

Вінницький національний технічний університет

Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра галузевого машинобудування

**Пояснювальна записка**

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему: ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕНИХ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ  
ВАЛУ 02.001.005 ЧЕРВ'ЯЧНОГО РЕДУКТОРА

Виконав: студент 2 курсу групи 13В-19м  
спеціальності 132 – «Матеріалознавство» \_\_\_\_\_  
(цифри і назва спеціальності)

Наумов Валдим Вікторович  
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. Бакалець Дмитро Віталійович  
(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 » вересня 2020 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Наумову Владіму Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення якості відновлення робочих поверхонь валу  
02.001.005 черв'ячного редуктора

керівник роботи Бакалець Дмитро Віталійович 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 02.001.005 черв'ячного редуктора;

Допустимі параметри зносу. Режим роботи – довготривалий;

Річна програма відновлення деталей №1500 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 02.001.005 черв'ячного редуктора ; Розділ 3. Розробка та обґрунтування технологічного процесу відновлення валу 02.001.005 черв'ячного редуктора; 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; 3. Установка з числовим програмним керуванням; 4. Робоче місце. 5. Технологічний процес відновлення

## 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Бакалець Д.В., 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 2020 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	07.12.20 р.	
8	Опонування МКР	08.12.2020 р.	
9	Захист МКР	10.12.2020 р.	

Студент

(підпис)

Наумов В.В.

Керівник проекту

(підпис)

Бакалець Д.В.

## РЕФЕРАТ

Дана магістерська кваліфікаційна робота присвячена питанню підвищення довговічності відновлення робочих поверхонь валу 02.001.005 черв'ячного редуктора шляхом автоматизації робочого процесу, використання новітніх розробок відновлювального обладнання та дослідження впливу термічної обробки на якість відновлення робочих поверхонь.

Магістерська кваліфікаційна робота складається із вступу, 5 розділів, загальних висновків та додатків. Загальний обсяг роботи 84 стор., у тому числі 24 рис., 24 табл., 39 літературних джерел.

**Предмет дослідження** – механізм впливу термічної обробки на структурні перетворення в наплавлених шарах.

**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 02.001.005 черв'ячного редуктора;
- 3 Розробка та обґрунтування технологічного процесу відновлення валу 02.001.005 черв'ячного редуктора;
4. Розрахунок економічної ефективності інноваційного рішення;
5. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

**Об'єкт дослідження** – процеси, що супроводжують утворення структури поверхневих шарів під впливом термічної обробки

**Головною метою** кваліфікаційної роботи є: розробка технології термічної обробки для створення покриття з твердою та стабільною структурою в наплавленому поверхневому шарі, яка відповідає принципам Шарпі-Бочвара.



## ABSTRACT

This master's thesis is devoted to increasing the durability of restoration of working surfaces of the worm gear shaft 02.001.005 by automating the work process, using the latest developments in recovery equipment and studying the impact of heat treatment on the quality of restoration of working surfaces.

The master's qualification work consists of an introduction, 5 sections, general conclusions and appendices. The total volume of the work is 84 pages, including 24 figures, 24 tables, 39 literary 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 02.001.005 of the worm gearbox;
- 3 Development and substantiation of the technological process of restoration of the shaft 02.001.005 of the worm gearbox;
4. Calculation of economic efficiency of the innovative decision;
5. Occupational health and safety in emergencies.

**Object of research** - the processes that accompany the formation of the structure of surface layers under the influence of heat treatment

**The main purpose** of the qualification work is: development of heat treatment technology to create a coating with a solid and stable structure in the deposited surface layer, which meets the principles of Sharpe-Bochvar.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 СУЧАСНИЙ СТАН НАУКОВОЇ ПРОБЛЕМИ І ШЛЯХИ ЇЇ ВИРШЕННЯ.	11
1.1 Структурування наплавленого металу.....	11
1.2 Постановка мети і наукових завдань досліджень.....	13
2 ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРАВЛЕНІ НА ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ВАЛУ 02.001.005 ЧЕРВ'ЯЧНОГО РЕДУКТОРА .....	14
2.1 Матеріали та методика проведення досліджень.....	14
2.2 Дослідження впливу термічних полів процесу наплавлення покривів на їх структуру.....	15
2.3 Вплив температури гартування на розмірні характеристики структурних складових .....	20
2.4 Проектування плазмового розпилювального пристрою.....	23
2.5 Аналіз якості відновлення валу 02.001.005 черв'ячного редуктора_	25
2.6 Висновки до другого розділу.....	27
3 РОЗРОБКА ТА ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ВАЛУ 02.001.005 ЧЕРВ'ЯЧНОГО РЕДУКТОРА.....	29
3.1 Аналіз службового призначення вузла, деталі. Вимоги до деталі, що відновлюється та її поверхонь.....	29
3.2 Конструкторсько-технологічна характеристика валу черв'ячного редуктора.....	30
3.3 Дефектування валу черв'ячного редуктора.....	34
3.4 Обґрунтування методів відновлення поверхонь валу.....	36
3.5 Формування маршруту технологічного процесу відновлення поверхонь.....	37
3.6 Розрахунок припусків на механічну обробку валу.....	39
3.7 Нормування операцій технологічного процесу.....	40
3.8 Сворення конструктивної схеми верстата з ЧПУ та її опис.....	40
3.9 Визначення способу закріплення вала черв'ячного редуктора.....	41
3.10 Розрахунок масоцентровочних характеристик (МЦХ) вала черв'ячного редуктора та пристрою його закріплення.....	42
3.11 Механізм обертання деталі.....	43
3.12 Привід переміщення напилювального пристрою.....	45
3.13 Установка з числовим програмним керуванням.....	46

	7
3.14 Висновки до третього розділу.....	48
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	49
4.1 Аналіз комерційного потенціалу розробки .....	49
4.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи...	51
4.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.....	59
4.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та період їх окупності.....	60
4.5 Висновки до розділу.....	64
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	65
5.1 Аналіз умов праці.....	65
5.2 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	65
...	
5.3 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи.....	70
5.4 Пожежна безпека.....	71
5.5 Безпека в надзвичайних ситуаціях .....	72
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	77
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	79
ДОДАТКИ.....	82
ДОДАТОК А – Технічне завдання.....	83
ДОДАТОК Б – Мршрутні карти.....	89
ДОДАТОК В– Креслення.....	99

## ВСТУП

**Актуальність проблеми.** Ефективність та довговічність відновлених деталей у значній мірі залежать від технологічних способів їхньої обробки.

В теперішній час у ремонтному виробництві актуальним є надання заданих фізико-механічних властивостей та характеристик відновленим поверхневим шарам шляхом керування їх структуроутворення, модифікації поверхневих шарів, тобто зміни інженерії поверхні. Для цього металеві сплави легують, піддають хіміко-термічній обробці, використовують при зварюванні та наплавленні леговані електроди та дроти, тобто застосовують технологічні прийоми спрямовані на зміну структурного стану поверхневого шару.

Найбільш широке розповсюдження отримали методи електродугового наплавлення в результаті створення зносостійких шарів з керованою структурою завдяки термічній обробці [2, 18, 36].

Причиною не достатньої експлуатаційної стійкості деталей, які працюють в умовах інтенсивного ударно-абразивного зношування зі значними контактними навантаженнями є сучасні тенденції росту експлуатаційних навантажень. Подовження строку їх служби завдяки зміни властивостей поверхневого шару є актуальним питанням.

**Метою роботи** є: розробка технології термічної обробки для створення покриття з твердою та стабільною структурою в наплавленому поверхневому шарі, яка відповідає принципам Шарпі-Бочвара.

### **Задачами дослідження:**

1. Вибір та обґрунтування термічної обробки, з метою досягнення необхідної за технічними умовами твердості, довговічності та працездатності відновленої деталі;
2. Дослідження впливу термічної обробки на структурні перетворення в наплавлених шарах.
3. Дослідження впливу кількості наплавлених валиків на структуру і твердість покриття.

**Об'єкт дослідження** – процеси, що супроводжують утворення структури поверхневих шарів під впливом термічної обробки

**Предмет дослідження** – механізм впливу термічної обробки на структурні перетворення в наплавлених шарах.

### **Методи дослідження.**

Експериментальні дослідження виконані на вимірювальних і модельюючих 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; дюрOMETричні дослідження для визначення твердості.

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

1. Встановлено, що збільшення температури гартування з 869, 1050 та 1160°C сприяє росту діаметра аустенітного зерна, середнього розміру пакетів мартенситу та поперечного перерізу рейок мартенситу.

2. Показано, що твердість наплавленого покриття корелює з його структурою і суттєво залежить від розмірних характеристик аустенітних зерен, пакетів і кристалів мартенситу.

3. Досліджено, що кількість валків, що наносяться на деталь зі сталі 40X дротом Нп-30ХГСА ГОСТ10543-98 значно впливає на розподіл температур в деталі, мікро-, макроструктуру і твердість покриття.

**Практичне значення** отриманих результатів полягає у

1. Модернізована конструкція плазмового розпилювального пристрою, завдяки точного розрахунку плазмових каналів, та розташування каналу подачі порошку, зменшується час на робочий режим та забезпечується висока надійність роботи розпилювального пристрою, що сприяє якості нанесеного покриття.

2. Визначенні основних факторів методом причинно-наслідкової діаграми (діаграми Ісікави), які впливають на довговічність відновлених деталей.

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

**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. Шенфельд В.Й. Дослідження впливу термічних полів процесу наплавлення покриттів на їх структуру та твердість. [Електронний ресурс] / В. Й. Шенфельд В. В. Наумов. // Матеріали тез доповідей КОНФЕРЕНЦІЇ ВНТУ електронні наукові видання, ХІХ Науково-технічна конференція факультету машинобудування та транспорту (2020)

<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2020/paper/view/9395/7959>

2. Наумов В.В. Вплив температури гартування на структурні складові наплавленого шару. [Електронний ресурс] / В. В. Наумов., О.П. Шиліна // 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 Структурутворення наплавленого металу

Наплавлення – це один з найбільш поширених способів підвищення зносостійкості та відновлення деталей і конструкцій.

При наплавленні у більшості випадків застосовують відомі способи зварювання. Спеціальні властивості наплавленого металу забезпечуються за рахунок легування, тобто введення в його склад відповідних елементів у потрібній кількості [13, 36].

Найбільш розповсюдженим є легування наплавленого металу за рахунок введення в зону дуги (зварювальну ванну) металів, сплавів і металоподібних сполук у вигляді різних карбідів та інтерметалідів.

За експериментальними даними відомо, що при частці участі  $\gamma < 0,20$  основного металу у наплавленому, мінімальна кількість шарів  $n = 2$ . Таких значень  $\gamma$  набуває при наплавленні стрічковими електродами, порошковим дротом чи дротом суцільного перерізу за схемами: багатоелектродною, багатодуговою чи з коливаннями електрода, плазмовим наплавленням з подачею легуючих порошків чи струмоведучим присадковим дротом.

У наплавленому металі валика і при шовній зоні матеріалів вуглецевих сталей навіть при невеликому вмісті вуглецю часто утворюється відманштетова структура (голковий ферит) з пониженими характеристиками міцності і пластичності. При багат шаровому наплавленні така структура частково виключається за рахунок термічного впливу шарів, які послідовно наносяться. У пришовній зоні відманштетова структура може бути виключена тільки загальною чи місцевою термообробкою з нагрівом вище від верхньої критичної точки. При наплавленні зі швидкістю охолодження вище за критичну можливе утворення мартенситної структури. Особливо це характерно для легованого наплавленого металу, а також при підвищенні вмісту вуглецю. Мартенсит має високу твердість, низьку пластичність і в'язкість, його утворення супроводжується високими напруженнями другого роду. Зниження швидкості охолодження від критичної сприяє реалізації проміжного (бейнітного) перетворення. Бейніт, троостит, сорбіт мають голкову будову і їх ідентифікація здійснюється за значеннями твердості. Твердість мартенситу більше 500 HV, бейніту – 450...500 HV, трооститу – 380...420 HV, сорбіту – 300...350 HV.

Перліт, сорбіт і троостит, які утворюються при розпаді переохолодженого аустеніту, являють собою ферито-цементитну суміш з різним ступенем дисперсності. На відміну від перліту, сорбіт і троостит не є рівноважними структурами і в сталях, які не відповідають евтектоїдному складу, містять вуглецю менше чи більше ніж 0,8%.

Мартенситне перетворення відбувається без змін концентрації і дифузійних процесів (на відміну від перлітного). Утворення мартенситу проходить при значних переохолодженнях вихідної фази і починається з певної для кожної марки сталі температури  $M_n$ . Відбувається перетворення в широкій області температур. При цьому чим нижче температура відносно точки  $M_n$ , тим більше утворюється мартенситу. Витримка при постійній температурі сприяє швидкому уповільненню перетворення. Точка  $M_n$  визначається складом сплаву.

Наплавлений метал, який утворився за рахунок плавлення та наступної кристалізації основного та присадкового металу, має структуру литого металу, що характеризується відносно крупнозернистою структурою та пониженими механічними властивостями порівняно з основним металом. Другим негативним впливом локального нагріву при наплавленні є нерівномірність нагріву та охолодження деталей, що наплавляються, що приводить до виникнення суттєвих деформацій, а також внутрішніх напружень. Особливо небезпечними є напруження розтягу, які разом з експлуатаційними напруженнями можуть викликати руйнування поверхневого шару [3, 4].

Рациональним методом боротьби як з першим, так і з другим явищем є термічна обробка наплавленого поверхневого шару.

Однією з найважливіших умов, що визначають необхідність проведення термічної обробки наплавлених поверхонь з низьколегованих сталей, є контактування їх із середовищами, здатними викликати корозійне розтріскування (луги, воднево-вуглецеві середовища). Схильність до корозійного розтріскування наплавлених поверхонь низьколегованих сталей, що не гартуються, визначає наявність пружних або пластичних деформацій металу, викликаних зовнішніми або внутрішніми напруженнями, а частіше їх сумою. Зовнішні напруження можна змінювати, регулюючи навантаження на виріб, а внутрішні – технологією наплавлення або обов'язковим відпуском, чи нормалізацією [4].

Треба враховувати і товщину металу, що наплавляється, тому що з її збільшенням росте величина залишкових напружень і відповідно збільшується необхідність проведення термічної обробки.



Низьколеговані сталі термічній обробці не піддаються. У деяких випадках з метою здрібнювання зерна, зняття слідів наклепу, поліпшення оброблюваності різанням ці сталі піддають нормалізації. При нормалізації також поліпшується їхня холодостійкість. Питання про термічну обробку наплавлених поверхонь цих сталей є більш складним. Рациональною термічною обробкою для них є нормалізація і високий відпуск. Призначення того або іншого виду термічної обробки або відмовлення від неї визначаються багатьма умовами — товщиною, що наплавляють, умовами наплавлення, призначенням і умовами роботи виробу.

Тому проблема призначення термічної обробки наплавленого покриття є актуальною при вирішенні матеріалознавчих аспектів з метою підвищення довговічності деталей машин.

## 1.2 Постановка мети і завдань досліджень

**Метою роботи** є: розробка технології термічної обробки для створення покриття з твердою та стабільною структурою в наплавленому поверхневому шарі, яка відповідає принципам Шарпі-Бочвара.

### **Задачами дослідження:**

1. Вибір та обґрунтування термічної обробки, з метою досягнення необхідної за технічними умовами твердості, довговічності та працездатності відновленої деталі;
2. Дослідження впливу термічної обробки на структурні перетворення в наплавлених шарах.
3. Дослідження впливу кількості наплавлених валиків на структуру і твердість покриття.
4. Розробка технологічного процесу відновлення з використанням плазмового напилювання, яке забезпечує відновлення експлуатаційних характеристик робочих поверхонь;
5. Спроекувати устаткування з числовим програмним керуванням на базі вузлів фірми FESTO;
6. Розробити робоче місце для реалізації технологічного процесу відновлення деталі.

## 2 ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРАВЛЕНІ НА ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ВАЛУ 02.001.005 ЧЕРВ'ЯЧНОГО РЕДУКТОРА

### 2.1 Матеріали та методика проведення досліджень

Дослідження проводили на заготовках зі сталі 40Х ГОСТ 1050-88, стандартного хімічного складу [14].

На постійному струмі зворотної полярності в середовищі вуглекислого газу наносили шар металу на поверхні зразків електродним дротом Нп-30ХГСА ГОСТ10543-98, діаметром  $d=3$  мм. Джерело струму – випрямляч ВДУ-504.

Приготування мікрошліфа здійснювали за ГОСТ 11545-65. Процес підготовки мікрошліфа складався з декількох етапів: підготовка плоскої поверхні; шліфування; полірування.

Після наплавлення, зробили поперечний розріз зразків. Дослідні зразки зафіксували у корпусі підшипника та залили епоксидною смолою. Коли суміш досягла твердого стану, шліфи були піддані обробці шліфуванням, далі шліфуванню на дрібнозернистій бумазі, після чого були відполіровані до дзеркального вигляду за допомогою шліфувальної та полірувальної пасти на основі оксиду хрому.

Мікрошліфи для виявлення мікроструктури підлягали хімічному травленню в 4 % розчині азотної кислоти в етиловому спирті на протязі 5-30с. Потім промивали водою, протирали поверхню спиртом й просушували.

Дослідження зміни структури та фазового складу поверхневих шарів після наплавлення оцінювали на оптичному мікроскопі МИМ-8 за стандартними методиками.

Хімічний склад електродів наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад наплавочних дротів за ГОСТ 10543-98

Марка дроту	C, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Ni, %	Mo, %	S, %	P, %
Нп-30ХГСА	0,27–0,35	0,80–1,0	0,9–1,20	0,8–1,1	0,40	–	0,035	0,035

## 2.2 Дослідження впливу термічних полів процесу наплавлення покриттів на їх структуру та твердість

Одним із факторів, що виникає в процесі відновлення та значно впливає на структуроутворення нанесеного покриття, є температурне поле, яке формується під дією теплової дії електричної дуги і розповсюджується по всьому об'єму матеріалу деталі [13, 19, 20, 39]. Температури та їх перепади досягають величин, що можуть викликати фазові перетворення у метали. Під впливом нерівномірного розповсюдження тепла по об'єму деталі структура та твердість нанесеного покриття буде формуватися за різними механізмами, що детермінуються структурними перетвореннями.

З метою дослідження впливу кількості наплавлених валиків на структуру і твердість покриття було виготовлено сталеві зразки з розмірами, що показані на рис.2.1.

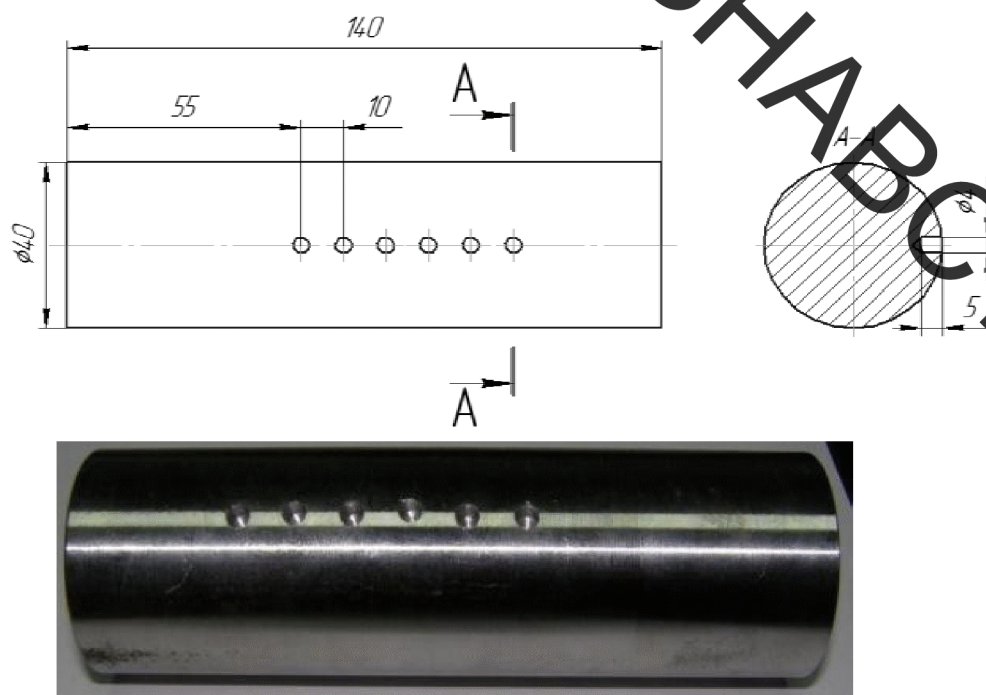


Рисунок 2.1 – Зразки для проведення досліджень

На фізико-механічні характеристики та структуру нанесеного покриття значно впливає температурне поле, що формується під час та після наплавлення. Проте найбільш значні фазові зміни відбуваються на ділянках температурного поля, які розташовані в зоні плавлення та поблизу неї.

Практичне визначення температури ділянки деталі, що наближена до зони плавлення є складною, а в деяких випадках неможливо задачею. В такому випадку доцільним є моделювання температурних процесів, що супроводжують наплавлення функціональних покриттів методом кінцево-елементного аналізу з використанням спеціалізованого програмного забезпечення на ПК.

Визначальним для певних структурних перетворень під час нагрівання і охолодження сплавів є досягнення температур критичних точок діаграм сплавів. З врахуванням цього, до результатів моделювання висуваються досить високі вимоги, щодо відповідності реальним значенням. Саме тому, під час досліджень, було приділено значну увагу доведенню адекватності результатів моделювання.

Адекватність результатів моделювання підтверджувалась шляхом співставлення результатів моделювання температурних полів деталі та практичного вимірювання температурного поля в деталі на ділянках, що суміжні із зоною плавлення (нанесення покриття). До того ж вимірювання проводилось як під час наплавлення так і після нього, на протязі тривалого часу, що відповідало часу охолодження зразку.

