрахуємо заробітну плату працівників, які беруть участь у виконанні НДР і виконують роботи за робочими професіями.

Основна заробітна плата робітників  $Z_p$ , якщо вони беруть участь у виконанні даного етапу роботи і виконують роботи за робочими професіями у випадку, коли вони працюють в наукових установах бюджетної сфери, розраховується за формулою:

$$Z_p = \sum_{i=1}^n t_i \cdot C_i \text{ (грн.)}, \quad (4.2)$$

де  $t_i$  – норма часу (трудомісткість) на виконання конкретної роботи, годин;

$n$  – число робіт по видах та розрядах;

$C_i$  – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує дану роботу.

Погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду визначається за формулою :

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i}{T_p \cdot T_{зм}} \text{ (грн./год.)}, \quad (4.3)$$

де  $M_M$  – розмір мінімальної заробітної плати за місяць, грн. (розмір мінімальної зарплати в 2020 році складає 5000 грн. в місяць); мінімальна

погодинна ставка робітника 1-го розряду встановлена на рівні – 28,4 грн./годину.

$K_i$  – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду; величина чинних тарифних коефіцієнтів робітників відповідних розрядів для бюджетної сфери наведена в таблиці 4.4;

$T_p$  – число робочих днів в місяці; приблизно  $T_p \approx 21...23$  дні;

$T_{зм}$  – тривалість зміни, зазвичай  $T_{зм} = 8$  годин.

Таблиця 4.4 – Величина чинних тарифних коефіцієнтів робітників

Розряд	1	2	3	4	5	6	7	8
$K_i$	1,00	1,09	1,18	1,27	1,36	1,45	1,54	1,64

Зроблені розрахунки занесемо у таблицю 4.5.

Таблиця 4.5 - Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Трудомісткість, н.-годин	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн.
Мийна	0,024	2	30,99	0,74
Дефектувальна	0,05	4	36,06	1,8
Наплавлювальна	0,12	4	36,06	4,32
Токарна	0,08	4	36,06	2,88
Напилювальна	0,17	4	36,06	6,13
Токарна	0,07	3	33,51	2,34
Фрезерувальна	0,019	3	33,51	0,63
Шліфувальна	0,19	4	36,06	6,85
Контрольна	0,06	5	38,62	2,31
Всього:				28,0

### 3. Розрахунок додаткової заробітної плати робітників

Додаткова заробітна плата  $Z_d$  всіх розробників та робітників, які приймали участь в розробці нового технічного рішення розраховується як 10 - 12 % від основної заробітної плати робітників[9, 10]. На даному підприємстві додаткова заробітна плата начисляється в розмірі 10% від основної заробітної плати.

$$Z_d = 0,1 \cdot (19738 + 28) = 1976,6(\text{грн.}) \quad (4.4)$$

4. Нарахування на заробітну плату  $H_{зп}$  дослідників та робітників, які брали участь у виконанні даного етапу роботи, розраховуються за формулою (4.5):

$$H_{зп} = (Z_o + Z_p + Z_d) \cdot \frac{\beta}{100} \text{ (грн.)}, \quad (4.5)$$

де  $Z_o$  – основна заробітна плата розробників, грн.;

$Z_p$  – основна заробітна плата робітників, грн.;

$Z_d$  – додаткова заробітна плата всіх розробників та робітників, грн.;

$\beta$  – ставка єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування, % .

Дана діяльність відноситься до бюджетної сфери, тому ставка єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування буде складати 22%, тоді:

$$H_{зп} = (19738 + 28 + 1976,6) \cdot \frac{22}{100} = 4788,37 \text{ (грн.)}$$

4.2.2 Амортизація обладнання, комп'ютерів та приміщень, які використовувались під час (чи для) виконання даного етапу роботи

1. Дані відрахування розраховують по кожному виду обладнання, приміщенням тощо.

У спрощеному вигляді амортизаційні відрахування  $A$  в цілому будуть розраховані за формулою:

$$A = \frac{Ц \cdot H_a \cdot T}{100 \cdot 12} \text{ (грн.)}, \quad (4.6)$$

де  $Ц$  – загальна балансова вартість всього обладнання, комп'ютерів, приміщень тощо, що використовувались для виконання даного етапу роботи, грн.;

$H_a$  – річна норма амортизаційних відрахувань; для нашого випадку можна прийняти, що  $H_a = 10...25\%$ ;

$T$  – термін, використання обладнання, приміщень тощо, місяці.

Для виконання НДР використовуються офісне приміщення, виробниче приміщення, комп'ютери, токарний верстат та фрезерний верстат.

Розрахуємо амортизаційні відрахування для них і розрахунки занесемо до таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Амортизаційні відрахування

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн.	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн.
Переобладнання старого приміщення	175600	15	3	2926,6
Силові приводи	4800	4	2	200
Комп'ютер та інтерфейс	6000	4	5	625
Разом				3751,6

2. Витрати на матеріали, що були використані під час виконання даного етапу роботи визначаються за формулою:

$$M = \sum_i^n Ni \cdot Ci \cdot Ki - Vi \cdot Cv \text{ [грн.]}, \quad (4.7)$$

де  $N_i$  - кількість  $i$ -го виду матеріалів;

$K_i$  - коефіцієнт транспортних витрат,  $K_{тр}=1,1 \dots 1,15$

$C_i$  - ціна одиниці вимірювання  $i$ -го виду матеріалів;

$V_i$  - величина відходів  $i$ -го виду матеріалів;

$C_v$  - ціна одиниці вимірювання відходів  $i$ -го виду матеріалів;

$n$  - кількість видів матеріалів.

Таблиця 4.7 Розрахунок витрат на матеріали.

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, грн.	Витрачено, кг	Вартість Витраченого матеріалу, грн.
1.Електродний дріт Нп-30ХГСА	65	0,15	9,75
Вуглекислий газ	9	7	63
2.Поршок ПГ-12Н-04 ТУ 48-19-142-79	125	0.47	58,75
4. Газ – Аргон	25	22	550
4.Лобомід	35	0,2	7
5.Ганчір'я	7,00	0,1	0,7



Всього	689,2
--------	-------

3. Витрати на комплектуючі, що були використані під час виконання даного етапу роботи, розраховуються за формулою:

$$K = \sum_{i=1}^n H_i \cdot C_i \cdot K_i \text{ (грн.)}, \quad (4.8)$$

де  $H_i$  – кількість комплектуючих  $i$ -го виду, шт.;

$C_i$  – ціна комплектуючих  $i$ -го виду, грн.;

$K_i$  – коефіцієнт транспортних витрат,  $K_i = 1,1 \dots 1,15$ ;

$n$  – кількість видів комплектуючих.

Проведені розрахунки зводимо до таблиці 3.8.

Найменування комплектувальних	Кількість	Ціна за штуку, грн.	Сума, грн.
1. Напилювальна установка з ЧПК	1	170 000,00	170 000,00
2. Обертач	1	2500,00	2500,00
3. Електродуговий розпилювач	1	2200,00	2200,00
Всього			174700,00

4. Витрати на силову електроенергію  $B_e$ , якщо ця стаття має суттєве значення для виконання даного етапу роботи, розраховуються за формулою:

$$B_e = B \cdot P \cdot \Phi \cdot K_n \text{ (грн.)} \quad [\text{грн}], \quad (4.9)$$

де  $B$  – вартість 1 кВт-год. електроенергії, в 2020 р.,  $B \approx 2,1$  грн./кВт;

$P$  – установлена потужність обладнання, кВт;

$\Phi$  – фактична кількість годин роботи обладнання, годин;

$K_n$  – коефіцієнт використання потужності,  $K_n < 1$ .

Розробка та виготовлення дослідного зразка проводиться в лабораторному приміщенні. Дані стосовно проведених робіт та встановленої потужності обладнання наведено в таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 - Проведення робіт та встановлення потужності обладнання

Найменування обладнання	Встановлена потужність, кВт	Тривалість операції, год.	Витрати, кВт	Сума, грн.
УНІХ1-20-2В	0,6	0,024	0,01	0,03
Дефектоскоп УД-12	0,2	0,05	0,01	0,02
Установка ЧПК	23	0,12	2,76	5,80
Токарний верстат 16К-20	11	0,08	0,88	1,84
Напилувальна установка з ЧПК	23	0,17	3,91	8,21
Токарний верстат 16К-20	11	0,07	0,77	1,62
Фрезерувальний верстат 312	3	0,019	0,05	0,12
Круглошліфувальний універсальний верстат 3Е174М	2,2	0,19	0,42	0,87
Дефектоскоп УД-12	0,2	0,06	0,01	0,02
Всього				18,53

### 5. Інші витрати

Інші витрати  $B_{ин}$  охоплюють: загально виробничі витрати (витрати управління організацією, ремонт та експлуатація основних засобів, витрати на опалення, освітлення тощо), адміністративні витрати (проведення зборів, оплата юридичних та аудиторських послуг, тощо), витрати на збут (витрати на рекламу, перепідготовка кадрів) на інші операційні витрати (штрафи, пені, матеріальні допомоги, втрати від знецінення запасів тощо).

