

Вінницький національний технічний університет

Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра галузевого машинобудування

Пояснювальна записка

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему: **ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНИХ
ПРОДУКТІВ МАТЕРІАЛІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ВІДНОВЛЕННЯ
ВАЛ-ШЕСТЕРЕНЬ**

Виконав: студент 2 курсу, групи 13В-23м
спеціальності 132 – «Матеріалознавство».

Вед (шифр і назва спеціальності)
Вадим ПІДЛУБНИЙ
(прізвище та ініціали)

« 11 » 12 2023 р.

Керівник: д.т.н., проф. Валерій САВУЛЯК

В.Савуляк (прізвище та ініціали)
« 12 » 12 2023 р.

Опонент: *Д.В.Борисюк* БОРИСЮК Д. В.

(прізвище та ініціали)
« 12 » 12 2023 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ГМ

д.т.н., проф. Леонід ПОЛЩУК

« 12 » *вересня* 2023 р.

Вінниця - 2023 р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет Машинобудування та транспорту
Кафедра Галузевого машинобудування
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань – 13 Механічна інженерія
Спеціальність – 132 – Матеріалознавство
Освітньо-професійна програма – Інтелектуальні технологічні системи в інженерії поверхні

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ГМ
Л. Кошик Поліщук Л.К.
«18» вересня 2023 року

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Підлубному Вадиму Аркадійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ МАТЕРІАЛІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ВІДНОВЛЕННЯ ВАЛ-ШЕШТЕРНЬ

керівник роботи д.т.н., проф. Савуляк Валерій Іванович

затверджені наказом вищого навчального закладу від
« 18 » вересня 2023 року № 247

2. Термін подання студентом роботи «14» грудня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи:

Робоче креслення вал-шестерні, програма відновлення N = 500 шт.

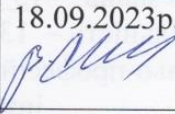
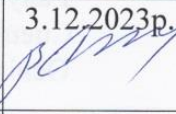
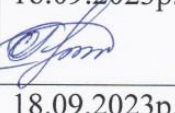
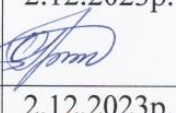


4. Зміст текстової частини:

1 Дослідницька частина 1.1 Дослідження процесу формування покриття напилюванням. 2. Технологічна частина: розробка технології відновлення вал-шестерні. 3. Конструкторська частина. 4. Економіка виробництва. 5. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях. 6. Розробка ТЗ на проект.

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

1. Робоче креслення деталі. 2. Ремонтне креслення вал-шестерні. 3. Технологічний процес відновлення вал-шестерні. 4. Установка з ЧПК для відновлення деталей. 5. 3-Д модель вал-шестерні. 6. Газодинамічний розпилювальний пристрій. 7. Робоче місце відновлення вал-шестерні. 8. Базовий вузол з деталлю для відновлення.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

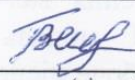
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Савуляк В.І., д.т.н., проф., кафедри ГМ	18.09.2023р. 	3.12.2023р. 
Економіка виробництва	Ратушняк О. Г., к.е.н., доц., кафедри ЕПВМ	18.09.2023р. 	2.12.2023р. 
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Дембіцька С.В., д.п.н., доцент, Березюк О.В. д.т.н. проф. кафедри БЖД та ПБ	18.09.2023р. 	2.12.2023р. 

7. Дата видачі завдання « 18 » вересня 2023 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)	25.09.23 р.	<i>було</i>
2	Виконання спеціальної частини МКР. Перший рубіжний контроль виконання МКР	26.10.2023 р.	<i>було</i>
3	Виконання спеціальної частини МКР. Другий рубіжний контроль виконання МКР	30.11.23 р.	<i>було</i>
4	Виконання розділу «Економіка виробництва»	24.11.23 р.	<i>було</i>
5	Виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»	25.11.23 р.	<i>було</i>
6	Попередній захист МКР	10.12.23 р.	<i>було</i>
7	Нормоконтроль МКР	17.12.23 р.	<i>було</i>
8	Опонування МКР	18.12.2023 р.	<i>було</i>
9	Захист МКР	20.12.2023 р.	<i>було</i>


Студент



 (підпис)

Вадим ПІДЛУБНИЙ

Керівник проекту



Валерій САВУЛЯК

Анотація

В даній магістерській кваліфікаційній роботі представлено технологічний процес відновлення вал-шестерні редуктора з використанням газодинамічного методу нанесення покриття, що дозволяє забезпечити відсутність термічних деформацій. В роботі наведено:

- підвищення якості напилювання функціональних покриттів за рахунок удосконалення розпилювального пристрою та розробки автоматизованого оснащення для реалізації технології газодинамічного напилювання з мінімальним термічним впливом на відновлювану деталь;

- експериментальне дослідження процесу нанесення покриття;

- дефектація поверхонь вал-шестерні редуктора;

- вибір та технічне обґрунтування методів відновлення поверхонь деталі;

- розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку;

- формування маршруту технологічного процесу відновлення деталі;

- розробка автоматизованого оснащення для реалізації технології газодинамічного напилювання;

- розрахунок економічної доцільності впровадження розробленого технологічного процесу у виробництво;

- аналіз та розрахунок існуючих умов праці та небезпечних факторів виробництва.

Ключові слова: термодинамічне напилювання, покриття, технологічний процес, механічна обробка, 3-Д моделювання, САПР обладнання

Annotation

This master's qualification work presents the technological process of restoring the gear shaft of the reducer using the gas-dynamic coating method, which ensures the absence of thermal deformations. The work provides:

- improving the quality of sputtering of functional coatings due to the improvement of the sputtering device and the development of automated equipment for the implementation of gas-dynamic sputtering technology with minimal thermal impact on the part to be restored;
- experimental study of the coating process;
- defects on the gear shaft surfaces of the reducer;
- selection and technical substantiation of methods of restoration of part surfaces;
- calculation of intermediate allowances and technological dimensions for mechanical processing;
- formation of the route of the technological process of part recovery;
- development of automated equipment for the implementation of gas-dynamic spraying technology;
- calculation of the economic feasibility of introducing the developed technological process into production;
- analysis and calculation of existing working conditions and dangerous production factors.

Keywords: thermodynamic spraying, coating, technological process, mechanical processing, 3-D modeling, CAD equipment

Зміст

<u>Вступ</u>	8
1. ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА	12
1.1 Дослідження процесу формування покриття напилюванням	12
1.2 Дослідження структурно-фазового стану та розподілу хімічних елементів.....	14
1.3 Висновки.....	21
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	22
2.1 Суть технічної проблеми	22
2.2 Характеристики об'єкту виробництва, його службове призначення та технічні умови на виготовлення	22
2.3 Загальний огляд існуючих процесів (або методів) відновлення деталі типу вал-шестерня	25
2.4 Вибір та критичний аналіз базового процесу (або методу) відновлення деталі.....	29
2.5 Характеристика модернізованого технологічного процесу.....	29
2.6 Матеріал деталі і його властивості	30
2.7 Якісні та кількісні показники технологічності валу	32
2.8 Визначення типу виробництва та форми організації роботи	34
2.9 Дефектування деталі	36
2.10 Розробка плану операцій	38
2.11 Маршрутна процесу відновлення	39
2.12 Визначення припусків на механічну обробку для поверхонь 1, 3	43
2.13 Визначення припусків на механічну обробку для поверхні 2	46
2.14 Розрахунки режимів механічної обробки	47
2.15 Режим наплавлення	51
2.16 Матеріал для наплавлення та напилення	53
2.17 Розрахунок норм часу	54
2.18 Розрахунок кількості працюючих.....	58

2.19 Розрахунок виробничої площі ділянки відновлення	59
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	65
3.1 Розробка конструктивної схеми установки та вибір комплектуючого обладнання.....	65
3.2 Проектування робочого місця відновлення газодинамічним методом...	75
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	83
4.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки.....	83
4.2 Визначення рівня конкурентоспроможності розробки.....	87
4.3 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи.....	90
4.4 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки.....	99
Висновки	103
5 ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.	104
5.1 Охорона праці.....	104
5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	107
5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	113
<u>Висновки</u>	116
Список використаних джерел	118
Додаток А (обовязковий) Технічне завдання.....	122
Додаток Б (обовязковий) Комплект документів.....	128
Додаток В (обовязковий) Графічна частина.....	131
Додаток Г (обовязковий) Специфікації	138
Додаток Д (обовязковий) Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.....	144

ВСТУП

Актуальність теми. Ефективне використання ресурсів на основі прискорення науково-технічного прогресу вимагає широкого впровадження нових технологій – плазмових, електронно-променевих, детонаційних і ін., які дозволяють підвищити термін експлуатації машин, понизити енерго- і матеріаломісткість виробництва.

Застосування для відновлення зношених деталей сучасних методів нанесення покриттів і, в першу чергу, з використанням порошкових твердих сплавів сприяє значному підвищенню їх довговічності.

Дослідженнями останніх років і виробничою практикою встановлено, що більшість деталей ремонтваних машин вибраковується унаслідок незначного зносу робочих поверхонь, що становлять не більш 1% початкової маси деталей. Якщо врахувати, що до моменту списання автомобілів для повторного використання шляхом відновлення придатно 65-75% деталей, то організація відновлення зношених деталей є не тільки важливим резервом задоволення потреби народного господарства запасними частинами, але і істотним резервом підвищення якості ремонту, а також зниження витрат матеріальних і трудових ресурсів.

В даний час для відновлення зношених деталей порошковими сплавами найбільш ефективні методи: плазмове, газополуменеве, та детонаційне напилювання. Ці методи мають ряд недоліків: значна теплова дія на оброблювану деталь, що призводить до термічної деформації останньої; використання горючих та вибухових газів створює небезпечні та некомфортні умови праці.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана відповідно до тематики спеціальності «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» Вінницького національного технічного університету. Висновки і пропозиції магістерської кваліфікаційної роботи

можуть бути використані в навчальному процесі та для держбюджетних науково-дослідних та інших дослідницьких робіт.

Мета роботи

- підвищення якості напилювання функціональних покриттів за рахунок удосконалення розпилювального пристрою та розробки автоматизованого оснащення для реалізації технології термодинамічного напилювання з мінімальним термічним впливом на відновлювану деталь

Задачі роботи

- експериментальне дослідження процесу нанесення покриття;
- аналіз службового призначення деталі;
- визначення типу ремонтного виробництва;
- дефектація поверхонь вал-шестерні редуктора;
- аналіз способів нанесення покриттів;
- розробка автоматизованого оснащення для реалізації технології газодинамічного напилювання;
- проектування ділянки відновлення;
- вибір та технічне обґрунтування методів відновлення поверхонь деталі;
- обґрунтування витратного матеріалу для нанесення покриттів;
- розрахунок кількості переходів на механічну обробку;
- розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку;
- формування маршруту технологічного процесу відновлення деталі;
- розрахунок та призначення режимів механічної обробки до та після нанесення покриття;
- розрахунок економічної доцільності впровадження розробленого технологічного процесу у виробництво;
- аналіз та розрахунок існуючих умов праці та небезпечних факторів виробництва.

Об'єкт дослідження. Технологічний процес відновлення зношених конструкторських баз деталей типу вал-шестерня.

Предмет дослідження. Процес нанесення покриттів з мінімальним температурним впливом методом термодинамічного напилення.

Методи дослідження. Методичною і теоретичною базою досліджень є основні положення теорії відновлення поверхонь методом нанесення зносостійких покриттів. Експериментальні дослідження виконані на вимірювальних і моделюючих установках у лабораторних умовах; містять методи відновлення поверхонь в залежності від технологічних, фізико-механічних характеристик та хімічного складу відновлюваної деталі. Математичне оброблення результатів дослідження виконувалось з використанням існуючого прикладного програмного забезпечення.

Наукова новизна одержаних результатів. Наукова новизна магістерської кваліфікаційної роботи становлять наступні основні результати виконаних теоретичних і експериментальних досліджень:

- розроблено конструкцію газодинамічного напилювального пристрою для нанесення покриттів, який дозволяє наносити покриття без значного температурного впливу на деталь;

- експериментально досліджено функціонування розробленого пристрою шляхом дослідження процесу напилення порошку на підложку.

Практичне значення одержаних результатів. Автором проведені дослідження та розроблені рекомендації для модернізації дільниці малого підприємства, розроблено маршрут по відновленню робочих поверхонь деталі типу вал-шестерні редуктора. Розроблене обладнання для нанесення покриттів та устаткування з числовим програмним керуванням може бути використано під час модернізації підприємств по відновленню зношених робочих поверхонь деталей. Економічний ефект від впровадження модернізованого маршруту відновлення деталей проглядається в чистому прибутку підприємства за рік, який становить **28066,488** грн. З врахуванням витрат на модернізацію термін окупності складає **2,004** роки.

Особистий внесок здобувача. Автором самостійно проведено аналіз ефективності способів відновлення зношених робочих поверхонь з

урахуванням сучасних вимог до виробничих умов, обрано метод відновлення та складено план модернізації малого підприємства по відновленню зношених робочих поверхонь вал-шестерені редукторів. Проведено порівняння якості нанесеного покриття методами наплавлення та газодинамічного напилювання.

Структура і обсяг магістерської кваліфікаційної роботи.

Магістерська кваліфікаційна робота складається із вступу, 5 розділів, висновків, переліку використаних джерел та додатків. **Загальний обсяг роботи 125 сторінок, у тому числі 210 сторінок машинописного тексту, 25 рисунків і 38 таблиць, перелік використаних джерел із 32 найменувань, додатки на 43 сторінках.**

1 Дослідницька частина

1.1 Дослідження процесу формування покриття напилюванням

Експеримент проводили на наступних режимах [7,9]:

- Тиск повітря - 0,6 МПа;
- температура повітря 300 °С;
- відстань деталі від краю сопла розпилювача 20 мм;
- час напилення 20 секунд;
- Матеріал підложки алюміній АМГ1 ГОСТ 4784-97;
- Марка порошку для напилення А-20-11.

В результаті на поверхні деталі утворилась пляма покриття діаметром 12 мм та товщиною 0,11 мм (рисунок 1.1, 1.2).