Нанесення функціональних покриттів та дослідження їх структуроутворення проводилося шляхом електродугового наплавлення в середовищі захисних газів на зразки (див. рис.1) виготовлені із прокату у стані поставки сталі Ст.3 та сталі 40X.

Внаслідок досягнення різних температур на сформованих валках під час наплавлення їх певної кількості та відповідною зміною швидкості їх охолодження відбувається формування покриття із різними структурами та її варіаціями вздовж покриття для окремих випадків.

Покриття, що формується при наплавленні одного валика найбільше відповідає характеристикам зварного шва. Мікроструктура такого покриття відповідає мікроструктурі залишкового аустеніту на мартенситній основі, що є результатом порівняно швидкого його охолодження.

Якщо при формуванні покриття нанести декілька валків (2-5), то середня температура деталі підвищується із більшою швидкістю. При цьому внаслідок накопичення значної кількості теплоти в матеріалі деталі зменшується швидкість охолодження покриття. Ми отримуємо покриття із мікроструктурою, аналогічною мікроструктурі сталі після термічної операції відпуску. В даному випадку прослідковується мікроструктура трооститу відпуску.

При нанесенні значної кількості валків середня температура зразка

швидко збільшується і є відносно високою.

Звичайно, через 3-х кулачковий патрон у верстат завдяки поверхневому теплообміну із зразка відходить тепло, але швидкість охолодження всеодно є низькою. Тому після повної кристалізації нанесеного покриття утворюється мікроструктура, що складається з рівномірно розташованих зерен фериту і перліту.

Мікроаналіз показав, що в перехідній зоні відсутні характерні для зварювальних процесів дефекти, а саме пори, тріщини, непровар, і т.д. При нанесенні покриття наплавлений метал рівномірно перемішується з основним металом. Тому використовувати наплавлення дротом Нп-30ХГСА у середовищі захисних газів для утворення якісного покриття є доцільним. Для сталі 3 і 40Х мікроструктури основи і перехідної зони відрізняються. Це зумовлено різним хімічним складом цих сталей. Якщо розглядати нанесене покриття біля перехідної зони, а саме на відстані  $\approx 1$  мм, то можна побачити вплив матеріалу основи на структуру металу в перехідній зоні. Відповідно, менша кількість вуглецю в сталі Ст. 3 спричиняє утворення більшої кількості феритних зерен, ніж при наплавленні на сталь 40Х.

При розгляді мікроструктури нанесеного покриття, розташованого на відстані більш ніж 1,5 мм, то вони співпадають і відповідають мікроструктурі нанесеного покриття електродним дротом Нп - 30ХГСА незалежно від матеріалу основи. Причому, чим більша віддаль від перехідної зони – тим більша схожість.

Дані дюрOMETричного аналізу показали, що твердість покриття по поверхні в осьовому напрямку від початку наплавлення є нерівномірною (рис. 3.2). Наприклад, при вимірюванні твердості покриття першого зразка чітко спостерігається така залежність – твердість більша на ділянках, що наплавлені впершу та в останню мить, а віддаляючись від цих точок, твердість покриття поступово зменшується.

Це пояснюється тим, що наплавлені спершу та в останню мить ділянки покриття мають більшу швидкість охолодження, розплавлений метал швидко кристалізується, утворюючи дрібнозернисту структуру металу і це забезпечує порівняно високу твердість. А оскільки із віддаленням від граничних ділянок покриття швидкість охолодження зменшується, метал кристалізується повільніше, розмір зерна збільшується, а твердість, відповідно, зменшується.

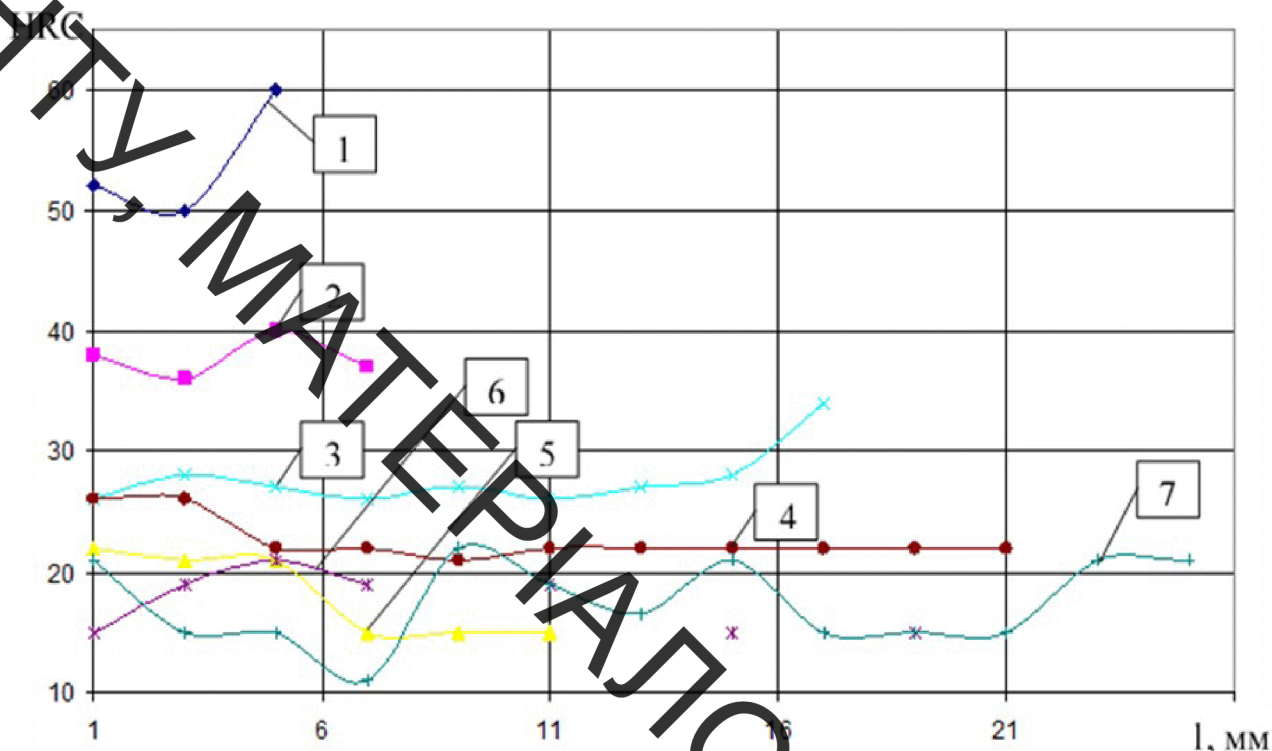
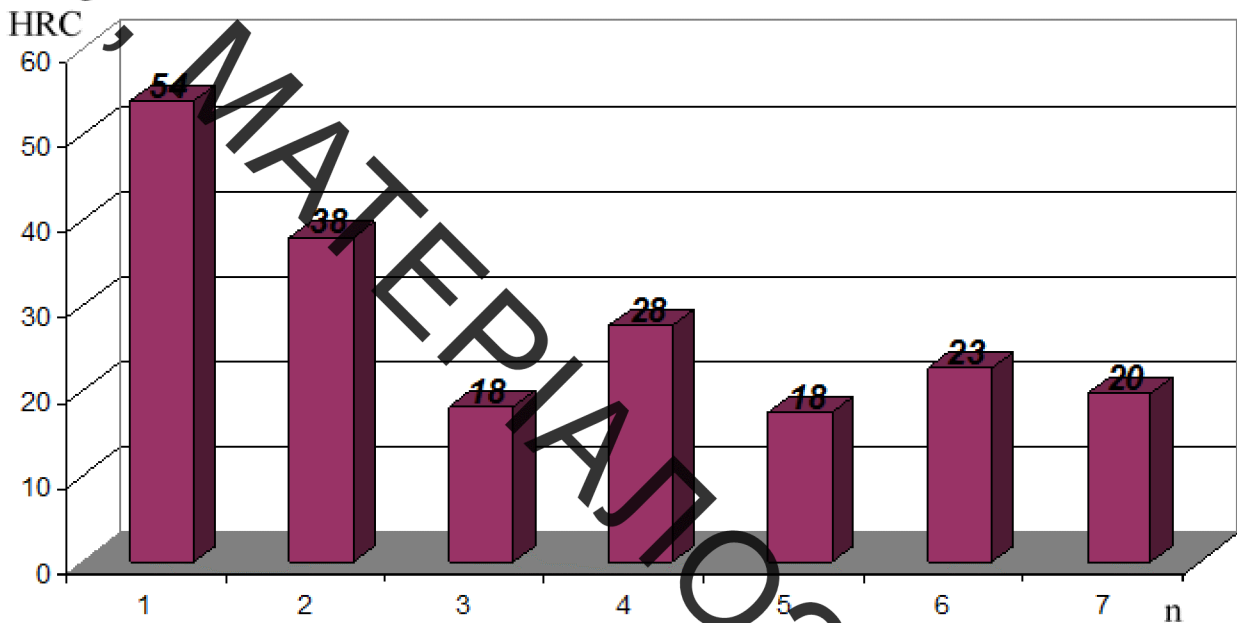


Рисунок 2.2 – Зміна твердості по довжині нанесеного покриття (позиції на рисунку відповідають порядковому номеру зразка):  
 1 – 1-ий зразок, 2 – 2-ий зразок, 3 – 3-ій зразок, 4 – 4-ий зразок,  
 5 – 5-ий зразок, 6 – 6-ий зразок, 7 – 7-ий зразок

При вимірюванні твердості покриття, що складається з двох і більше валків, ми не завжди потрапляли в точки з однаковими характеристиками (тобто інколи індентор потрапляв в зону сплавляння двох валків, інколи індентор потрапляв в центр валика), але інтегральна твердість покриття знаходиться в відповідних

Гістограма інтегральної твердості зображена на рисунку 2.3. Якщо порівняти залежність, отриману по екстремумах з гістограми і залежність зміни механічних властивостей від температури відпуску (рис. 2.2), то можна зауважити їх кореляцію.



межах.

Рисунок 2.3 – Гістограма зміни інтегральної твердості покриття в залежності від кількості наплавлених валків

1. Проведене дослідження показало, що кількість валків, що наносяться на деталь при формуванні покриття шляхом наплавлення, значно впливає на розподіл температур в деталі, мікро-, макроструктуру і твердість покриття.

2. Твердість покриття, що формується накладанням двох і більше валиків, є нерівномірною по всій довжині покриття, але змінюється в невеликих межах (до 5-10 %).

3. Для підвищення твердості покриття, яке формується послідовним накладанням двох і більше валиків, необхідно вводити додаткове охолодження деталі.

## 2.3 Вплив температури гартування на розмірні характеристики структурних складових

На рис. 2.4 приведена діаграма розпаду переохолодженого аустеніту сталі 40X в ізотермічних умовах, а вплив температури відпуску на механічні властивості цієї сталі представлено на рис. 2.5 [4].

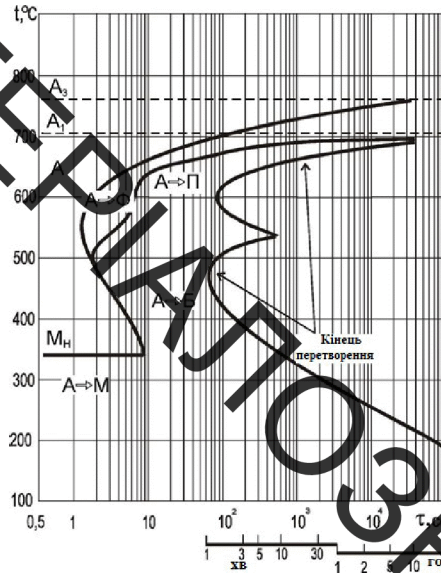


Рисунок 2.4 - Діаграма ізотермічного перетворення переохолодженого аустеніту сталі 40X (температура аустенізації 820°C).

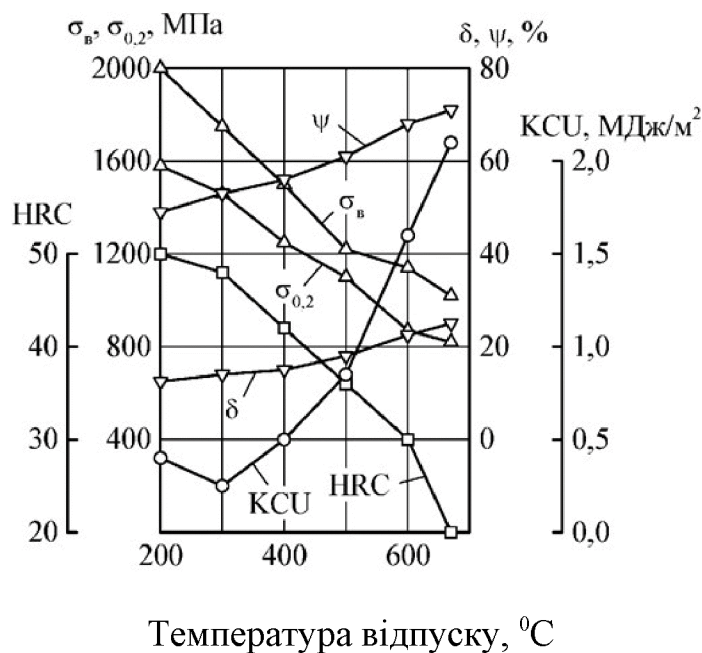


Рисунок 2.5 - Механічні властивості сталі 40X в залежності від температури відпуску (гартування від 820°C в олії).



Сталь 40X є доевтектоїдною конструкційною легованою сталлю. Температура нагрівання при загартуванні вибирається в цьому випадку на 50...70<sup>0</sup>C вище критичної точки A<sub>с3</sub>, тобто

$$t_{\text{н}} = A_{\text{с3}} + (50 \dots 70) \text{ } ^\circ\text{C} = 760 \text{ } ^\circ\text{C} + 60 \text{ } ^\circ\text{C} = 820 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (2.1)$$

Для отримання мартенситної структури при загартуванні сталі її необхідно охолоджувати зі швидкістю не меншою, ніж критична швидкість загартування ( $V_{\text{охл.}} \geq V_{\text{кр.}}$ ). Значення  $V_{\text{кр.}}$  визначимо, скориставшись діаграмою ізотермічного перетворення переохолодженого аустеніту, (рис. 2.4):

$$V_{\text{кр}} = \frac{A - t_{\text{min}}}{1,5 \cdot \tau_{\text{min}}} = \frac{710 - 550}{1,5 \cdot 1,5} \approx 70 \text{ } ^\circ/\text{с} \quad (2.2)$$

Як гартівне середовище слід застосувати мінеральне машинне масло, в якому швидкість охолодження в інтервалі температур найменшої стійкості переохолодженого аустеніту (650...550 <sup>0</sup>C) становить приблизно 150 <sup>0</sup>/с, що більше  $V_{\text{кр.}}$  даної сталі. У нижньому, мартенситному інтервалі температур масло охолоджує з невеликою швидкістю (20...30 <sup>0</sup>/с) [7], що зменшує ймовірність утворення дефектів загартування. Після загартування структура сталі по всьому перерізу валу складається з мартенситу і ~3...5% залишкового аустеніту.

Для отримання необхідних механічних властивостей і зменшення внутрішніх напружень, що виникли при гартуванні, сталь піддають відпуску. З підвищенням температури відпуску міцнісні властивості конструкційної сталі зменшуються, а її пластичність і в'язкість зростають.

Для отримання  $\sigma_{0,2} > 800$  МПа і  $KCU > 0,7$  МДж/м<sup>2</sup> температура відпуску сталі 40X повинна бути 600 <sup>0</sup>C (рис. 3.2). У зв'язку з тим, що хромисті сталі схильні до оборотної відпускну крихкості, охолодження валів зі сталі 40X до кімнатної температури при відпуску слід проводити прискорено, наприклад в маслі.

Таким чином, остаточною термічною обробкою валу редуктора зі сталі 40X є поліпшення, тобто сталь гартують від температури 820 <sup>0</sup>C у мінеральному машинному мастилi і проводять високий відпуск при температурі 600 <sup>0</sup>C з охолодженням в мастилi. Після такої термічної обробки структура сталі по всьому перетину валу редуктора являє собою сорбіт відпуску, а механічні властивості будуть не менше [6, 8, 13]:

– межа міцності - 1100 МПа,

- межа плинності - 800 МПа,
- відносне подовження - 20%,
- відносне звуження - 70%,
- ударна в'язкість - 1,5 МДж/м<sup>2</sup>,
- поріг холодноламокості:

$$t_{\text{верх}} = -40 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

$$t_{\text{нижн}} = -130 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Зазначений комплекс механічних властивостей забезпечить задану працездатність деталі виготовленої із сталі 40Х.

Наплавлені зразки зі сталі 40Х піддавали гартуванню та гартуванню з високим відпуском (поліпшення).

Вимірювання мікротвердості на зразках після наплавлення та гартування з високим відпуском сталі 40Х від температур 869, 1050 та 1160°C, порівняно зі сталлю 40Х без поліпшення, показали вищі середні значення мікротвердості на рівні  $(9,6 \dots 9,8) \cdot 10^3 \text{ Н/мм}^2$ . Водночас при гартуванні від 1160°C мікротвердість є найнижчою. Високий відпуск при температурі 600°C не змінює характер розподілу мікротвердості, а лише знижує її загальний рівень до  $(4,7 \dots 5,4) \cdot 10^3 \text{ Н/мм}^2$ . Мінімальні значення мікротвердості, як і в загартованому стані, мають покращенні зразки після гартування від 1160°C (рисунок 2.6).

На рисунку 2.6 показана залежність зміни середньої величини періодичності максимумів мікротвердості ( $T_{2\text{сер}}$ ) від температури гартування ( $t_{\text{гарт}}$ ) наплавлених зразків на сталі 40Х. На рисунку спостерігаються два типи максимумів мікротвердості. Середнє значення періоду  $T_1$  лежить в межах 53,0...73,0 мкм. Середня відстань між максимумами з більшим періодом  $T_2$  із зростанням температури гартування з 869, 1050 та 1160°C збільшується з 194,0 до 220,0 та 250,0 мкм. Це вказує на те, що на відміну від наплавленої сталі 40Х без поліпшення, підвищення температури гартування з високим відпуском не має такого сильного впливу на рівень та розкид значень мікротвердості, хоча дещо збільшує величину періодичності максимумів мікротвердості  $T_2$ .

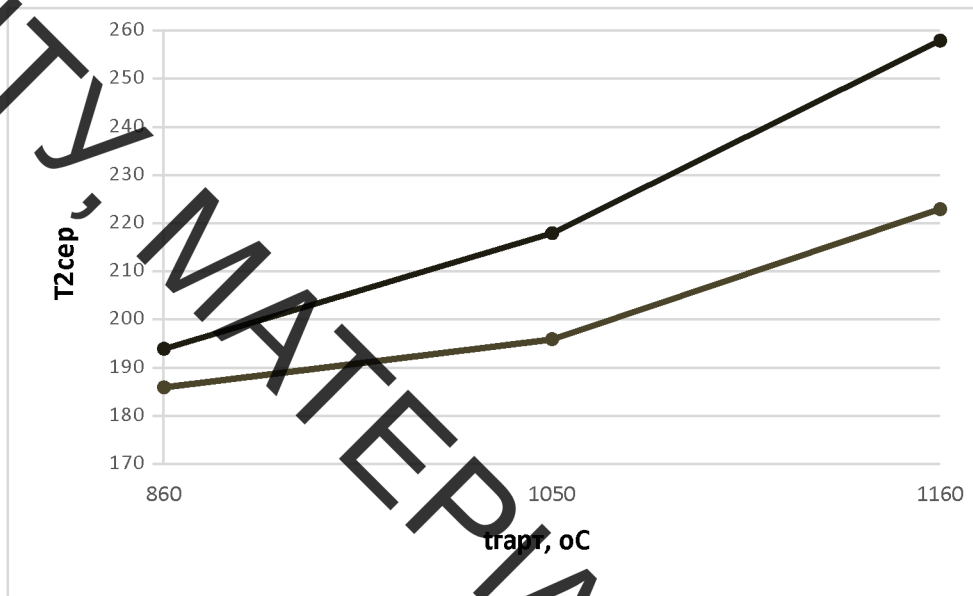


Рисунок 2.6 – Залежність зміни середньої величини періодичності максимумів мікротвердості ( $T_{2\text{сер}}$ ) від температури гартування ( $t_{\text{гарт}}$ ) наплавлених зразків сталі 40X

При дослідженні мікроструктури сталі 40X після наплавлення виявлено, що загальний вплив температури гартування на розмірні характеристики аустенітичних зерен, пакетів і кристалів мартенситу є аналогічним, як і для сталі 40X з поліпшенням. При всіх температурах гартування виявлено пакетний та голчастий мартенсит, але розміри кристалів останнього є меншими, ніж у сталі 40X.

Збільшення температури гартування з 869, 1050 та 1160°C сприяє росту діаметра аустенітного зерна, середнього розміру пакетів мартенситу та поперечного перерізу рейок мартенситу [6,36]. Це сприяє подальшому зростанню об'ємів матеріалу з підвищеними механічними характеристиками, які відповідають принципам Шарпі-Бочвара.

## 2.4 Проектування плазмового розпилювального пристрою

Плазмовий розпилювальний пристрій призначений для нанесення різноманітних металевих та композиційних покриттів, при виконанні широкого спектра, ремонтних і відновлювальних робіт. За рахунок зміни конструкції плазмового розпилювального пристрою, точного розрахунку плазмових каналів, та розташування каналу подачі порошку, досягається зменшення часу на робочий режим та забезпечується висока надійність роботи розпилювального пристрою.

Даний розпилювальний пристрій може вбудовуватися в автоматизовані лінії та автоматизовані робочі пости.

В роботі [25] показано, що найбільш ефективним пристроєм для відновлення є плазмотрон (рисунок 2.7).