Інші витрати  $B_{ин}$  можна прийняти як 100...300% від суми основної заробітної плати розробників та робітників, які виконували дану роботу, тобто за формулою:

$$B_{ин} = (1...3) \cdot (Z_o + Z_p) \text{ (грн.)}$$

$$B_{ин} = 1 \cdot (19738 + 28) = 19766 \text{ (грн.)}$$

### 6. Сума всіх попередніх статей витрат

Сума всіх попередніх витрат дає загальні витрати на нову розробку:

$$B = Z_o + Z_p + Z_d + H_{зп} + A + M + K + B_e + B_{ин} \text{ (грн.)} \quad (4.11)$$

$$B = 19738 + 28 + 1976,6 + 4783,37 + 3751,6 + 689,2 + 174700 + 18,53 + 19766 = 225451,3 \text{ (грн.)}$$

Проведемо другий етап прогнозування:

#### 4.2.3 Розрахунок загальних витрат на виконання даної роботи

Загальна вартість всієї наукової роботи  $B_{\text{заг}}$  визначається за формулою:

$$B_{\text{заг}} = \frac{B_{\text{ін}}}{\alpha} \text{ (грн.)}, \quad (4.12)$$

де  $\alpha$  – частка витрат, які безпосередньо здійснює виконавець даного етапу роботи, у відносних одиницях,  $\alpha = 1$ .

$$B_{\text{заг}} = \frac{225451,3}{0,8} = 281814,12 \text{ (грн.)}$$

Проведемо третій етап прогнозування:

#### 4.2.4 Прогнозування витрат на виконання та впровадження результатів науково-дослідної роботи

Прогнозування загальних витрат  $ЗВ$  на виконання та впровадження результатів виконаної наукової роботи здійснюється за формулою:

$$ЗВ = \frac{B_{\text{заг}}}{\beta} \text{ (грн.)} \quad (4.13)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання даної роботи: якщо розробка знаходиться на стадії науково-дослідних робіт, то  $\beta \approx 0,1$ ; на стадії технічного проектування, то  $\beta \approx 0,2$ ; на стадії розробки конструкторської документації, то  $\beta \approx 0,3$ ; на стадії розробки технологій, то  $\beta \approx 0,4$ ; на стадії розробки дослідного зразка, то  $\beta \approx 0,5$ ; на стадії розробки промислового зразка,  $\beta \approx 0,7$ ; на стадії впровадження, то  $\beta \approx 0,9$ .

Етап роботи : стадія розробки технологій.

$$ЗВ = \frac{281814,12}{0,4} = 704535,31 \text{ (грн.)}$$

### 4.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

У даному випадку не можливо прямо оцінити зростання чистого прибутку підприємства від впровадження результатів наукової розробки. Тоді збільшення чистого прибутку підприємства  $\Delta\Pi_i$  і для кожного із років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки, розраховується за наступною формулою:

$$\Delta\Pi_i = \sum_{i=1}^n (\Delta C_o \cdot N + C_o \cdot \Delta N)_n \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\nu}{100}\right) \quad (4.14)$$

де  $\Delta C_o$  – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році;

$N$  – основний кількісний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році до впровадження результатів наукової розробки;

$C_o$  – основний оціночний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році після впровадження результатів наукової розробки;

$\Delta N$  – покращення основного кількісного показника діяльності підприємства від впровадження результатів розробки;

$n$  – кількість років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки;

$\lambda$  – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість;

$\rho$  – коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту, рекомендується приймати 0,2...0,3;

$\nu$  – ставка податку на прибуток.

В середньому в рік продається 1000 розробок. Середня вартість такої розробки становить 5000 грн.

Впровадження зразка розробки дозволяє збільшити ціну кожного зразка на 800 грн, враховуючи ціни конкурентів. Також прогнозується, що попит на даний продукт зросте, оскільки даний продукт відрізняється якістю від конкурентних.

Попит збільшиться за перший рік на 400 примірників, а за наступний – на 300 та протягом третього року – ще на 200 примірників.

Ставка податку на додану вартість в 2020 році залишилась на рівні 20%, а коефіцієнт  $\lambda=0,8333$ . Ставка податку на прибуток складає 18%.

Коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту, дорівнює 0,3.

Отже, розрахуємо збільшення чистого прибутку підприємства на 2020 - 2022 рр.:

$$\Delta\Pi_{2020} = (1000 \cdot 5000 + (5000 + 800) \cdot 400) \cdot 0,8333 \cdot 0,3 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 1500539,98 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_{2021} = (1000 \cdot 5000 + (5000 + 800) \cdot (400 + 300)) \cdot 0,8333 \cdot 0,3 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 1857225,71 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_{2022} = (1000 \cdot 5000 + (5000 + 800) \cdot (400 + 300 + 200)) \cdot 0,8333 \cdot 0,3 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 2095016,2 \text{ (грн.)}$$

#### 4.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та період їх окупності

##### 4.4.1 Визначення абсолютної ефективності вкладених інвестицій

Основними показниками, які визначають доцільність фінансування наукової розробки певним інвестором, є абсолютна і відносна ефективність вкладених інвестицій та термін їх окупності.

Спочатку розрачуємо теперішню вартість інвестиції  $PV$ , що вкладаються в наукову розробку. Такою вартістю можна вважати прогнозовану величину загальних витрат  $3B$  на виконання та впровадження НДР, розраховану. Тобто будемо вважати, що  $PV=3B$ , і складає 704535,31 грн.

Далі необхідно розрахувати очікуване збільшення прибутку  $\Delta\Pi_i$ , що отримає підприємство від впровадження результатів наукової розробки, для кожного із років, починаючи з першого від впровадження. Таке збільшення прибутку було розраховано у попередньому підрозділі.

Побудуємо вісь часу, на яку нанесемо всі платежі (інвестиції та прибутки), що мають місце під час виконання НДР та впровадження її результатів. Загальні витрати необхідно внести на першому році дослідження. Результати інвестицій почнуть виявлятися через один рік, і будуть тривати три роки. За перший рік збільшення чистого прибутку відбудеться на 1500539,98 тис. грн., за другий рік – на 1857225,71 тис. грн. та за третій рік – на 2095016,2 тис. грн. Тоді рисунок, що характеризує платежів (інвестицій та додаткових прибутків) буде мати вигляд, наведений на рисунок 4.1.



Рисунок 4.1 – Вісь часу з фіксацією платежів, що мають місце під час розробки та впровадження результатів НДР

Абсолютна ефективність вкладених інвестицій  $E_{\text{абс}}$  розраховується за формулою:

$$E_{\text{абс}} = (ПП - PV) \text{ (грн.)}, \quad (4.15)$$

де  $ПП$  – приведена вартість всіх чистих прибутків, що їх отримає підприємство (організація) від реалізації результатів наукової розробки, грн.;

$PV$  – теперішня вартість інвестицій;  $PV = 3B$ , грн.

У свою чергу, приведена вартість всіх чистих прибутків  $ПП$  розраховується за формулою:

$$ПП = \sum_{i=1}^m \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^i} \text{ (грн.)} \quad (4.16)$$

де  $\Delta\Pi_i$  – збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої НДР, грн.;

$m$  – період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої НДДКР, роки;

$\tau$  – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні;

$t$  – період часу (в роках) від моменту отримання чистого прибутку до точки „0”.

Період часу, протягом якого виявляються результати впровадження НДР, складає 2 роки. Прогнозований щорічний рівень інфляції в Україні становить 0,1. Розрахуємо приведену вартість всіх чистих прибутків за формулою (3.16):

$$PP = 704535,31 + \frac{1500539,98}{(1+0,1)^4} + \frac{1857225,71}{(1+0,1)^5} + \frac{2095016,2}{(1+0,1)^6} = 4065571,94 \text{ (грн.)}$$

Тепер розрахуємо абсолютну ефективність вкладених інвестицій  $E_{abc}$  за формулою:

$$E_{abc} = (4065571,94 - 704535,31) = 3361036,63 \text{ (грн.)}$$

Оскільки  $E_{abc} > 0$ , то це означає що результат від наукових досліджень та їх впровадження принесе прибуток, тобто вкладання коштів на виконання та впровадження результатів НДР може бути доцільним та інвестор буде зацікавлений у фінансуванні даної роботи.