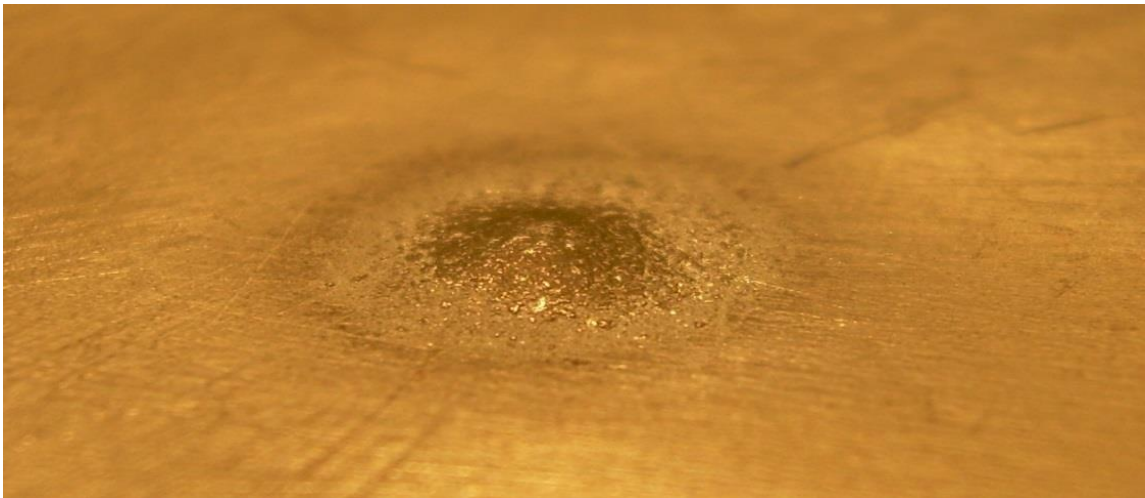


Рисунок 1.1 – Вигляд плями покриття під кутом 45°

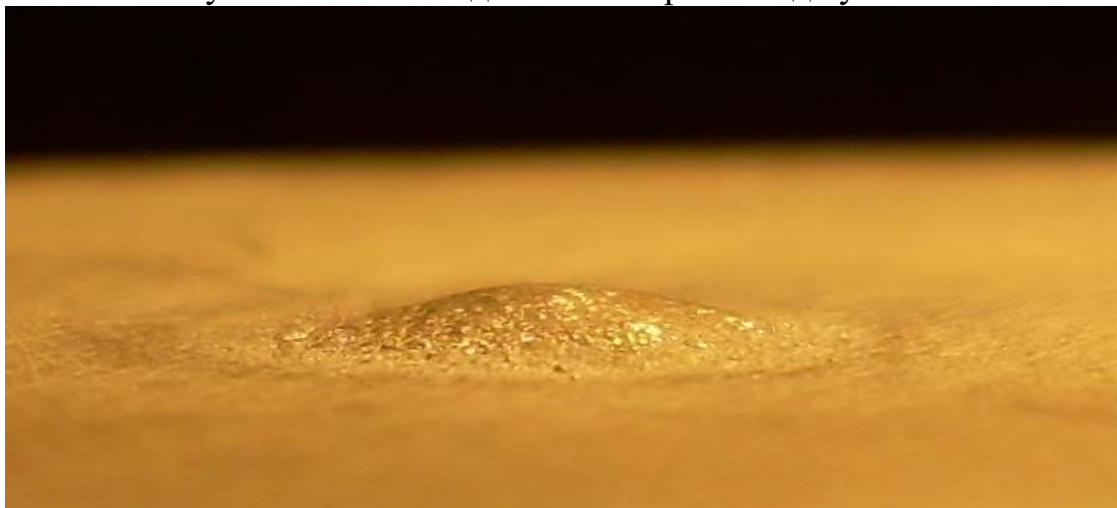


Рисунок 1.2 – Вигляд плями покриття під кутом 5° .

За допомогою програм САПР, а саме Solid Works, прораховано основні параметри утвореної плями (рисунок 1.3), а також схему розміщення порошку в повітряному потоці (рисунок 1.4).

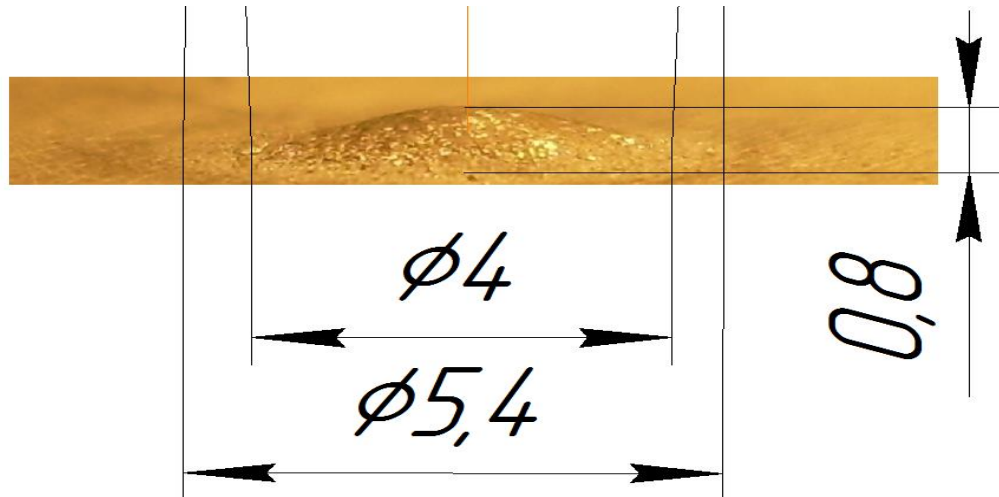


Рисунок 1.3 – Параметри утвореної плями.

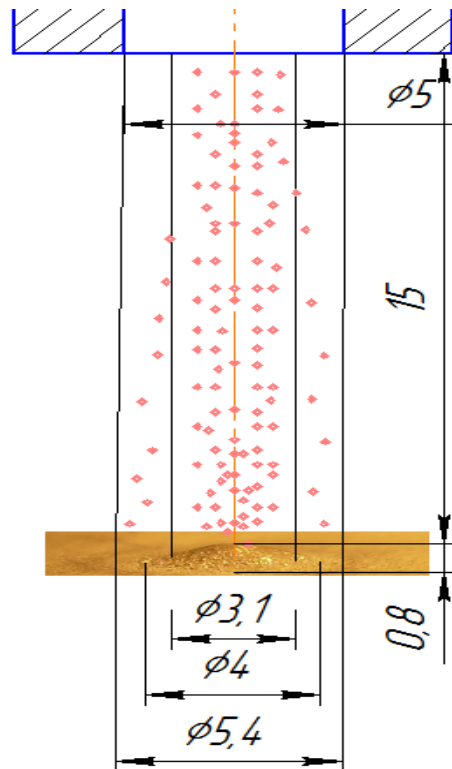


Рисунок 1.4 – Схема розподілення порошку в повітряному потоці

1.2 Дослідження структурно-фазового стану та розподілу хімічних елементів

Фізико-хімічні процеси, що проходять на міжфазних границях, реалізуються за допомогою трансформації сполуки й структури на різних масштабних рівнях з утворенням, так званих, вторинних структур (ВС). Інформативність дослідження ВС за допомогою різних аналітичних методів визначається правильно побудованою методичною роботою. Методи, які використовували є взаємодоповнюючими. Вибір фізичних методів, дослідження тонких ВС, перехідних шарів і границь розділу, визначається питаннями, на які слід відповісти, а саме:

1. Необхідність реєстрації всіх хімічних елементів періодичної таблиці з високою чутливістю.
2. Можливість побудови розподілів хімічних елементів за глибиною.
3. Забезпечення високої локальності аналізу при використанні електронного або іонного зондового аналізу з одного боку, а також можливості одержання інтегральної інформації з іншого.
4. Проведення структурних досліджень.

Безумовно, інформативність методів аналізу значно підвищується при використанні їх у комплексі. Для комплексного одержання інформації з поставлених питань вибрано метод мікрорентгеноспектрального аналізу (МРСА), рентгенофазовий аналіз (РФА) і мас-спектрометрії (МС). Деякі особливості застосування методів наведені в табл. 1.1 .

Таблиця 1.1 — Деякі особливості використаних методів аналізу поверхні.

Метод	Установка	Основні характеристики методу	Дані, що одержуються
МРСА	Superprobe-733 (JEOL)	Локальний; не руйнівний; глибина аналізу 1.5-2 мкм, аналіз хімічного складу	Локальний аналіз хімічного складу матеріалів

МС	INA3 (GERMANY)	Інтегральний; руйнівний метод; поверхнево чутливий (розрішення за глибиною 2-5 Å), аналіз хімічної й ізотопної сполуки	Аналіз хімічного складу поверхні матеріалів з високою чутливістю, розподіл хімічних елементів від поверхні вглибину, ізотопний аналіз
РФА	ДРОН-РОЗУМ1 ДРОН-1,5	Інтегральний; неруйнівний метод, глибина аналізу до 30 мкм залежно від енергії рентгенівських променів	Інтегральний аналіз Структурно-фазового стану матеріалів
АСМ	NANOSCAN-2 (USA)	Неруйнівний метод, аналіз атомної топографії поверхні	Вивчення атомної топографії поверхні

Використання досить інформативного методу аналізу – Оже-електронної спектроскопії (ОЭС) виявилось не ефективним внаслідок недостатньої чутливості до ряду хімічних елементів, а також у зв'язку з недостатньою швидкістю травлення (як з'ясувалося пізніше, після встановлення товщини перехідних шарів).

Особливо важливим при проведенні досліджень за допомогою зазначених методів було врахування або усунення артефактів аналізу. До числа таких артефактів, наприклад, належали накладення мас у МС за рахунок кластероутворення. Утруднення розшифровки даних РФА були внаслідок не відповідності одержаних результатів табличним (довідковим) даним. У роботі в якості допоміжного був використаний метод атомно-силової мікроскопії (АСМ) для визначення параметрів травлення. Критерій якості в цьому випадку – мінімальна шорсткість поверхні.

Заготовки мали циліндричну форму висотою до 15 мм і діаметром до 20 мм. Оскільки дані розміри зразків не задовольняли вимогам для аналітичних установок, то зразки відрізувалися від заготовок, як показано на рисунку 1.5. Зразки на всіх етапах, перед аналітичними дослідженнями готувалися в

гумових хірургічних рукавичках, промитих у дистильованій воді, протертих етиловим спиртом й просушених під вентилятором з підігрівом і ємнісною системою вмикання.



Рисунок 1.5 - Схема підготовки експериментального зразка.

На останніх етапах підготовки зразків було також виключене попадання вологи при подиху оператора. Операції зі зразками виконували за допомогою пінцетів, попередньо знежирених і висушених. Після випробувань зразки не піддавалися яким-небудь процедурам очищення.

Оскільки зразки до завантаження в камеру аналізу перебувають якийсь час у приміщенні, важливим було забезпечення чистоти повітря в лабораторії – зменшення зважених пилових часток, а також зменшення вологості повітря. Перше забезпечувалося відсутністю протягів, вологим протиранням приладів, оснащення і підлоги в приміщенні, друге – комбінацією кондиціювання й нагрівання лабораторії, тобто загальноприйнятим нормам «чистої» гермозони.

Мікрорентгеноспектральний аналіз (МРСА), і, особливо, мас-спектрометрія є, незважаючи на їхню широку поширеність, досить науковомісткими фізичними методами дослідження [9]. МС є надзвичайно чутливим методом з можливістю роботи в режимі Оже-електронної спектроскопії, тобто, зменшенням струму первинного пучка іонів можна

досягнути швидкості травлення до 0,1 моношару в хвилину, що робить метод практично не руйнуючим. Збільшення струму й прискорювальної напруги і, як наслідок, зростання енергії первинних іонів, призводить до зростання швидкості травлення. У цьому випадку, з'являється можливість вивчення розподілу хімічних елементів на більшу глибину з надзвичайно високою чутливістю. МС, однак, уступає Оже-спектроскопії по локальності в силу конструкційних особливостей установки, однак для рішення поставлених завдань локальність методів не була необхідна.

Причинами вибору зазначених методів, було й те, що методи МРСА, МС і РФА «охоплюють» всі глибини дослідження, від самої поверхні в МС до 15-20 мкм у РФА, на яких, як очікувалося, і відбулися фізико-хімічні зміни.

МРСА був проведений за допомогою установки Superprobe-733 (JEOL). Прилад забезпечував роздільну здатність по енергіях 160 еВ. Прискорювальна напруга – 25 кВ, поглинений зразком струм становив 10^{-9} А. Підготовлені зразки мали мікронерівності, однак, установка зонда, що аналізує, у вершинах мікронерівностей звела до мінімуму артефакти методу, пов'язані з розгалуженою геометрією поверхні. При малих концентраціях елементів, що цікавлять нас, у зразках особливої уваги вимагало завдання виділення характеристичних піків із фону. З метою набору достатніх для статистичного аналізу рівнів фону в умовах невеликої швидкості розрахунків (від порядку 10 імп./с на плівкових зразках) було необхідно проведення вимірів із тривалими експозиціями. Однак, при тривалих експозиціях параметри підсилювального тракту аналізатора звичайно піддані дрейфу, що призводило до помітного розширення спостережуваних піків. Для спектрів у кожній серії проводилася процедура калібрування енергетичної шкали шляхом прив'язки до реперних точок, якими служили найбільш інтенсивні піки, енергія яких відома з довідникових даних. Після цього всі спектри серії приводилися до єдиної енергетичної шкали і проводилося їхнє підсумовування. Як критерій, що визначає факт наявності або відсутності слабкого піка на фоні флуктуацій фону, був використаний статистичний критерій « 3σ » [9]. Пік вважається

достовірним, якщо його амплітуда перевищує потроєне значення середньоквадратичної флуктуації фону σ . Для визначення останньої в околиці піка будувалася функція, що апроксимує залежність усередненої інтенсивності фону від номера енергетичного каналу (нами були використані лінійна або квадратична функції), після чого середньоквадратична флуктуація фону σ обчислювалася за формулою:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (I_i - \bar{I}_i)^2} \quad (1.1)$$

де, N – число проб, взятих в околиці піка;

I_i – інтенсивність фону в i -тій пробі;

\bar{I}_i – апроксимована усереднена інтенсивність фону в i -тій пробі.

Рентгенівський фазовий аналіз проведений за допомогою двох рентгенівських дифрактометрів загального призначення ДРОН 1,5.

Рентгенографічне дослідження проведене в монохроматичному $\text{Co } K_{\alpha}$ -випромінюванні. Як монохроматор використовувався монокристал графіту, встановлений на дифрагованому пучку. Така геометрія зйомки дозволяє знизити флуоресцентний фон й записувати дифракційні спектри сплавів на основі заліза в мідному випромінюванні. Дифрактограми знімали методом крокового сканування в інтервалі кутів $2\theta - 10-120^{\circ}$. Крок сканування становив $0,05^{\circ}$, час експозиції в точці – 3-5 с. Швидкість сканування – 1-40/хв. Обробку даних дифрактометричного експерименту здійснювали з використанням програми для повнопрофільного аналізу рентгенівських спектрів від суміші полікристалічних фазових складових PowderCell 2,4. У процесі розрахунку уточнювали періоди елементарних комірок фазових складових, напівширину рентгенівських профілів, лінію фону, масові частки фаз [9].

Використовувався наступний різновид МС – мас-спектрометрія вторинних пост-іонізованих нейтральних часток.

Технічні дані установки ІНАЗ:

Відношення сигнал/шум: $\geq 5 \cdot 10^6$ при 2000 В на зразку; $\sim 3 \cdot 10^5$ при 500 В на зразку.

Границя виявлення 5×10^{16} at/cm³.

Швидкість травлення $5 \div 10$ Å/с при напрузі на мішені 200-300 В.

Максимальна роздільна здатність за глибиною - 2 nm.

Роздільна здатність за масою m/dm = 300 - 500.

Струм гармати 10 mA при тиску $5 \cdot 10^{-4}$ mbar Ar.

Енергія пучка $E=3 \div 5$ keV.

Роздільна здатність за енергією в сферичному конденсаторі $\Delta E/E=0,01-0,08$, $E_{\max}=250$ eV.

Струм плазми в камері $3 \cdot 10^{-3}$ mbar, при тиску в камері аналізу $\sim 10^{-5}$ mbar. Площа плями травлення 3-5 мм у діаметрі.

Діапазон вимірюваних мас від 0 до 300 а.о.м.

При аналізі зразків можна було використати класичну мас-спектрометрію вторинних іонів. Однак дана методика як і сам метод має ряд недоліків: іонне перемішування, великий розкид коефіцієнтів іонізації різних елементів, формування додаткового мікрорельєфу й т.д.

Тому дуже важливим є формування якісного рельєфу. Даний метод має ряд переваг у порівнянні з ВІМС внаслідок відсутності ефекту матриці й сильної варіації коефіцієнтів розпилення елементів. У даному методі пучок первинних іонів аргону Ar^+ формується внаслідок подавання негативної електричної напруги між фронтом високочастотної (27 МГц) плазми низького тиску ($3,26 \times 10^{-3}$ mbar) і зразком.