Плазмовий розпилювальний пристрій має наступну конструкцію.

Плазмотрон складається з корпусу 1, плазмотвірного сопла 2 і захисного 3 сопла, що виконані з нержавіючої сталі марки 12Х18Н9 ГОСТ 4232-18. Такий матеріал дозволить працювати в агресивних середовищах присутніх в плазмотроні, адже сталь корозійностійка та жароміцна. Встановлені в порожнині корпусу електроізоляційні втулки 6 і 7 виконані з особливого матеріалу поліамід литтєвий ПА66 ГОСТ 06-369-74, який забезпечить електроізоляцію, а також герметизацію вузлів. У втулці 6 встановлено мідний електрод 8 ( мідь високої чистоти марки М0 ГОСТ 859-2001, перевагами якої являється висока електропровідність і більша стійкість до температурних перепадів [19].

Струм і газ, які підводять до установки, а також охолоджуюча вода взаємопов'язані. Їх взаємозв'язок полягає в тому, що електрична схема включення напруги, підведеної до плазмового розпилювача від джерела струму, заблокована контактами реле тиску, які встановлені в системі охолодження водою, а також контактами реле тиску, які встановлені в системі живлення плазмотвірним газом [21].

Плазмотрон має єдину систему охолодження корпусу 1, електроду 8 і плазмотвірного сопла 2. Система охолодження включає трубопровід 9 для підводу охолоджувальної рідини, кільцеві канали 11 і 12 між корпусом і електродом 8 і відвідний канал 10 в корпусі. Електрод 8 утворює з корпусом і трубопроводом кільцеві канали 11 і 12 відповідно, з'єднані каналами 13, виконані в електроді 8 і розташованими в площині заднього торця передньої ізоляційної втулки 6. Кріплення електроду 8 і герметизація системи охолодження здійснюється гайкою 14. Плазмоутворюючий газ через канали 4 поступає в порожнину плазмотвірного сопла 2, захисний по каналу 5 надходить під сопло 3.

Технічна характеристика плазмотрона.

Маса плазмотрона – 0,35 кг;

Тиск охолоджувальної рідини – 0,6-1,0 Мпа (6-10 атм);

Витрата охолоджувальної рідини – 2 л/хв;

Електроживлення – 220 В;

Зварювальний струм – 450 А;

Продуктивність по масі покриття що наноситься: 1-6 г/хв (0,3-2 см<sup>3</sup>/хв).

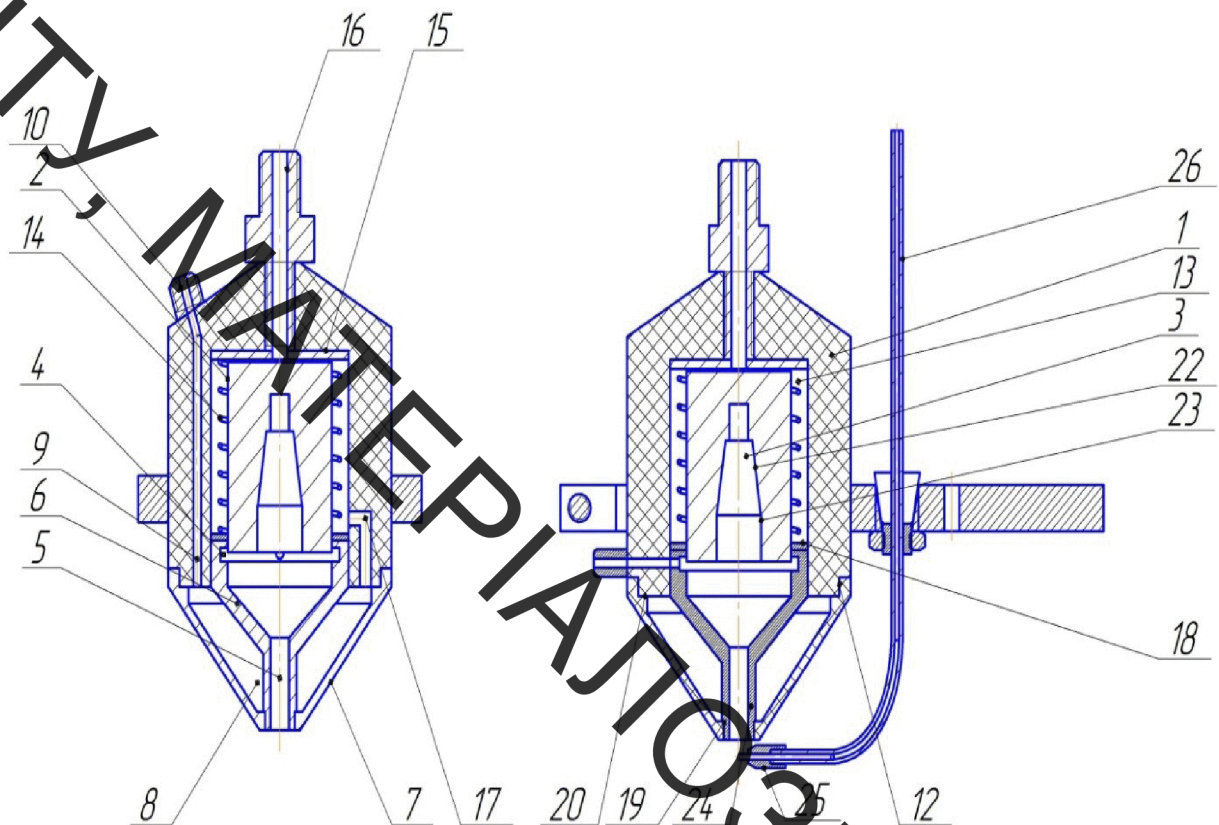


Рисунок 2.7 - Конструктивна схема плазматрона

1 - корпус, 2 – плазмотвірне сопло, 3 – захисне сопло, 4 – канал плазмотвірного газу, 5 – канал захисного газу. 6 – передня ізоляційна втулка, 7 – задня ізоляційна втулка, 8 – електрод, 9 – трубопровід для потоку охолоджувальної рідини. 10 – відвідний канал, 11 – кільцевий канал для рідини, 12 – з'єднувальний кільцевий канал рідини, 13 – канал в електроді, 14 – гайка, 15, 16, 17 – штуцери, 18 – зажимний болт, 19 – дротопідвід

## 2.5 Аналіз якості відновлення валу 02.001.005 черв'ячного редуктора

Для вирішення проблем, що стосуються якості продукції, широко застосовують метод - причинно-наслідкова діаграма [31].

Розглянемо причинно-наслідкову діаграму (діаграма “риб’ячих кісток” або діаграма Ісікави). Діаграма (рис. 2.8) добре показує співвідношення між наслідком, результатом і різними причинами, що впливають на якість валу 02.001.005 черв’ячного редуктора.

Наслідок, результат або проблема позначаються на правій стороні діаграми, а головні дії або “причини” перелічуються на лівій стороні.

Ця діаграма дозволяє виявити ключові взаємозв'язки між різними факторами та більш достеменно зрозуміти досліджуваній процес. За допомогою діаграми визначаються головні чинники, які спричиняють проблеми, що розглядаються та усувають їх дії [31].

Даний метод дозволяє:

- розбити проблеми на частини;
- показати, як взаємодіють різні причини, за допомогою побудови ієрархії цих причин;
- подати багато причин графічно.

Головним чинном на якість зносостійкості валу впливає:

- Режим роботи на нього впливають: культура виробництва, безперервність роботи, наявність пускових навантажень.
- Твердість поверхонь, має такі вторинні чинники: матеріал основи (термічна обробка, структура), формування поверхневих шарів.
- На матеріали впливають: матеріал деталі, наявність покриття (метод нанесення покриття, товщина покриття, твердість покриття, пористість покриття, структура покриття, перехідна зона), термічна обробка (додаткові компоненти, режими термічної обробки, вид термічної обробки)
- На середовище впливають: наявність мащення (наявність системи фільтрації абразиву, використання спеціальних мастил), склад абразиву, твердість абразиву, значення температури, наявність вентиляції, наявність вібрації, захист від абразиву.
- На корозійну стійкість впливають такі фактори: наявність вологи, наявність активного середовища, наявність захисту, склад матеріалу (корозійно стійкий, не корозійно стійкий), мікроструктура поверхневого шару.

Згідно побудованої діаграми Ісікави відносно якості валу 02.001.005 редуктора можна стверджувати, що основним фактором впливу є середовище у якому працює вал та матеріал поверхонь тертя. Поверхневий шар валу, що треться, повинен мати відповідну твердість, структуру та зносостійкість.

Плазмове напилювання порошковими матеріалами може забезпечити якісний поверхневий шар.

## 2.6 Висновки до 2-го розділу

1. Проведене дослідження показало, що кількість валків, що наносяться на деталь при формуванні покриття шляхом наплавлення, значно впливає на розподіл температур в деталі, мікро-, макроструктуру і твердість покриття.

2. Твердість покриття, що формується накладанням двох і більше валиків, є нерівномірною по всій довжині покриття, але змінюється в невеликих межах (до 5-10 %).

3. Для підвищення твердості покриття, яке формується послідовним накладанням двох і більше валиків, необхідно вводити додаткове охолодження

деталі.

4. Наслідком зміни твердості є зміна структури сформованого покриття. В процесі нанесення покриття твердість та якість поверхневого шару суттєво залежать від розмірних характеристик аустенітих зерен, пакетів і кристалів мартенситу

5. Збільшення температури гартування з 869, 1050 та 1160оС сприяє росту діаметра аустенітного зерна, середнього розміру пакетів мартенситу та поперечного перерізу рейок мартенситу. При всіх температурах гартування виявлено пакетний та голчастий мартенсит, але розміри кристалів останнього є меншими, ніж у сталі 40Х без термообробки покращення. Це сприяє подальшому зростанню об'ємів матеріалу з підвищеними механічними характеристиками, які відповідають принципам Шарпі-Бочвара.

6. За рахунок модернізації конструкції плазмового розпилювального пристрою, точного розрахунку плазмових каналів, та розташування каналу подачі порошку, досягається зменшення часу на робочий режим та забезпечується висока надійність роботи розпилювального пристрою, що сприяє якості нанесеного покриття.

7. За методом причинно-наслідкової діаграми (діаграми Ісікави) визначили основні фактори, що впливають на довговічність відновлених деталей. Показано, що до них слід віднести середовище у якому працює вал та матеріал поверхні тертя.



Кість абразивної  
зносостійкості  
власної трансмісії

### 3 РОЗРОБКА ТА ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ВАЛУ 02.001.005 ЧЕРВ'ЯЧНОГО РЕДУКТОРА

#### 3.1 Аналіз службового призначення вузла, деталі. Вимоги до деталі, що відновлюється та її поверхонь

Черв'ячний редуктор із циліндричним черв'яком (рис. 3.1) призначено для передачі руху між вісьми валів, що перетинаються. Дана компоновальна схема відноситься до редукторів із верхнім розташуванням черв'яка. Таке компоновання використовується при великих швидкостях обертання вихідного валу ( $v \geq 6$  м/с), що зумовлено збільшенням втрат на розмішування мастила. Основні частини черв'ячного редуктора: ведучий вал, ведений вал, черв'як, картер та опори валів [1].

В даному редукторі передача та зміна крутного моменту досягається за допомогою черв'ячної передачі, а саме черв'яка 9 та зубчатого вінця 11, що закріплюється на ступиці 10. Маточина 10 сидить на валу 5 на шпонці 27. Обертання на черв'як 9 передається шківом, що встановлений на шпонці 28. Вал 5 обертається в бронзових втулках 4. Підшипники запресовані в верхній кришці 1, яка кріпиться до корпусу 2 за допомогою болтового з'єднання 20, 22, 25. Змащуються підшипники через маслянки 33.

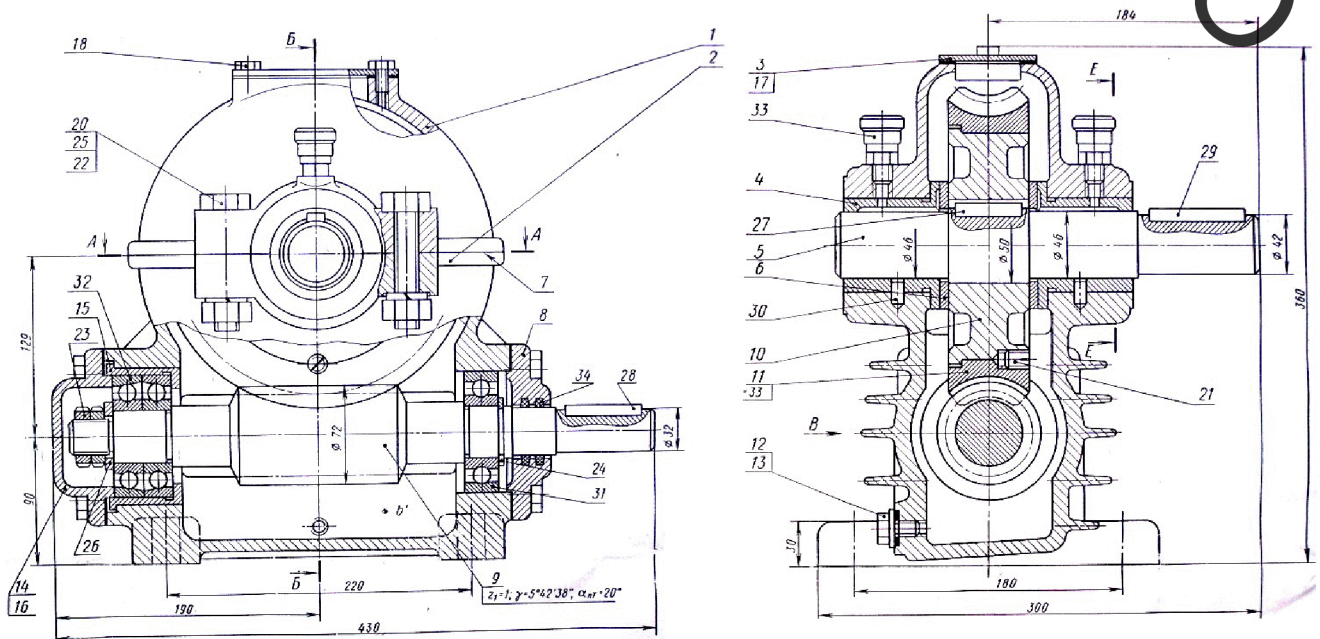




Рисунок 3.1 – Черв'ячний редуктор

### 3.2 Конструкторсько-технологічна характеристика валу черв'ячного редуктора

Вал черв'ячного редуктора – одна із деталей, службове призначення якого полягає в забезпеченні передачі обертального руху між елементами пристрою. Основні конструктивні елементи валу 02.001.005: опорні шийки, шийки під установлення маточини та шестерню, пази під шпонку кріплення маточини та шестерні, центрові отвори.

Вал 02.001.005 переважно виготовляють із сталі 40Х. Поверхні опорних шийок і шийок під маточину та шестерню загартовують на глибину  $2 \div 3$  мм до твердості  $HRC = 48-50$ .

Точність розмірів для шийок в межах 6...7 квалітетів, для решти елементів – 8...9 квалітетів, відхилення форми і розмірів не повинні виходити за межі поля допуску 7-го квалітету. Шорсткість шийок не більше  $Ra=0,4$  мкм.

Габаритні розміри вала 280x50 мм. Конструкція валу та 3D модель показана на рисунку 3.2 та 3.3 відповідно.

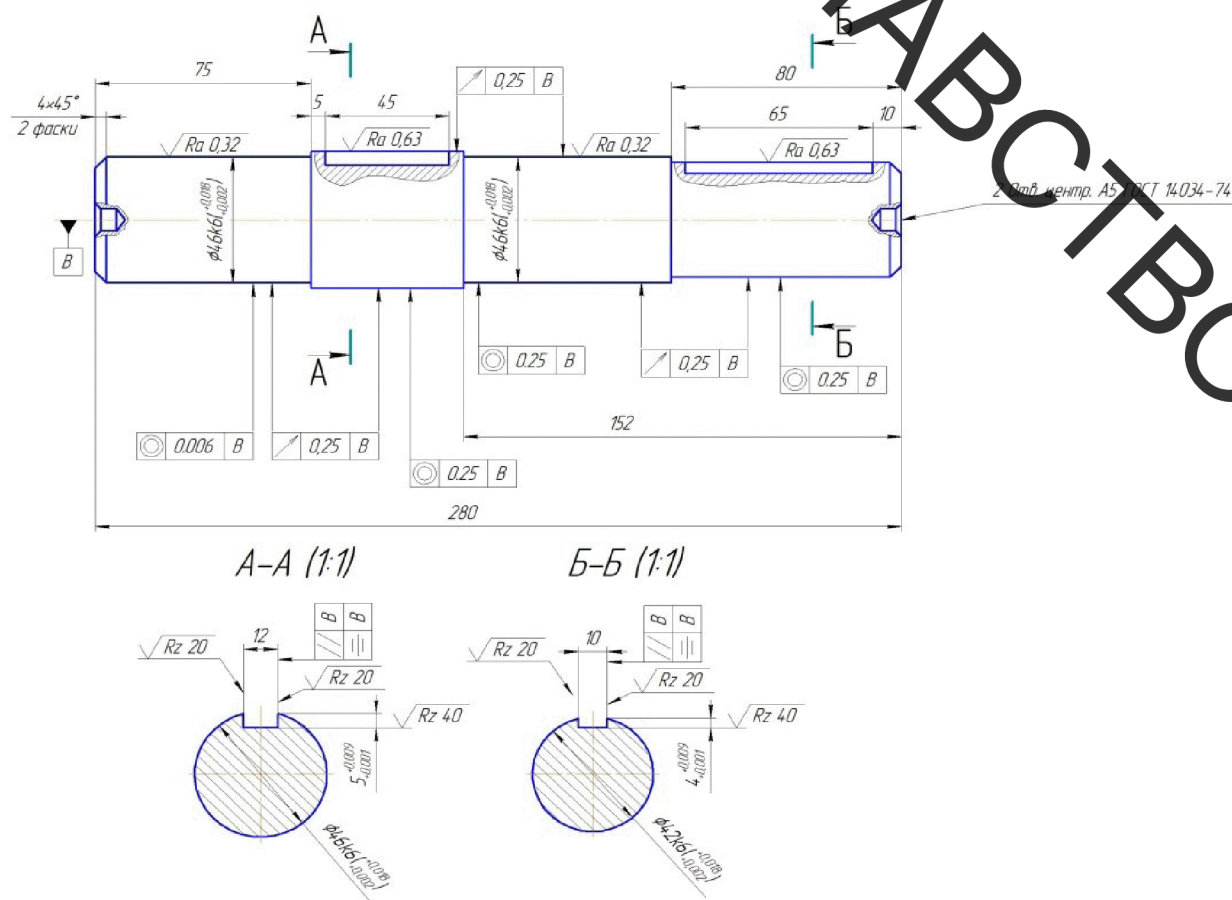


Рисунок 3.2 - Робоче креслення валу 02.001.005

Вал 02.001.005 виготовлено з матеріалу – Сталь 40Х ГОСТ 4543-71.

Сталь 40Х характеризується доброю придатності до обробки різанням, задовільною пластичністю при обробці. Особливості структурних перетворень цієї сталі дозволяють для отримання необхідних властивостей широко застосовувати термічну обробку, що особливо важливо для таких деталей, як вали, тяги, шестерні [10].

Хімічні властивості матеріалу наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Вміст хімічних елементів в сталі 40Х

Найменування елементу	Значення, %
Вміст азоту (N)	0..0,008
Вміст кремнію (Si)	0,17..0,37
Вміст марганцю (Mn)	0,5..0,8
Вміст міді (Cu)	0..0,3
Вміст нікелю (Ni)	0..0,3
Вміст сірки (S)	0..0,035
Вміст вуглецю (C)	0,36..0,44
Вміст фосфору (P)	0..0,035
Вміст хрому (Cr)	0,8..1,1

Механічні властивості наведені в таблиці 3.2

Таблиця 3.2 - Механічні властивості сталі 40Х

Найменування	Значення	Контекст
Відносне звуження, %	4,5	гартування 860°C (масло) + відпуск 500°C (вода)
Відносне подовження після розриву, %	10	гартування 860°C (масло) + відпуск 500°C (вода)
Густина, кг/м <sup>3</sup>	7850	
Межа міцності, МПа	980	гартування (масло) + відпуск 500°C (вода)
Межа текучості, МПа	785	гартування 860°C (масло) + відпуск 500°C (вода)
Зварюваність	Важкозварювана	
Схильність до відпускнуї крихкості	схильна	
Твердість по Бріннелю	552	гартування 850°C (вода) + відпуск 200°C (повітря)
Твердість по Бріннелю	217	відпал
Температура кування, °C	1250..800	

Флокеночутливість	чутлива	
-------------------	---------	--

За кресленням деталі бачимо, що вал – жорстка деталь і це знижує ймовірність спотворення при термічному впливі, під час нанесення

покриття:  $\frac{280}{50} = 5.6$ , що знаходиться в межах 5...6.

Розглянемо всі опрацьовані поверхні шестерні і їх призначення, використовуючи рисунки 3.2 та 3.3.

Поверхня 2 і 6 призначення для нерухомого з'єднання з підшипниками, які в свою чергу встановлюються в корпус вузла. Точність до даних поверхонь становить по якості к6 і шорсткість даних поверхонь складає Ra 0,32. Діаметри цих поверхонь (з ліва на право) становлять  $\varnothing 46^{(+0,018)}_{(+0,002)}$  (мм).

Поверхні 4 і 8 – призначені для нерухомого шпонкового з'єднання. Точність до даних поверхонь становить по якості к6 і шорсткість даних поверхонь складає Ra 0,63. Діаметри цих поверхонь (з ліва на право) становлять  $\varnothing 50^{(+0,018)}_{(+0,002)}$  (мм) та  $\varnothing 42^{(+0,018)}_{(+0,002)}$  (мм).