#### 4.4.2 Розрахунок відносної ефективності вкладених коштів в НДР

Відносна (щорічна) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій  $E_B$  розрахуємо за формулою:

$$E_B = \sqrt[T_{жс}]{1 + \frac{E_{abc}}{PV}} - 1 \quad (4.17)$$

де  $E_{abc}$  – абсолютна ефективність вкладених інвестицій, грн.;

$PV$  – теперішня вартість інвестицій  $PV = 3B$ , грн.;

$T_{жс}$  – життєвий цикл наукової розробки, роки.

$$E_B = \sqrt[3]{1 + \frac{3361036,63}{704535,31}} - 1 = 0,79 = 79\%$$

Далі, розрахована величина  $E_B$  порівнюється з мінімальною (бар'єрною) ставкою дисконтування, що дорівнює:

$$\tau = d + f, \quad (4.18)$$

де  $d$  – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках;

$f$  – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина  $f = 0,05 \dots 0,1$ , але може бути і значно більше.

Середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках складає 0,2, а показник, що характеризує ризикованість вкладень дорівнює 0,05.

Розрахуємо мінімальну ставку дисконтування:

$$\tau = 0,2 + 0,05 = 0,25 = 25\%;$$

Відносна (щорічна) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій  $E_B$ , що дорівнює 79% перевищує мінімальну (бар'єрну) ставку дисконтування  $\tau_{\min}$ , яка складає 25%. А це означає, що інвестор може бути зацікавлений у фінансуванні даної наукової розробки.

4.4.3 Розрахунок терміну окупності коштів, вкладених в наукову розробку

Термін окупності вкладених у реалізацію проекту інвестицій  $T_{ок}$  можна розрахувати за формулою:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_B} \quad (4.19)$$

$$T_{ок} = \frac{1}{0,79} = 1,26 \text{ роки}$$

Оскільки  $T < 3$ -х років, то фінансування розробки є доцільним.

#### 4.5 Висновки по розділу



У даному розділі було проведено оцінювання комерційного потенціалу розробки. Для цього спочатку було залучено експертів для оцінки. Далі були розраховані витрати на НДР. Ці витрати включають основну та додаткову заробітну плату наукових співробітників та робітників, нарахування на заробітну плату, витрати на амортизацію приміщення та обладнання, витрати на комплектуючі та електроенергію, а також інші витрати. На основі цих статей були спрогнозовані загальні витрати.

У наступному розділі було проведено прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки. Для цього було розраховано зростання чистого прибутку підприємства для кожного із років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки.

Після цього було проведено розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності. Для цього було побудовано фіксацію платежів на вісі часу, розраховано абсолютну та відносну ефективність вкладених інвестицій, а також термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій.

Зважаючи на попередній аналіз та розрахунки, вкладення інвестицій, розробку можна вважати вигідною. Тому продукт може бути конкурентним на ринку, попит на покращений продукт зростає, а завдяки покращенню його характеристик ціна також може бути збільшена. Завдяки цьому підприємство буде мати позитивну динаміку росту прибутку у найближчих роках після впровадження розробки. Абсолютна ефективність вкладених інвестицій перевищує нуль, що також вказує на позитивний результат від вкладення інвестицій. Крім цього відносна ефективність вкладених інвестицій перевищує мінімальну ставку дисконтування. Розрахунки показують, що окупність даного проекту складає менше, ніж один рік, що також є дуже позитивним фактором для інвестування проекту.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1 Аналіз умов праці

Аналізуються умови праці на ділянці відновлення робочих поверхонь валу 322-03-09 редуктора.

При виконанні робіт можуть впливати шкідливі та небезпечні виробничі фактори. До них належать:

- наявність в повітрі робочої зони шкідливих аерозолів та газів;
- застосування високих напруг;
- підвищений рівень вібрації і шуму;
- наявність теплового випромінювання.

Психофізіологічні: фізичні перевантаження; нервово-психічні перевантаження (монотонність роботи, емоційні перевантаження).

Організація та проведення робіт, розташування та експлуатація устаткування повинні відповідати Правилам з техніки безпеки і виробничої санітарії при проведенні робіт, а також ДНАОП 0.00-1.28-97.

5.1.1 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.

Виробничі приміщення для технологічного процесу повинні відповідати вимогам СНіП II-90-81, СН 245-71.

Виробничі приміщення діляться на 3 категорії. Дослідження відбуваються у приміщеннях I категорії.

Вимоги до приміщення.

а) Приміщення, у якому розміщується робоче місце, повинно бути з щільними не протікаючими стелями. Підлоги варто робити непильними (метлахська плитка). Стіни - покриття олійною фарбою світлих тонів. Комунікації бажано робити схованими чи офарблювати олійною фарбою.

б) Приміщення повинне бути обладнане загальною приточно - витяжною вентиляцією згідно СНіП 2.04.05-91. Повітрязбірники приточної вентиляції повинні бути постачені пиловловлюючими фільтрами.

в) Загальне висвітлення бажане здійснювати газорозрядними лампами. Освітленість не менш 3000 лк.

г) Установка устаткування повинна дозволяти проведення вологого прибирання приміщення не рідше 3-х раз у тиждень.

У лабораторії є аптечка першої медичної допомоги, умивальник для миття рук.

### 5.1.2 Мікроклімат

Мікроклімат нормується в залежності від категорії робіт та періоду року, від того постійне чи непостійне робоче місце. Параметри мікроклімату та гігієнічні нормативи в робочій зоні нормуються згідно [21]. Цей стандарт встановлює санітарно-гігієнічні заходи до показників мікроклімату. Мікроклімат характеризується наступними показниками:  $T$  - температура повітря,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $I$  - відносна вологість повітря, %;  $V$  - інтенсивність теплового опромінення,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ ;  $W$  - швидкість руху повітря, м/с. Параметри мікроклімату на ділянці відновлення робочих поверхонь ґрундбуksi пневмомолота наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Параметри мікроклімату на ділянці відновлення робочих поверхонь ґрундбуksi пневмомолота

Період року	Категорія робіт	Температура					Відносна вологість, %		Швидкість руху	
		Оптимальна	Допустима верхня		Допустима нижня		Оптимальна	Допустима	Оптимальна	Допустима
			Пост. роб. місце	Непост. роб. місце	Пост. роб. місце	Непост. роб. місце				
Хол.	Пб	17-19	21	23	15	13	40-60	75	0,2	$\geq 0,4$
Тепл.	Пб	20-22	27	29	16	15	40-60	70	0,3	0,2-

Категорія робіт Пб – енерговитрати 200-250 ккал/год (233-290Вт).  
Норми інтенсивності теплового опромінення таблиця 5.2.

Таблиця 5.2 - Норми інтенсивності теплового опромінення

Відсоток опромінення поверх тіла людини	Більше 50	25-50	Менше 25
Допустима інтенсивність теплового опромінення, $\text{Вт}/\text{м}^2$	35	70	100

Концентрація шкідливих речовин в повітрі робочої зони не повинна перевищувати встановлених норм.

Для вилучення шкідливих викидів від місць їх виникнення необхідно встановити місцеві відсмоктувачі. Аварійна вентиляція повинна забезпечувати кратність повітрообміну не нижче загальнообмінної. Забороняється працювати у виробничих приміщеннях де виділяються шкідливі речовини при несправній або відключеній вентиляції.

Гранично допустима концентрація шкідливих речовин в повітрі робочої зони згідно з [33] приведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Гранично допустима концентрація шкідливих речовин в повітрі робочої зони

Назва речовини	ГДК, мг/ м <sup>3</sup>	Клас небезпеки	Агрегатний стан
Бензин	100	4	П
Сірчана кислота	12	A	A
Свинець та його неорганічні з'єднання	0,01	1	A

Викиди в атмосферу із системи вентиляції слід розташовувати на відстані від приймальних пристроїв не менше 10 м по горизонталі, або 6 м по вертикалі при цьому горизонтальній відстані менше 10м. Викиди із систем місцевих відсмоктувачів слід розміщувати на висоті не менше 2 м над найвищою точкою кривлі, а викиди аварійної вентиляції - не менше 3 м від рівня землі.