Серед таких факторів, що впливають на процес розпилення найбільш істотними є: зміна швидкості травлення залежно від складу матриці, іонне перемішування, вбивання атомів у зразок, зміна хімічного складу матриці, розвиток мікрорельєфу, генерація поверхневого й об'ємного заряду. Для формування задовільного рельєфу необхідна мобілізація всіх особливостей методики, підбір режимів розпилення для усунення настільки численних

артефактів процесу. Артефакти аналізу призводять до розмивання стінки кратера; формування макро- й мікрорельєфу дна кратера, ефекту повторного напилювання, перемішування атомів іонним пучком.

Одним з основних факторів, що визначають швидкість розпилення й форму кратера є хімічний склад. У якості тест-об'єкта використана полірована сталь 40X. В ідеальному випадку форма кратера повинна була бути близькою до прямокутного. В установці для цього був реалізований метод високочастотного розпилення (ВР), що дозволяє управляти формою інформаційного кратера, тобто макро й мікрорельєфу залежно від величини і частоти прикладеної напруги. Використання низьких енергій у методиці МСВН дозволяє зменшити ефект перемішування у верхніх шарах мішені. Внаслідок наявності варіації енергії, що розсіюється в ході розвитку каскаду зіткнень, кількість зміщених атомів також змінюється по глибині. У багатокомпонентній мішені ймовірність зсуву для атомів різного сорту різна, внаслідок чого виникають індуковані бомбардуванням мікропрофілі, ширина й висота яких пропорційна енергії бомбардування. У методиці МСВН ймовірність виникнення таких мікропрофілів зведена до мінімуму. У результаті чого ми одержуємо можливість формування профілю кратера на підложках, які є навіть діелектриками як скло і кераміка. Ще одним артефактом, що впливає на формування рельєфу є ефект повторного напилювання. Він пов'язаний з більшою (в порівнянні з ВИМС) кількістю речовини, що видаляється з мішені.

Для встановлення мікроструктурних змін поверхні БФСП після 10 хв. розпилення, використовувався метод атомно-силової мікроскопії (АСМ) – NANOSCAN-2. На рисунку 1.6 показаний мікрорельєф поверхні досліджуваного зразка.

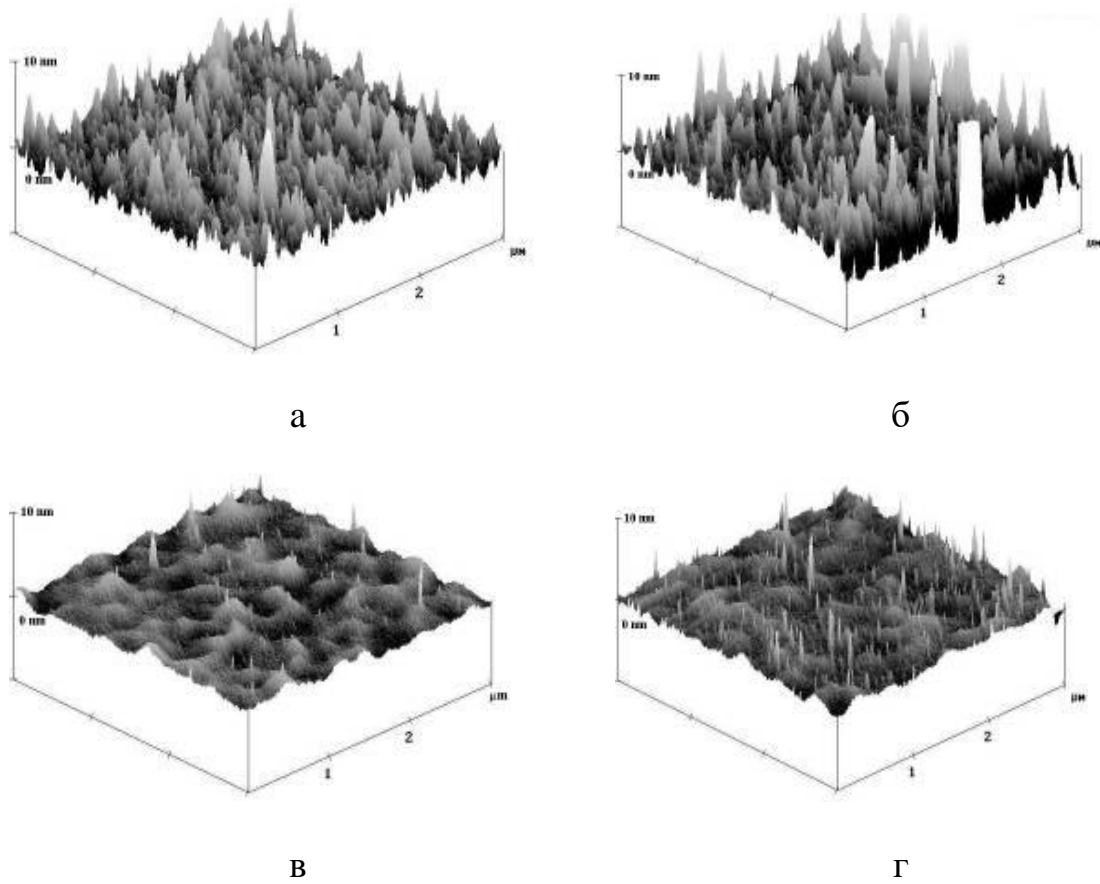


Рисунок 1.6 - Мікрорельєф дна кратера при різних умовах розпилення поверхні:
 а – вихідна; б – $f = 50$ кГц, $t = 0,5$; в – $f = 50$ кГц, $t = 0,7$; г – $f = 400$ кГц, $t = 0,7$.

На рисунку 1.7 показано рельєф поверхні тестового зразка (сталь 40Х), після травлення при оптимальних умовах.

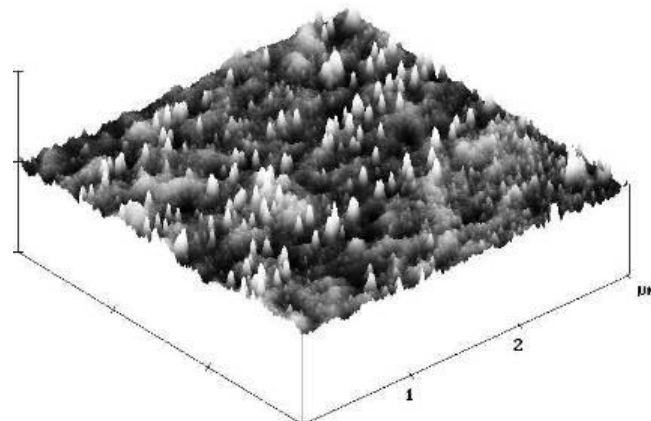


Рисунок 1.7 - Рельєф поверхні після 10 хв. травлення при оптимальних умовах
 (МСВН $f = 50$ кГц; $t = 0,5$).

Таким чином, для одержання задовільних кратерів необхідно забезпечити чіткий підбір оптимальної робочої частоти й скважності для кожного типу поверхні.

1.3 Висновки

В ході дослідження встановлено:

- 1) - під час напилення порошки у газовому струмені розподіляються по перетину за законом Гауса;
- 2) – конфігурація перерізу плями напилювання відповідає закону нормального розподілення;
- 3) - для підвищення рівномірності нанесення покриття необхідно розраховувати крок зсуву руху головки для напилення від середини смуги напилення на попередньому проході;
- 4) – рельєф поверхні покриття, отриманий після його травлення, показує на його істотну хімічну неоднорідність;
- 5) - аналіз даних за результатами експериментальних досліджень дозволяє зробити висновки, що конструкція термо-динамічного напилювального пристрою працює і створює якісний шар покриття.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Суть технічної проблеми

На даний час в Україні широко застосовуються стрічкові конвеєри, складовою частиною якого є редуктор, тому розробка технологій ремонту та відновлення деталей стрічкових конвеєрів є важливою задачею. Так як режим роботи конвеєрів досить напружений і містить велику кількість навантажень, то деталі піддаються великому зносу. Вал-шестерня редуктора працює в знакозмінних навантаженнях і умовах високого тертя у спряженнях та піддається дії абразивного зношення та зносу металевих пар, і тому швидко виходить з ладу. Вал-шестерня редуктора є деталлю з складною формою, тому доцільно відновити зношену деталь, ніж виготовити нову.

2.2 Характеристики об'єкту виробництва, його службове призначення та технічні умови на виготовлення

Редуктором – називають механізм, виготовлений в окремому агрегаті, призначений для зниження кутової швидкості і відповідно підвищує крутний момент. Одними з основних деталей редуктора, безперечно, є вали, так як на них насаджені зубчасті колеса і лише вони передають крутний момент. Самі вали розміщені в підшипниках кочення. На робочі поверхні валів редуктора колісного крана насаджені зубчасті колеса.

В разі спрацювання деталей, погіршення умов мащення, порушення кординат взаємного розташування деталей та внаслідок інших дефектів характерність звуків змінюється (звичайно посилюються).

Технічну діагностику поділяють на постійну і непостійну. Постійна діагностика полягає в тому що робітник, як під час роботи агрегату так і під час щозмінного обслуговування контролює стан показаннями датчиків (термометр, амперметр, танометр), й інших вмонтованих в машину пристроїв.

На виникнення несправностей і відмов машини впливають майже всі експлуатаційні фактори і ступінь досконалості технічного обґрунтування.

Дефектація редуктора виконують в такі етапи:

- 1) вимірюють рівень шуму, який створює редуктор при роботі;
- 2) вимірюють вібрацію редуктора;
- 3) виявляють зовнішні пошкодження;
- 4) оглядають місця кріплення редуктора до основи;
- 5) перевіряють рівень масла;
- 6) контролюється потужність на вихідних валах.

Діагностика проводиться за допомогою вимірювального інструменту. Діагностика не може проводитись без креслення редуктора і наявності необхідних розмірів.

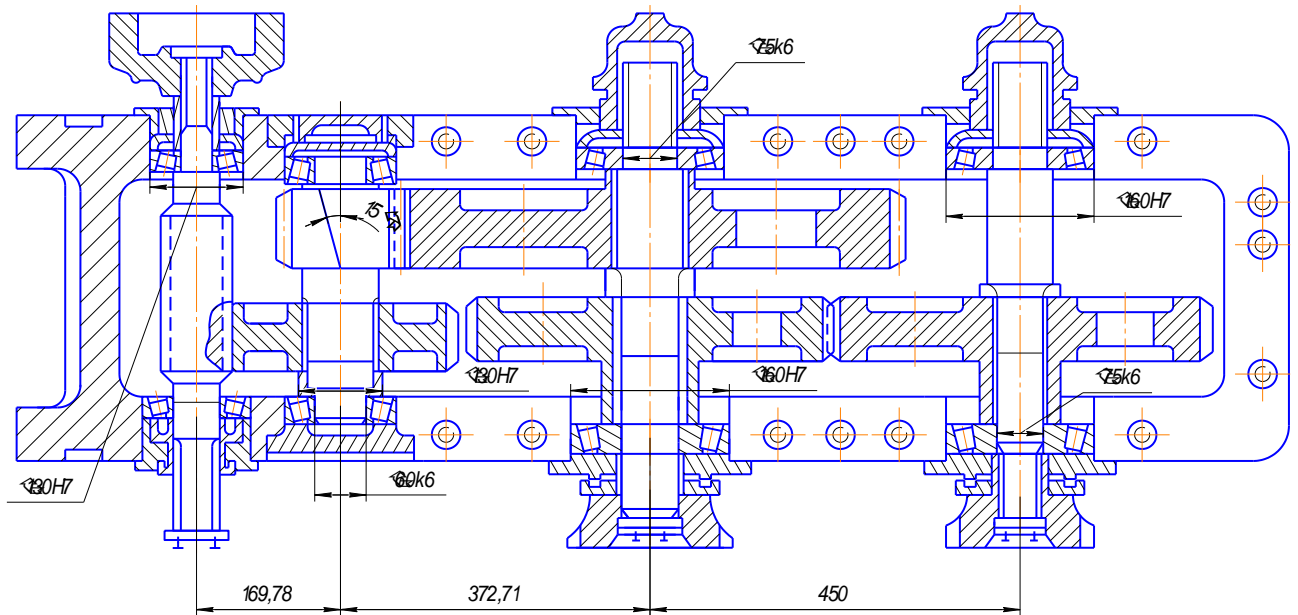


Рисунок 2.1 – Редуктор стрічкового конвеєра

Дана деталь (рисунок 2.2) застосовується в редукторі стрічкового конвеєра, вона є важливою частиною механізму.

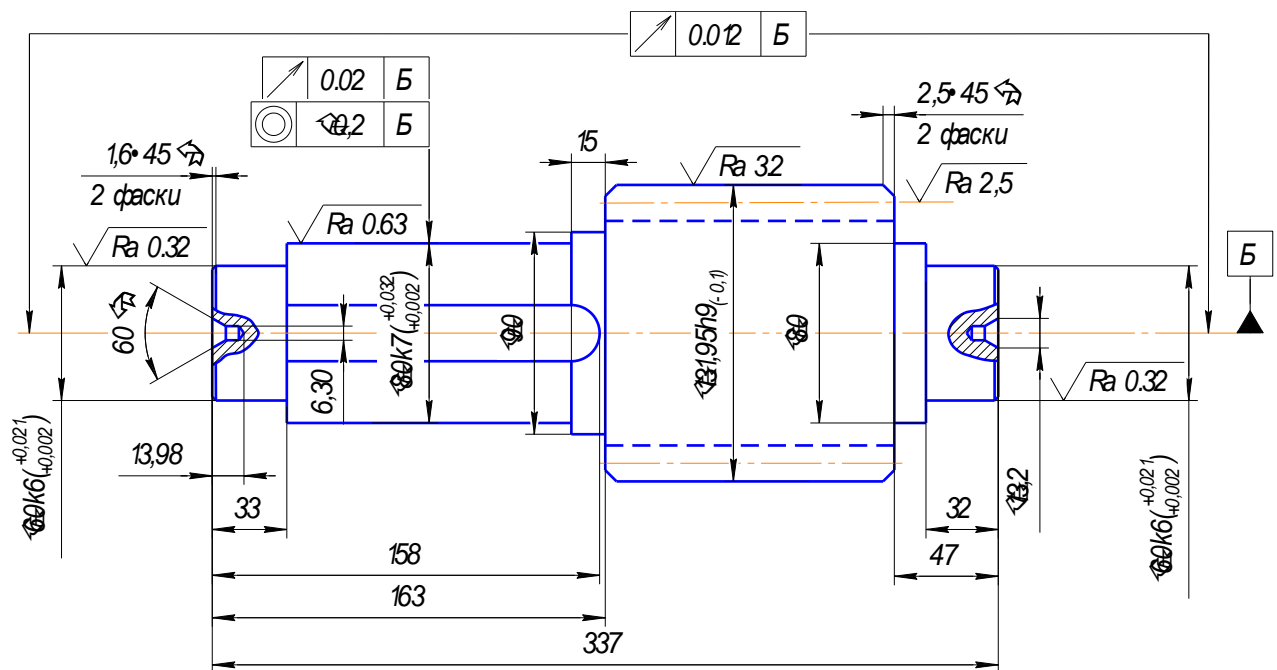


Рисунок 2.2 – Робоче креслення вал-шестерні редуктора

Деталь «Вал-шестерня редуктора» виготовляється зі сталі 40X і використовується для передачі крутного моменту від ведучого вала до веденого і є в даному випадку проміжною ланкою редуктора. Шпонковий паз та зуби шестерні поверхні є допоміжними конструкторськими базами. Основними базами є поверхні під підшипники. До вище наведених поверхонь ставляться

порівняно високі вимоги на точність і шорсткість. Відхилення циліндричності поверхонь після відновлення не повинне перевищувати 0,025мм.