Всі інші поверхні не контактують з робочими і тому не підлягають опису.

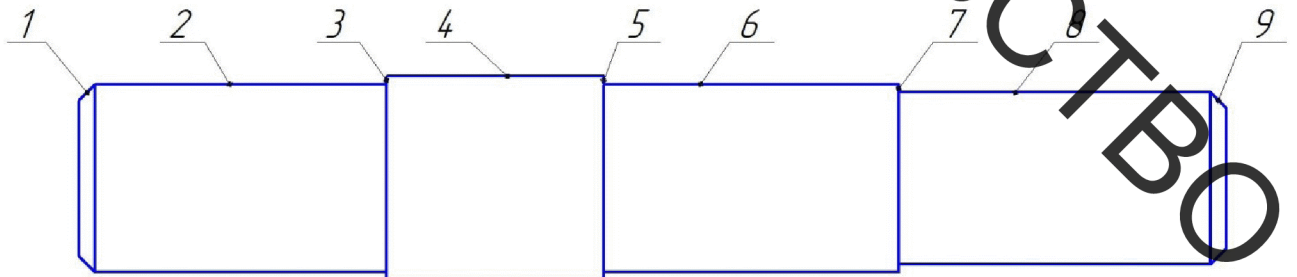


Рисунок 3.3 – Ескіз валу 02.001.005 черв'ячного редуктора з вказаними номерами поверхонь

Поверхня 3 – утворена в процесі точіння пов. 2.

Поверхня 5 – утворена в процесі точіння пов. 6.

Поверхня 7 – утворена в процесі точіння пов. 8.

Поверхні 1, 9 – фаски.

На основі проведеного аналізу можна сказати, що в цілому вал є досить технологічною деталлю, допускає використання високопродуктивних режимів різання (обробки), має добрі базові поверхні для первісної обробки.

Основними базами валу є шийки під підшипники ковзання діаметром 46 мм. Допоміжними базами є поверхня під шестерню Ø42 мм та Ø50 під маточину.

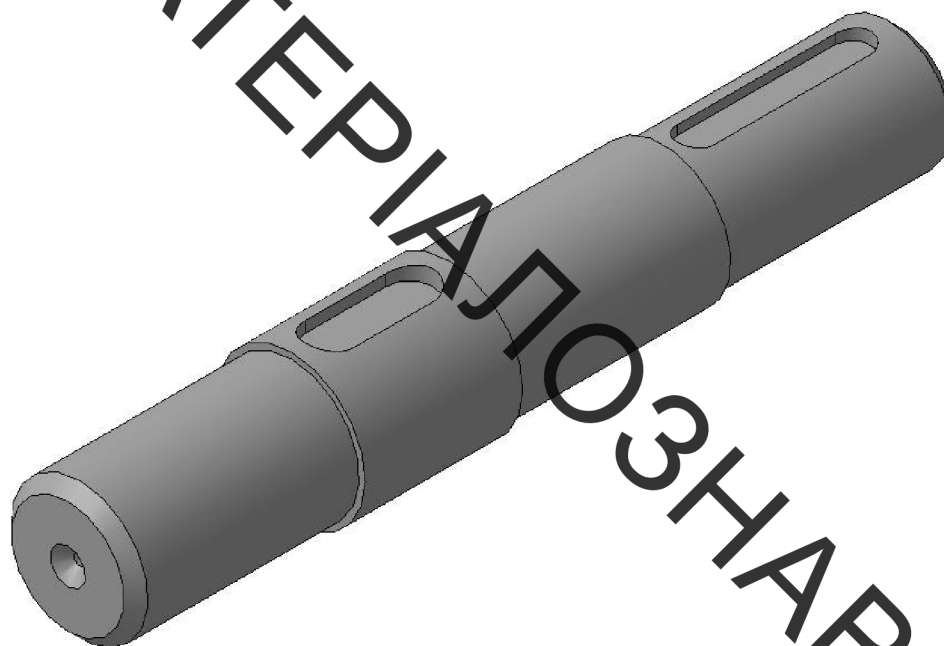


Рисунок 3.4 – 3D модель валу 02.001.005

Вихідними даними є програма річного ремонту деталей та маса валу.

Кількість деталей, що підлягають відновленню:  $P_B = 1500$  шт/рік.

Масу деталі можна визначити із масоцентровочних характеристик (МЦХ) 3D моделі валу (рис. 3.3).

МЦХ

Деталь – вал черв'ячного редуктора.

Задані параметри:

- матеріал - Сталь 40Х ГОСТ 1050-88;
- щільність матеріалу -  $R_o = 0.007820$  г/мм<sup>3</sup>;

Розрахункові параметри:

Маса -  $M = 3527.895627$  г.

Площа -  $S = 44397.657718$  мм<sup>2</sup>.

Об'єм -  $V = 451137.548171$  мм<sup>3</sup>.

Центр мас –  $X_c = -58.515593$  мм.

$$Y_c = 0.000000 \text{ мм.}$$

$$Z_c = -0.045113 \text{ мм.}$$

Величину партії запуску в ремонт визначає середньо-серійний тип виробництва, що мають технології у виробництві, які потребують постійних конструкторських змін в конструкції технологічного оснащення та зв'язку з науково - технічним прогресом в даній галузі виробництва. Річний об'єм випуску деталей, характерний для ремонтних підприємств, становить [11 ]:

$$P_{\text{зап}} = \frac{P_{\text{в}}}{P_{\text{д}}} \times g \quad (3.1)$$

де  $P_{\text{в}}$  – річний об'єм випуску деталей шт.;

$P_{\text{д}}$  – кількість робочих днів за рік ;

$g$ - необхідний запас деталей на складі в днях, коливається від 5...8 днів.

$$P_{\text{зап}} = (1500/251) \cdot 7 = 42 (\text{шт}).$$

### 3.3 Дефектування валу черв'ячного редуктора

Дефектування валу 02.001.005 черв'ячного редуктора проводимо у відповідності з таблицями дефектування, технічними умовами або вимогами на дефектування деталей класу «вали» з метою складання карти дефектування.

Дефекти, що виявлені в процесі дефектування валу 02.001.005 черв'ячного редуктора відносяться до першої, другої та четвертої групи пошкоджень і є такими, що відновлюються [26].

Виявлені дефекти (поверхні, що мають сліди зношування) позначаємо потовщеними лініями на ремонтному кресленні валу (рис. 3.5).

Опорні шийки під підшипники ковзання зношуються в наслідок абразивного тертя між поверхнями валу та втулки (деф. 3). Зношування прискорюється у випадку відсутності подачі мастила в зону тертя, та у випадку збільшення зазорів між спряженими поверхнями, в які можуть потрапляти бруд, продукти корозії та виступати в ролі третього тіла.



### 3.4 Обґрунтування методів відновлення поверхонь валу

Дефект 4 та 5 (див. рис. 3.1) доцільно усувати шляхом фрезерування шпонкового пазу під ремонтний розмір. Операція фрезерування повинна виконуватися перед операцією шліфування циліндричних поверхонь на яких виконано паз [11].

Основним способом відновлення зношених робочих поверхонь валу 02.001.005 черв'ячного редуктора (деф. 1,2,3) обрано плазмове напилювання. Для проведення відновлення за обраним способом необхідно виконати наступні операції: підготовка поверхні під напилювання; екранування суміжних поверхонь із відновлюваними; нанесення покриття плазмовим напилюванням; механічна обробка нанесеного покриття; контроль якості відновленої поверхні.

Підготовка поверхні валу 02.001.005 черв'ячного редуктора під напилювання забезпечується шляхом механічної обробки точінням. Операція попередньої токарної обробки вирішує ряд задач: відновлює геометрію зношеної поверхні – циліндричність; усуває поверхневі дефекти у вигляді пор, мікротріщин, тощо; Врахувавши глибину залягання поверхневих дефектів та величину зношування поверхонь попередню механічну обробку доцільно виконувати за один перехід із глибиною різання до 1 мм.

Коефіцієнт уточнення механічної обробки після нанесення покриття.

$$K_{пер} = \frac{T'_{заг}}{T_{дет}} = \frac{1500 \text{ мкм}}{16 \text{ мкм}} \approx 90 \quad K_{перех \text{ післянапил}} = \frac{T_{заг}}{T_{дет}} \quad (3.2)$$

$T_{заг}$  – допуск на відновлення поверхні після нанесення покр., 1500 мкм.

$T_{дет}$  – допуск на деталі згідно креслення, 16 мкм.

Цей коефіцієнт показує в скільки разів готова, відновлена поверхня деталі має бути точніше ніж після напилювання покриття.

Визначимо розподілення коефіцієнтів уточнення між операціями механічної обробки:  $K_{точ.чорн.} \approx 5$ ,  $K_{точ.чист.} \approx 3$ ,  $K_{шліф.чорн.} \approx 3$ ,  $K_{шліф.чист.} \approx 2$ .

$$K \approx K_{точ.чорн.} \cdot K_{точ.чист.} \cdot K_{шліф.чорн.} \cdot K_{шліф.чист.} = 5 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 2 = 90 \quad (3.3)$$

### 3.5 Формування маршруту технологічного процесу відновлення валу черв'ячного редуктора

Згідно результатів дефектування і технології відновлення дефектів складаємо план технологічного процесу відновлення валу 02.001.005 черв'ячного редуктора. Схема розробленого технологічного процесу показано на рис. 3.6. виконується у наступній послідовності:

- 05 – Миття: помити деталь;
- 10 – Дефектувальна: виміряти відповідність розмірів поверхонь 1-5 за ескізом;
- 15 – Токарна: проточити поверхню 1,2,3 до розміру  $\varnothing 49$  мм,  $\varnothing 41$  мм,  $\varnothing 45$  мм відповідно;
- 20 – Напилювання: напилити поверхні 1,2,3 до розмірів  $\varnothing 52$  мм,  $\varnothing 44$  мм,  $\varnothing 48$  мм відповідно;
- 25 – Токарна: проточити поверхню 1,2,4 до розміру  $\varnothing 51$  мм,  $\varnothing 43$  мм,  $\varnothing 47$  мм відповідно начорно та начисто;
- 30 – Фрезерна: фрезерувати шпонкові пази під ремонтний розмір;
- 35 – Термічна: гартувати робочі поверхні валу СВЧ;
- 40 – Шліфувальна: шліфувати попередньо поверхню 1,2,3 до розміру  $\varnothing 50,4$  мм,  $\varnothing 42,4$  мм,  $\varnothing 46,4$  мм відповідно ;
- шліфувати остаточно поверхню 1,2,3 до розміру  $\varnothing 46^{(+0,018)}_{(+0,002)}$  мм,  $\varnothing 50^{(+0,018)}_{(+0,002)}$  мм та  $\varnothing 42^{(+0,018)}_{(+0,002)}$  мм відповідно ;
- 45 – контрольна: провести визначення відповідності розмірів до робочого креслення.

Маршрут відновлення валу 02.001.005 черв'ячного редуктора наведено на рис. 3.6.

Розраховані режими нанесення покриття на зношені поверхні та режими їх механічної обробки наведені у додатку Б «Маршрутні карти».



№ операції	Операційні переходи	Ескізи обробки	Моделі верстатів
010	<p>Мийна</p> <p>Рефлективальна</p> <p>Виміряти поверхні 1,2,3,4,5 за ескізом</p>		<p>Штангенциркуль ШІ 1 0-200, Микрометр гладкий МК 25-50 ГОСТ 6507-78</p>
015	<p>Токарна</p> <p>1. Встановити заготовку, закріпити, зняти заготовку.</p> <p>2. Точити поверхні 1,2,3 до розмірів за ескізом.</p> <p>3. Перевстановити заготовку.</p> <p>4. Точити поверхню 4 до розмірів за ескізом.</p>		<p>Токарно-гвинтовий верстат 16К20;</p>
020	<p>Напильовання</p> <p>1. Встановити заготовку, закріпити, зняти заготовку.</p> <p>2. Напилити поверхні 1,2,3,4 до розмірів за ескізом.</p>		
025	<p>Токарна</p> <p>1. Встановити заготовку, закріпити, зняти заготовку.</p> <p>2. Точити поверхні 1,2,3 до розмірів за ескізом.</p> <p>3. Встановити заготовку, закріпити, зняти заготовку.</p> <p>4. Точити поверхню 4 до розмірів за ескізом.</p>		<p>Токарно-гвинтовий верстат 16К20;</p>
030	<p>Фрезерна</p> <p>Фрезерувати шпандові пази 5, 6 під ремонтний розмір</p>		<p>Верстат фрезерний</p>
035	<p>Термічна</p> <p>Гартувати поверхні 1,2,3</p>		<p>Індуктор Прометр</p>
040	<p>Шліфувальна</p> <p>1. Встановити, закріпити, зняти заготовку.</p> <p>2. Шліфувати поверхні 1,2,3,4 попередньо до розмірів за ескізом.</p> <p>Шліфувальна</p> <p>1. Встановити, закріпити, зняти заготовку.</p> <p>2. Шліфувати поверхні 1,2,3,4 остаточно до розмірів за ескізом.</p>		<p>Кругла шліфувальний верстат 3М151Е;</p>
045	<p>Контрольна</p> <p>1. Виміряти розміри та якість відновлених поверхонь</p>		<p>Штангенциркуль ШІ 1 0-200, Микрометр гладкий МК 25-50 ГОСТ 6507-78</p>

Рисунок 3.6 – Маршрут відновлення валу редуктора

### 3.6 Розрахунок припусків та режимів на механічну обробку валу

Маршрут механічної обробки поверхні  $\varnothing 50^{+0.016}_{+0.002}$  складається з точіння, чорнового та чистового шліфування.

Розрахункове обґрунтування вибору методів обробки поверхні  $\varnothing 50k5$ .

Розраховані значення зводимо до таблиці 3.7

Таблиця 3.7 – Дані визначення припусків і граничних розмірів

Технологічні переходи обробки $\varnothing 50^{+0.016}_{+0.002}$	Елементи припуску, мкм				Розр припуск $2Z_m$	Розр. Діам. $d_p, \text{мм}$	Допуск $g, \text{мкм}$	Граничний розмір		Граничне значення припуску	
	Rz	T	$\rho$	E				Dmin	Dmax	$2z_{\text{max}}^{\text{IP}}$	$2z_{\text{min}}^{\text{IP}}$
Заготовка	200	150	150	-	-	51,852	300	51,832	52,132	-	-
точіння	60	-	9	350	1460	50,392	100	50,372	50,472	1,66	1.46
шліфування чорнове	20	-	6	18	320	50,072	36	50,072	50,108	0,36	0.32
шліфування чистове	15	-	3	14	70	50,002	18	50,002	50,016	0,16	0.07

Розрахунок та призначення режимів нанесення покриття виконували згідно стандартних методик [12, 15, 31].

Таблиця 3.8 – Параметри режимів обробки поверхонь

№	Назва операції	d, мм	L, мм	S, мм/об ( $V_r, \text{мм/с};$ $Y_{\text{пр}}, \text{м/хв}$ )	$\nu, \text{хв}^{-1}$ ( $\omega_{\text{дет}}, \text{с}^{-1};$ $Y_{\text{об}}, \text{м/хв}$ )	i	$n_{\text{дет}}$
01 5	Токарна верстат: 16K20Ф3	$\varnothing 50; \varnothing 46;$ $\varnothing 42$	75: 80; 45:	0,5	537; 502; 516	1	17
02 0	Напилювальна Установка з ЧПК	$\varnothing 50; \varnothing 46;$ $\varnothing 42$	75: 80; 45:	$V_r =$ 3,6(мм/с);	$\omega = 0,4$ $V_d = 815,$ (мм/с);	6	17
02 5	Токарна верстат: 16K20Ф3	$\varnothing 50; \varnothing 46;$ $\varnothing 42$	75: 80; 45:	0,5	88 м/хв	1	17
03 0	Фрезерувальна верстат: 6Т104 Шпонкова двоперова фреза Р6М5 ГОСТ 6637-80	12x8x70 16x10x45	70; 45	0.07 мм/зуб;	250	1,4	17
03 5	Термічна індукційна піч ВЧГ-3-160/0,066	$\varnothing 50; \varnothing 46;$ $\varnothing 42$	75: 80; 45:	-	-	1	17
04 0	Шліфувальна попередня верстат 3М151Е; круг 63С40П5Т1К6	$\varnothing 50; \varnothing 46;$ $\varnothing 42$	75: 80; 45:	0,015	8	-	17
	Шліфувальна остаточна верстат 3М151Е,	$\varnothing 50; \varnothing 46;$ $\varnothing 42$	75: 80; 45:	0,001	4	-	17

04	Контрольна	-	-	-	-	-	17
----	------------	---	---	---	---	---	----

### 3.7 Нормування операцій технологічного процесу

Нормування інших операцій проводимо згідно [32] і результати розрахунків записуємо до таблиці 3.9

Таблиця 3.9 – 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 Токарна	0,2	0,1	0,3	0,021	5	0,82	0,85
20 Напилювальна	4,5	1,6	6,1	0,45	25	6,85	6,87
25 Токарна	0,2	0,1	0,3	0,021	5	0,82	0,85
30 Фрезерна	0,74	0,3	1,04	0,062	15	1,102	1,108
35 Термічна	9	3,2	12,2	0,9	30	13,6	13,65
40 Шліфувальна	1,4	0,56	1,96	0,12	15	2,68	2,69
45 Контрольна	2,5	0,75	3,25	0,175	3	3,445	3,46

### 3.8 Створення конструктивної схеми установки ЧПУ та її опис

Розробимо конструктивну схему установки. З'ясуємо з яких основних компонентів має складатися установка для автоматизованого відновлення вала черв'ячного редуктора (рисунок 3.7) [37]

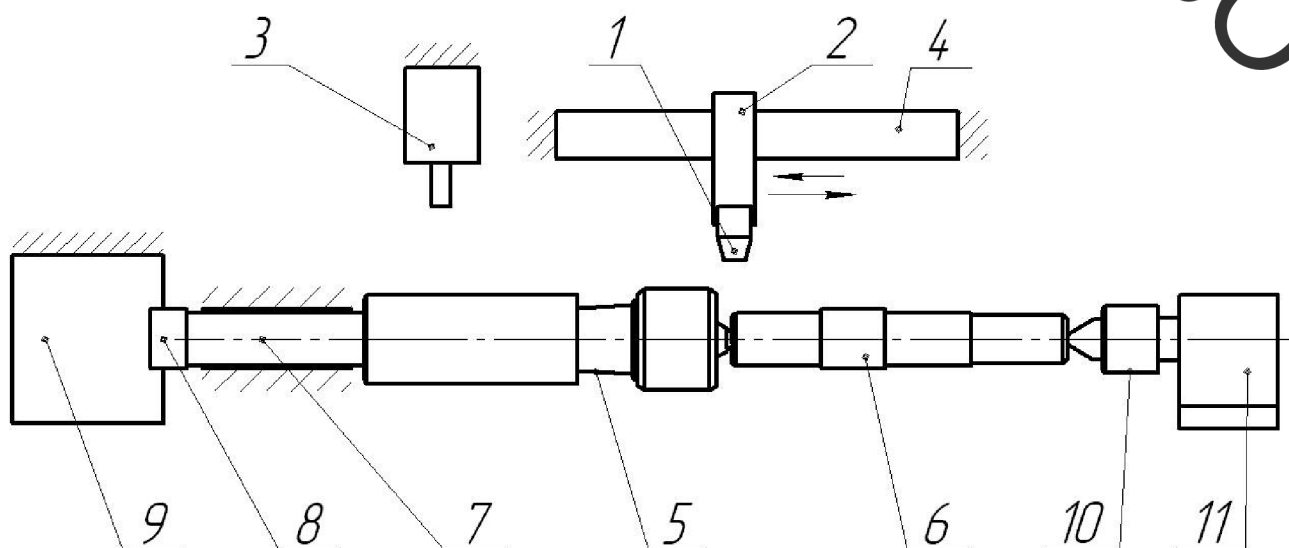


Рисунок 3.7 – Конструктивна схема установки відновлення вала черв'ячного редуктора

Основними елементами конструктивної схеми є напилювальна головка 1, закріплена на нерухомому кронштейні 2, що забезпечує можливість при необхідності змінювати відстань між деталлю та наплавочною головкою перед процесом відновлення. Кронштейн 2 закріплено на каретці портального приводу 4, що забезпечує можливість переміщення напилювальної головки вздовж деталі 6. Над напилювальною головкою 1 розташовано живильник 3, який забезпечує подачу порошкової суміші до головки. Вал черв'ячного редуктора 6 закріплюється у пavidковому центрі 5 і центрі 10. Повідковий центр 5 закріплено у шпинделі 7, що встановлений на підшипниках. Шпиндель 7 через муфту 8 з'єднано з електромотором 9. Центр 10 встановлений в бабці 11.

### 3.8 Визначення способу закріплення вала черв'ячного редуктора

Для закріплення та затискання валів з центруючими отворами використовують закріплення в центрах, які є елементами центрування та затискання деталі при оброблюванні.

На рисунку 3.8 зображено вал черв'ячного редуктора 1, який закріплений у повідковому центрі 2 з однієї сторони і бабці 7 з рухомим центром 6 з іншої. Обертовий момент від привода передається на шпиндель 4, що закріплений у підшипниковому вузлі 5, потім на повідковий центр 2, деталь 1 і рухому піку 3 центра 6.