Кількість повітря, необхідного для розчинення шкідливих аерозолів до ГДК при повинна бути не менше 38700 м<sup>3</sup>/кг при швидкості руху створюваного місцевими витягами  $\geq 1,3$  м/с. У приміщенні використовується приточно-витяжні системи вентиляції й місцеві витяги. Повітроводи повинні систематично очищатися від пилу, щоб кількість зваженого в повітрі й осілого пилу не могли створити вибухонебезпечні повітряні суміші в об'ємі більш 1% від об'єму приміщення.

Виробничі приміщення повинні бути обладнані опаленням та загальнообмінною вентиляцією відповідно до вимог [20], ВСА 01-90; забезпечувати стан повітря згідно з [32].

Для обігріву і створення у приміщеннях показників мікроклімату повинно застосовуватись опалення. Передбачається парова система опалення, яка повинна забезпечувати рівномірне прогрівання повітря в приміщеннях, можливість місцевого регулювання або вимикання, зручність у експлуатації і доступ до ремонту.

## 5.2 Виробниче освітлення

Освітлення здійснюється природнім та штучним освітленням. Коефіцієнт освітленості нормується з врахуванням найменшого розміру об'єкта розрізнення, характеристики зорової роботи, системи освітлення фону і контрасту об'єкта з фоном.

Таблиця 5.4 – Вибір коефіцієнта сонячності клімату

Пояс світлового клімату	Коефіцієнт сонячності клімату		
	При світлових проїмах, що орієнтуються по сторонах горизонту (азимут, град)		
	136-225	226-315, 46-135	316-45
IV 50 с.ш. і південніше	0,7	0,75	0,95

Таблиця 5.5 – Параметри штучного та природного освітлення

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір розрізн об'єкта, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізно з фоном	Характеристика фону	Штучне освітлення		Природне освітлення		Суміщене освітлення	
						Освітленість, лк		КЕОен III %		КЕОен III %	
						При комбінованому освітненні	При верхньому освітненні	При верхньому	При боковому	При верхньому	При боковому
Високої точності	0,3-0,5	III	б	середній	малый	1000	300	5	2	2,3	0,7-1,2

Коефіцієнт природної освітленості:

$$e_{IV} = e_{III} C m, \quad (5)$$

де  $e_{III}$  - коефіцієнт природного освітлення для III поясу світлового клімату;

$C$  - коефіцієнт сонячності клімату ( $C=0,9$ );

$m$  - коефіцієнт світлового клімату ( $m=0,75$ ),

$$e_{IV} = 1,9 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 1,28.$$

Для загального освітлення в системі комбінованого необхідно встановити газорозрядні лампи, освітленість яких складає близько 300 лк.

### 5.3 Виробничий шум

Шум нормується за [34]. Основними джерелами шуму є: робота верстатів та інструменту, електродвигуна і компресора вентиляційної системи, робота силових трансформаторів.

У якості акустичних засобів захисту від шуму застосовуються: засоби звукоізоляції (звукоізоляції огороження, звукоізолюючі кожухи і кабінки, акустичні екрани і вигородки); засоби демпфування (лінійні і нелінійні); глушники шуму (адсорбційні, реактивні, комбіновані); засоби звукопоглинання (звукопоглинаючі облицювання, об'ємні поглинальні звуку), засоби віброізоляції (опори, що віброізолюють, пружні прокладки, конструктивні розриви).

Нормування за [34] рівнів звукового тиску та еквівалентних рівнів звуку на робочих місцях

Таблиця 5.6 – Рівні звукового тиску

Вид трудової діяльності, робоче місце	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньгеометричними частотами Гц									Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку в дБ(А)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виконання всіх видів робіт на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях і на території	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

До організаційно-технічних засобів і методів колективного захисту відноситься: застосування малощумного технологічного процесу; оснащення шумних агрегатів засобами дистанційного керування й автоматичного контролю; застосування малощумних агрегатів; удосконалювання технології ремонту й обслуговування стану; використання раціональних режимів праці і відпочинку робітників.

#### 5.4 Виробничі вібрації

Норми вібрації вибираються за [33].

При роботі працюючий може піддаватися дії вібрації. Загальна вібрація викликає струс всього організму, місцева - окремі частини тіла. Локальної вібрації піддаються працюючі з ручним електричним. Працюючий може піддаватися одночасно впливу загальної і локальної вібрації ("комбінована вібрація")

Таблиця 5.7 - Категорія вібрацій

Категорія вібрації по санітарним нормам критерій оцінки	Характеристика умов праці	Приклад джерел вібрацій
Тип «а» Границя зниження рівня виробничої праці	Технологічна вібрація діє на операторів стаціонарних машин і обладнання або на робочі місця від інших джерел вібрації	Верстати, електричні машини, насосні агрегати, вентилятори

Таблиця 5.8 – Характеристики вібрацій

Вид вібрації	Категорія вібрації	Напрямок дії	Нормативне коректування по частоті і еквівалентне коректування значень			
			Віброприскорення		Віброшвидкість	
			м/с <sup>2</sup> ·10 <sup>-2</sup>	дБ	м/с <sup>2</sup> ·10 <sup>-2</sup>	дБ

Локальна	—	Хл, Ул, Zл	2,0	126	2,0	112
Загальна	3 тип "а"	Z <sub>0</sub> . Y <sub>0</sub> . X <sub>0</sub>	0,1	100	0,2	92

Існують наступні види захисту: боротьба в джерелі виникнення боротьба на шляху розповсюдження; засоби індивідуального захисту використовуються додатково (вкладиші в рукавиці, взуття на спеціальних віброзахисних підборах).

### 5.5 Організаційно – технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи

До роботи повинний допускатися обслуговуючий персонал, що добре знає устаткування, електроживлення, вакуумних вимірів, а також технологічний процес.

Вентиляція, що відсмоктує, повинна бути постачена пиловловлюючим фільтром. Необхідно стежити за своєчасним очищенням пиловловлюючого фільтра.

Паління в таких приміщеннях забороняється.

У приміщеннях, де виробляються роботи, необхідно мати засоби для гасіння пожежі - вогнегасники ОУ - 5 (не менш 2-х шт.).

Для забезпечення умов безпеки роботи і для запобігання неправильних дій обслуговуючого персоналу, що можуть привести до аварії і виходу з ладу устаткування, передбачені блокування.

Додаткові заходи безпеки при роботі з конкретними матеріалами повинні бути зазначені у відповідних технологічних інструкціях з нанесення визначених видів покриття та пайки.

Кожен споживач зобов'язаний (у залежності від конкретних умов) розробити свою інструкцію з техніки безпеки.

#### 5.5.1 Електробезпека

За ступінню електробезпеки приміщення відноситься до категорії особливо небезпечних умов по ураженню людей електричним струмом так як присутні такі небезпечні фактори: струмопровідна підлога; струмопровідний пил; можливість одночасного дотику до корпусів обладнання та заземлених частин.



Для захисту від ураження електрострумом обираємо такі засоби: занулення; подвійна ізоляція.

#### 5.5.2 Пожежна безпека

Роботи повинні проводитися у відповідності з [32], з типовими правилами пожежної безпеки для промислових підприємстві.

Категорії виробництв по пожежній небезпеці варто приймати по спеціальних відомчих переліках, затверджених міністерствами у встановленому порядку.

Цехи і ділянки, де ведуться роботи, відносяться до категорії Г виробництв по пожежній і вибуховій небезпеці. Кількість вогнегасників і інших первинних засобів пожежегасіння для таких цехів і ділянок повинне вибиратися відповідно до зазначених вище Типовими правилами.

Приміщення повинні бути побудовані з елементів конструкцій по IV категорії протипожежної безпеки (протипожежна стійкість не менш 2 год.).

Місця, відведені для установки устаткування повинні бути очищені від легкозаймистих матеріалів у радіусі не менш 5 м.

Таблиця 5.9 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у год.) і максимальні межі розповсюдження полум'я по них (у см.) для даного ступеня вогнестійкості будівель

Ступінь вогнестійкості	Стіни				Колони	Сходчаті площадки і клітки, косоури	Плити, настили інші несучі конструкції перекриття	Елементи покриття	
	Несучі	Самонесічі	Зовнішні несучі	Внутрішні несучі				Плити, настили, прогоони	Балки, ферми, арки, рами
IIa	1/0	0,5/0	0,25/40	0,25/40	0,25/0	1/0	0,25/0	0,25/25	0,2 5/0

У чисельнику — межі вогнестійкості будівельних конструкцій; у знаменнику - межі розповсюдження полум'я по них.