Стрічковий конвеєр – пристрій безперервної дії з об'єднаним вантажонесучим та тяговим органом у вигляді замкнутої стрічки. Стрічка приводиться у рух силою тертя між нею та приводним барабаном, опирається по всій довжині на стаціонарні роликові опори. У шахтах і кар'єрах стрічковий конвеєр слугує для транспортування породи з прохідницьких, розкривних і добувних вибоїв горизонтальними і похилими виробками всередині гірничих підприємств, підняття їх на поверхню і подальшого переміщення до пункту перевантаження на зовнішній транспорт.

Головними конструкторськими базами даної деталі є місця під підшипник $\varnothing 60k6 \left(\begin{smallmatrix} +0,021 \\ 0,002 \end{smallmatrix} \right)$, і поверхня під шпонку - $\varnothing 80k7 \left(\begin{smallmatrix} +0,035 \\ +0,002 \end{smallmatrix} \right)$, оскільки це є основні поверхні, за якими деталь орієнтується в редукторі. До вище наведених поверхонь ставляться порівняно високі вимоги на точність і шорсткість.

2.3 Загальний огляд існуючих процесів відновлення деталі типу вал

Відновлення зношених деталей – складний організаційно-технологічний процес, при якому в якості заготовки використовують зношену деталь. Розроблена велика кількість способів відновлення зношених деталей [7,8]. При виборі раціонального способу відновлення вал-шестерні редуктора стрічкового конвеєра потрібно спиратись на такі показники як простота обладнання, технологічність, дешевизна матеріалів та ін.

Розглянемо ряд переваг та недоліків основних методів нанесення покриття напиленням та наплавленням.

Наплавлення і напилення є найбільш розповсюджені в ремонтному виробництві способи відновлення деталей.

Широке використання наплавлення обумовлено простотою технологічного процесу і використаного обладнання, високою швидкістю наплавлення, низькою собівартістю при малій товщині шару та висока міцність нанесеного покриття.

Технологічний процес відновлення наплавленням та напиленням включає в себе підготовку деталей до процесу нанесення покриття, виконання данного процесу і обробку деталей після процесу.

Відновити вал можна за допомогою декількох методів, але щоб вибрати найкращий з них охарактеризуємо ці методи та покажемо їх переваги та недоліки.

Отже, вал можна відновити за допомогою таких способів: наплавлення в середовищі вуглекислого газу, вібродугове наплавлення, плазмове напилення, електродугове напилення, газодинамічне напилення.

Наплавлення в середовищі вуглекислого газу.

Суть автоматичного наплавлення у середовищі вуглекислого газу. Цей спосіб у значній мірі відрізняється від інших способів відновлення деталей – не потрібно ні флюсів, ні електродних покриттів. При цьому в зону наплавлення через сопло пальника надходить вуглекислий газ, який захищає рідкий метал від контакту з киснем і азотом повітря. Вуглекислий газ надійно ізолює зону наплавлення від навколишнього середовища і забезпечує одержання наплавленого металу високої якості з мінімальною кількістю пор і окислів. Електричний дріт безперервно подається у зону наплавлення. Струм до дроту підводиться через наконечник, розміщений у середині мундштука. Під дією високої температури електричної дуги на поверхні деталі утворюється рідка ванна в якій перемішуються метали електроду і деталі.

Переваги методу:

1. В 1,2-1,5 разів економніше та на 20-80% продуктивніше від інших методів наплавлення;
2. Наплавлення доречно використовувати для циліндричних деталей не менше 50 мм;
3. Вуглекислий газ належить до активних газів і в процесі наплавлення в зоні дуги виникають реакції розпаду вуглекислого газу на його складові;
4. Відсутність трудомісткої операції по відділенню шлакової кірки;

5. Високий ступінь щільності дуги, що сприяє незначному нагріванню деталі і її деформації;

6. Можливість наплавлення шару невеликої товщини (0,8—1,5 мм).

Недоліки:

1. Підвищене розбризкування металу;
2. Підвищена піддатливість наплавленого шару до утворення тріщин;
3. Необхідність застосування легованого дроту для одержання наплавленого металу з необхідними властивостями.

Вібродугове наплавлення.

Суть вібродугового наплавлення. Електродний дріт подається до поверхні деталі, яка знаходиться під напругою з коливаннями, за рахунок яких відбувається періодичне замикання і розмикання електричної дуги між електродом і поверхнею деталі. Процес наплавлення складається з трьох фаз: короткого замикання, горіння дуги і холостого руху.

Оплавлення поверхні деталі, плавлення електрода і формування зварного шва відбуваються на етапі горіння дуги. Для зменшення імпульсів струму, стабілізації горіння дуги, скорочення холостого руху до зварного ланцюга підключають індуктивний опір. Вібрація електрода зменшує тепловий вплив на деталь.

Процес вібродугового наплавлення відбувається в середовищі захисного газу, охолоджувальної рідини, під шаром флюсу і без захисту.

Вібродугове наплавлення забезпечує:

1. Малу зону термічного впливу;
2. Покриття різної товщини з високою твердістю;
3. Покриття з високою зносостійкістю і незначними деформаціями поверхні деталі.

Недоліком способу є неоднорідність структури, нещільність, пористість металу шва, які зменшують міцність і спричиняють втомленість деталі.

Плазмове напилення.

Для нанесення покриття плазмовим напилюванням матеріал покриття вводять у струмінь плазми стовпа дуги, де він нагрівається і прискорюється у напрямку до основи. Плазма – це частково або цілком іонізований газ, що складається з позитивно і негативно заряджених частинок, сумарний заряд якого дорівнює нулю. Носіями зарядів у плазмі є електрони і позитивні іони. Плазмове напилення дозволяє наносити покриття із матеріалів різного хімічного складу; висока продуктивність; повна автоматизація керування процесу; плазмові пальники дозволяють у широких межах регулювати енергетичні характеристики плазми, що полегшує отримання покриттів з потрібними технологічними властивостями.

Електродугове напилення (металізація)

При дуговій металізації утворення потоку розпилюваних частинок відбувається за рахунок плавлення розпилюваного матеріалу високоамперною дугою і його диспергування швидкісним потоком газу. Основними перевагами цього методу є: велика продуктивність процесу (від 3 до 14 кг напилюємого металу за годину). Висока температура електричної дуги дозволяє наносити покриття із тугоплавких металів. При використанні в якості електродів дротів із двох різних металів можливо отримати покриття з їх сплаву. До переваг електродугового напилення відноситься також простота обладнання, що використовується та невеликі експлуатаційні витрати. До недоліків електродугового напилення відносять: велике окислення металу, суттєве вигорання легуючих елементів та знижену щільність покриття.

Газодинамічне напилення.

Технологія нанесення покриттів включає в себе нагрів стислого газу (повітря), подачу його в надзвукове сопло і формування в цьому соплі надзвукового повітряного потоку, подачу в цей потік порошкового матеріалу, прискорення цього матеріалу в соплі надзвуковим потоком повітря і направлення його на поверхню оброблюваного виробу.

В якості порошкових матеріалів використовуються порошки металів, сплавів або їх механічні суміші з керамічними порошками. При цьому шляхом

зміни режимів роботи обладнання можна або проводити ерозійну обробку поверхні виробу, або наносити металеві покриття необхідних складів. Зміною режимів можна також міняти пористість і товщину напилюваного покриття. Порошкові частинки нагріваються до невеликих температур (до 300 °С). Поверхня відновлюваної деталі нагрівається до 150...200 °С. В якості робочого газу використовується звичайне повітря, що не вимагає особливих заходів безпеки. Процес не створює значного шуму та піддається автоматизації.

2.4 Вибір та критичний аналіз базового процесу відновлення деталі

Як при будь-якому методі або процесі відновлення базовий технологічний процес містить три операції: мийна; дефектування; контрольна [5]. Дані операції входять в усі запропоновані методи. Відмінність полягає у застосування різних методів нанесення покриття та механічної обробки деталі до та після нанесення покриття.

2.5 Характеристика модернізованого технологічного процесу

Модернізований технологічний процес у порівнянні з базовим відрізняється способом відновлення. У даному процесі основними способами відновлення було обрано газодинамічне напилення та наплавлення в середовищі вуглекислого газу. Застосування даних способів дозволяє зменшити кількість витратного матеріалу, а також значно зміцнити робочі поверхні.

2.5.1 Сучасні досягнення в галузі відновлення.

Вибір оптимального способу відновлення характеризує якісну та техніко-економічну сторону відновлення конкретних деталей, враховуючи умови їх експлуатації, їх геометричні, фізико – механічні і конструктивно – технологічні особливості. Також спосіб відновлення деталі залежить від програми.

2.5.2 Характеристика модернізованих відновлювальних технологічних процесів.

Застосування прогресивних технологічних процесів при відновленні зношених деталей забезпечує їх гарантовану зносостійкість і є одним з основних шляхів зниження фінансових та матеріальних витрат і ресурсів. Сучасні технології відновлення деталей, зокрема, валів, ще не повністю задовольняють вимогам, що висуваються до якості відновлення.

У відновлювальній практиці найбільш відомі 3 основних методи нанесення покриттів: наплавлення; напилення; осадження. Основною проблемою, яка постає перед технологами машинобудівних виробництв на сьогоднішній день, є велика кількість технологій, багатоваріантність режимів, а також широке застосування різних присадочних та допоміжних матеріалів [5]. Базові знання основних характеристик, переваг та недоліків відповідних процесів відновлення надає можливість правильного вибору технологій при досягненні відповідних виробничих завдань.

Товщина покриття є базовою відмінною ознакою способу відновлення. Для різних процесів вона є різною, як наприклад: для наплавлення - більше 1 мм; для напилення - 1 менше мм; для осадження – менше 100 мкм.

Врахувавши конструкторські та експлуатаційні особливості, які ставляться до деталі, а також проаналізувавши основні методи відновлення, можна сказати, що такі методи нанесення покриттів як газодинамічне напилення та наплавлення в середовищі CO_2 , що характеризується оптимальними параметрами покриття, для нашої деталі, - зчеплення більше 30 МПа; твердість напиленого шару 45-50 одиниць HRC, є оптимальними з точки зору економії присадкового матеріалу та витрат на обробку деталі.

2.6 Матеріал деталі і його властивості

Вал виготовлено із сталі 40Х за ДСТУ 7809:2015. Сталь 40Х має задовільну якість для обробки на металорізальних верстатах.

Сталь 40Х ДСТУ 7809:2015 [11] характеризується високою твердістю що є характерним для сталей призначених в першу чергу для виготовлення валів, зубчастих коліс, циліндрів та інших подібних виробів. Характеризується поганою зварюваністю, відсутністю схильності до відпускнуї ламкості та пониженою флокеночутливістю. Особливості структурних перетворень цієї сталі дозволяють для отримання необхідних властивостей широко застосовувати термічну обробку, що особливо важливо для цих деталей. Зварюється з додатковим підігрівом в 200 – 300°C.

Таблиця 2.1 - Температура критичних точок ° С сталі 40Х за ДСТУ 7809:2015

Ac1	743
Ac3	815
Ar3	730
Ar1	693
Mn	350

Таблиця 2.2 – Вміст хімічних елементів в сталі 40Х за ДСТУ 7809:2015

Найменування	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

Таблиця 2.3 – Механічні властивості сталі 40Х за ДСТУ 7809:2015

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 ³	7850	
Межа міцності , МПа	980	гартування (масло) + відпуск 500°C (вода)
Межа текучості , МПа	785	гартування 860°C (масло) + відпуск 500°C (вода)
Зварюваність	Важкозварна	
Твердість по Бріннелю, НВ	217	відпал
Температура кування, °С	1250..800	

Твердість матеріалу Сталь 40Х після відпуску НВ=248.

При наплавленні сталі вуглецевий еквівалент використовують як показник здатності до наплавлення і якості наплавленого шару. Вуглецевий еквівалент для сталі 40Х:

$$C_e = 0,36 + 0,5/6 + 0,2/24 + 0,1/40 + 0,8/5 = 0,6138 \%$$

Отже, перед процесом наплавлення вал – шестерню потрібно підігріти до температури 200°C – 250°C для покращення процесу схоплювання між основним і наплавленим металом, а також для запобігання появи мікротріщин.

2.7 Якісні та кількісні показники технологічності валу

Деталь «Вал-шестерня редуктора» виготовляється зі сталі 40Х за ДСТУ 7809:2015 і використовується для передачі крутного моменту від ведучого вала до веденого і є в даному випадку проміжною ланкою редуктора. Найбільш точними поверхнями є місця під підшипник $\varnothing 60k6 \begin{pmatrix} +0,021 \\ 0,002 \end{pmatrix}$, і поверхня під

шпонку - $\varnothing 80k7^{(+0,035)}_{(+0,002)}$, оскільки це є основні поверхні, за якими деталь орієнтується в редукторі.

Поверхні, які працюють в спряженнях: $\varnothing 60k6^{(+0,021)}_{(0,002)}$ і $\varnothing 80k7^{(+0,035)}_{(+0,002)}$, зазнають найбільші навантаження, то і зношуються в результаті експлуатації. Спряження підшипник – вал за 6 квалітетом найімовірніше протидіє фретинг – корозії.

Найбільш точними є поверхні $\varnothing 60k6^{(+0,021)}_{(0,002)}$ і $\varnothing 80k7^{(+0,035)}_{(+0,002)}$ оскільки вони виконані по 6 та 7 квалітету точності, які забезпечуються при механічній обробці на верстатах з числовим програмним керуванням.

Деталь в цілому технологічна, майже всі поверхні мають добрий доступ для механічної обробки.

Оскільки $K_{yc} > 0.6$, $K_T > 0.8$, $K_{ш} < 0.32$, то вал-шестерня є технологічною за кількісними показниками. Деталь має хороші базові поверхні для виконання більшості операцій. При виконанні токарної попередньої обробки – це місця під підшипник $\varnothing 60k6^{(+0,021)}_{(0,002)}$ та її торець, при фрезеруванні - поверхня під шпонку - $\varnothing 80k7^{(+0,035)}_{(+0,002)}$. Для виробництва деталі передбачений матеріал-замінники, якими є сталі 45Х, 38ХА, 40ХН, 40ХС, 40ХФ, 40ХР.

Вказані на кресленні деталі квалітети точності механічної обробки відповідають параметрам шорсткості. Вони можуть бути забезпечені на верстатах з числовим програмним керуванням та універсальних верстатах.

Вимоги взаємного розташування оброблених поверхонь вказані у відповідності з їх службовим призначенням, також можуть бути забезпечені механічною обробкою, оскільки геометричні похибки верстатів, на яких виконується обробка, нижчі цих відхилень.

Заготовка для даного вала – шестерні є зношений вал – шестерня.

Вказані на кресленні розміри можуть бути проконтрольовані безпосередньо, перешкод для вимірювання не існує.

Так як деталь має центрові отвори то вісь обертання може бути використана для базування. Застосування штучних технологічних баз не є виправданим, оскільки існують центрові отвори, які забезпечують найвищу точність встановлення деталі під час механічної обробки.

Заготовка, з якої виготовлялась деталь, отримана методом прокату. Це є найоптимальнішим методом. Це пояснюється тим, що вал має просту геометричну форму без великих виступаючих частин, а отже можна зменшити витрати матеріалу, до того ж при прокаті зменшується коефіцієнт зміщення деталі відносно осі. Цей метод дозволяє отримати низьку шорсткість, високий коефіцієнт використання матеріалу і забезпечує добрий економічний ефект.

Кількісна характеристика технологічності деталі.

За коефіцієнтами точності розмірів K_T , їх уніфікації K_{ye} та коефіцієнтом шорсткості поверхонь $K_{ш}$, які обраховуються за типовими методиками, деталь «Вал-шестерня редуктора» є технологічною, оскільки $K_{ye} > 0,6$ (допустиме 0,83), $K_T > 0,8$ (допустиме 0,91), $K_{ш} < 0,32$ (допустиме 0,224).