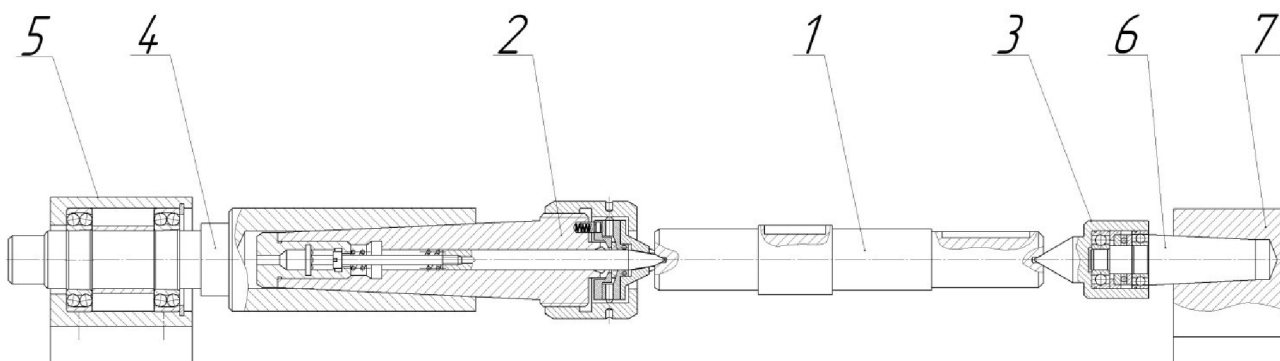


Рисунок 3.8 – Механізм обертання вала черв'ячного редуктора

1- відновлювана деталь, 2 – повідковий центр, 3 – піка, 4 – шпindelь, 5 – підшипниковий вузол, 6 – центр, 7-бабка.

На відміну від заднього центру, який є стандартизованою деталлю (ГОСТ 8742-75) повідковий центр має конструкцію, яка дозволяє встановлювати та знімати деталь і працює наступним чином.

Вал черв'ячного редуктора однією стороною впирається в піку 1 і рифлений поводок 2 і натискається до упору шляхом вжимання пружин 5 і 6. Робочий хід піки 1 - 25 мм, рифленого повідка – 12 мм. Після чого інша сторона вала черв'ячного редуктора встановлюється в задній центр і деталь відпускається. Деталь автоматично піджимається пікою 1 і рифленим повідком 2 і фіксується.

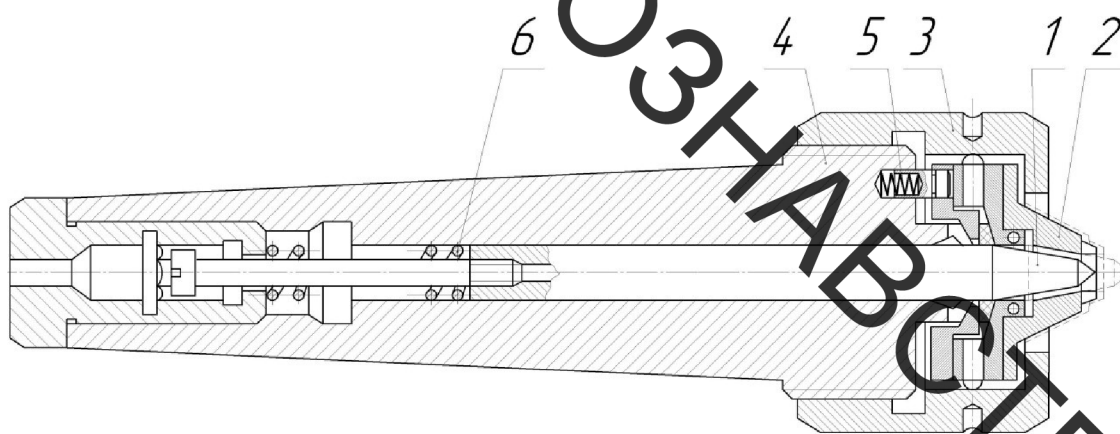


Рисунок 3.9 – Повідковий центр (в установочному положенні)

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

### 3.9 Розрахунок масоцентровочних характеристик (МЦХ) вала черв'ячного редуктора та пристрою його закріплення

Для визначення масоцентровочних характеристик розробимо 3D моделі усіх деталей що обертаються (рисунок 3.10)

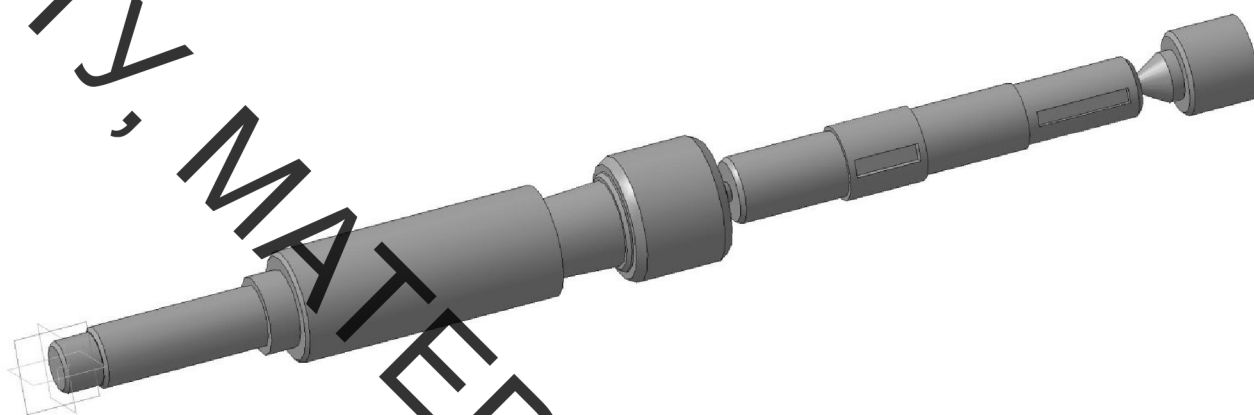


Рисунок 3.10 – 3D модель усіх деталей, що обертаються в процесі відновлення

Розрахунок МЦХ проведемо засобами САПР Компас

Маса	$M = 15.457644 \text{ кг}$
Площа	$S = 1657.031222 \text{ см}^2$
Об'єм	$V = 1976.680839 \text{ см}^3$
Центр мас	$X_c = 36.358984 \text{ см}$
	$Y_c = 0.000000 \text{ см}$
	$Z_c = 0.005965 \text{ см}$

Осьові моменти інерції в центральній системі координат:

$$J_x = 5512.443664 \text{ кг*см}^2$$

$$J_y = 5512.443664 \text{ кг*см}^2$$

$$J_z = 85.034122 \text{ кг*см}^2$$

Для розрахунку та вибору приводу обертання необхідно знати

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

$$J_z = 85.034122 \text{ кг*см}^2$$

### 3.10 Механізм обертання деталі

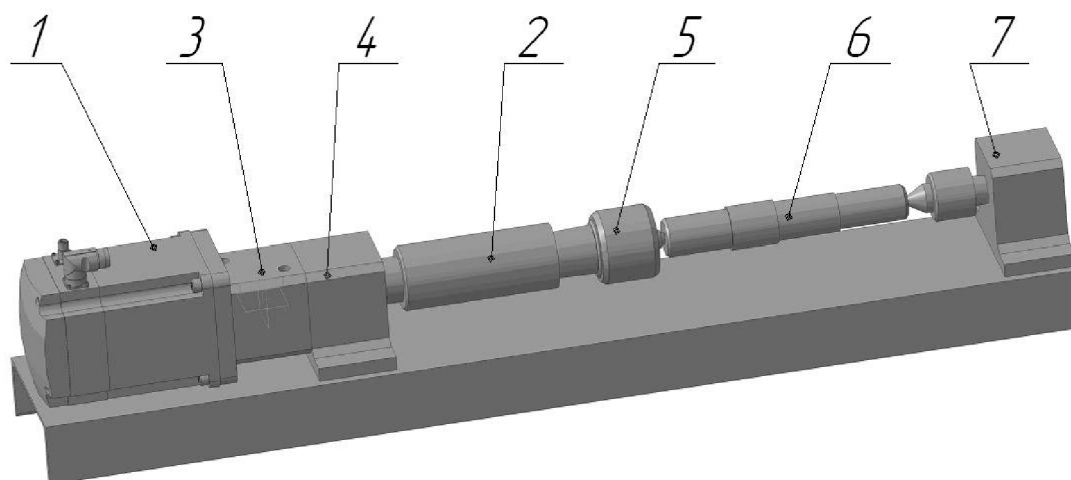
Для розрахунку приводу обертання застосуємо програму Positioning drives компанії Festo

Вихідними даними для розрахунку приводу обертання є момент інерції тіл які треба обертати (в нашому випадку становить  $J_x = 15 \text{ кг} \cdot \text{см}^2$  додаткові сили які є гальмівними або прискорюючими (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  $0,035 \text{ об/с} = 2,1 \text{ об/хв}$  приймаємо – 3 що дасть змогу одробляти більшу номенклатуру деталей. Час розгону приймаємо 1 с. Тип приводу - сервопривід постійного струму. Включно з вбудованими гальмами та варіантами з вбудованим редуктором. Монтажене розташування горизонтальне.

Замовимо на сайті FESTO.COM.UA 3D модель вибраного приводу обертання в форматі steer, який розпізнає програма Компас.

Таблиця 3.10 – Комплектуючі приводу обертання

№	Комплектуючі приводу	Найменування
1	Серводвигун	EMMS-ST-57-S-SE-G2
2	Редуктор	EMGA-60-P-G5-SST-57
3	Осьовий набір	EAMM-A-S62-80P-G2
4	Пневмоциліндр з фіксуєчим штоком і встановленим центром	DSBC-40-100-PPVA-N3
4	Контролер	CMMO-ST-15-3A-M3





### Рисунок 3.11 - 3D модель привода обертання 3.11 Привід переміщення напилювального пристрою

Вихідними даними для вибору привода переміщення напилюючого пристрою є маса яку необхідно переміщувати, це маса напилюючого пристрою 1,95 кг.

Замовимо на сайті FESTO.COM.UA 3D модель вибраного привода. Для того щоб цей привід працював його треба укомплектувати кроковим двигуном, осьовим набором, кронштейном для кріплення які виберемо у форматі sat 7 і представлені нижче.

- Серводвигун 2089730\_EMME-AS-60-M-LS-Ax;
- Редуктор 2089730\_EMME-AS-60-M-LS-Ax;
- Осьовий набір EAMM-A-D32-60P #543148;
- Консольний привід EGSL-BS-45-100-3P #562225;
- Контроллер електродвигуна CMMP-AS-C5-3A-M3;

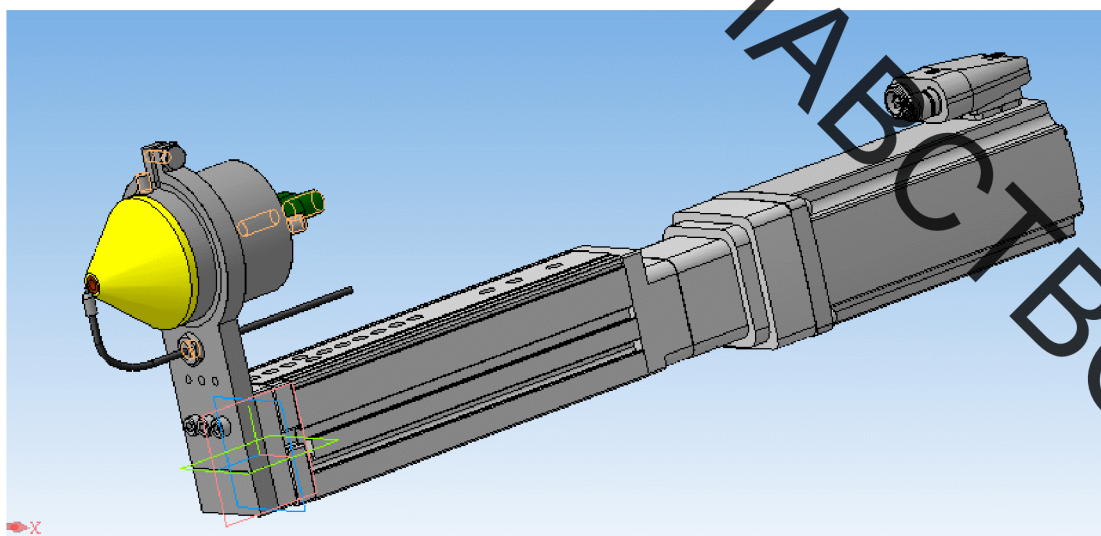


Рисунок 3.12 – Консольна вісь в зборі з плазмотроном

Маса консольної вісі в зборі з напилювальним пристроєм складає 10,8 кг. Враховуючи масу, та розмір поверхні якій необхідно обробляти, оберемо порталний привід за допомогою програми PositionDrives.

Замовимо на сайті FESTO усі необхідні комплектуючі.

- Портальна вісь \_EGC-80-TV-KF-OH-GK;
- Кроковий двигун 1370491\_EMMS-ST-87-L-SE-G2;
- Осьовий набір 560680\_EAMM-A-L38-87A;



- Контроллер электродвигена CMMP-AS-C5-3A-Mx;
- Комплект адаптерів кріплення DHAА-p-E7-70-B17-1

Для того щоб цей привід працював до нього треба приєднати кроковий двигун, осьовий набір, кріплення. Типорозміри вказаних деталей вибираємо згідно розділу "documentations" та розділі "accessories" які є доступними при виборі конкретного механізму на сайті Festo.com.ua

Поєднаємо усі механізми згідно їх функціонального призначення та отримаємо функціональний вузол вертикального та горизонтального переміщень напилювального пристрою та обертання деталі. Розмістимо у просторі всі деталі згідно їх призначення (рисунок 3.13).

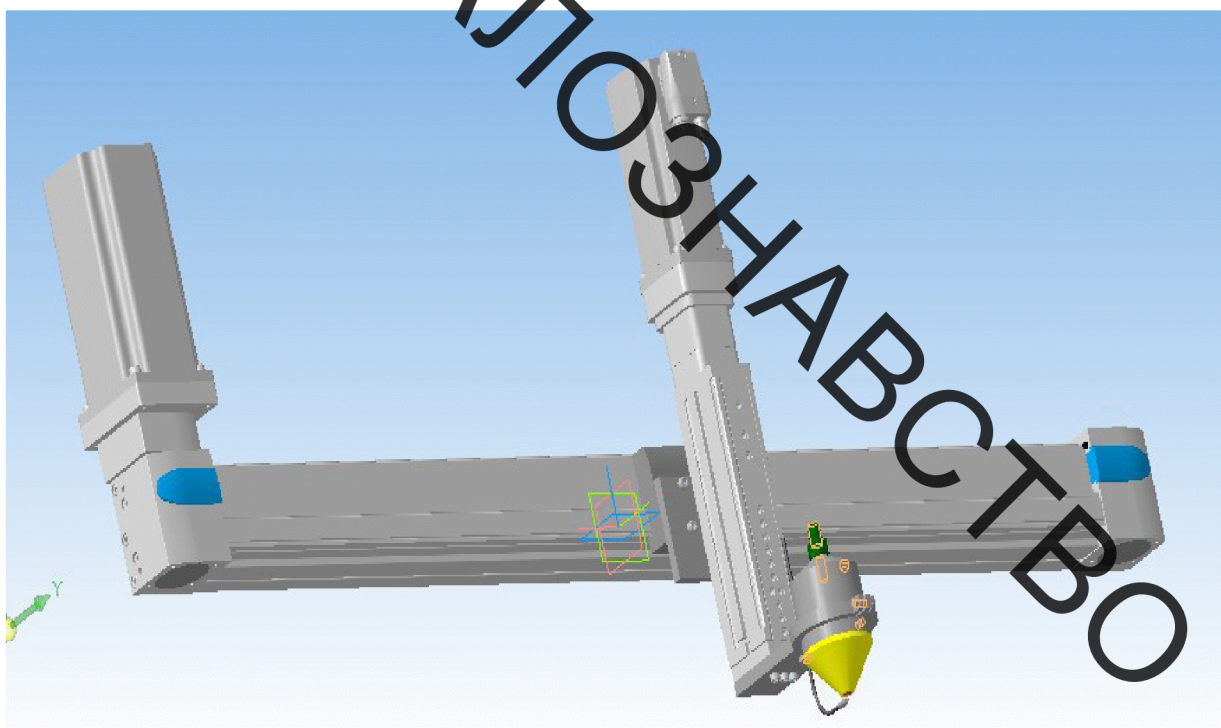


Рисунок 3.13 – Механізм переміщення напилювального пристрою (3D модель)

### 3.12 Установка з числовим програмним керуванням

Для створення рамної конструкції використаємо профільний металопрокат, а саме швелер ГОСТ 8240-79 №16, Конструкція рами зварна. Зварка електродугова за ГОСТ 5264-80.

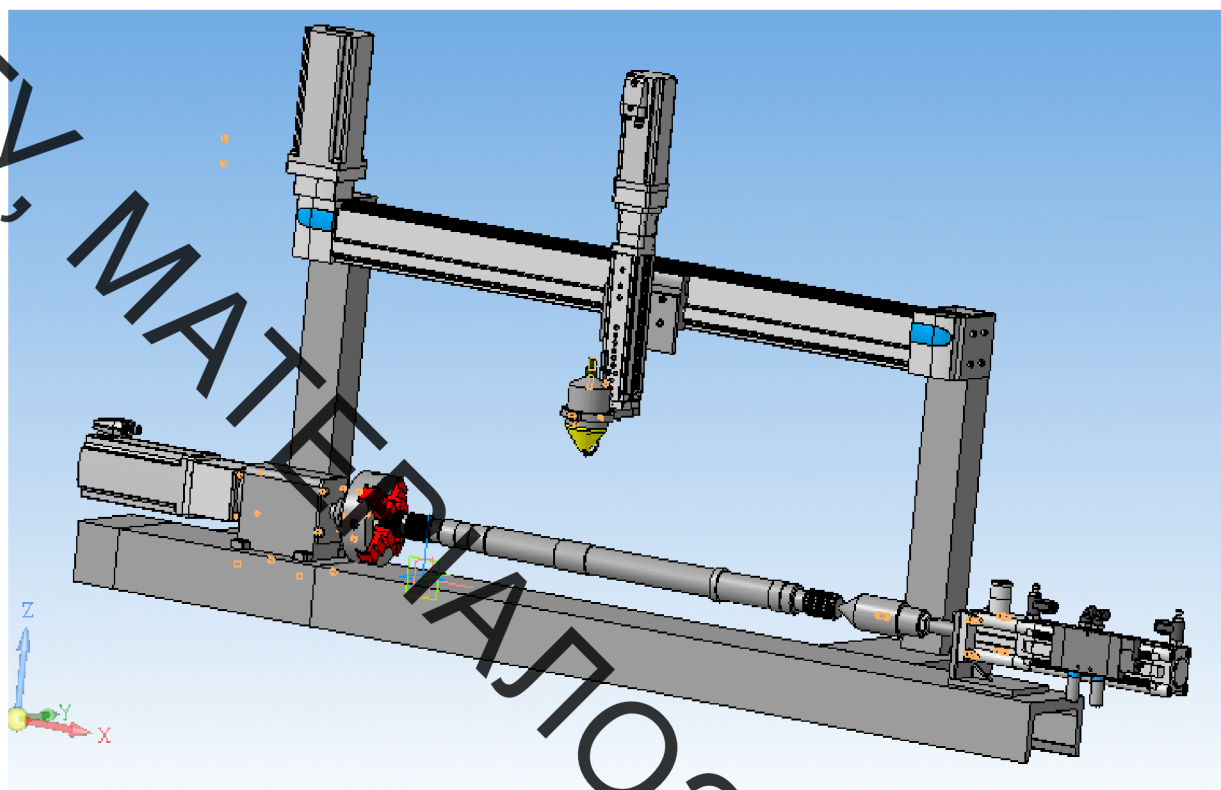


Рисунок 3.14 – Установка з числовим програмним керуванням

Робоче місце (рисунок 3.14) складається з установки з числовим програмним керуванням 1, яка встановлена на станині 4 у захисному боксі 2. В боксі встановлено живильник 5 який подає наплавочний матеріал в головку для наплавлення. Бокс оснащено вентиляцією 3. Електроживлення наплавочної головки здійснюється від джерела живлення 6. Керування установкою здійснюється від комп'ютера 7 та контролерів 9, захисний газ подається від балона 8. Шинопровід забезпечує підвід всіх комунікацій до виконавчих механізмів.