Таблиця 5.10 – Ступінь вогнестійкості, допустима кількість поверхів і площа поверху в межах пожежного відсіку будівлі:

Категорія будівлі	Допустима кількість поверхів	Ступінь вогнестійкості будівлі	Площа поверху в межах пожежного		
			Одноповерхових	Багатоповерхових	
				2 поверхи	3 і більше
Г	6	Не обмеж.	Не обмеж.	Не обмеж.	Не обмеж.

Найбільш прийнятним способом пожежегасіння для проектуємої ділянки є спосіб розбавлення. Він полягає у тому, що при концентрації кисню у повітрі до 14-18% горіння припиняється. Досягається це за рахунок введення в повітря інертних газів, головним чином вуглекислого. Вуглекислим газом можна гасити все, включаючи електроустановки, що знаходяться під напругою. Для пожежегасіння використовують рідку вуглекислоту. В якості ручних вуглекислотних вогнегасників застосовуються ОУ-2, ОУ-5 та ОУ-8.

За рекомендаціями технічних вимог з експлуатації установок в приміщеннях, де відбуваються роботи, необхідно мати вогнегасники ОУ-5 в кількості не менше 4 шт.

Відстань до евакуаційних виходів для категорії приміщень Г та ІІІ ступеня вогнестійкості не обмежується густиною людського потоку в загальному проході. Ширина шляхів евакуації у світлі повинно бути не менше їм, дверей - не менше 0,8 м. Висота проходу на шляхах евакуації повинна бути не менше 2м.

## 5.6 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Для зниження можливих доз опромінення при ліквідації наслідків у зонах забруднення проводиться дезактивація території, будинків і

споруджень, устаткування, техніки й інших об'єктів, виконуються заходи щодо усунення пилу. Роботи ведуться позмінно з урахуванням припустимих доз опромінення, встановлених для формувань. Радіоактивні відходи, що утворюються при дезактивації, вивозяться на спеціально створювані пункти захоронення.

Пункти спеціальної обробки (ПуСО) створюються на межах зон забруднення; люди і транспорт, що відбувають із зон забруднення, на них проходять дозиметричний контроль. При виявленні забруднення вище припустимих рівнів люди проходять санітарну обробку, транспорт – дезактивацію. Забруднений одяг відправляється на дезактивацію, замість нього з підмінного фонду видається чистий. Санобробка людей може також проводитися на стаціонарних санітарно-обмивальних пунктах (СОП), дезактивація – на станціях знезараження транспорту (СЗТ).

Техніка і майно, що вивозяться із забрудненої території, дезактивуються на спеціальних майданчиках, які обладнуються біля ПуСО.

Реевакуація населення здійснюється після завершення робіт з дезактивації населених пунктів чи зниження забруднення внаслідок природного розпаду РР до припустимих рівнів. Дозвіл на реевакуацію дається після обстеження населених пунктів спеціально створюваними комісіями.

Для проведення дезактивації використовується вода. Разом з водою застосовуються спеціальні препарати, що підвищують ефективність змивання радіоактивних речовин. Це поверхнево-активні і комплексоутворюючі речовини, кислоти, луги. До перших відносять порошок СФ-2 і препарати ОП-7 і ОП-10; до других - фосфати натрію, трилон - Б, Лужна і лимонна кислоти, солі цих кислот.

Для одержання розчину порошок додають у воду невеликими порціями при постійному перемішуванні. Дезактивацію транспортних засобів і техніки проводять із застосуванням 0,15 %-го розчину СФ-2 у воді (улітку) чи аміачній воді, що містить 20 - 24% аміаку. Препарат ОП-7 і ОП-10 застосовують як складову частину дезактивуючих розчинів, призначених для дезактивації поверхонь будинків споруджень і устаткування.

Дезактивація транспортних засобів і техніки проводиться при їхньому зараженні 200 мР/год і більше. Дезактивація проводиться змиванням струменем води під тиском 2-3 атм. чи обробкою дезактивуючими

розчинами, протиранням ганчіркою змоченою в бензині, гасі, дизельному паливі, а також обробкою газокрапельним потоком.

Пункт спеціальної обробки ПуСО доцільно розробляти і організувати на базі даного підприємства тому, що воно повністю забезпечене потрібним персоналом та спеціалістами, які здатні обслуговувати та працювати в ПуСО, також підприємство має всі необхідні засоби техніку та обладнання для організації ПуСО.

Розташування ПуСО зручно зробити на виїзді з міста тому, що поблизу протікає річка, яка повністю може забезпечити потреби ПуСО у водопостачанні. Електропостачання забезпечує лінія електропередач, яка проходить поблизу.

Способи дезактивації техніки і транспорту

До основних способів відносять:

- змивання радіоактивних речовин розчинами для дезактивації, водою і розчинниками з одночасною обробкою зараженої поверхні щітками дегазаційних машин і приборів дозволяє знизити зараженість у 50-80 разів;

- змивання радіоактивних речовин струменем води під тиском дозволяє знизити зараженість в 20 разів;

- видалення радіоактивних речовин переривистим газо-крапельним потоком з використанням спеціальної техніки з турбореактивними двигунами;

- видалення радіоактивних речовин обтиранням заражених поверхонь тампонами з ганчірок, змоченими розчинами для дезактивації, водою або розчинниками; використовується в основному для внутрішніх поверхонь техніки і транспорту;

- замітання (змивання) радіоактивного пилу віниками, щітками, мотлохом та іншими підручними засобами; використовується в основному при проведенні часткової дезактивації;

- видалення радіоактивного пилу методом відсмоктування пилу, здійснюється за допомогою спеціальних комплектів (ДК 4).

При частковій дегазації і дезінфекції з використанням дегазаційних комплектів насамперед обробляються ті частини і поверхні техніки та транспорту, з якими необхідний контакт при виконанні роботи (поставленої задачі).

Повна дегазація складається з повного знезаражування або видалення зі всієї поверхні техніки і транспорту отруйних речовин шляхом протирання

заражених поверхонь розчинами для дегазації; при їх відсутності можуть бути використані розчинники і розчини для дезактивації.

Для протирання використовуються щітки дегазаційних машин, комплектів і приладів.

Повна дезінфекція виконується тими самими способами, що і дегазація, але тільки з використанням активних розчинів для дегазації і дезінфекції.

Якщо можливо, то доцільно провадити відразу повну, а не часткову дезактивацію, дегазацію і дезінфекцію техніки та транспорту.

Засоби знезаражування техніки і транспорту:

- авто-розливальна станція АРС- 12У (АРС-14), комплекти ДК-4, ІДК-1, ДК-3;

- комунальна, сільськогосподарська, дорожня і будівельна техніка, що придатна для використання при виконанні робіт зі знезаражування.

Дезактивація одягу, взуття та індивідуальних засобів захисту проводиться вибиванням і витрушуванням, миттям або протиранням (прогумованих і шкіряних виробів) водяними розчинами миючих засобів або водою, а також пранням за спеціальними режимами з використанням речовин для дезактивації.

Дезактивація бавовняного, сукняного і шерстяного одягу та взуття проводиться витрушуванням і вибиванням, а також чисткою щітками.

Якщо названими способами ступінь зараження одягу не можливо понизити до допустимих величин, то він підлягає дезактивації шляхом прання за відповідною технологією.

Дегазація одягу, взуття та індивідуальних засобів захисту здійснюється кип'ятінням, пароаміачною сумішшю, пранням і провітрюванням.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз методів підвищення якості напилених покриттів, що дозволив визначити наступні тенденції розробки інтегрованих способів електродугового та газополуменевого напилювання:

- зниження собівартості при високій якості та довговічності нанесених покриттів;

- поєднання з технологіями, що не вносять істотних змін у процес напилювання, але в той же час значно підвищують якість покриття.

2. Показано вплив температурних напружень на вал в результаті заварювання шпонкового паза на моделі із застосуванням кінцево-елементного аналізу. Під дією температури виникають деформації, які призводять до жолоблення валу та в поверхневих шарах деталі відбуваються структурні перетворення і тому виникає потреба подальшої термічної обробки. В таких випадках не доцільно заварювати вироблений паз.

2. Металографічні дослідження показали, що в результаті мікропластичного впливу обробки металевими щітками, щільність напилених покриттів помітно підвищилася, залишкова пористість склала 8...10%, відбувається так зване «заліковування» пор.