2.8 Визначення типу виробництва та форми організації роботи

Тип виробництва – це техніко-економічна характеристика виробництва, яка обумовлена спеціалізацією виробничих процесів, стабільністю номенклатури, ритмічністю і величиною обсягу виробництва. Загалом виділяють три основні типи виробництва: одиничний, серійний (з модифікаціями дрібносерійний та крупносерійний) та масовий.

Таблиця 2.7 – Характеристика типу виробництва [12]

Маса деталі в кг	Кількість деталей, які підлягають обробці у виробництві, шт				
	Одиничне	Малосерійне	Середньо-серійне	Великосерійне	Масове
До 2,5	До10	10...1000	1000-50000	500000-100000	100000 і більше

2,5-5,0	До10	10...500	500-35000	35000-75000	75000 і більше
5,0- 10,0	До10	10...300	300-25000	25000-50000	50000 і більше
10-50	До10	10...200	200-10000	10000-25000	25000 і більше
50 і більше	До5	5...100	100-300	300-1000	5000 і більше

Кількість деталей для відновлення 500 шт, вага одної дорівнює 1,17кг.
За таблицею 2.7 виробництво малосерійне.

Визначимо партію запуску деталей на ремонт для малосерійного виробництва.

Перелік операцій по відновленню поверхонь деталі

Найбільш характерні переходи механічної обробки поверхонь деталі:

005 Мийна	+
010 Шліфувальна	+
015 Токарна	+
020 Наплавлювальна	+
025 Токарна	+
030 Фрезерна	+
035 Напилення	+
040 Токарна	+
045 Шліфувальна	+
050 Контрольна	+

Таблиця 2.8 – Нормування операцій за нормативами [2]

Номер і назва операції	T_o	$T_{доп}$	$T_{оп}$	$T_{обс}+T_{відп}$	$T_{п-з}$	$T_{шт}$	$T_{шт-к}$
005 Мийна	3,6	0,7	2,33	0,14	12	4,45	5,11

010 Шліфувальна	1,937	0,775	2,712	0,163	10,5	2,875	3,41
015 Токарна	0,916	0,367	1,28	0,074	7	1,354	1,704
020 Наплавлення	12,3	0,83	2,654	0,26	18	12,74	13,78
025 Токарна	5,236	2,094	7,33	0,44	7	7,77	8,12
030 Фрезерна	0,846	0,338	1,184	0,071	15	1,255	1,605
035 Напилення	0,115	0,046	0,161	0,00966	17	0,171	1,021
040 Токарна	0,066	0,026	0,092	0,0055	7	0,097	0,447
045 Шліфувальна	2,76	1,104	3,864	0,232	10,5	4,096	4,621
050 Контрольна	3.2	1.4	4.6	0.3	2	4.81	4,911

Кількість деталей в партії для одночасного запуску допускається визначати спрощеним способом за формулою [2]:

$$n = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{500 \cdot 12}{254} = 23.62 \approx 24 \text{ шт.} \quad (2.1)$$

Для робочих місць малосерійного виробництва характерне більше обмеження кількості виконуваних операцій, оскільки партії виробів стабільно повторюються. Устаткування має високий рівень спеціалізації.

2.9 Дефектування деталі

Класифікація дефектів дозволяє правильно вибрати технологічні процеси відновлення деталей, особливо типові; обґрунтувати раціональну спеціалізацію підрозділів, зайнятих відновленням; робити укрупнені розрахунки трудових і матеріальних витрат, пов'язаних з відновленням; планувати виробництво [9].

Вузли і деталі дефектують з метою оцінки їхнього технічного стану і визначення можливості їхньої подальшої експлуатації чи необхідності відновлення.

Спостереження за зносом і пошкодженнями деталей машин при експлуатації дозволяє виділити п'ять основних видів руйнування деталей:

- деформація і злом (крихкий, в'язкий, втомлений, остаточна деформація, контактне втомлене пошкодження);
- механічний знос (знос металевих пар, абразивний знос);
- ерозійно-кавітаційне пошкодження (рідинна ерозія, кавітація, газова ерозія);
- корозійне пошкодження (атмосферна корозія, корозія в електролітах, газова корозія);
- корозійно-механічне пошкодження (корозійна втома, корозійне розтріскування, корозія при терті).

Дефекти, що розглядаються, відносяться до другої групи пошкоджень і є поправними. Вимірювання даних дефектів проводиться мікрометром МК-75 ДСТУ 6507 - 90 (посадочні місця під підшипник $\varnothing 60$ мм та циліндрична поверхня $\varnothing 80$ мм) та штангенциркулем (шпонковий паз). Дані прилади дають необхідну точність розмірів, яка необхідна для даного етапу роботи. Дефекти 1, 2, 3 розташовані на зовнішній циліндричній поверхні вала $\varnothing 60$ мм, $\varnothing 80$ мм, $\varnothing 60$ мм відповідно. Тобто їх можливо і доцільно ремонтувати. Дефекти виникають при зношуванні зовнішньої поверхні вала під посадку підшипника (дефекти 1, 3) та зношуванні шпоночного паза (дефект 2). Вал знаходиться під значним впливом навантажень. Причин виникнення зносу є декілька. Визначальним служить механічна взаємодія поверхонь, що контактують, яка викликає руйнування оксидних плівок, частки яких не віддаляються за межі контакту і діють як абразив. Також має місце адгезійна взаємодія в поєднанні з корозією. Внаслідок адгезії частки металу спочатку відокремлюються від поверхні, потім окислюються киснем середовища і перетворюються в абразив. Дефекти виникають також за рахунок дії підвищених статичних та динамічних навантажень, які спричиняють напруження згину та кручення. Між валом і підшипником та валом і шпонкою відбувається поступовий знос поверхонь як

однієї так і другої деталі, відповідно збільшується зазор в sprzęжені, що впливає на якість роботи всього механізму.

Таблиця 2.9 – Дефектація

№ п/п	Дефект	Вимірювальний інструмент	Розміри, мм	
			Номинальний	Допустимий
Дефект 1	Спрацювання поверхні під підшипник	Мікрометр МК-75 ДСТУ 6507 - 90	$60^{(+0,021)}_{(+0,002)}$	60,002
Дефект 2	Знос шпонкового паза	Штангенциркуль ШЦ-II ГОСТ 166-89	$25^{(+0,052)}$	25
Дефект 3	Спрацювання поверхні під підшипник	ГОСТ 166-89, Мікрометр МК-75 ДСТУ 6507 - 90	$60^{(+0,021)}_{(+0,002)}$	60,002

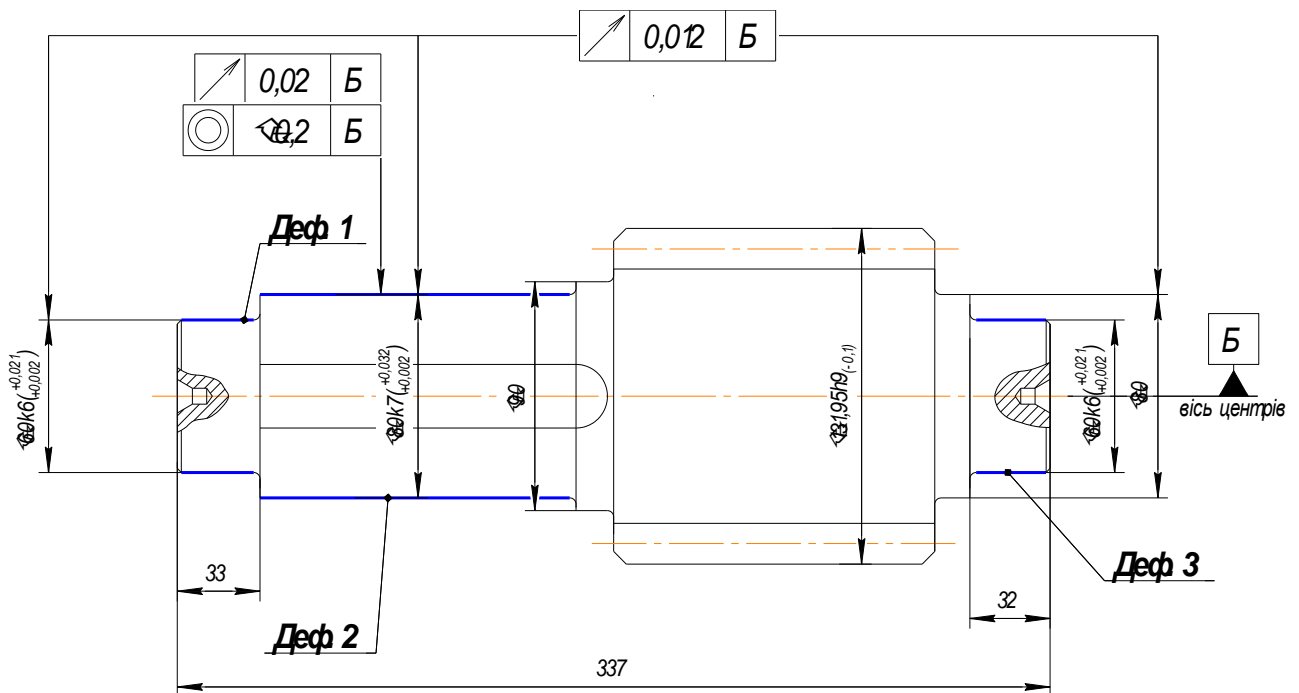


Рисунок 2.3 – Ремонтне креслення вал-шестерні

2.10 Розробка плану операцій

Згідно результатів дефектування і технології відновлення дефектів складаємо план операцій відновлення вал –шестерні [2,9]:

005 – Мийна: мити деталь розчином «Лабомід»;

010 – Шліфувальна: шліфування зовнішньої діаметральної поверхні зубчатого вінця під бази;

015 – Токарна: точіння поверхні 2 до $\varnothing 79$ мм відповідно;

020– Наплавлювальна: заправити шпонковий паз та центрові отвори, наплавити поверхню 2 до $\varnothing 83,3$ мм з захистом зубців від термічного впливу відповідно;

025 – Токарна: точіння поверхонь 1, 3 до $\varnothing 59$ мм та поверхні 2 до $\varnothing 80,09$ мм та обробкааа центрових отворів відповідно;

030 – Фрезерна: фрезерування шпонкового паза за розмірами: глибина – 9 мм, ширина – 25 мм, довжина – 125 мм відповідно;

035 – Напилення: напилити поверхню 1, 3 до $\varnothing 61,35$ мм відповідно;

040 – Токарна: точіння поверхонь 1, 3 до $\varnothing 60,168$ мм

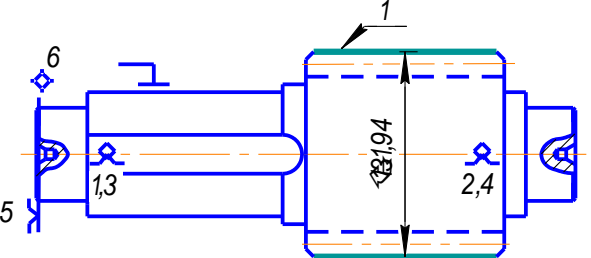
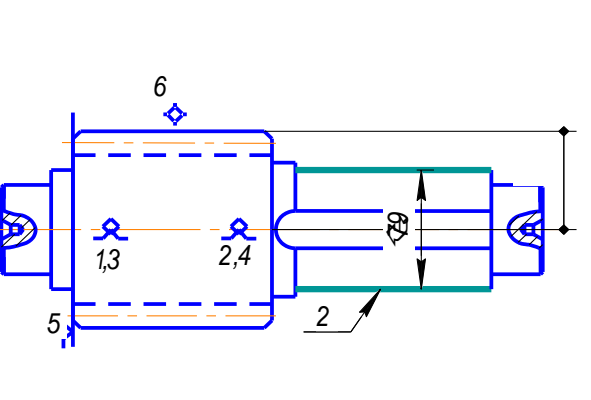
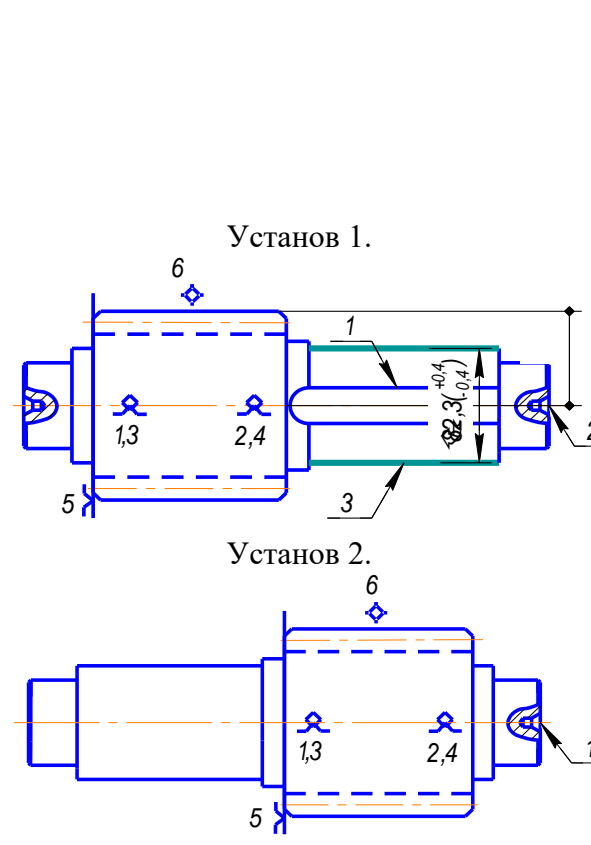
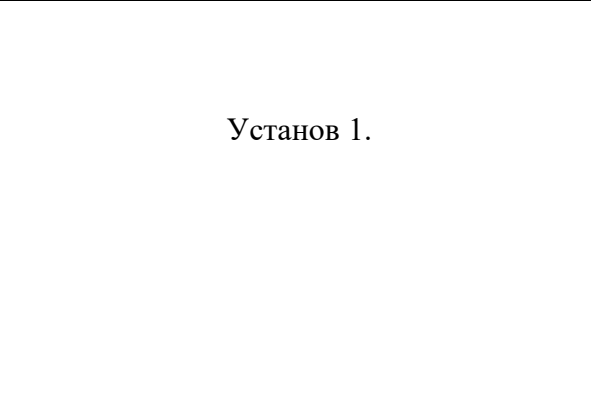
045 – Шліфувальна: шліфувати поверхню 2 до розміру $\varnothing 80^{(+0,032)}_{(+0,002)}$ мм, шліфування поверхонь 1 та 3 до розміру $\varnothing 60^{(+0,021)}_{(+0,002)}$ мм відповідно;

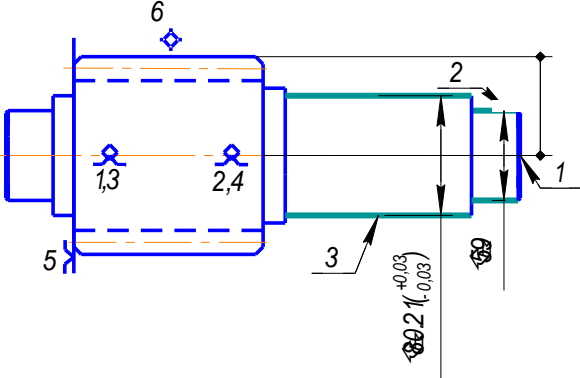
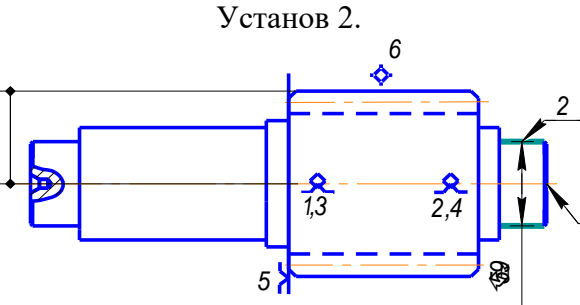
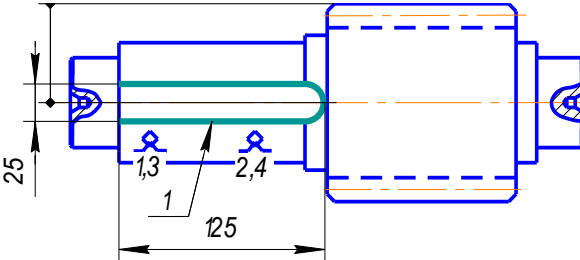
50 – Контрольна.