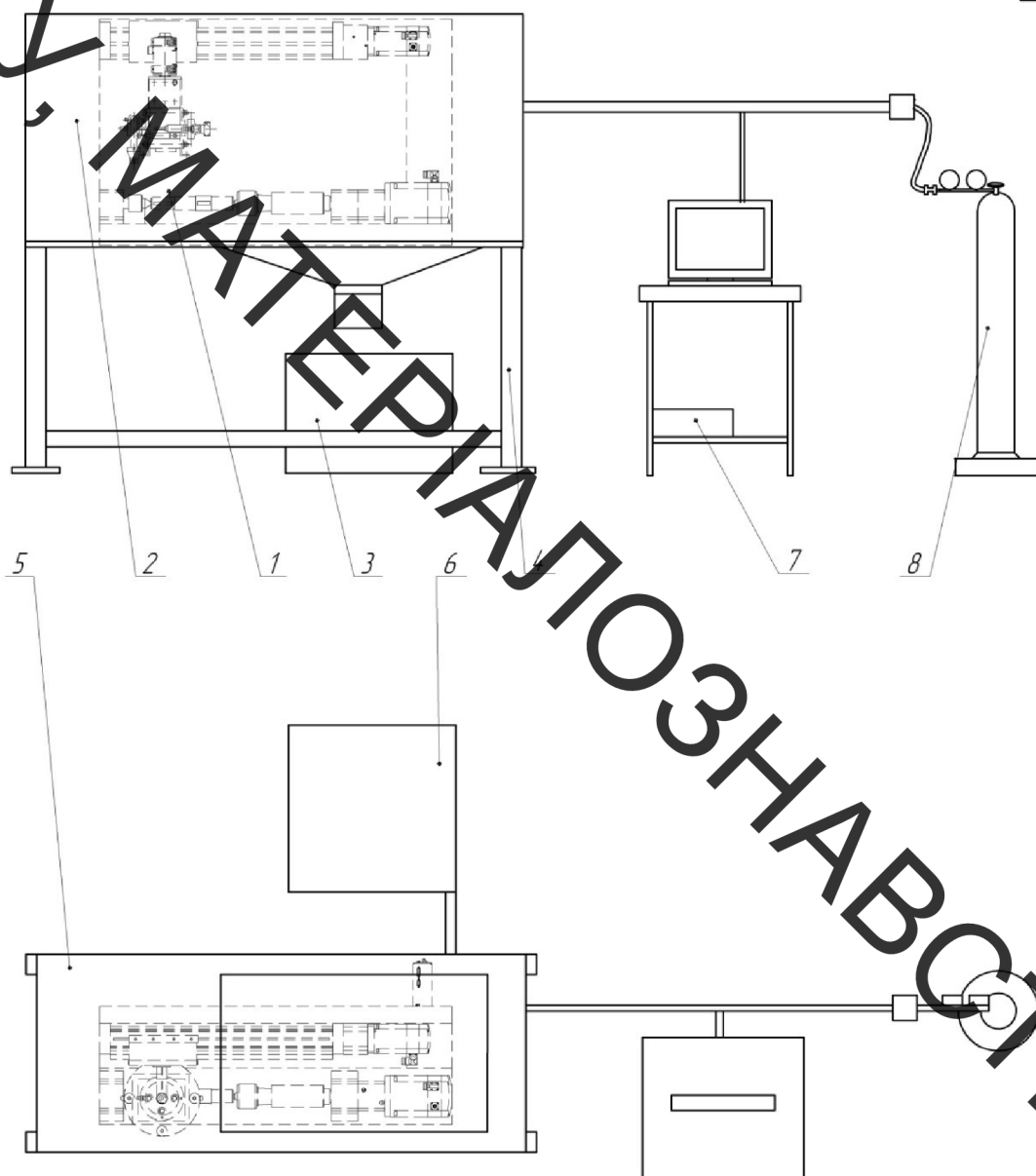


Рисунок 3.15 - Робоче місце.

### 3.13 Висновки до 3 розділу

1. На базі вузлів фірми Festo розроблена установка з числовим програмним керуванням для відновлення робочих поверхонь валу 02.001.005 черв'ячного редуктора. При використанні даної установки можливе досягнення повної автоматизації процесу відновлення і підвищення раціональності використання робочих ресурсів.

## 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 [16, 17].

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	3	3	4
5	3	4	3
6	3	4	3
7	4	3	3
8	4	3	3
9	3	4	4
10	3	3	4
11	3	3	3
12	4	4	4
Сума балів	42	41	41
Середньоарифметична сума балів $\overline{CB}$	41,3		

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 41,3, 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 тому, що наслідком зміни твердості поверхневого шару є зміна структури сформованого покриття, яке суттєво залежить від розмірних характеристик аустенітичних зерен, пакетів і кристалів мартенситу та впливає на формування поверхневого шару з покращеними властивостями його захисту від зношування у порівнянні з 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 термічної обробки поверхні деталі після нанесення 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 установки з ЧПК на базі вузлів FTSTO 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 і надійності роботи машин та приладів.

## 4.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи

### 4.2.1 Розрахунок витрат, що стосуються виконавців дослідів

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  $Z_0$ , якщо вони працюють в наукових установах бюджетної сфери визначається за формулою:

$$Z_0 = \frac{M}{T_p} \cdot t \text{ (грн.)} \quad (4.1)$$

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 6000 грн. на місяць. Кількість робочих днів у місяці складає 22, а кількість робочих днів дослідника складає 50. 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	386,36	5	1931,81
Інженер	6000	272,72	50	13636,36
Всього				15568,17

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  $T_P \approx 21 \dots 23$  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	0,02	2	30,95	0,61
Дефектувальна	0,48	4	36,06	17,30
Токарна	0,014	4	36,06	0,50
Напилювальна	0,24	4	36,06	8,65
Фрезерувальна	0,015	3	33,51	0,50
Термічна	0,018	3	33,51	0,60
Шліфувальна	0,23	4	36,06	8,29
Контрольна	0,05	5	38,62	1,93
Всього:				38,38

### 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[26]. На даному



підприємстві додаткова заробітна плата начисляється в розмірі 10% від основної заробітної плати.

$$Z_o = 0,1 \cdot (15568,17 + 38,38) = 1560,65 (\text{грн.}) \quad (4.4)$$

4. Нарахування на заробітну плату  $H_{зп}$  дослідників та робітників, які брали участь у виконанні даного етапу роботи, розраховуються за формулою (3.5):

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

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:

$$H_{зп} = (15568,17 + 38,38 + 1560,65) \cdot \frac{22}{100} = 3776,78 (\text{грн.})$$

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:

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

де  $C$  – 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  $H_a = 10 \dots 25\%$ ;

$T$  – 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:

$$M = \sum_{i=1}^n H_i \cdot C_i \cdot K_i - V_i \cdot C_v \text{ [грн.]}, \quad (4.7)$$

де  $H_i$  - 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;

Цв - ціна одиниці вимірювання відходів і-го виду матеріалів;  
п - 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.
Поршок ПГ-12Н-04 ТУ 48-19-142-79	125	0,47	58,75
Газ – Аргон	25	22	550
Лобомід	35	0,2	7
Ганчір'я	7,00	0,1	0,7
Всього з урахуванням транспортних витрат			678,1

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

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

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 4.8.

Таблиця 4.8 - Розрахунок витрат на комплектуючі

Найменування	Кількість	Ціна за штуку, грн.	Сума, грн.
1. Напилювальна установка з ЧПК	1	180 000,00	180 000
2. Обертач	1	3500,00	3500
3. Плазмотрон	1	1800,00	1800

Всього з урахуванням транспортних витрат	203830
--	--------

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

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

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

$P$  – встановлена потужність обладнання, кВт;

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

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

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.
UNIX1-20-2В	0,6	0,02	0,012	0,03
Дефектоскоп УД-12	0,2	0,48	0,096	0,20
Токарний верстат 16К-20Ф3	11	0,014	0,1540	0,32
Напилувальна установка з ЧПК	23	0,24	5,52	11,6
Фрезерувальний верстат 6Т104	3	0,015	0,045	0,09
Індукційна піч ВЧГ-3-160/0,066	2,4	0,018	0,043	0,09
Круглошліфувальний універсальний верстат 3М151	2,2	0,23	0,116	0,24
Дефектоскоп УД-12	0,2	0,05	0,01	0,02
Всього				12,59

### 5. Інші витрати

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

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

$$B_{in} = 1 \cdot (15568,17 + 38,38) = 15606,55 \text{ (грн.)}$$

#### 6. Сума всіх попередніх статей витрат

Сума всіх попередніх витрат дає загальні витрати на нову розробку:

$$B = Z_o + Z_p + Z_n + H_n + A + M + K + B_e + B_{in} \text{ (грн.)} \quad (4.11)$$

$$B = 15568,17 + 38,38 + 15606,55 + 3776,78 + 3751,6 + 678,11 + 678,11 + 203830 + 12,59 + 15606,55 = 240822,83 \text{ (грн.)}$$

Проведемо другий етап прогнозування:

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

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

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

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

$$B_{заг} = \frac{240822,83}{0,8} = 301028,53 \text{ (грн.)}$$

Проведемо третій етап прогнозування:

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

Прогнозування загальних витрат  $3B$  на виконання та впровадження результатів виконаної наукової роботи здійснюється за формулою:

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

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.

$$ЗВ = \frac{301028,53}{0,4} = 752571,34 \text{ (грн.)}$$

### 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:

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

де  $\Delta\Pi_o$  – 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;

$\Pi_o$  – 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;

$v$  – ставка податку на прибуток.

В середньому в рік продається 500 розробок. Середня вартість такої розробки становить 25000 грн.

Впровадження промислового зразка розробки дозволяє збільшити ціну кожного зразка на 500 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 100 примірників, а за наступний – на 75 та протягом третього року – ще на 50 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.:

$$\Delta P_{2020} = (500 \cdot 25000 + (25000 + 500) \cdot 100) \cdot 0,8333 \cdot 0,3 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 3085126,59 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta P_{2021} = (500 \cdot 25000 + (25000 + 500) \cdot (100 + 75)) \cdot 0,8333 \cdot 0,3 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 3477173,4 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta P_{2022} = (500 \cdot 25000 + (25000 + 500) \cdot (100 + 75 + 50)) \cdot 0,8333 \cdot 0,3 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 3738537,95 \text{ (грн.)}$$

#### 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 розрахуємо теперішню вартість інвестиції  $PV$ , що вкладаються в наукову розробку. Такою вартістю можна вважати прогнозовану величину загальних витрат  $ZB$  на виконання та впровадження НДР, розраховану. Тобто будемо вважати, що  $PV=ZB$ , і складає 752571,34 грн.

Далі необхідно розраховувати 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 3085126,59 тис. грн., за другий рік – на 3477173,40 тис. грн. та за третій рік – на 3738537,95 тис. грн. Тоді рисунок, що характеризує платежів (інвестицій та додаткових прибутків) буде мати вигляд, наведений на рисунок 4.1.

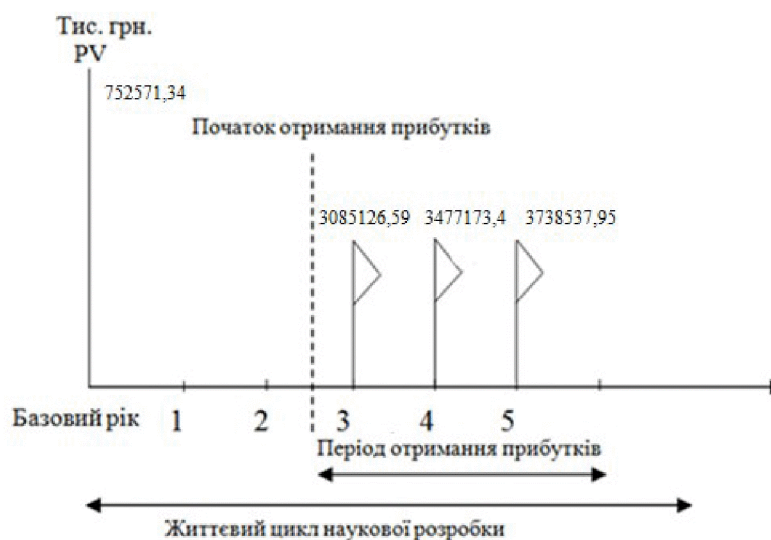


Рисунок 4.1 – Вісь часу з фіксацією платежів, що мають місце під час розробки та впровадження результатів НДР



Абсолютна ефективність вкладених інвестицій  $E_{abc}$  розраховується за формулою:

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

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 (4.16):

$$ПП = 752571,34 + \frac{3085126,59}{(1+0,1)^4} + \frac{3477173,40}{(1+0,1)^5} + \frac{3738537,95}{(1+0,1)^6} = 7129781,11 \text{ (грн.)}$$

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

$$E_{abc} = (7129781,11 - 752571,34) = 6377209,77 \text{ (грн.)}$$

Оскільки  $E_{abs} > 0$ , 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  $E_B$  розраховуємо за формулою:

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

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

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

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

$$E_a = \sqrt[3]{1 + \frac{6377209,77}{752571,34}} - 1 = 1,11 = 111\%$$

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 111% 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:

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

$$T_{ок} = \frac{1}{1,11} = 0,90 \text{ роки}$$

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

Розглядається ділянка відновлення робочих поверхонь валу 02.001.005 черв'ячного редуктора.

При роботі виникає ряд фізичних, хімічних, психофізіологічних небезпечних та шкідливих виробничих факторів [38]

1. Рухомі частини виробничого обладнання, пересуваємі вузли і агрегати.
2. Відлітаючі частини інструментів, який зруйнувався під час роботи.
3. Підвищена напруга в електричній мережі, замикання якої може відбутись через тіло людини.
4. Підвищена загазованість повітря робочої зони парами і газами, які виділяються при технологічних процесах.
5. Підвищений рівень шуму і вібрації на робочих місцях від працюючого обладнання.

6. Відсутність або недостатня освітленість природним світлом.
7. Недостатня освітленість робочої зони від світильників штучного освітлення.
8. Зміна мікроклімату робочої зони.
9. Фізичні динамічні та статичні навантаження.
10. Монотонність праці.

При відсутності засобів захисту запиленість повітряного середовища в зоні дихання верстатників може перевищувати граничне допустимі концентрації.

## **5.2 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.**

На дільниці обладнання живиться від трифазної чотирипровідної мережі з заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Дільниця знаходиться в одноповерховому виробничому приміщенні.

У цехах, що мають велику ширину, шкідливі роботи необхідно розташовувати поблизу зовнішніх стін для кращого забезпечення природної вентиляції приміщення. При внутрішньому плануванні приміщення повинні бути передбачені достатня ширина і число проходів, сходів, дверей із метою можливого усунення зустрічних людських потоків у періоди початку і закінчення змін, а також у випадку аварійних ситуацій.

Обсяг виробничих приміщень повинен бути таким, щоб на кожного працюючого припадало не менше 4,5 м<sup>2</sup> площі, 15м<sup>3</sup> об'єму, висота виробничого приміщення повинна бути не менше 3,2 м. Площа дільниці 60 м<sup>2</sup>, об'єм – 192 м<sup>3</sup>, тобто вимоги виконуються.

### **5.2.1 Мікроклімат в виробничому приміщенні**

Роботи, що виконуються відносяться до категорії робіт Пб – середньої важкості. Вони пов'язані з розбиранням і збиранням вузлів і агрегатів, процесами відновлення та зміцнення. Ці роботи пов'язані з середнім фізичним навантаженням.

Параметри, що характеризують мікроклімат в приміщенні є наступними: температура, відносна вологість, швидкість руху повітря.

Оптимальні і допустимі норми цих параметрів в залежності від категорії робіт, періоду року. Числові значення цих норм додано в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Оптимальні і допустимі норми параметрів мікроклімату в приміщенні

Період року	Категорія	Температура, °С			Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/хв	
		Оптим.	Допустима		Оптим.	Допуст.	Оптим.	Допуст.
			Верхня гран.	Нижня гран.				
Холод	Пб	17-19	21	15	40-60	75	0.3	0.4
Тепло	Пб	20-22	27	16	40-60	70	0.4	0.5

Для нормалізації мікроклімату в виробничому приміщенні необхідно улаштувати вентиляцію і опалення інтенсивність опромінення  $100\text{Вт}/\text{м}^2$ .

Опромінення людського тіла не більше 25%.

На ділянці характерне забруднення повітря виробничих приміщень отруйними газами та парами.

Попадаючи в організм людини шкідливі речовини негативно діють на людину. Концентрація шкідливих речовин у повітрі робочої зони не повинна перевищувати значень приведених у табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Допустимі показники шкідливих речовини повітря робочої зони

Назва речовини	Величина ГДК, $\text{мг}/\text{м}^3$	Переважає агрегатний стан в умовах виробництва	Клас небезпек	Особливості дії на організм
Мастила мінеральні нафтові	5	а	III	
Кремнію діоксид аморфний у вигляді аерозолу конденсації при вмісту від 10 до 60%	2	а	III	Ф
Бензапірен	0,00015	а	I	К
Альдегід масляний	5	п	III	
Вуглеводні аліфатичні $\text{C}_1\text{-C}_{10}$ (в перерахунку на С)	300	п	IV	
Молібдену розчинні з'єднання у вигляді аерозолу конденсації	2	а	III	

Контроль вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони проводиться на найбільш характерних робочих місцях. При однаковому обладнанні, або при виконанні однакових операцій контроль проводиться вибірково на окремих робочих місцях, розташованих в центрі і по периферії приміщення.

Система вентиляції приміщення буде комбінована, тобто буде поєднувати в собі механічну і природну, організовану вентиляцію.

Механічна вентиляція буде здійснюватиметься за рахунок вентилятора з приводом від електродвигуна. При обертанні вентилятора створюється різниця тиску, в результаті чого повітря переміщується з приміщення (витяжна вентиляція) і в приміщення (поточна вентиляція).

Приточна вентиляція забезпечуватиме приток чистого повітря в приміщення, а витяжна вентиляція забезпечуватиме видалення забрудненого повітря назовні.

Природна вентиляція здійснюватиметься за рахунок різниці густини повітря, що виникатиме за рахунок різниці температури повітря, а також за рахунок енергії вітру.

Для здійснення природної вентиляції будуть застосовуватись квартирки.

Для компенсації втрат тепла і підтримання температури повітря в межах норми передбачається встановлення систем опалення. Система опалення буде водною (температура води 100 °С). Використання такої системи дозволить підтримувати належний температурний режим з мінімально можливими витратами.

## 5.2.2 Виробниче освітлення

Кількісні і якісні характеристики освітлення регламентовані [38].

Природне освітлення забезпечується подвійними вікнами.

Розряд зорової роботи – 4а.

Коефіцієнт природного освітлення:

$$e^4 = e_H^3 \cdot m \cdot C_K, \quad (5.1)$$

де  $e_H^3 = 1.5$  - нормоване значення коефіцієнта природного освітлення;

$m = 0.9$  – коефіцієнт світлового клімату;

$C_K = 0.75$  - коефіцієнт сонячності клімату;

$$C_K = 1,5 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 1,01$$

Штучне освітлення в приміщеннях повинно задовольняти вимогам (табл. 5.3).

Таблиця 5.3 – Норми освітленості приміщень і виробничих дільниць відновлення деталей

Приміщення	Площина нормування освітленості	Розряд зорової роботи	Освітленість	
			норма	діюче
Механічна дільниця	Горизонтальна 0,8м	4а	300(750)	250(700)

Для освітлення цеху слід застосувати газорозрядні лампи. Для місцевого освітлення повинні застосовуватись світильники.

Нормативне значення штучного освітлення  $E = 200$  лк (для загального освітлення). Встановлені в приміщенні світильники забезпечують даний рівень.

### 5.2.3 Виробничий шум

Джерелом шуму на дільниці є працююче обладнання та системи вентиляції.

За характером спектру шум на дільниці широкопasmовий із безперервним спектром шириною більше октави. За часовими характеристиками шум постійний, так як рівень звуку за восьмигодинний робочий день змінюється в часі не більш, ніж на 5 дБА. За походженням шум механічний (від працюючого обладнання) і аеродинамічний (від вентиляційних установок). Характеристикою шуму на робочих місцях є рівні звукового тиску (дБ) в октавних смугах з середньгеометричними частотами 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Допускається в якості характеристики постійного широкопasmового шуму на робочих місцях при орієнтовній оцінці приймати рівень звуку (дБА), виміряний на тимчасовій характеристиці "повільно" шумоміра по [38].

Гранично допустимий спектр шуму на робочих місцях на дільниці відновлювання приведений у табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Допустимий спектр шуму на робочих місцях

Вид трудової діяльності	Октавні рівні звукового тиску, дБ на середньгеометричних частотах, Гц									Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
На постійних робочих місцях	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80



Для зменшення шуму на ділянці використовують архітектурно-планувальні методи захисту. Сюди відноситься раціональне розміщення технологічного обладнання, верстатів, раціональне розміщення робочих місць, раціональне акустичне планування зон і режиму руху транспорту, створення різних шумозахищених зон в різних місцях знаходження людей.

Вимоги по допустимому рівню шуму виконуються.

#### 5.2.4 Виробничі вібрації

Від систем вентиляції та іншого обладнання на працюючих може діяти вібрація. Вібрація характеризується такими показниками як віброшвидкість, віброприскорення, рівень віброшвидкості, рівень віброприскорення.

Категорія вібрації 3 тип "а" - технологічна на робочих місцях. Критерій оцінки - межа зниження продуктивності прац. На працюючих діє локальна і загальна вібрація. Вона передається через руки працюючих і через підшви ніг.

Санітарні норми одночислових показників вібраційного навантаження на працюючого при тривалості зміни 8 год приведені в табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Норми вібраційного навантаження

Вид вібрації	Категорія вібрації за санітарними нормами	Напрямок дії	Нормативні коректовані за частотою та еквівалентні коректовані значення			
			Віброприскорення		Віброшвидкість	
			м/с <sup>2</sup>	дБ	м/с · 10 <sup>-2</sup>	дБ
Локальна	-----	X <sub>n</sub> ; Y <sub>n</sub> ; Z <sub>n</sub>	2,0	126	2,0	112
Загальна	3 тип "а"	X <sub>0</sub> ; Y <sub>0</sub> ; Z <sub>0</sub>	0,1	100	0,2	92

Для зменшення вібрації, яка передається на робочі місця, обладнання на ділянці встановлено на віброізолятори. Вентилятори систем вентиляції також встановлюють на віброізолятори і розміщують поза приміщеннями.

Вимоги по допустимому рівню вібрації виконуються.

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

#### 5.3.1 Техніка безпеки

Джерела освітлення, проводка та силові двигуни повинні бути надійно ізольовані.

Забороняється експлуатація несправного обладнання, технічного інструменту, тощо. При несправному обладнанні вирішується табличка „Працювати заборонено” або „Не працює”.

Забороняється застосування саморобних нагрівальних пристроїв.

Робітники повинні забезпечуватись справними інструментами та інвентарем.

Відходи виробництва, обтирочні матеріали, повинні прибиратися після кожної зміни.

Для миття та знежирення повинні застосовуватись негорючі суміші і розчинники. Мийні ванни з часом після закінчення роботи повинні закриватись. Підлога має бути горизонтальною, рівною без вибоїн. Біля верстатів і стендів повинні бути дерев'яні трапи на всю ширину робочої зони.

Особливу увагу необхідно приділяти при роботі з кран-балкою.

Необхідно дотримуватись інструкцій по роботі з обладнанням.

Нормативні умови на ділянці забезпечуються такими засобами:

- механізацією;
- встановлення ефективної вентиляції;
- встановлення опалення;
- застосування засобів особистої гігієни.