3. Мікроструктура напиленого шару, що зазнала впливу обробки металевими щітками, являє собою досить м'яку з підвищеною в'язкістю матрицю, в яку вкраплені тверді і зносостійкі карбіди, що забезпечують зносостійкість напиленого покриття в умовах граничного тертя і тертя в умовах мащення.

4. Модернізований елетрометалізатор призначено для транспортування розплавлених частинок матеріалу. Розплавлені частинки рухаються з великою швидкістю у високотемпературному надзвуковому потоці полум'я продуктів згоряння, який володіє захисними властивостями, в результаті утворюються покриття з мінімально окислених часток з підвищеними когезійними та адгезійними властивостями.

5. В результаті модернізації технологічного процесу створено установку з ЧПК на базі вузлів компанії Festo для електродугового напилювання, за рахунок якого досягається можливість регулювання відстані між розпилювачем і деталлю, що призводить до зменшення витрат напилюємого матеріалу.

6. Програма Компас використовувалась для розрахунку масоцентровочних характеристик та побудови креслень у 3D моделюванні. Програма Positioning drives – для розрахунку і вибору виконавчих механізмів та комплектуючих деталей. Всі комплектуючі механізми і деталі вибрано на сайті [www.festo.com.ua](http://www.festo.com.ua).

7. Розрахунки економічної ефективності показують, що окупність даного проекту складає менше, ніж один рік, що є дуже позитивним фактором для інвестування проекту.

8. Розроблено проект загального виду робочого місця з дотриманням безпечних умов праці обслуговуючого персоналу.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Барвинок, В.А. Управление напряженным состоянием и свойствами плазменных покрытий [Текст] / В.А. Барвинок. – М.: Машиностроение, 1990. – 272 с.
2. Дерябкина, Е.С. Распределение случайной величины прочности сцепления двух технологий газопламенного напыления [Текст] / Е.С.Дерябкина // Машинобудування. – Харків: УПА. – 2011. – № 7. – С. 126–136.
3. Власов А. Ф. Наплавлення : навчальний посібник / Власов А. Ф. Кузнецов В. Д., Макаренко Н. О., Богуцький О. А. – Краматорськ , ДДМА, 2010. – 336 с.
4. Горбачевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроение [Учебное пособие для машиностроительных спец. вузов]. Изд. 4-е перероб. и доп./ А.Ф. Горбачевич, В.А. Шкредт – М.: Выш. Школа, 1983г.
5. Газотермические покрытия из порошковых материалов / [Борисов Ю. С., Харламов Ю. А., Сидорченко С. Л., Ардамовская Е.Н.] – Киев : Наукова думка, 1987. – 544 с.
6. Гурвич И.С., Полонская М.И. Методика технического нормирования в ремонтном производстве. Ростов-Дон, 1981-294с.
7. Коротеев А. С. Плазмотроні: конструкції, характеристики, расчет / Коротеев А. С., Миронов В. М., Свирчук Ю. С. – М. : Машиностроение, 1993. – 296 с.
8. Інженерія поверхні : [підручник]. / К. А. Ющенко, Ю. С. Борисов, В. Д. Кузнецов, В. М. Корж – К. : Наукова думка, 2007. – 559 с.
9. Козловський В. О. Інноваційний менеджмент. Практикум. / В. О. Козловський, О. Й. Лесько. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 166 с.
10. Козловський В. О. Техніко-екопомічні обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах і роботах. Навчальний посібник. / В. О. Козловський - Вінниця: ВДТУ, 2003. – 75 с.
11. Косілова А.Т. Довідник технолога–машинобудівника. / А.Т. Косілова, Р.К. Мещеряков– М. Машинобудування, 1985 р. 1,2 том



12. Кершенбаум, В.Я. Механотермическое формирование поверхностей трения [Текст]/ В.Я. Кершенбаум. – М.: Машиностроение, 1987. – 232 с.
13. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Наплавлення і напилювання» студентами напряму підготовки 6.050504 – Зварювання /Уклад. О.П. Шиліна. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 34 с.
14. Мірошник В.О. Ремонт меліоративних, будівельних машин. Практикум.: навч. посібник/ За ред. В.О.Мірошника – К.: Вища школа, 1995р.
15. Молодык Н.В. Восстановление деталей машин. Справочник./ Н.В. Молодык, А.С. Зенкин – М.: Машстрой, 1989г.
16. Лузан, С.А. Совершенствование метода газопламенного нанесения покрытий [Текст] / С.А. Лузан // VII Международная конференции «Оборудование и технологии термической обработки металлов и сплавов»: сб. докладов. – Х.: ННЦ «ХФТИ», ИПЦ «Контраст», 2006. – С. 182–183.
17. Металлизация с целью восстановления деталей / Татаринев Б.П., Пулька Ч.В., Дробышев С.В. // Современ. методы наладки, упрочняющ. защит. покрытия и использ. матер.: 4 Укр. расп. науч. – техн. конф., 20-22 нояб., 1990: Тез. докл. – Харьков, 1990. – С. 134-135.
18. Нанесення покриття : [навчальний посібник] / [ В. М. Корж, В. Д. Кузнецов, Ю. С. Борисов, К. А. Ющенко] ; за редакцією академіка НАН України К. А. Ющенка – К. : Аристей, 2005. – 204 с.
19. Проектування технологічних процесів відновлення поверхонь : лабораторний практикум / Савуляк В. І., Шенфельд В. Й., Дусанюк Ж. П. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – 51 с.
20. Попов В.С. Восстановление и повышение износостойкости и срока службы деталей машин. / В.С. Попов, – Запорожье: Изд-во ОАО “Мотор–Сич”, 2000. –394 с.
21. Русев, Г.М. Технология восстановления и упрочнения наружных и внутренних поверхностей плазменным напылением [Текст] / Г.М. Русев, В.В. Овсянников, С.М. Киселев, Н.Ф. Галюк //Автоматическая сварка. – 2000. – № 12. – С. 61–62.
22. Савуляк В.І. Відновлення деталей машин/ В.І. Савуляк, В.Т. Івацько. Вінниця-Універсум. – 2004. – 108 с. С
23. Савуляк В.І., Технічне нормування в ремонтному виробництві / В.І. Савуляк СП. Білошицький. - Вінниця: ВНТУ [Електронний ресурс], 2009.

24. Токаренко В.М. Технологія автодорожнього машинобудування і ремонту машин.: курсове проектування. Навч. посібник. К.: Вища школа, 1982.
25. Тушинский Л. И. Исследование структуры и физико-механических свойств покрытий./ Л. И. Тушинский, А. В. Плохов - Новосибирск, Наука, 1986.- 216 с.
26. Харламов, Ю.А. Газотермическое напыление покрытий и экологичность производства, эксплуатации и ремонта машин [Текст] / Ю.А. Харламов // Тяжелое машиностроение. – 2000. – № 2. – С. 3–10.
27. Теибоши К. Влияние содержания углерода, хрома и термообработки на вязкость и износостойкость высокоуглеродистых легированных сталей/ К. Теибоши, Дзайре то курсесу, 1989. –2.–№3.–849с.
28. Шиліна О.П. Газотермічна обробка матеріалів. Навчальний посібник. / О.П. Шиліна, А.Ю. Осадчук/ ВДТУ, 2004. 72 с.
29. Шиліна О.П. Газотермічні методи напилювання покриттів. Навчальний посібник./ О.П. Шиліна, А.Ю. Осадчук/ ВНТУ, 2006.- 103 с.
30. Шиліна О.П. Вакуумно – конденсаційне напилювання покриттів. Навчальний посібник./ О.П. Шиліна, В.І. Савуляк, А.Ю. Осадчук/ ВНТУ, 2006. 96с.
31. WWW.FESTO.COM.UA
32. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – Київ, 2000.
33. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М., 1988.
34. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. – Київ, 2000.

Додаток А

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри ГМ  
д.т.н., проф. \_\_\_\_\_ Поліщук Л.К.  
« 25 » 09 2020 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ  
на магістерську кваліфікаційну роботу  
: ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ВІДНОВЛЕНИХ РОБОЧИХ  
ПОВЕРХОНЬ ВАЛУ 322-03-09 РЕДУКТОРА

08-27.МКР.003.00.000 ТБ

Керівник: к.т.н., доцент каф. ГМ  
\_\_\_\_\_ О.П. Шиліна  
Виконав: ст.гр. 13В-19м  
\_\_\_\_\_ В.П. Закордонець

Вінниця 2020

Розробка технічного завдання на магістерську кваліфікаційну роботу

Розробка технічного завдання на магістерську кваліфікаційну роботу складається з основних етапів, які відповідають стандарту та ГОСТ 2.103-2013.