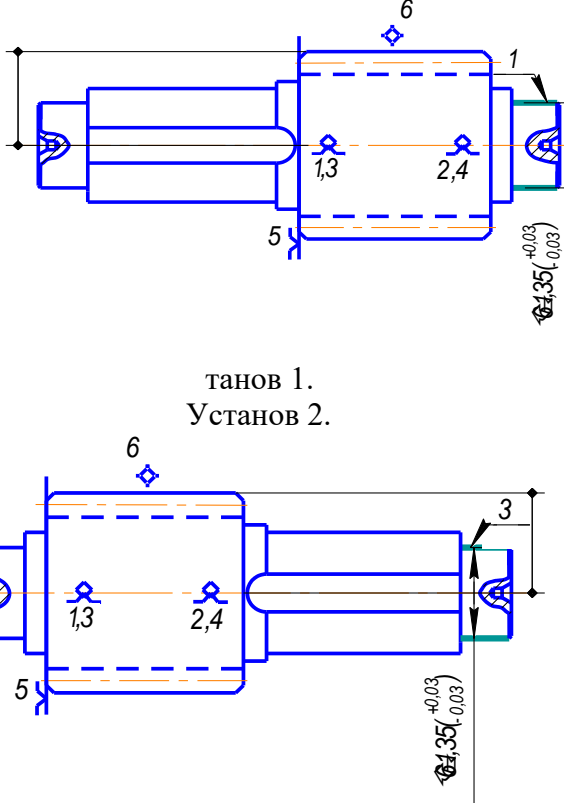
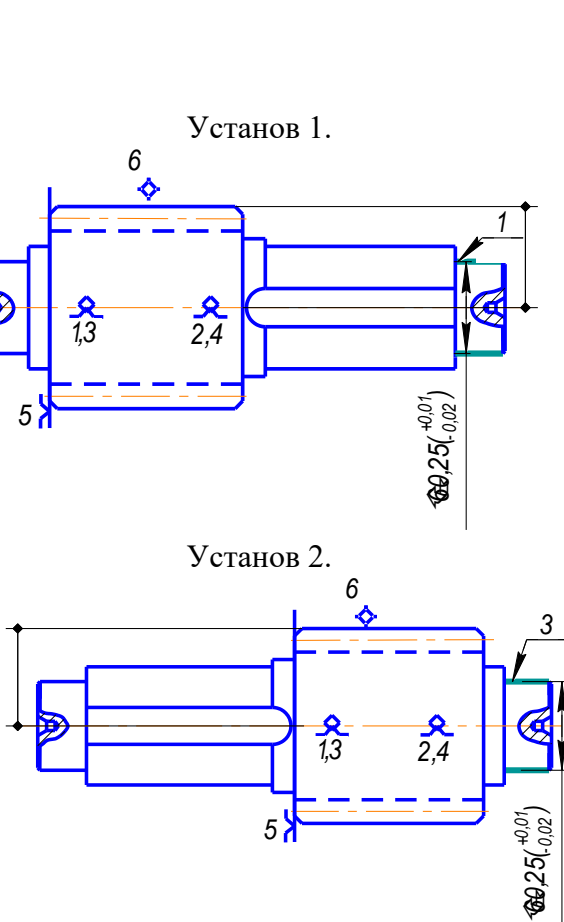
2.11 Маршрут процесу відновлення

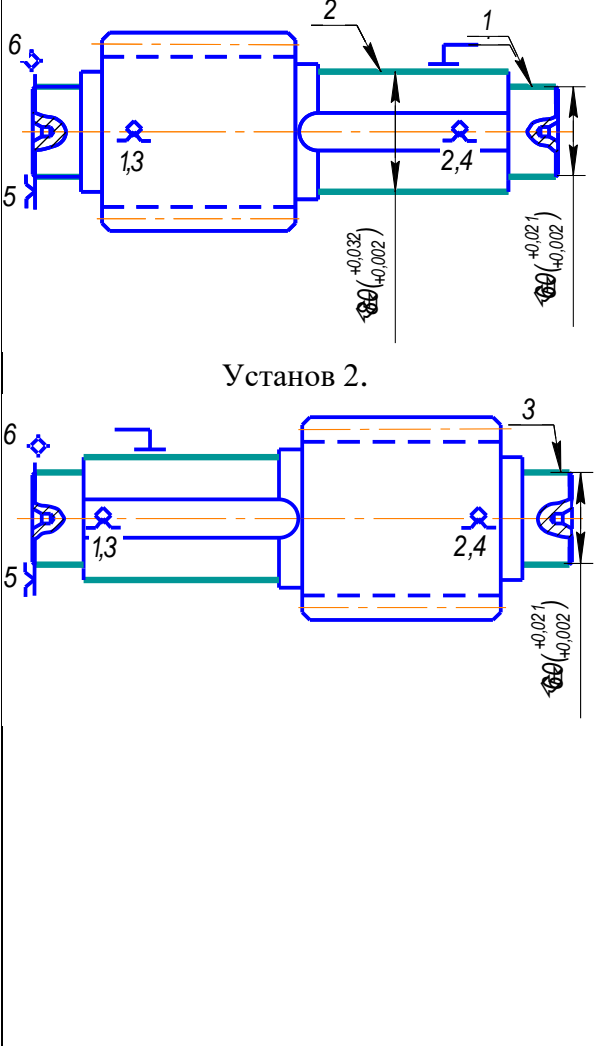
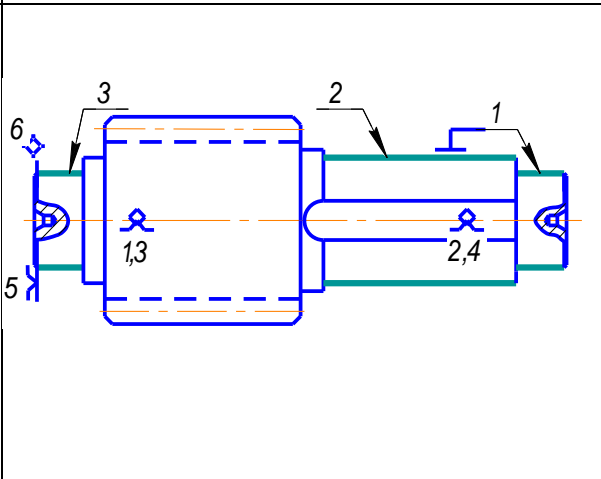
Таблиця 2.10 – Маршрут відновлення

№ оп.	Найменування операції та технічних переходів	Схема базування	Обладнання
005	Мийна 1. Установити і зняти деталь; 2. Мити деталь розчином «Лабомід»;		1.Струменево - камерна машина ОН- 4610
	Шліфувальна 1. Установити і		1.Шліфувальний верстат 3М153У

010	зняти деталь; 2. Шліфувати зов. діаметр зубчатого вінця (поверхня 1) до розміру $\varnothing 131,94$ мм;		
015	Токарна 1. Установити зняти деталь; 2. Точити поверхню 2 згідно ескізу до $\varnothing 79,5$ мм; 3. Точити поверхню 2 згідно ескізу до $\varnothing 79$ мм;		1. Токарно-гвинтовий верстат 16К20Ф3
020	Наплавлювальна Установ 1. 1. Установити і зняти деталь; 2. Заплавити правий центровий отвір; 3. Заплавити шпонковий паз; 4. Наплавити поверхню 3 згідно ескізу до $\varnothing 82,3$ мм з захистом зубців від термічного впливу; Установ 2. 1. Переустановити деталь; 2. Заплавити лівий центровий отвір;		1. Установка УД-209М
	Токарна Установ 1. 1. Установити зняти деталь; 2. Підрізати правий торець; 3. Центрувати правий центровий отвір; 4. Точити поверхню 2		1. Токарно-гвинтовий верстат 16К20Ф3

025	<p>попередньо до \varnothing 59,5 мм та поверхню 3 попередньо до \varnothing 80,703 мм;</p> <p>5. Точити поверхню 2 остаточно до \varnothing 59 мм та поверхню 3 остаточно до \varnothing 80,21 мм;</p> <p>Установ 2.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Переустановити деталь; 2. Підрізати лівий торець; 3. Центрувати лівий центровий отвір; 4. Точити поверхню 2 попередньо до \varnothing 59,5 мм; 5. Точити поверхню 2 остаточно до \varnothing 59 мм; 	 <p>Установ 2.</p> 	
030	<p>Фрезерна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установити і зняти деталь; 2. Фрезерувати шпонковий паз згідно ескізу до параметрів 125x25x9 мм; 		1. Вертикально - фрезерний верстат 6Т104
035	<p>Напилення</p> <p>Установ 1.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установити зняти деталь; 2. Напилити поверхню 1 згідно ескізу до \varnothing 61,35 мм; 	Ус	1. Установка для газодинамического напыления

	<p>Установ 2.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Переустановити деталь; 2. Напилити поверхню 3 згідно ескізу до $\varnothing 61,35$ мм; 	 <p>танов 1. Установ 2.</p>	
<p>040</p>	<p>Токарна Установ 1.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установити зняти деталь; 2. Точити поверхню 1 однократно до $\varnothing 60,25$ мм; <p>Установ 2.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Переустановити деталь; 2. Точити поверхню 3 однократно до $\varnothing 60,25$ мм; 	<p>Установ 1.</p>  <p>Установ 2.</p>	<p>1. Токарно-гвинтовий верстат 16К20Ф3</p>
	<p>Шліфувальна Установ 1.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установити і зняти деталь; 2. Шліфувати 	<p>Установ 1.</p>	<p>1. Шліфувальний верстат 3М153У</p>

045	<p>поверхню 1 згідно ескізу до розміру $\varnothing 60,061$ мм;</p> <p>3. Шліфувати поверхню 1 згідно ескізу до розміру $\varnothing 60^{(+0,021)}_{(+0,002)}$ мм;</p> <p>4. Шліфувати поверхню 2 згідно ескізу до розміру $\varnothing 80,072$ мм;</p> <p>5. Шліфувати поверхню 2 згідно ескізу до розміру $\varnothing 80^{(+0,032)}_{(+0,002)}$ мм;</p> <p>Установ 2.</p> <p>1. Переустановити деталь;</p> <p>2. Шліфувати поверхню 3 згідно ескізу до розміру $\varnothing 60,061$ мм;</p> <p>Шліфувати поверхню 3 згідно ескізу до розміру $\varnothing 60^{(+0,021)}_{(+0,002)}$ мм;</p>	 <p>Установ 2.</p>	
050	<p>Контрольна</p> <p>1. Контроль поверхні 1 згідно ескізу;</p> <p>2. Контроль поверхні 2 згідно ескізу;</p> <p>3. Контроль поверхні 3 згідно ескізу;</p> <p>4. Шорсткість обробки поверхонь;</p>		<p>1. ШЦ-ІІ ГОСТ 166-89</p> <p>2. МК-75 ДСТУ 6507 - 90</p> <p>3. Зразки шорсткості поверхні ДЕРЖСТАНДАРТ 9378-93</p> <p>4. Пристрій контрольний</p>

2.12 Визначення припусків на механічну обробку для поверхонь 1,3

Припуск — шар матеріалу, що видаляється з поверхні заготовки для досягнення заданих властивостей оброблюваної поверхні деталі. Припуск на обробку поверхонь деталей може бути призначений по довідкових таблицях або

на основі розрахунково-аналітичного методу. Розрахунковою величиною припуску є мінімальний припуск на обробку, достатній для усунення на виконуваному переході погрішностей обробки і дефектів поверхневого шару, отриманих на попередньому переході або операції і компенсації погрішностей, що виникають на виконуваному переході. Мінімальний припуск розраховуємо за формулами [2]

При обробці зовнішніх і внутрішніх поверхонь (двосторонній припуск):

$$2 \cdot Z_{i \min} = 2 \cdot [(Rz + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2}]; \quad (2.2)$$

При обробці поверхонь обертання в центрах:

$$2 \cdot Z_{i \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i); \quad (2.3)$$

При послідовній обробці протилежних поверхонь (однобічний припуск):

$$Z_{i \min} = (Rz + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i; \quad (2.4)$$

При рівнобіжній обробці протилежних поверхонь (двосторонній припуск):

$$2 \cdot Z_{i \min} = 2 \cdot [(Rz + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i]; \quad (2.5)$$

де, Rz_{i-1} — висота нерівностей профілю на попередньому переході; h_{i-1} — глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході (знеуглецьований або вибілений шар); $\Delta_{\Sigma i-1}$ - сумарні відхилення розташування поверхні (відхилення від паралельності, перпендикулярності, співвісності) на попередньому переході; ε_i — погрішність установки заготівлі на виконуваному переході.

Відхилення Δ_{Σ} необхідно враховувати в заготівель (під перший технологічний перехід); після чорнової і напівчистої обробки лезвійним інструментом (під наступний технологічний перехід), після термічної обробки. У зв'язку з закономірним зменшенням величини Δ_{Σ} ; при обробці поверхні за кілька переходів на стадіях чистої й оздоблювальної обробки нею зневажають. На основі розрахунку проміжних припусків визначають граничні розміри заготівлі по всіх технологічних переходах. Проміжні розрахункові розміри встановлюють у порядку, зворотному ході технологічного процесу обробки цієї поверхні, тобто

від розміру готової деталі до розміру заготівлі, шляхом послідовного додатка (для зовнішніх поверхонь) до вихідного розміру готової деталі проміжних припусків або шляхом послідовного вирахування (для внутрішніх поверхонь) від вихідного розміру готової деталі проміжних припусків. Найменші (найбільші) граничні розміри по всіх технологічних переходах визначають шляхом округлення убік збільшення (зменшення) розрахункових розмірів. Округлення роблять до того знака десяткового дробу, з яким даний допуск на розмір для кожного переходу. Найбільші (найменші) граничні розміри визначають шляхом додатка (вирахування) допуску до округленого найменшого (найбільшого) граничному розмірові.

Граничні значення припусків Z_{\max} визначають як різниця найбільших (найменших) граничних розмірів і Z_{\min} як різниця найменших (найбільших) граничних розмірів попереднього і виконуваного (виконуваного і попереднього) переходів.

Загальні припуски $Z_{0\max}$ і $Z_{0\min}$ визначають як суму проміжних припусків на обробку:

$$Z_{0\max} = \sum Z_{i\max}; \quad (2.6)$$

$$Z_{0\min} = \sum Z_{i\min}; \quad (2.7)$$

Правильність розрахунків визначають по рівняннях:

$$Z_{i\max} - Z_{i\min} = T_{i-1} - T_i; \quad (2.8)$$

$$2Z_{i\max} - 2Z_{i\min} = T_{Di-1} - T_{Di}; \quad (2.9)$$

$$Z_{0\max} - Z_{0\min} = T_3 - T_d; \quad (2.10)$$

$$2Z_{0\max} - 2Z_{0\min} = T_{D3} - T_{Dd}; \quad (2.11)$$

де, T_{i-1} , T_{Di-1} — допуски розмірів на попередньому переході; T_i , T_{Di} — допуски розмірів на виконуваному переході; T_3 , T_{D3} — допуски на заготівлю; T_d , T_{Dd} — допуски на деталь.