Для захисту рук від агресивних середовищ застосовують рукавиці і халати.

### 5.3.2 Електробезпека

Однією із важливих умов безпеки обладнання є електробезпека - система організаційних та технічних засобів, які забезпечують захист людини від електричного струму. Приміщення відноситься до вологих, в яких пари вологи виділяються короткочасно в невеликій кількості і відносна вологість повітря перевищує 75%. Для подолання небезпеки ураження людини електричним струмом використовують занулення

## 5.4 Пожежна безпека

Приміщення віднесено до категорії Д, а будівля, де вона розміщуються, має 1-й ступінь вогнестійкості - незгораємі стіни, перегородки і покриття з межею вогнестійкості не менш 1 години. Всі стіни, перегородки і покриття відповідають цій вимозі.

Основними причинами виникнення пожеж є коротке замикання в електропровідниках, самозаймання ганчір'я, паління в недозволених місцях, розряди блискавки і порушення правил пожежної безпеки.

Обладнання повинно бути виконано в вибухобезпечному виконанні. Необхідно своєчасно проводити протипожежний інструктаж і встановлювати жорсткий протипожежний режим. Для паління відводяться та обладнуються спеціальні місця.

Для використаного обтирочного матеріалу передбачають металеві ящики з кришками та цей матеріал зберігається не більше однієї зміни.

Для запобігання пожежі від короткого замикання в провідниках їх необхідно розміщувати в металевих трубах, або гнучких, металевих кожухах.

Для захисту від блискавок, застосовують металеві стержні, які розташовані вище даху приміщення та з'єднані із землею дротом. Для оповіщення відповідних служб про пожежу застосовують телефони та теплові повідомлювачі максимальної дії ДТЛ, які спрацьовують, коли температура, навколишнього середовища досягає критичної.

За результатами проведеної роботи можна стверджувати, що дільниця виконання технологічного процесу відновлення та зміцнення валу муфти відповідає всім вимогам охорони праці.

## 5.5 Безпека в надзвичайних ситуаціях

### 5.5.1 Дія іонізуючих випромінювань на людей

Під впливом іонізуючого випромінювання атоми і молекули живих клітин іонізуються, в результаті чого відбуваються складні фізико-хімічні процеси, які впливають на характер подальшої життєдіяльності людини [34].

Згідно з одними поглядами, іонізація атомів і молекул, що виникає під дією випромінювання, веде до розірвання зв'язків у білкових молекулах, що призводить до загибелі клітин і поразки всього організму. Згідно з іншими уявленнями, у формуванні біологічних наслідків іонізуючих випромінювань відіграють роль продукти радіолізу води, яка, як відомо, становить до 70% маси організму людини. При іонізації води утворюються вільні радикали  $H^+$  та  $OH^-$ , а в присутності кисню — пероксидні сполуки, що є сильними окислювачами. Останні вступають у хімічну взаємодію з молекулами білків та ферментів, руйнуючи їх, в результаті чого утворюються сполуки, не властиві живому організму. Це призводить до порушення обмінних процесів,

пригноблення ферментних і окремих функціональних систем, тобто порушення життєдіяльності всього організму.

Вплив радіоактивного випромінювання на організм людини можна уявити в дуже спрощеному вигляді таким чином. Припустімо, що в організмі людини відбувається нормальний процес травлення, їжа, що надходить, розкладається на більш прості сполуки, які потім надходять через мембрану усередину кожної клітини і будуть використані як будівельний матеріал для відтворення собі подібних, для відшкодування енергетичних витрат на транспортування речовин і їхню переробку. Під час потрапляння випромінювання на мембрану відразу ж порушуються молекулярні зв'язки, атоми перетворюються в іони. Крізь зруйновану мембрану в клітину починають надходити сторонні (токсичні) речовини, робота її порушується. Якщо доза випромінювання невелика, відбувається рекомбінація електронів, тобто повернення їх на свої місця. Молекулярні зв'язки відновлюються, і клітина продовжує виконувати свої функції. Якщо ж доза опромінення висока або дуже багато разів повторюється, то електрони не встигають рекомбінувати; молекулярні зв'язки не відновлюються; виходить з ладу велика кількість клітин; робота органів розпадається; нормальна життєдіяльність організму стає неможливою.

### 5.5.2 Розрахунок режимів радіаційного захисту

Під режимом роботи на виробництві в умовах радіоактивного забруднення розуміють порядок і умови роботи, переміщення і відпочинку персоналу з використанням засобів захисту, що зменшує ураження людей і скорочує вимушену зупинку виробництва [9,34].

Визначимо можливу дозу опромінення в заданих умовах радіаційного забруднення, які будуть працювати у звичайному режимі (2 зміни по 12 год.)

$$D_m = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot \left( \sqrt[4]{t_k^3} - \sqrt[4]{t_n^3} \right)}{K_{noc}} = \frac{1,33 \cdot 2 \cdot \left( \sqrt[4]{13^3} - 1 \right)}{12} = 1,29 \text{ мР} \quad (5.2)$$

де  $t_n=1$  год. – час початку роботи після радіоактивного забруднення;

$t_k=1+12=13$  год. – час завершення роботи першої робочої зміни після радіоактивного забруднення;

$p_{1,\max}=2$  мР/год. – рівень радіації через одну годину після радіоактивного забруднення;

$K_{\text{нос}}=12$  – коефіцієнт послаблення радіації виробничим приміщенням.

Визначимо граничне значення рівня радіації, при якому можлива робота в звичайному режимі

$$p_{\text{гр}} = \frac{D_{\text{доп}} \cdot K_{\text{нос}}}{1,33 \cdot \left( \sqrt[4]{t_n^3} - \sqrt[4]{t_n^3} \right)} = \frac{0,75 \cdot 12}{1,33 \cdot \left( \sqrt[4]{13^3} - \sqrt[4]{1^3} \right)} = 1,15 \text{ мР / год} \quad (5.3)$$

Оскільки можлива доза опромінення  $D_{\text{м}} > D_{\text{доп}} (1,29 > 0,75)$  та рівень радіоактивного забруднення  $p_{1,\max} > p_{\text{гр}} (2 > 1,15)$  перевищують допустимі норми, робота операторів верстатного обладнання, а отже і цеху в цілому в режимі 2 зміни по 12 год. неможлива. Для продовження виробничої діяльності об'єкта необхідно введення в дію режимів радіаційного захисту.

Розрахунок режимів радіаційного захисту проведемо в такій послідовності.

Для кожної зміни визначимо час початку робочої зміни ( $t_{\text{п}}$ ), час кінця робочої зміни ( $t_{\text{к}}$ ), тривалість роботи зміни ( $t_{\text{р}}$ ) та можливу дозу опромінення ( $D_{\text{м}}$ ).

Визначаємо час початку роботи першої зміни, для цього знаходимо коефіцієнт  $\alpha$ :

$$\alpha = \frac{D_{\text{доп}} \cdot K_{\text{нос}}}{1,33 \cdot p_{1,\max}} = \frac{0,75 \cdot 12}{1,33 \cdot 2} = 3,38. \quad (5.4)$$

Згідно довідникових даних час початку роботи першої скороченої зміни  $t_{\text{п}}=1$  год.

Для 1-ї скороченої зміни:  $t_{\text{п1}} = 1$  год.

Час закінчення роботи зміни

$$t_{\text{к1}} = \left( \frac{D_{\text{доп}} \cdot K_{\text{нос}} + 1,33 \cdot p_{1,\max} \cdot \sqrt[4]{t_{\text{п1}}^3}}{1,33 \cdot p_{1,\max}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left( \frac{0,75 \cdot 12 + 1,33 \cdot 2 \cdot \sqrt[4]{1^3}}{1,33 \cdot 2} \right)^{\frac{4}{3}} = 7,1 \approx 7 \text{ год} \quad (5.5)$$

Тривалість роботи зміни  $t_{p1} = t_{k1} - t_{п1} = 7 - 1 = 6$  год.

Можлива доза опромінення зміни (аналогічно (5.6))

$$D_{m1} = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot (\sqrt[4]{t_{k1}^3} - \sqrt[4]{t_{п1}^3})}{K_{\text{носл}}} = \frac{1,33 \cdot 2 \cdot (\sqrt[4]{7^3} - \sqrt[4]{1^3})}{12} = 0,746 \text{ мР} \quad (5.6)$$

Для 2-ї зміни:  $t_{п2} = t_{п1} + t_{p1} = 1 + 6 = 7$  год.

Час закінчення роботи зміни (аналогічно (5.9))

$$t_{k2} = \left( \frac{D_{\text{доп}} \cdot K_{\text{нос}} + 1,33 \cdot p_{1\max} \cdot \sqrt[4]{t_{п2}^3}}{1,33 \cdot p_{1\max}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left( \frac{0,75 \cdot 12 + 1,33 \cdot 2 \cdot \sqrt[4]{7^3}}{1,33 \cdot 2} \right)^{\frac{4}{3}} = 15,06 \approx 15 \text{ год} \quad (5.7)$$

Тривалість роботи зміни  $t_{p2} = t_{k2} - t_{п2} = 15 - 7 = 8$  год.

Можлива доза опромінення зміни (аналогічно (5.6))

$$D_{m2} = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot (\sqrt[4]{t_{k2}^3} - \sqrt[4]{t_{п2}^3})}{K_{\text{носл}}} = \frac{1,33 \cdot 2 \cdot (\sqrt[4]{15^3} - \sqrt[4]{7^3})}{12} = 0,75 \text{ мР}$$

Для 3-ї зміни:  $t_{п3} = t_{п2} + t_{p2} = 7 + 8 = 15$  год.

Час закінчення роботи зміни (аналогічно (5.6))

$$t_{k3} = \left( \frac{D_{\text{доп}} \cdot K_{\text{нос}} + 1,33 \cdot p_{1\max} \cdot \sqrt[4]{t_{п3}^3}}{1,33 \cdot p_{1\max}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left( \frac{0,75 \cdot 12 + 1,33 \cdot 2 \cdot \sqrt[4]{15^3}}{1,33 \cdot 2} \right)^{\frac{4}{3}} = 24,3 \approx 24 \text{ год} \quad (5.11)$$

Тривалість роботи зміни  $t_{p3} = t_{k3} - t_{п3} = 24 - 15 = 9$  год.

Можлива доза опромінення зміни (аналогічно (5.6))

$$D_{m3} = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot (\sqrt[4]{t_{k3}^3} - \sqrt[4]{t_{п3}^3})}{K_{\text{носл}}} = \frac{1,33 \cdot 2 \cdot (\sqrt[4]{24^3} - \sqrt[4]{15^3})}{12} = 0,74 \text{ мР}$$

Для 4-ї зміни:  $t_{п4} = t_{п3} + t_{p3} = 15 + 9 = 24$  год.

Час закінчення роботи зміни (аналогічно (5.7))

$$t_{k4} = \left( \frac{D_{\text{дон}} \cdot K_{\text{нос}} + 1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \sqrt[4]{t_{n4}^3}}{1,33 \cdot p_{1\text{max}}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left( \frac{0,75 \cdot 12 + 1,33 \cdot 2 \cdot \sqrt[4]{24^3}}{1,33 \cdot 2} \right)^{\frac{4}{3}} = 34,16 \approx 34 \text{ год}$$

Тривалість роботи зміни  $t_{p4} = t_{k4} - t_{n4} = 34 - 24 = 10$  год.

Можлива доза опромінення зміни (аналогічно (5.6))

$$D_{m4} = \frac{1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot (\sqrt[4]{t_{k4}^3} - \sqrt[4]{t_{n4}^3})}{K_{\text{носл}}} = \frac{1,33 \cdot 2 \cdot (\sqrt[4]{34^3} - \sqrt[4]{24^3})}{12} = 0,748 \text{ мР}$$

Для 5-ї зміни:  $t_{n5} = t_{n4} + t_{p4} = 24 + 10 = 34$  год.

Час закінчення роботи зміни (аналогічно (5.10))

$$t_{k5} = \left( \frac{D_{\text{дон}} \cdot K_{\text{нос}} + 1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \sqrt[4]{t_{n5}^3}}{1,33 \cdot p_{1\text{max}}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left( \frac{0,75 \cdot 12 + 1,33 \cdot 2 \cdot \sqrt[4]{34^3}}{1,33 \cdot 2} \right)^{\frac{4}{3}} = 45,37 \approx 45 \text{ год}$$

Тривалість роботи зміни  $t_{p5} = t_{k5} - t_{n5} = 45 - 34 = 11$  год.

Можлива доза опромінення зміни (аналогічно (5.6))

$$D_{m5} = \frac{1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot (\sqrt[4]{t_{k5}^3} - \sqrt[4]{t_{n5}^3})}{K_{\text{носл}}} = \frac{1,33 \cdot 2 \cdot (\sqrt[4]{45^3} - \sqrt[4]{34^3})}{12} = 0,7494 \text{ мР}$$

Для 6-ї зміни:  $t_{n6} = t_{n5} + t_{p5} = 34 + 11 = 45$  год.

Час закінчення роботи зміни (аналогічно (5.7))

$$t_{k6} = \left( \frac{D_{\text{дон}} \cdot K_{\text{нос}} + 1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \sqrt[4]{t_{n6}^3}}{1,33 \cdot p_{1\text{max}}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left( \frac{0,75 \cdot 12 + 1,33 \cdot 2 \cdot \sqrt[4]{45^3}}{1,33 \cdot 2} \right)^{\frac{4}{3}} = 56,87 \approx 57 \text{ год}$$

Тривалість роботи зміни  $t_{p6} = t_{k6} - t_{n6} = 57 - 45 = 12$  год.

Можлива доза опромінення зміни (аналогічно (5.6))

$$D_{м6} = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot (\sqrt[4]{t_{к6}^3} - \sqrt[4]{t_{н6}^3})}{K_{\text{посл}}} = \frac{1,33 \cdot 2 \cdot (\sqrt[4]{57^3} - \sqrt[4]{45^3})}{12} = 0,768 \text{ мР}$$

Згідно проведеного розрахунку режимів радіаційного захисту роботу в дві зміни на підприємстві в заданих умовах можна буде розпочинати через 34 год. після радіоактивного забруднення.



## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведене дослідження показало, що кількість валків, що наносяться на деталь при формуванні покриття шляхом наплавлення, значно впливає на розподіл температур в деталі, мікро-, макроструктуру і твердість покриття.

2. Твердість покриття, що формується накладанням двох і більше валків, є нерівномірною по всій довжині покриття, але змінюється в невеликих межах (до 5-10 %).

3. Для підвищення твердості покриття, яке формується послідовним накладанням двох і більше валків, необхідно вводити додаткове охолодження деталі.

4. Збільшення температури гартування з 869, 1050 та 1160°C сприяє росту діаметра аустенітного зерна, середнього розміру пакетів мартенситу та поперечного перерізу рейок мартенситу. При всіх вказаних температурах гартування виявлено пакетний та голчастий мартенсит, але розміри кристалів останнього є меншими, ніж у сталі 40X без термообробки покращення. Це сприяє подальшому зростанню об'ємів матеріалу з підвищеними механічними характеристиками, які відповідають принципам Шарпі-Бочвара.

5. За рахунок модернізації конструкції плазмового розпилювального пристрою, точного розрахунку плазмових каналів, та розташування каналу подачі порошку, досягається зменшення часу на робочий режим та забезпечується висока надійність роботи розпилювального пристрою, що сприяє якості нанесеного покриття.

6. За методом причинно-наслідкової діаграми (діаграми Ісікави) визначили основні фактори, що впливають на довговічність відновлених деталей. Показано, що до них слід віднести середовище у якому працює вал та матеріал поверхні тертя.

7. Розроблено маршрут відновлення робочих поверхонь валу 02.001.005 черв'ячного редуктора, завдяки якому підвищується ресурс роботи відновлених поверхонь деталі при зниженні собівартості;

8. На базі вузлів фірми Festo розроблена установка з числовим програмним керуванням для відновлення робочих поверхонь валу 02.001.005 черв'ячного редуктора. При використанні даної установки можливе досягнення повної автоматизації процесу відновлення і підвищення раціональності використання робочих ресурсів;

9. Розроблено комплект технологічних документів на відновлення валу 02.001.005 черв'ячного редуктора.

10. 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.

11. Технологічний процес відновлення відповідає вимогам охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях. Для забезпечення нормальних умов роботи персоналу були розроблені норми параметрів згідно нормативних документів, а також розраховано параметри витяжної шафи.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Баласанян Р. А., Атлас деталей машин /Р. А. Баласанян - Х.: Основа, 1996 – 256с.
2. Большаков В. И. Прикладное материаловедение: Учебник для студентов высших технических учебных заведений. 2-е вид., дополнено и переработано / Большаков В. И., Береза О. Ю., Харченко В. И. Под ред. доктора технических наук, проф. В. И. Большакова. – РВА «Дніпро-VAL»: 2000. – 290 с.
3. Беспалов С.А. Металловедческие аспекты в процессах разрушения металлических материалов при трении /Беспалов С.А.//Успехи физики металлов. – 2009. – Т.10, №4. – С. 405 – 426.
4. Бялік О.М. Металознавство.// Бялік О.М.,Черненко В.С., Писаренко В.М., Москаленко Ю.Н. - К.: Політехніка, 2002. - 383 с.
5. Василик А.В. Теплові розрахунки при зварюванні / А.В. Василик, Я.А. Дрогомирецький, Я.А. Криль. – Івано-Франківськ: Факел, 2004. – 209с.
6. Восстановление и повышение износоустойчивости и срока службы деталей машин / Под ред. д.т.н., проф. В.С. Попова. – Мотор Сич, 2004. – 394 с.
7. Винокуров В.А. Сварочные деформации и напряжения. / В.А. Винокуров. – М.: Машиностроение, 1968. – 236 с.
8. Винокуров В.А. Теория сварочных деформаций и напряжений. / В.А. Винокуров, А.Г. Григорьянц. – М.: Машиностроение, 1984. – 280 с.
9. Воробийв О.О. Цивільний захист / О.О. Воробийв, Л.В. Романів. – Чернівці, 2008. – 160 с.
10. Єфіменко М.Г. Металознавство і термічна обробка зварних з'єднань. // Єфіменко М.Г., Радзівілова Н.О. – Харків,: - 2003. - 488 с.
11. Іванов М. І., Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування Частина 1 / Ж. П. Дусанюк., С. В. Дусанюк., О. М. Іванова., С. А. Шаргородський, -М.: Машиностроение, 2007 – 276с.
12. Іванов М. І., Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування Частина 2/ Ж. П. Дусанюк., С. В. Дусанюк., О. М. Іванова, -Х.: Машиностроение 2009 – 203с.
13. Касаткин Б.С. Напряжения и деформации при сварке. / Б.С. Касаткин, В.М. Прохоренко, И.М. Чертов. – К.: Вища школа, 1987. – 246 с.

14. Касаткин Б.С. Экспериментальные методы исследования деформации и напряжений. Справочное пособие / Б.С., Касаткин, А.Б. Кедриц, Х.М. Лобанов. – К.: Наукова думка, 1981. – 584с.
15. Косилова А.Г., Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. / А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
16. Козловський В. О. Інноваційний менеджмент. Практикум. / В. О. Козловський, О. Й. Лесько. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 166 с.
17. Козловський В. О. Техніко-екопомічні обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах і роботах. Навчальний посібник. / В. О. Козловський – Вінниця: ВДТУ, 2003. – 75 с.
18. Лифшиц Л.С. Основы легирования наплавленного металла/ Л.С. Лифшиц, Н.А. Гринберг, Э.Г. Куркумели. – М.– Машиностроение, 1989. – 188с.
19. Лобанов Л.М. Залишкові напруження в зварних з'єднаннях високоміцних сталей / Л.М. Лобанов, Л.І. Міходуй, О.Л. Міходуй // Праці міжн. конф. “Механіка руйнування матеріалів і міцність конструкцій”. Т1, Випуск 2. -Львів.: Каменяр, 1999. – С.21–31.
20. Махненко В. И. Тепловые процессы при механизированной наплавке деталей типа круговых цилиндров / Кравцов Т. Г. Махненко В. И.– Киев: Наукова думка, 1976. – 160 с.
21. Молодик М. В., Відновлення деталей машин / М. В. Молодик, Б. А. Лангергт, А. К. Бредун, -К.: “Урожай” 1985 – 289с.
22. Наплавлення: навч. посібник // Власов А.Ф., Кузнецов В.Д., Макаренко Н.О., Богуцький О.А. – Краматорськ, ДДМА, 2010. – 336с.
23. Нефедов Н. А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту / Н. А. Нефедов - М.: Машиностроение, 1990 – 230с.
24. Сидоров А. И., Восстановление деталей машин напылением и наплавкой / А. И. Сидоров -М.: Машиностроение, 1987 – 432с.
25. Шиліна О. П., Газотермічні методи напилювання покриття / О. П. Шиліна, А. Ю. Осадчук - М.: Машиностроение. 2005 – 134с.
26. Савуляк В.І. Відновлення деталей автомобілів. Навчальний посібник / В.І. Савуляк, В.Т. Івацько. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 104 с.
27. Савуляк В.І. Відновлення деталей автомобілів: Лабораторний практикум. / Савуляк В.І. , Івацько В.Т. – Вінниця : ВНТУ, 2004. – 96 с.