**Підстава для розробки** наказ ректора ВНТУ № 214 від « 25 » вересня 2020 року

### **1 Назва та об'єкт проектування**

**Назва:** Підвищення довговічності відновлених робочих поверхонь валу 322-03-09 редуктора

**Умовне позначення:** 08-27.МКР.003.00.000 ТЗ

Вал 322-03-09 є складовою частиною редуктора.

Аналіз робочого креслення показав, що найбільш точними поверхнями є зовнішні циліндричні поверхні  $\varnothing 74k6^{(+0,021/+0,006)}$  та  $\varnothing 80k6^{(+0,021/+0,002)}$ , що використовуються для правильної орієнтації деталі у вузлі, а саме місце під посадку підшипників. Шестерні на валу встановлюють на шпонках.

Таким чином, поверхні  $\varnothing 74k6^{(+0,021/+0,002)}$  та  $\varnothing 80k6^{(+0,021/+0,002)}$  – це основні конструкторські бази; праві та ліві шийки діаметром  $\varnothing 66$ , шпонкові пази  $16h9_{(-0,043)}$  довжиною 36 мм., а також 2 фаски  $2 \times 45^\circ$  – вільні поверхні.

Габаритні розміри і 700x90x90 мм

На кресленні деталі немає специфічних вимог і тому немає необхідності змінювати вимоги.

Квалітети точності та шорсткість оброблюваних поверхонь можуть бути забезпечені при застосуванні відповідних методів обробки та кількості переходів. Відносне розташування поверхонь може бути забезпечене за рахунок застосування відповідних схем базування при механічній обробці та правильної організації змісту операцій .

### **2 Мета, завдання, призначення та джерела розробки**

Розробка технологічного процесу проводиться на основі завдання на магістерську кваліфікаційну роботу згідно наказу ректора ВНТУ №214 від

25.09.20 р., складеного у відповідності до вимог навчального плану підготовки спеціалістів у ВНТУ і затвердженого кафедрою ГМ.

Призначенням даної магістерської кваліфікаційної роботи є виконання технологічних та конструкторських розробок для вдосконалення технологічного процесу аналога. Це можливо досягнути шляхом введення необхідних операцій для кращих експлуатаційних властивостей валу, проведення необхідних розрахунків оптимальних режимів обробки та модернізації, або проектуванням нової конструкції окремого технологічного обладнання.

**Метою роботи** є удосконалення технології відновлення валу 322-03-09 редуктора електродуговим напиленням шляхом керування технологічними параметрами на всіх етапах процесу відновлення, у тому числі із урахуванням відновлення шпонкових пазів валу та вдосконалення конструкції обладнання для напилювання.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити наступні **основні задачі дослідження**:

1. Обґрунтувати вибір електродугового напилювання в якості оптимального методу відновлення працездатності валу 322-03-09 редуктора і на основі аналітичного огляду показати ефективність його використання при ремонті.
2. Вивчення можливості застосування механічної обробки металевими щітками поверхні деталі під час нанесення газополум'яного покриття та процесі формування поверхневого шару.
3. На основі аналізу різних груп конструкції шпонкових пазів встановити температурні поля, що виникають під час завершальної стадії їх заплавлення.
4. Дослідити вплив розповсюдження температурного поля, яке утворюється в результаті заварювання шпонкового паза на моделі із застосуванням кінцево-елементного аналізу.
5. Розробити технологічний процес відновлення з використанням електродугового напилювання, який забезпечує відновлення експлуатаційних характеристик робочих поверхонь валу.
6. Спроекувати устаткування з числовим програмним керуванням;
7. Розробити робоче місце для реалізації технологічного процесу відновлення деталі.

### Джерелами розробки є:

- методика техніко-економічного обґрунтування роботи;
  - методика проектування технологічного процесу відновлення деталей типу вала;
  - методика модернізації та проектування конструкції технологічного обладнання;
  - вимоги до комплекту документів “Єдина система конструкторської та технічної документації”;
  - загальні правила розробки технологічних процесів і вибір засобів технологічного оснащення ГОСТ 14.301-83;
  - ДЕСТ 14.305-93 – Правила вибору технологічної оснастки;
  - технічна література, довідникові видання:
1. Савуляк В.І., Ремонт та відновлення деталей машин та апаратів. Методичні вказівки до виконання курсових проектів / В.І. Савуляк. - Вінниця: ВНТУ [Електронний ресурс], 2009.
  2. Гайдамак О. Л. Вузли та деталі ремонтного виробництва автотракторної техніки. – Навчальний посібник / О.Л. Гайдамак, В.І. Савуляк – Вінниця: УНІВЕРСУМ. 2005. – 92 с.
  3. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. – Минск : Выш. школа, 1983. – 243 с.
  4. Козловський В. О. Техніко-економічні обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах і роботах. Навчальний посібник / В. О. Козловський - Вінниця: ВДТУ, 2003. – 75 с.
  5. Козловський В. О. Інноваційний менеджмент. Практикум. / В. О. Козловський, О. Й. Лесько. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 166 с.
  6. Оснач О. Ф. Промисловий маркетинг: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / О. Ф. Оснач, В. П. Пилипчук, Л. П. Коваленко – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 364 с.
  7. Савуляк В.І. Відновлення деталей автомобілів. Навчальний посібник / В.І. Савуляк, В.Т. Івацько. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 104 с.
  8. Савуляк В. І. Магістерська кваліфікаційна робота. Загальні вимоги та рекомендації до її виконання : навчальний посібник. / В. І. Савуляк, О. П. Шиліна – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 64 с.

9. Шиліна О.П. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Наплавлення і напилювання» студентами напряму підготовки 6.050504 – Зварювання /Уклад. О.П. Шиліна. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 34 с.

### **3 Технічні вимоги та економічні показники**

#### **3.1 Вимоги до загальної структури і послідовності проектування**

Зміст розділів магістерської кваліфікаційної роботи та строки їх виконання визначаються завданням на магістерську кваліфікаційну роботу та положенням кафедри по модульно-рейтинговій оцінці рівня та термінів виконання роботи.

Стадії розробки та етапи робіт встановлені по ГОСТ 2.103-2013.

Поетапні строки, що вказуються в ТЗ, є орієнтовними. Основними строками виконання робіт вважають строки, які встановлені в плані дослідно-конструкторських робіт.

Зміст стадій проектування та строки їх виконання визначаються завданням на магістерську кваліфікаційну роботу.

#### **3.2 Вихідні дані для технологічного проектування**

Приймаємо наступні вихідні дані для технологічного проектування:

- річний обсяг ремонту валу 322-03-09 редуктора 1000 шт,
- знос поверхонь, що відновлюються менше 0,5 мм, від робочого креслення.

#### **3.3 Вимоги до рівня уніфікації та стандартизації**

З метою підвищення надійності, ремонтпридатності та економічності експлуатації технологічного обладнання, що розробляється, слід максимально застосувати стандартні вироби.

Рівень стандартизації та уніфікації конструкції повинен складати не менше 80%.

### **3.4 Вимоги до техніки безпеки та охорони навколишнього середовища**

Конструктивні рішення повинні відповідати вимогам безпеки згідно встановлених параметрів відповідних стандартів по охороні праці та безпеці виробництва.

Викиди в навколишнє середовище не повинні перевищувати параметри, встановлені екологічним паспортом підприємства.

### **4 Стадії та етапи розробки**

Проектування технологічного процесу повинно проводитись з використанням варіантного пошуку раціонального рішення, включати такі основні етапи:

- розробка основної проектної задачі;
- технологічне проектування технологічного процесу;
- розробка обладнання та пристосування для технологічного процесу;
- охорона праці, навколишнього середовища та ЦО;
- економічна ефективність розробок.

### **5 Порядок контролю та приймання**

Контроль та приймання розробок виконується у відповідності до „Положення про дипломне проектування” на кафедрі ГМ.

Технічне завдання оформлюється у відповідності з загальними вимогами до текстових конструкторських документів по ГОСТ 2.705-2013, на листах формату А4 по ГОСТ 9327-90.