При необхідності знаходять номінальні розміри. Для зовнішніх поверхонь номінальний розмір заготівлі дорівнює найбільшому розмірові, тобто:

$$a = a_{\max}; \quad (2.12)$$

Визначення товщини покриття для відновлення поверхонь 1, 3 [2].

Величина шару металу що наноситься при відновленні деталі методом напилення:

Діаметр заготовки при попередньому точінні:

$$d_{н.п.} = 60 - 2 \cdot 0.5 = 59 \text{ (мм);} \quad (2.17)$$

Діаметр заготовки після напилення:

$$d_{заг} = 61.35 \text{ (мм);}$$

Визначаємо загальну товщину напиленого шару:

$$H = \frac{d_{заг} - d_{н.п.}}{2} = \frac{61.35 - 59}{2} = \frac{2.35}{2} = 1.175 \text{ (мм);} \quad (2.18)$$

Отже, величина на несеного шару = 1,175 (мм).

Визначення кількості переходів операцій відновлення поверхонь 1, 3

Кількість переходів механічної обробки при підготовці до відновлення залежить від виду поверхні та способу відновлення.

Для точних посадочних поверхонь зношення є порівняно невеликим, тому при використанні попередньої токарної обробки достатньо 1 проходу з глибиною $t = 0,3 \div 0,5$ (мм). Приймаємо $t = 0,5$ (мм).

$$H_{напил.} = 60 - 2 \cdot (0,1 + 0,5) = 58,8 \text{ мм}$$

0.1 мм – припуск на попередню механічну обробку;

0.5 мм – знос поверхні.

Визначаємо розміри заготовки після напилення:

0.05 мм – дефектний шар при напиленні на сторону;

0.2 мм – припуск на механічну обробку на сторону після напилення.

Таким чином діаметр вала після напилення складає:

$$H_{\text{після напил.}} = 60 + 2(0,05 + 0,2) = 60,5 \text{ мм}$$

Загальна товщина напилюємої поверхні складає:

$$H_H = H_{\text{після напил.}} - H_{\text{до напил.}} = 60,5 - 58,8 = 1,7 \text{ мм}$$

На сторону нам треба нанести:

$$H = H_H / 2 = 1,7 / 2 = 0,85 \text{ мм}$$

Кількість проходів:

$$N = H / h = 0,85 / 0,1 = 9 \text{ проходів}$$

2.13 Визначення припусків на механічну обробку для поверхні 2.

Розрахунок припуску на обробку поверхні $D = \varnothing 80k7 \begin{smallmatrix} +0,032 \\ +0,002 \end{smallmatrix}$. Припуски, а також граничні проміжні і вихідні розміри заготовки зручно визначати, заповнюючи таблицю 2.12 [2,7]. Відповідно заданим умовам установлюємо маршрут обробки поверхні $\varnothing 80k7 \begin{smallmatrix} +0,032 \\ +0,002 \end{smallmatrix}$:

- попереднє точіння;
- остаточне точіння;
- попереднє шліфування;
- остаточне шліфування.

Уся зазначена обробка виконується з установкою заготовки в самозакріплюючий механічний патрон.

Таблиця 2.12 – Розрахунок припусків для поверхні 2

Маршрут обробки поверхні діаметром $D=\varnothing 80k7^{(+0,032)}_{(+0,002)}$	Елементи припуску, мкм				Розрахункові величини		Допуск на виконува ні розміри, мкм	Прийняті (округлені) розміри заготовки по переходах, мм		Граничний припуск, мкм	
	R_z	h	Δ_Σ	ε	припу ску Z_i , мкм	мінімаль ного діа метра, мм		найбіль -ші	наймен -ші	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Наплавлення	400	400	163	—	—	81,18	2400	83,58	81,18	—	—
Точіння: попереднє	50	50	9,78	30	963	80,22	460	80,68	80,2	2,883	0,963
остаточне	30	30	—	—	131	80,09	120	80,21	80,09	0,491	0,131
Шліфування: попереднє	10	20	—	—	60	80,03	46	80,07	80,03	0,14	0,06
остаточне	5	15	—	—	30	80,00	30	80,03	80,002	0,04	0,03

Визначення товщини покриття для відновлення поверхні 2. [8]

Величина шару металу що наноситься при відновленні деталі методом наплавлення в середовищі захисних газів визначається за формулою:

$$h=Z+ t; \quad (2.19)$$

Z – припуск на обробку, в мм = 3,58

t – шар металу, що знімається на сторону при попередній механічній обробці, приймаємо - 0,5 (мм);

$$h=3,58 + 1 = 4,58 \text{ (мм);}$$

Отже величина на несеного шару на одну сторону вала = 2,29 (мм).

2.14 Розрахунки режимів механічної обробки [14,15,21]

Операція 010 - розрахунок режиму шліфування поверхні зубчастого вінця[14,15,17,18,21].

Оскільки твердість покриття після наплавлення перевищує HRC 40 то в якості механічної обробки після напилення обираємо абразивну обробку шліфуванням.

Для шліфування обираємо верстат 3М153У. Для обробки зовнішньої поверхні матриці обираємо спосіб шліфування - обкаткою. Кругом ніби обкатують обробляємо поверхню певну кількість разів.

Фізичні параметри круга:

Тип круга – ПП, прямого профілю (плоско-паралельний);

Діаметр круга – $D(d_k) = 600$ (мм).

Висота - $H(B_k) = 63$ (мм).

Тип шліфування – зовнішнє.

Швидкість обертання круга – $V_k = 30 \div 35$ (м/с), обираємо 35 (м/с).

Швидкість обертання заготовки – $V_{дет} = 15 \div 35$ (м/хв), обираємо 35 (м/хв).

Глибина шліфування – $t = 0,005 \div 0,015$ (мм), обираємо 0,005 (мм).

Повздожня подача – $S = (0,2 \div 0,4)B_k$;

$$S = (0,2 \div 0,4)B_k = 0,3 \cdot 63 = 18,9 \text{ (мм)};$$

$$n_k = \frac{1000 \cdot 60 \cdot V_k}{\pi \cdot d_k} = \frac{1000 \cdot 60 \cdot 35}{3.14 \cdot 600} = 1114.64 \text{ (хв}^{-1}\text{)}; \quad (2.20)$$

Приймаємо за паспортними даними верстата 3М163В $n = 1200$ (хв⁻¹)

Визначимо потужність затрачену на шліфування:

Для даних вказаних вище $N_{табл.} = 7,4$ (кВт).

Враховуючи поправочний коефіцієнт $K_n = 0.7$ знайдемо потужність шліфування.

$$N_{риз} = N_{табл.} \cdot K_n = 7.4 \cdot 0.7 = 5.18 \text{ (кВт)};$$

Перевірка приводу станка. У станка 3М153У $N_{ун} = 7.4$ (кВт). Отже обробка можлива.

Визначаємо частоту обертання заготовки. Для діаметрів заготовки $D_3 = 131$ (мм), $n_3=150$ (хв⁻¹). Швидкість руху окружної подачі:

$$V_{\text{окр}} = \frac{\pi \cdot D_3 \cdot n_3}{1000} = \frac{3,14 \cdot 131 \cdot 150}{1000} = 61,7 \text{ (мм/хв)}; \quad (2.21)$$

Визначаємо швидкість руху продольної подачі

$$V_{\text{Спрод}}=7000 \text{ (мм/хв)}.$$

Враховуючи поправочні коефіцієнти

$$V_{\text{Спрод}} = 7000 \cdot K_{\text{Sm1}} \cdot K_{\text{Sm2}}; \quad (2.22)$$

$$V_{\text{Спрод}} = 7000 \cdot 0,83 \cdot 1,0 = 5810 \text{ (мм/хв)};$$

Визначаємо поперечну подачу круга. Для $D_3 = 131$ (мм), $n_3=150$ (хв⁻¹) і B_k до 63 (мм), S_t дв.х.=0,01 (мм/дв.х).

Враховуючи поправочний коефіцієнт

$$S_t \text{ дв.х.} = 0,01 \cdot K_{\text{st1}} \cdot K_{\text{st2}} \cdot K_{\text{st3}} \cdot K_{\text{st4}} \cdot K_{\text{st1}} \cdot K_{\text{ж}} \cdot K_1; \quad (2.23)$$

$$S_t \text{ дв.х.} = 0,01 \cdot 0,91 \cdot 1,1 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,0109;$$

Приймаємо 0,01 (мм/дв.х).

Приклад розрахунку режимів шліфування наведені вище, а результати наведені в таблиці 2.13

Таблиця 2.13 – Режими шліфування

Значення / операції	Операція 010 зубчастий вінець	Операція 045 Поверхні 1 та 2 (попереднє)	Операція 045 Поверхня 1та 2 (остаточне)
Обладнення	3М153У	3М153У	3М153У
Шліф. круг	3П24А16СМ18К	63С40П5ВТ- ЧТ1К6	63С40П5ВТ-ЧТ1К6
Тип круга	ПП	ПП	ПП
Діаметр круга, d_k [мм]	600	600	600
Висота, B_k [мм]	63	63	63
Тип шліфування	зовнішнє	зовнішнє	зовнішнє
Швидк. оберт. круга, V_k [м/с]	35	35	30

Швидк. оберт. заготовки, $V_{\text{дет}} [\text{М/хв}]$	35	35	35
Глибина шліфування, t [мм]	0,005	0,015	0,005
Повздовжня подача, $v_k [\text{хв.}^{-1}]$	1200	1200	1000
Потужність шліфування, $N_{\text{різ}} [\text{кВт}]$	3,08	3,08	3,08
Швидкість окр. подачі, $V_{\text{окр.}} [\text{мм/хв}]$	61,7	пов.1 – 28,26 пов. 2 – 37,68	пов.1 – 22,6 пов. 2 – 30,14
Поперечена подача, $S_{\text{п.п}}$ [мм/дв.х]	0,01	0,01	0,01

Операція 015 - Розрахунок режимів попередньої токарної обробки поверхні 2 [21,22,23].

Вибір верстату: 16К20Ф3

Основні параметри обраного верстата:

Найбільша довжина заготовки : 400 (мм);

Частота обертання шпинделя : 12,5-2000 (об/хв.).

Потужність електродвигуна приводу головного руху 10 (кВт).

Вибір інструменту.

Різець прохідний з пластинкою з твердого сплаву Т5К10.

Геометричні параметри інструментів:

φ – головний кут в плані – 45°;

γ – передній кут – 10°;

λ – кут нахилу головної ріжучої кромки 0°;

r – радіус при вершині різця – 0,5 (мм).

Таблиця 2.14 – Режими токарної обробки

Значення / операції	Операція 015 Пов. 2	Операція 025 Підріз. Торців	Операція 025 Центр. Торців	Операція 025 Пов. 2 (попереднє)
Сплав різця	16К20Ф3	16К20Ф3	16К20Ф3	16К20Ф3
Головний кут в плані, ϕ , [0]	45	45	45	45
Передній кут, γ , [0]	10	10	10	10
Кут нахилу головної ріжучої кромки, λ , [0]	0	0	0	0
Радіус при вершині різця, r , [мм]	0,5	0,5	0,5	0,5
Глибина різання, t , [мм]	0,5	0,3	6	0,5
Подача, s , [мм/об]	0,61	1	0,12	0,61
Швидкість різання, v , [мм/хв]	100	20	41	100
Частота обертання, n_d , [об/хв]	398	106	1088	500
Дійсна швидкість, v_d , [мм/хв]	100	19	27	92
Сила, P_z , [Н]	389		434	-
Потужність верстата, N , [кВт]	0,636		0,135	0,45

Значення / операції	Операція 025 Пов. 3 (попереднє)	Операція 025 Пов. 3 (остаточне)	Операція 040 Пов. 1 (попереднє)
Сплав різця	16К20Ф3	16К20Ф3	16К20Ф3
Головний кут в плані, φ , [0]	45	45	45
Передній кут, γ , [0]	10	10	10
Кут нахилу головної ріжучої кромки, λ , [0]	0	0	0
Радіус при вершині різця, r , [мм]	0,5	0,5	0,5
Глибина різання, t , [мм]	1	1,13	1,23
Подача, s , [мм/об]	0,61	0,61	0,61
Швидкість різання, v , [мм/хв]	90	88	87
Частота обертання, n_d , [об/хв]	315	315	500
Дійсна швидкість, v_d , [мм/хв]	79	79	94
Сила, P_z , [Н]	796	796	775
Потужність верстата, N , [кВт]	1,028	1,028	1,19

Операція 030 - розрахунок режимів фрезерування поверхні 2 після механічної обробки [14]:

Вибір верстату.

Обираємо тип верстата – вертикально-фрезерний верстат ;

Отже обираємо верстат: 6Т104.

Основні параметри обраного верстата:

Найбільша довжина шпонкового паза: 600 (мм);

Частота обертання шпинделя робоча : 250-3150 (об/хв.).

Потужність електродвигуна приводу головного руху: 2,2 (кВт).

Вибір інструменту.

Шпонкова двозуба фреза з циліндричним хвостовиком призначена для фрезерування шпонкових пазів за ГОСТ 9140-78;

Матеріал фрези Р6М5;

В якості мастильно-охолоджувальної рідини використовувати 5% -ий розчин емульсора чи масло індустріальне И-20А по ГОСТ 20799-88.

За паспортом верстата, приймаємо частоту обертання $n=250$ об/хв.

Дійсна швидкість різання складає:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 25 \cdot 250}{1000} = 19 \text{ (м / хв)}; \quad (2.24)$$

Знайдемо потужність різання:

Для $S_z = 0,07$ (мм/зуб) за паспортом $N_{\text{табл}} = 1,4$ (кВт).

Перевіримо виконання умови $N_{\text{верст.}} > N_{\text{різ.}}$. $N_{\text{верст.}} = 2,2$ (кВт) – за паспортом.
 $2,2$ (кВт) $>$ $1,4$ (кВт) – умова виконується, верстат не перевантажується.

2.15 Режими наплавлення

Розрахуємо режими наплавлення поверхні 2 [4,8,9].

Основними параметрами процесу є: напруга U , В; сила струму I , А; швидкість подачі електродного дроту V_n , м/год; частота обертання деталі n , хв

¹; крок наплавки S , мм; виліт електрода H , мм; швидкість наплавлення V_H , м/год.

Операція 020 – обраховуємо показники режимів [2]:

- діаметр електродного дроту: $d_e = 2,5$ (мм);
- величину струму наплавлення:

$$I_H = 40 \cdot \sqrt[3]{D_D} = 40 \cdot \sqrt[3]{79} = 172 \text{ (A)}; \quad (2.25)$$

де, $D_D = 79$ (мм) – діаметр поверхні, яку наплавляють.