28. Савуляк В. І. Наплавлення високовуглецевих покриттів з використанням вуглецевих волокон / В. І. Савуляк, С.А. Заболотний, В.Й. Шенфельд // Проблеми трибології. – 2010. – №1. – С. 66 – 70.
29. 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.
30. Савуляк В.І. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Проектування технологічних процесів відновлення поверхонь» для студентів за напрямком 050504 – Зварювання, спеціальності 7.050504 – Технологія та устаткування відновлення та підвищення зносостійкості машин і конструкцій. / В.І. Савуляк, В.Й. Шенфельд. – Вінниця: ВНТУ [Електронний ресурс], 2009. – 186 с.
31. Савуляк В.В. Управління якості продукції: навчальний посібник / В.В. Савуляк – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 91 с.
32. Савуляк В.І., Технічне нормування в ремонтному виробництві / В.І. Савуляк, С.П. Білошицький. – Вінниця: ВНТУ [Електронний ресурс], 2009. – 242 с.
33. Скібіцький О. М. Інноваційний та інвестиційний менеджмент: навч. посіб. [для студ. вищ. навч. закл.] / О. М. Скібіцький – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 408 с.
34. Стеблюк М.І. Цивільна оборона та цивільний захист: Підручник / М.І. Стеблюк. – 3-тє вид., стер. — К.: Знання, 2013. – 487 с.
35. Троцкий В.А. Краткое пособие по контролю качества сварки. / В.А. Троцкий – Киев. – Вища школа.– 1999 – 46с.
36. Теибоши К. Влияние содержания углерода, хрома и термообработки на вязкость и износостойкость высокоуглеродистых легированных сталей/ К. Теибоши, Дзайре то курсесу, 1989. –2.–№3.–849с.
37. FESTO.COM.UA
38. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. – Київ, 2000.
39. Шаблій О.М. Математичне моделювання виникнення залишкових напружень, деформацій та переміщень при індукційному наплавленні тонких сталевих дисків / О. М. Шаблій, М. С. Михайлишин, В. М. Михайлишин, Ч. В. Пулька // Вісник Тернопол. держ. техн. ун-ту ім. Івана Пулюя. — 1998. — №3 (4) — С. 5—12.

ВНТУ, МАТЕРІАЛЛОЗНАВСТВО

ДОДАТКИ

Додаток А

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

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ  
ВАЛУ 02.001.005 ЧЕРВ'ЯЧНОГО РЕДУКТОРА

08-27.МКР.006.00.000 Г2

Керівник: к.т.н., доцент каф. ГМ  
\_\_\_\_\_ Д.В. Бакалець  
Виконав: ст.гр. 13В-19м  
\_\_\_\_\_ В.В. Наумов

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 якості відновлених робочих поверхонь валу 02.001.005 черв'ячного редуктора

Умовне позначення: 08-27.МКФ.006.00.000 ТЗ

Вал 02.001.005 переважно виготовляють із сталі 40Х. Поверхні опорних шийок і шийок під маточину та щестерню загартовують на глибину  $2 \div 3$  мм до твердості HRC = 48–50.

Вал – жорстка деталь і це знижує ймовірність спотворення при термічному впливу, під час нанесення покриття:  $\frac{l}{d_{\text{сп}}} = \frac{280}{50} = 5.6$ , що знаходиться в межах 5...6.

Точність розмірів для шийок в межах 6...7 квалітетів, для решти елементів – 8...9 квалітетів, відхилення форми і розмірів не повинні виходити за межі поля допуску 7-го квалітету. Шорсткість шийок не більше Ra=0,4 мкм.

Габаритні розміри вала 280x50 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 вал-шестерні, проведення необхідних розрахунків оптимальних режимів обробки та модернізації, або проектуванням нової конструкції окремого технологічного обладнання.

**Метою роботи** є: розробка технології термічної обробки для створення покриття з твердою та стабільною структурою в наплавленому поверхневому шарі, яка відповідає принципам Шарпі-Бочвара.

### **Задачами дослідження:**

1. Вибір та обґрунтування термічної обробки з метою досягнення необхідної за технічними умовами твердості, довговічності та працездатності відновленої деталі;
2. Дослідження впливу термічної обробки на структурні перетворення в наплавлених шарах.
3. Дослідження впливу термічних полів процесу наплавлення покриттів на їх структуру та твердість
4. Розробка технологічного процесу відновлення з використанням плазмового напилювання, яке забезпечує відновлення експлуатаційних характеристик робочих поверхонь;
5. Спроекувати устаткування з числовим програмним керуванням на базі вузлів фірми FESTO;
6. Розробити робоче місце для реалізації технологічного процесу відновлення деталі.

### **Джерелами розробки є:**

- методика техніко-економічного обґрунтування роботи;
- методика проектування технологічного процесу відновлення деталей типу сорочка вала;

- методика модернізації та проектування конструкції технологічного обладнання;

- вимоги до комплексу документів “Єдина система конструкторської та технічної документації”;

- загальні правила розробки технологічних процесів і вибір засобів технологічного оснащення ГОСТ 14.301-83;

- ДЕСТУ 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. Бузли 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-екопомічні 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 коробки відбору потужності 1500 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.																			
Розроб.	Наумов В. В.			ВНТУ				08-27. МКР.006.001.00 ТП											
Перев.	Бакалець Д.В.							08-27 МКР.006.001.00 ТП											
М.контр.																			
Н.контр.	Бакалець Д.В.																		
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции		СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	СД	К_шт	Т_шт	Т_шт	Листов	
Б					Код, наименование оборудования														
Р					Название документа														
К/М					Маршрутна карта ремонту		08-27. МКР.006.001.02 ТП					МК			2			2	
02					Операційна карта миття		08-27. МКР.006.001.03 ТП					ОК			4			1	
03					Операційна карта точіння		08-27. МКР.006.001.04 ТП					ОК			5			1	
04					Операційна карта напилювання		08-27. МКР.006.001.05 ТП					ОК			6			1	
05					Операційна карта точіння		08-27. МКР.006.001.06 ТП					ОК			7			1	
06					Операційна карта термічної обробки		08-27. МКР.006.001.07 ТП					ОК			8			1	
07					Операційна карта шліфування		08-27. МКР.006.001.08 ТП					ОК			9			1	
08					Операційна карта технічного контролю		08-27. МКР.006.001.10 ТП					ОК			10			1	
09					Відомість оснастки		08-27. МКР.006.001.11 ТП					ОВ			11			1	
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
МК					Відомість технологічної документації														



Дубл.	Взам.	Подп.											08-27. МКР.006.001.00 ТП			
													08-27. МКР.006.001.00 ТП			
Розроб.	Наумов В. В.											ВНТУ				
Перев.	Бакалець Д.В.												08-27. МКР.006.001.03 ТП			
М.контр.												Вал 02.001.005				
Н.контр.	Бакалець Д.В.															
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, найменування операції	СМ	Іпроф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	К_шир	Т_шир		
Б	Код, найменування обладнання															
<b>035 Термічна</b>																
01																
02	Індуктор Іг-102															
03	Твердомір ТД-603М ГОСТ 2678-79															
<b>040 Шліфувальна</b>																
А 04																
Б 05	Кругло – шліфувальний верстат 3М151															
Т 06	Хомутик поводковий ГОСТ 2578-70, центр упорний ГОСТ 2573-74, центр обергальний ГОСТ 8242-71, мікрометр МК 25 -50 ГОСТ 6507-60.шліфувальний круг 63С40ПСТ15К6.															
<b>045 Контрольна</b>																
А 07																
Б 08	Стіл контрольний; пристрій ПБМ-50															
Т 09	Зразки шорсткості поверхні ГОСТ 2789-73; мікрометр МК 25 -50 ГОСТ 6507-60															
А 10																
Б 11																
Т 12																
А 13																
Б 14																
Т 15																
МК	Маршрутна карта ремонту															












# ВІНТУ, МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

Дубл.











03			15	Токарна. Хомутик поводковий ГОСТ 2578-70, центр упорний ГОСТ 2573-74, центр обергальний ГОСТ 8242-71, різець прохідний ГОСТ 18877-75, мікрометр МК 25-50 ГОСТ 6507-60.
04			20	Напилувальна. Хомутик поводковий ГОСТ 2578-70, центр упорний ГОСТ 2573-74, центр обергальний ГОСТ 8242-71, мікрометр МК 50 -75 ГОСТ 6507-60.
05			25	Токарна. Пристосування для закріплення вала, різець 2103 – 0057, ВК6 ГОСТ 18879 – 73 , мікрометр МК 25-50 ГОСТ 166 – 73
06			30	Термічна. Індуктор ІД-603М
07			35	Фрезерна. Патрон ГОСТ 2578-70, центр упорний ГОСТ 2573-74 внутрішній ГОСТ 8242-71, мікрометр МК 25-50 ГОСТ 6507-60
08			40	Шліфувальна. Хомутик поводковий ГОСТ 2578-70, центр ГОСТ 2573-74, центр жорсткий ГОСТ 8242-71, шліфувальний круг 63С40ПСТ15К6, мікрометр МК 25 -50 ГОСТ 6507-60
09			45	Контроль . Стіл контрольний , мікрометр МК 25-50 , пристрій контрольний ПБ 500 МП У 2 – 03454 – 81, зразки шорсткості поверхні ГОСТ 2789 – 73
10				
11				
12				
13				
14				
16				
МК/ВО	Відомість оснастки			





№ опер	Операційні переходи	Ескізи обробки	Моделі верстатів
005	Мийна		Штангенциркуль ШЦ 10-200 Микрометр гладкий МК25-50 ГОСТ 6507-78
010	Дефектувальна 1. Виміряти поверхні 1,2,3,4,5 за ескізом		Токарно-гвинторізний верстат 16К20;
015	Токарна 1. Встановити заготовку, закріпити, зняти заготовку. 2. Точити поверхні 1,2,3 до розмірів за ескізом. 3. Передстановити заготовку. 4. Точити поверхню 4 до розмірів за ескізом.		напильовальна установка УД-209М
020	Напильовання 1. Встановити заготовку, закріпити зняти заготовку. 2. Напилити поверхні 1,2,3,4 до розмірів за ескізом.		Токарно-гвинторізний верстат 16К20;
025	Токарна 1. Встановити заготовку, закріпити, зняти заготовку. 2. Точити поверхні 1,2,3 до розмірів за ескізом. 3. Встановити заготовку, закріпити, зняти заготовку. 4. Точити поверхню 4 до розмірів за ескізом.		Верстат фрезерний
030	Фрезерна Фрезерувати шпонаві пази 5, 6 під ремонтний розмір		Індуктор Піраметр
035	Термічна Гартувати поверхні 1,2,3		Круглошліфувальний верстат 3М151Е;
040	Шліфувальна 1. Встановити, закріпити, зняти заготовку. 2. Шліфувати поверхні 1,2,3,4 попередньо до розмірів за ескізом.  Шліфувальна 1. Встановити, закріпити, зняти заготовку. 2. Шліфувати поверхні 1,2,3,4 остаточно до розмірів за ескізом.		Контрольна 1. Виміряти розміри та якість відновлених поверхень
045	Контрольна 1. Виміряти розміри та якість відновлених поверхень		Штангенциркуль ШЦ 10-200 Микрометр гладкий МК 25-50 ГОСТ 6507-78

Перв. примен.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
			08-27.МКР.006.02.01.10СК	Складальные кресления		
				<u>Сборочные единицы</u>		
		1	08-27.МКР.006.02.01.101	Патрон	1	
		2	08-27.МКР.006.02.01.10	Центр	1	

				<u>Детали</u>		
		4	08-27.МКР.006.02.01.103	Плантшайба	1	
		4	08-27.МКР.006.02.01.104	Кутник	1	
		5	08-27.МКР.006.02.01.10	Кришка	1	
		6	08-27.МКР.006.02.01.10	Вал шпинделя	1	
		7	08-27.МКР.006.02.01.107	Корпус	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		7		Серводвигун ЕММЕ-АС-80-М-LS-AM	1	
		9		Осьевой надір ЕАММ-А-562-80Р-62	1	
		10		Гайка М10-6г 3558.016 ГОСТ 7898-70	4	

08-27.МКР.006.02.01.100				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Наумов В.В.		
Проб.		Бакалец Д.В.		
Н.контр.		Шенфельд В.И.		
Утв.		Поліщук Л.К.		

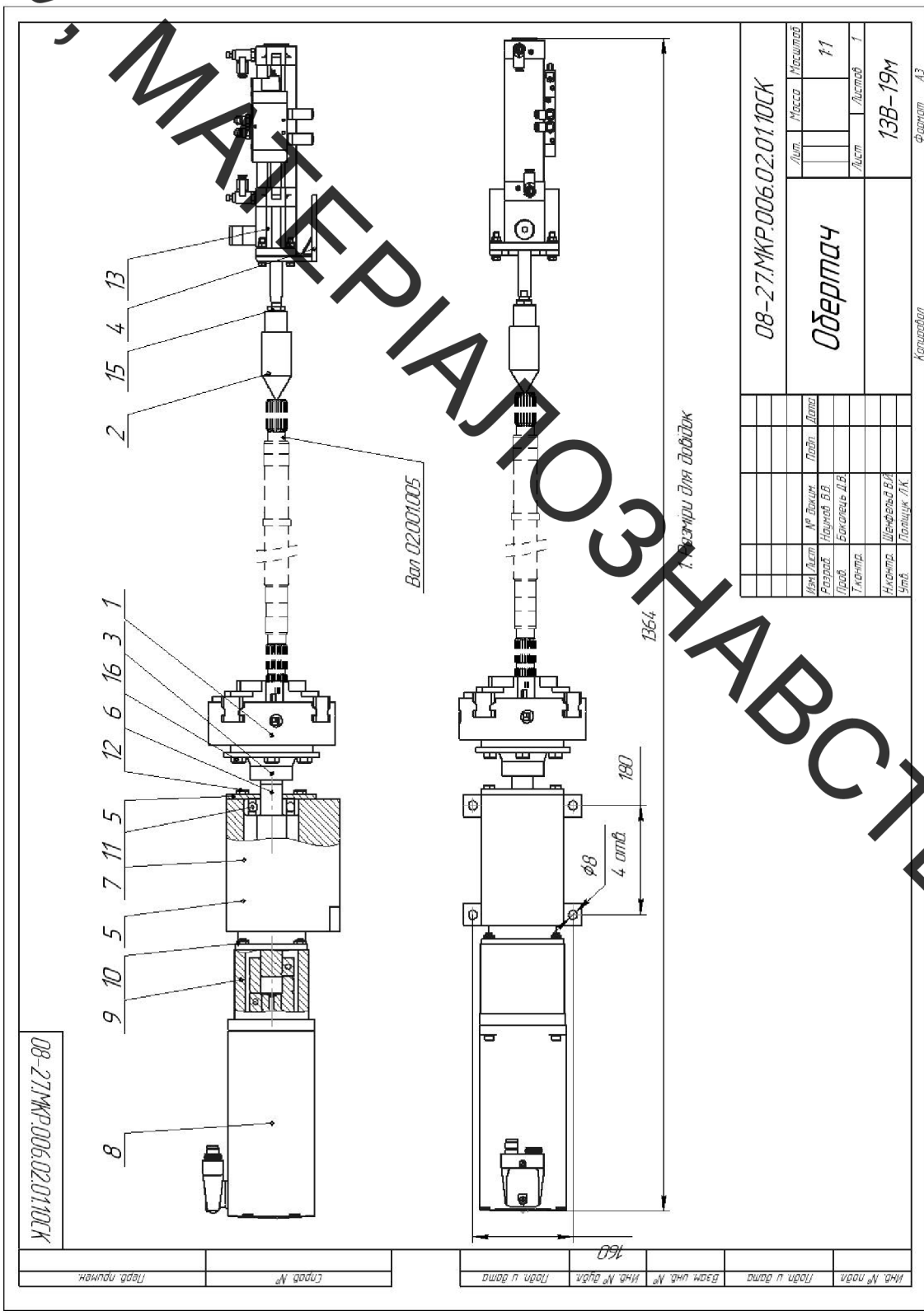
Лит.	Лист	Листов
Н	1	2

Обертач

13В-19М



ВПТК, МАТЕРИАЛЫ И ЗАВОДСВО



08-27.МКР.006.02.01.10СК

Ван 02.001.005

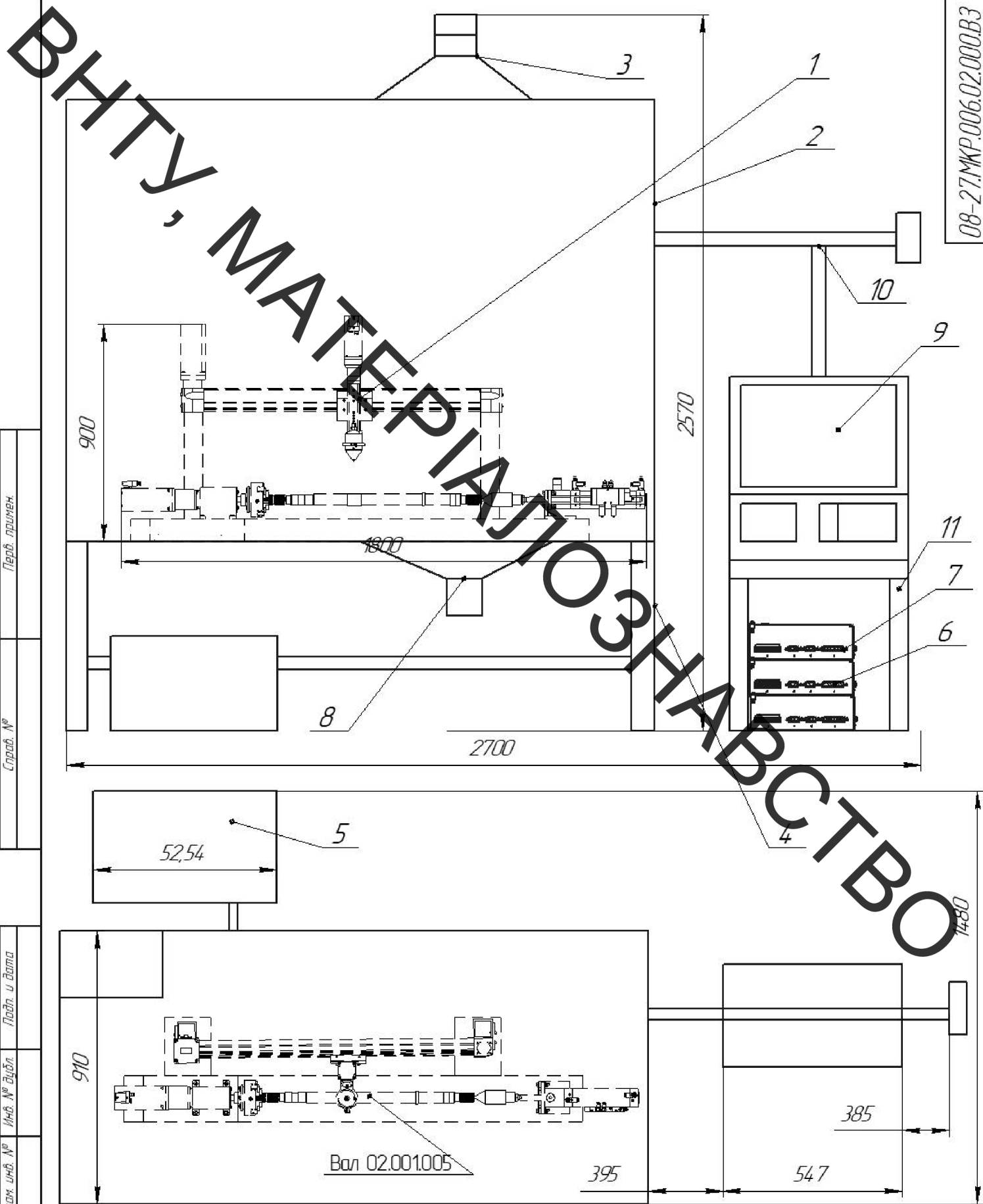
1. Измерен для сборки

08-27.МКР.006.02.01.10СК		Лист	Масштаб
Обертка		№	11
		Лист	1
13В-19М		Формат А3	
Имя	№ докум.	Дата	
Разраб.	Исполн. В.В.		
Проект.	Белонев А.В.		
Технар.			
Инж.пр.	Шенфельд В.А.		
Умб.	Полыук Л.К.		

Инд. № подл.	Изд. №	Взам. инд. №	Инд. № докум.	Издн. и дата
Издн. и дата				







08-27.МКР.006.02.000.В3

Перв. примен.  
Справ. №

Подп. и дата  
Изм. № дробл.  
Взам. инв. №

Подп. и дата  
Изм. № подл.

Вал 02.001.005

08-27.МКР.006.02.000.В3

Робоче місце

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Наушов В.В.		
Проб.		Бакалець Д.В.		
Т.контр.				
Н.контр.		Шенфельд В.И.		
Утв.		Полещук Л.К.		

Лист	Масса	Масштаб
		1:1
Лист	Листов	1

13B-19M

Перб. примен.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
08-27.МКР.006.02.01.000				<u>Документація</u>		
	A1		08-27.МКР.006.02.01.00СК	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
	A4	1	08-27.МКР.006.02.01.10	Обертач	1	
	A4	2	08-27.МКР.006.02.01.20	Плазматрон	1	
				<u>Деталі</u>		
	A4	3	08-27.МКР.006.02.01.30	Кронштейн	1	
	A4	4	08-27.МКР.006.02.01.40	Права частина рами	1	
	A4	5	08-27.МКР.006.02.01.50	Ліва частина рами	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
			6		Сервомотор EMME-AS-80-M-LS-AS	1
		7		Осьовий набір EAMM-A-D32-60H	1	
		8		Лінійна вісь EGSL-BS-45-100-10P	1	
		9		Болт М6-6д x 35.58.016 ГОСТ 7898-70	6	
		10		Гвинт ВМ6-6д x 25.14Н.016 ГОСТ 1491-80	1	
		11		Вушко ДНАА-G-E7-70-B17-14	2	
<b>08-27.МКР.006.02.01.000</b>						
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
	Разраб.		Наумов В.В.			
	Пров.		Бакалець Д.В.			
	Н.контр.		Шенфельд В.И			
Утв.		Поліщук Л.К.				
<b>Установка з ЧПК</b>				Лит.	Лист	Листов
				4	1	1
				<b>13В-19М</b>		

ВНТК

МАТЕРИАЛОВОЕ ВОСТАНОВЛЕНИЕ