Дубл.									
Взам.									
Подп.									
		08-27.МКР. 003.00.000							
ВНТУ				08-27.МКР. 003.00.000					
		Вал ведений 322-03-09				М		К Р	

Вінницький національний технічний університет  
Кафедра ГМ

Керівник  
Доц. Шиліна О.П.

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ  
На технологічний процес відновлення  
вала веденого 322-03-09

Студент гр. 13В-19м  
Закордонєць В. П.



Дубл.	Взам.	Подп.	08-27. МКР. 003.00.000										08-27. МКР. 003.00.000									
			Розроб.		Закордонець В.П.		ВНТУ															
			Перев.		Шиліна О.П.																	
			М.контр.		Шиліна О.П.		Вал 322-03-09															
			Н.контр.		Шиліна О.П.																	
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, найменування операції		Обозначение документа		СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Конт	T <sub>н13</sub>	T <sub>н14</sub>	T <sub>н15</sub>	T <sub>н16</sub>	
Б	Код, найменування обладнання																					
						<b>005 Токарна</b>				Токар	3											
						Токарно-гвинторізний верстат 16К20																3,98
01						<b>010 Напилення</b>																
02						Установка з ЧПК 08-27.МКР.003.10.000 СК				Звар	3	1	1	1								24,3
03						Балон вуглекислого газу																
А 04						<b>015 Токарна</b>																
Б 05						Токарно-гвинторізний верстат 16К20				Токар	4	1	1	1								4,05
Т 06						<b>020 Фрезерна</b>																
А 07						Вертикально фрезерний верстат 6Р12				Фрезе рувал ынк	3											15,06
Б 08											4	1	1	1								
Т 09						<b>020 Шліфувальна</b>																
А 10						Крулошліфувальний верстат 3М161				Шліф												
Б 11											3	1	1	1								3,5
Т 12						<b>030 Контрольна</b>																
А 13						Стіл контрольний				Контр олер			1	1								
Б 14						Мікрометр, штангенциркуль																
МК						Маршрутна карта ремонту																





Наименование операции	Материал	Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры	МЗ	КОИ	
<b>010 Напилования</b>	Сталь 40X ГОСТ4547-71	НВ 215...250	кг	32		4,9	Д	
Оборудование, устройство ЧПК	Обозначение программы	T <sub>0</sub>	T <sub>B</sub>	T <sub>п-э</sub>	T <sub>шт</sub>			
Установка з ЧПК 08-27.МКР.003..01.000ПП	1000	7,4			10,05			
<b>Р</b>		D(Н)	L	I A	U, B	V <sub>напл.</sub> м/год	S <sub>н</sub> мм D <sub>э</sub> мм T <sub>0</sub>	
<b>О 01</b>	1. Установити заготовку; закріпити; зняти							
<b>T 02</b>	Планшайба УСП 6 ГОСТ 14364-69							
<b>О 03</b>								
<b>T 04</b>								
<b>Р 05</b>	1. Напилити пов.1	76	70	80	28	115	2,4 2 13 5,42	
<b>06</b>	2. Напалити пов.2	77	60	80	28	115	2,4 2 13 5,42	
<b>07</b>	3. Напилити пов.3	81	60	80	28	115	2,4 2 13 5,42	
<b>08</b>	4. Напилити пов.4	91	60	80	28	115	2,4 2 13 5,42	
<b>09</b>	5. Напилити пов.5	81	60	80	28	115	2,4 2 13 5,42	
<b>10</b>								
<b>11</b>								
<b>12</b>								
<b>13</b>								
<b>ОК</b>	Операційна карта							

Дубл.								
Взам.								
Подп.								
Розроб.	Закордонеч В.П.					08-27. МКР. 003.00.000	1	1
Перевір.	Шиліна О.П.					08-27 МКР. 003.00.000		

Н.контр.	Шилна О.П.	Вал 322-03-09				МЗ	КОД
Наименование операции		Материал	Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры	
<b>015 Токарна</b>		Сталь 40Х ГОСТ4547-71	НВ 215...250	кг	32	4,9	
Оборудование, устройство ЧПУ		Позначення програми	Т <sub>о</sub>	Т <sub>в</sub>	Т <sub>п-3</sub>	Т <sub>шт</sub>	
Токарний верстат 16К20		1000	2,95			3,98	
Р			ШИ		D	L	t
О 01	1. Установити заготовку; закріпити; зняти						
Т 02	Планшайба УСП 6 ГОСТ 14364-69						
О 03	Різець Т15К6 ГОСТ 18869-73; ШЦ-1-125-0,1						
Т 04							
Р 05	2. Точити поверхню 1			74	70	0,5	1 0,5 400 87
06	3. Точити поверхню 2			76	60	0,5	1 0,5 400 87
07	4. Точити поверхню 3			80	60	0,5	1 0,5 400 87
08	5. Точити поверхню 4			90	60	0,5	1 0,5 400 87
09	6. Точити поверхню 5			80	60	0,5	1 0,5 400 87
10	2. Точити поверхню 1			74	70	0,5	1 0,5 400 87
11							
12							
13							
<b>ОК</b>	Операційна карта						













№ опер	Операційні переходи	Операційні ескізи	Моделі верстатів
005	<p><b>Наплавлення</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку, закріпити, зняти заготовку.</li> <li>2. Заплавити шпункові пази 6, 7, 8, врівень</li> </ol>		Зварювальний напів автомат ПС.180.2
010	<p><b>Токарна</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку, закріпити, зняти заготовку.</li> <li>2. Точити поверхні 1, 2, 3, 4, 5 до розмірів за ескізом.</li> </ol>		Токарно-гвинторізний верстат 16К20; Планшайба
015	<p><b>Напilenня</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку, закріпити, зняти заготовку.</li> <li>2. Напилити поверхні 1, 2, 3, 4, 5 до розмірів за ескізом.</li> </ol>		Установка для напilenня з ЧПК
020	<p><b>Токарна</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити, закріпити, зняти заготовку.</li> <li>2. Точити поверхню 1, 2, 3, 4, 5 до розмірів за ескізом.</li> </ol>		Токарно-гвинторізний верстат 16К20; Планшайба
025	<p><b>Фрезерна</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити, закріпити, зняти заготовку.</li> <li>2. Фрезерувати шпункові пази 6, 7, 8 до розмірів за ескізом.</li> </ol>		Вертикальний фрезерний верстат 6P12
030	<p><b>Шліфувальна</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити, закріпити, зняти заготовку.</li> <li>2. Шліфувати поверхні 1, 2, 3, 4, 5 до розмірів за ескізом.</li> </ol>		Кругло шліфувальний верстат 3М1174Е;
035	<p><b>Контрольна</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Виміряти діаметр наплавленої поверхні</li> <li>2. Порівняти виміри з розмірами на кресленні</li> </ol>		Контрольний стіл, Штангенциркуль

Перв. примен.		Зона		Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание					
08-30.ПР.ТТ.013.000.008				A1	08-27.МКР.003.01.000 СК	Документація							
						Складальне креслення							
						Деталі							
Справ. №	A2	1	08-27.МКР.003.01.001	Кронштейн	1								
	A4	2	08-27.МКР.003.01.002	Швелер	1								
	A4	3	08-27.МКР.003.01.003	Центр зворотній	1								
	A4	6	08-27.МКР.003.01.006	Клин									
	A3	7	08-27.МКР.003.01.007	Центр	1								
	A3	8	08-27.МКР.003.01.007	Вал	1								
	A3	9	08-27.МКР.003.01.008	Корпус	1								
	A3	10	08-27.МКР.003.01.009	Корпус	1								
							Стандартні вироби						
	Взам. інв. №		11		Болт М10-6dх25.58.016 ГОСТ 7898-70	4							
		12		Болт М8-6dх35.58.016 ГОСТ 7898-70	2								
		13		Гайка 8-6H.5.016 ГОСТ5915-70	2								
		14		Сервомотор EMMS AS70 S RSB 3	1								
		15		Муфта ЕАМС 40 66 11 11 3.0	1								
		16		Підшипник 80204	1								
		17		Підшипник 8204	1								
		18		Редуктор 3:1 EMGA 60 P G3 SAS 70 30	1								
Підп. і дата		Підп. і дата		08-27.МКР.003.01.000 СК									
Інв. № годіл.	Разроб.	Закордонєць В.П.	Ізм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лит.	Лист	Листов			
	Пров.	Шиліна О.П.									4	1	1
	Н.контр.	Шенфельд В.И.											
	Утв.	Поліщук Л.К.											
Обертач						ВНТУ, ст.зр.ЗВ-19М							