- напругу:

$$U = 21 + 0,004 \cdot I_H = 21 + 0,004 \cdot 172 = 21,68 \text{ (В)}; \quad (2.26)$$

Приймаємо $U = 22$ (В);

- коефіцієнт наплавлення:

$$\alpha_H = 2,3 + 0,065 \frac{I_H}{d} = 2,3 + 0,065 \frac{172}{3,6} = 5,406 \text{ (} \frac{\text{г}}{\text{А} \cdot \text{год}} \text{)}; \quad (2.27)$$

- швидкість подачі електродного дроту:

$$v_e = \frac{4 \cdot \alpha_p \cdot I_H}{\pi \cdot d_e^2 \cdot \gamma_e} = \frac{4 \cdot 9,66 \cdot 172}{3,14 \cdot 2,5^2 \cdot 7,8} = 43,4 \text{ (} \frac{\text{м}}{\text{год}} \text{)}; \quad (2.28)$$

Приймаємо: $v_e = 43$ (м/год),

де, γ_e - питома маса електродного дроту, ($\text{г}/\text{см}^3$) - (для дроту із суцільним перерізом $\gamma_e = 7,8$ ($\text{г}/\text{см}^3$)),

α_p - коефіцієнт розплавлення дроту:

$$\alpha_p = \frac{\alpha_H}{\eta} = \frac{8,702}{0,9} = 9,66 \text{ (} \frac{\text{г}}{\text{А} \cdot \text{год}} \text{)}; \quad (2.29)$$

η - коефіцієнт врахування втрат металу на випалювання і розбрикування (для наплавлення в середовищі вуглекислого газу $\eta = 0,88 - 0,92$, приймаємо $\eta = 0,90$);

- виліт електродного дроту

$$H = (6 - 10) \cdot d_e = 6 \cdot d_e = 20 \text{ (мм)}; \quad (2.30)$$

- зміщення електроду від зеніту

$$a = (0,05 - 0,1) \cdot D_D = 0,1 \cdot 80 = 8 \text{ (мм)}; \quad (2.31)$$

- товщина наплавленого шару:

$$h_H = 3,58 + 2 \cdot 0,5 = 4,58 \text{ (мм)}; \quad (2.53)$$

– швидкість наплавлення

$$v_H = \frac{\pi \cdot d_e^2 \cdot v_e}{4 \cdot S_H \cdot h_H} \cdot \eta = \frac{3,14 \cdot 2,5^2 \cdot 43}{4 \cdot 7,2 \cdot 3,3} \cdot 0,9 = 8,907 \text{ (м/год)}; \quad (2.32)$$

– частоту обертання деталі

$$n = 5,31 \cdot \frac{8,907}{80} = 0,591 \text{ (хв}^{-1}\text{)}; \quad (2.33)$$

Приймаємо: $n = 1 \text{ (хв}^{-1}\text{)}$

Визначаємо кількість проходів:

$$\varepsilon_{\text{перех.при наплав.}} = \frac{h}{h_1};$$

h_1 – це величина шару металу що наноситься за 1 прохід відновлення = 2...3мм.

$$\varepsilon_{\text{перех.при наплав.}} = \frac{(4,58/2)}{2,5} = 1 \text{ прохід};$$

2.16 Матеріали для наплавлення та напилення

Вибір матеріалу для напилення

Для напилення вала візьмемо порошок ПГ-12Н-03, що використовується при газодинамічному напиленні напиленні і відновленні пар тертя метал – метал, виробів з простих та легованих сталей та чавунів (зносостійких при стиранні та ерозії в корозійних середовищах, допустима робоча температура яких до 800° С, що обробляються фрезеруванням).

Покриття з порошку ПГ-12Н-03 мають високу зносостійкість. Його твердість регулюється вмістом C, B, Cr, Fe, Si в межах 55–62 HRC.

Таблиця 2.15-Хімічний склад порошку типу ПГ-12Н-03

C	Fe	B	Si	Cr	Ni
---	----	---	----	----	----

0,5–1,5%	3,5–5%	2,5–4,5%	3,5–5,5%	12–18%	основа
----------	--------	----------	----------	--------	--------

Даний порошок напилюється товщиною 0,2 мм на оброблену поверхню. Використовується як зносостійке покриття для деталей типу „вал”. Володіє високою стійкістю як в лужних, так і в окислюючих середовищах. Покриття з даного порошку має твердість HRC 57.

Вибір обладнання та матеріалів для наплавлення

Для відновлення деталей наплавленням під шаром флюсу та в захисних газах найбільш широко використовується спеціальна установка УД-209М. Наплавлення виконується методом гвинтового або прямолінійного накладення зварювальних швів на відновлювану поверхню деталі. На установці можливе наплавлення деталей діаметром від 25 до 360 мм і довжиною від 100 до 800 мм. В якості електродного матеріалу використовують суцільний дріт, або порошковий дріт діаметром 1.2 - 3.2 мм.

Наплавочна установка забезпечує фіксацію деталі, що відновлюється, її обертальний рух, подачу електродного дроту у зону горіння дуги, поступальний рух електродного дроту вдовж осі обертання деталі та при необхідності коливальний рух електродного дроту.

Для наплавлення валу із сталі 40Х потрібно обрати дріт з достатнім вмістом легуючих елементів. Тому для відновлення цієї деталі обираємо порошковий дріт ПП-Ан132 по ГОСТ 26101-84 діаметром 3,6 мм та флюс Ан – 20, що використовується для наплавлення валів, осів та штампів. Забезпечує твердість 47 - 56 HRC

Таблиця 2.16-Хімічний склад порошкового дроту ПП-Ан132

C	Cr	W	Mo	V	Si
0,3 %	3,8 – 4,2 %	1,7 – 2,5 %	1,7 – 2,5 %	0,1 – 1,1 %	0,7 – 1,1 %

2.17 Розрахунок норм часу

Норми часу обраховані за розрахунково-аналітичним методом [14,15,21].

Результати зведемо у таблицю 2.17.

Таблиця 2.17 – Нормування операцій

Номер і назва операції	T_o	$T_{доп}$	$T_{оп}$	$T_{обс}+T_{відп}$	$T_{п-з}$	$T_{штг}$	$T_{штг-к}$
005 Мийна	3,6	0,7	2,33	0,14	12	4,45	5,11
010 Шліфувальна	1,937	0,775	2,712	0,163	10,5	2,875	3,41
015 Токарна	0,916	0,367	1,28	0,074	7	1,354	1,704
020 Наплавлення	12,3	0,83	2,654	0,26	18	12,74	13,78
025 Токарна	5,236	2,094	7,33	0,44	7	7,77	8,12
030 Фрезерна	0,846	0,338	1,184	0,071	15	1,255	1,605
035 Напилення	0,115	0,046	0,161	0,00966	17	0,171	1,021
040 Токарна	0,066	0,026	0,092	0,0055	7	0,097	0,447
045 Шліфувальна	2,76	1,104	3,864	0,232	10,5	4,096	4,621
050 Контрольна	3.2	1.4	4.6	0.3	2	4.81	4,911

За трудозатратами розрахунковий час роботи обладнання і приймаємо

Таблиця 2.18 – Кількість обладнання

№ оп-ції	Назва операції	C_p	$C_{пр}$
005	Мийна	1,24	2
010	Шліфувальна	0,54	1
015	Токарна	0,53	1
020	Наплавлення	0,97	1
025	Токарна	0,51	1
030	Фрезерна	0,83	1
035	Напилювальна	1,61	2
040	Токарна	0,51	1
045	Шліфувальна	4,31	4
050	Контрольна	0,47	1
Σ		11,52	15

кількість обладнання (таблиця 2.18).

Визначимо коефіцієнт завантаження обладнання для кожної операції технологічного процесу, а також середній коефіцієнт завантаження дільниці, результати зведені в таблиці 2.19

Таблиця 2.19 – Коефіцієнт завантаження

№ оп-ції	Назва операції	Групова форма		За основним часом	
		$\eta_{з пр}$	$\eta_{з ср пр}$	$\eta_{з о}$	$\eta_{з ср о}$
005	Мийна	1,24	0,62033	0,323	0,2924
010, 045	Шліфувальна	0,838333		0,621	
015, 025, 040	Токарна	1,05		0,186	
020	Наплавлення	0,97		0,294	
030	Фрезерна	0,805		0,457	
035	Напилення	0,83			
050	Контрольна	0,47			0,749

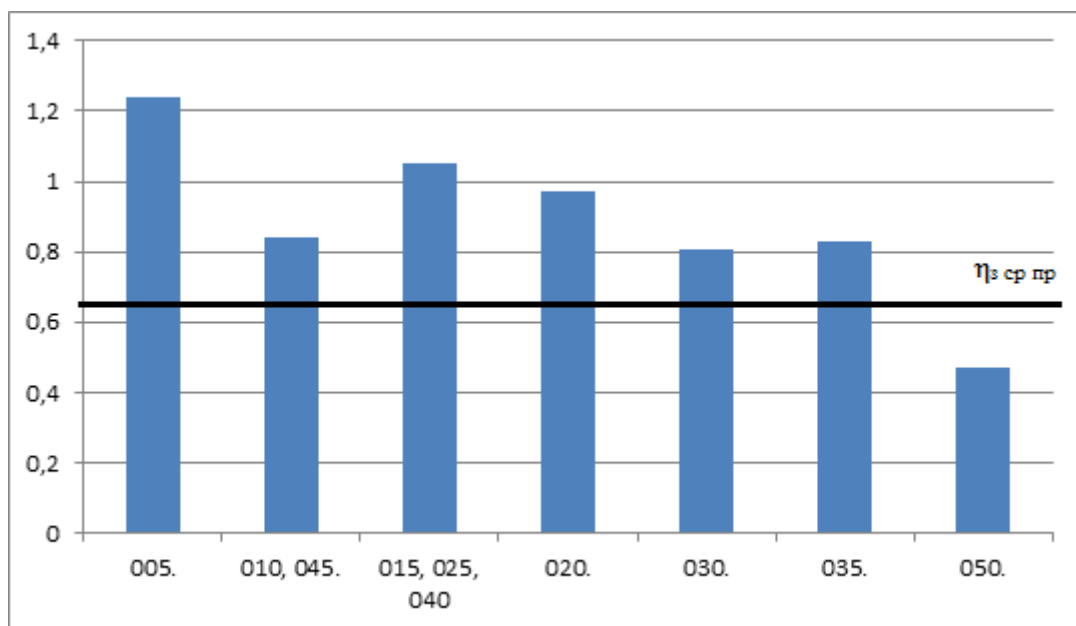


Рисунок 2.6 – Діаграма коефіцієнтів завантаження обладнання

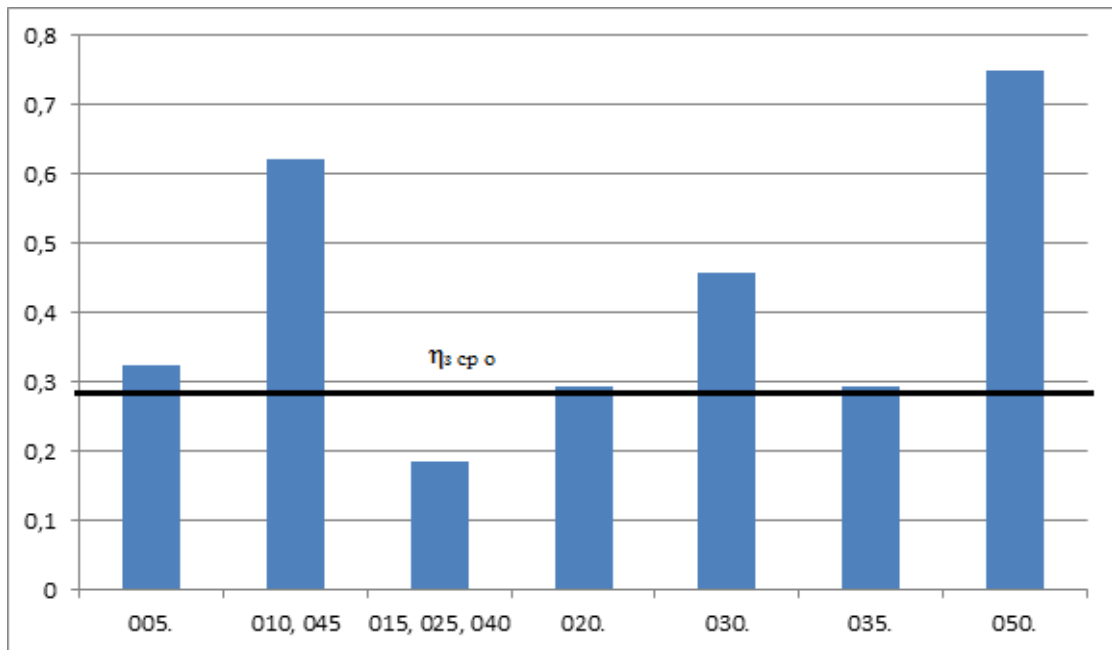


Рисунок 2.7 – Використання обладнання за основним часом

2.18 Розрахунок кількості працюючих

До складу працюючих цеху (дільниці) входять:

- 1) основні та допоміжні робітники; 2) інженерно-технічні робітники (ІТР); 3) службово-конторські робітники; 4) молодший обслуговуючий персонал (МОП).

До основних відносяться робітники, які безпосередньо виконують технологічні операції по виготовленню продукції.

Розрахована кількість робітників для всіх операцій наведена в таблиці 2.20.

Таблиця 2.20 – Дані для розрахунку кількості працюючих на дільниці

№ операції	Назва операції	$N_{пр}$ (приведена програма випуску), шт	Тшт-к, хв	$K_б$	Φ_p , год	$S_{під-ва}$, м ²
005	Мийна	15032	5,11	1	1860	500
010	Шліфувальна		3,41			
015	Токарна		1,704			

020	Наплавлення	13,78			
025	Токарна	8,12			
030	Фрезерна	1,605			
035	Напилення	1,021			
040	Токарна	0,447			
045	Шліфувальна	4,621			
050	Контрольна	4,911			

Таблиця 2.21 – Кількість робітників

Основні			Допоміжні		ІТР		СКП		МОП	
№ оп-ції	Р	Р _{пр}	Р	Р _{пр}	Р	Р _{пр}	Р	Р _{пр}	Р	Р _{пр}
005	2,70	3,00	10,75	11,00	8,60	9,00	0,65	1,00	0,91	1,00
010	1,18	2,00								
015	1,15	2,00								
020	1,97	2,00								
025	1,11	2,00								
030	3,51	4,00								
035	1,80	2,00								
040	1,15	2,00								
045	10,97	11,00								
050	1,03	2,00								
Σ		32,0								

Для розрахунку кількості допоміжних, інженерно-технічних, службово-контрорського та молодшого обслуговуючого персоналу використовують наступні залежності*:

- кількість допоміжних робітників становить 20...25% від основних;
- кількість інженерно-технічних робітників в дрібному виробництві становить 18...24% від основних;

- чисельність службовців складає 0,9-1,9% від чисельності основних;
- молодший обслуговуючий персонал призначається виходячи з нормативу 1 робітник на 500...600 м² площі.

*Дані залежності відповідають середньосерійного типу виробництва.

Розподіл робітників по професіям і змінам наведений в таблиці 2.22.

Таблиця 2.22 – Розподіл робітників за професіями і змінами

Працюючі (категорія)	Загальна кількість	Розподіл по професіям	Розподіл по змінам
Основні робітники	28	Токарі – 5	3 (I зміна); 2 (II зміна)
		Наплавлювальник – 3	2 (I зміна); 1 (II зміна)
		Напилувальники - 4	2 (I зміна); 2 (II зміна)
		Мийники – 4	2 (I зміна); 2 (II зміна)
		Шліфувальники– 8	4 (I зміна); 4 (II зміна)
		Фрезерувальники - 4	2 (I зміна); 2 (II зміна)
Допоміжні працівники	8	Контролери – 4	2 (I зміна); 2 (II зміна)
		Наладчик – 4	2 (I зміна); 2 (II зміна)
Інженерно-технічні Робітники (ІТР)	8	Технологи – 5	3 (I зміна); 2 (II зміна)
		Майстри – 3	2 (I зміна); 1 (II зміна)
Службовці (СКП)	1	Бухгалтер – 1	1 (I зміна)
Молодший обслуговуючий персонал	1	Прибиральник – 1	1 (I зміна)
Загальна кількість	46		

2.19 Розрахунок виробничої площі ділянки відновлення

Розподіл обладнання на ділянці по типорозмірах: з максимальним габаритним розміром в плані до 1800 мм (мале), до 4000 мм (середнє), до 8000 мм (велике).

Таблиця 2.23 – Площа, необхідна під обладнання

№	Назва	Д	Ш	В	S _{пит} , м ²	К-сть обладнання	S _{обл} , м ²
---	-------	---	---	---	-----------------------------------	------------------	-----------------------------------

1.	Токарний верстат 16К20Ф3	3250	1700	2145	15	1	15
2.	Вертикально - фрезерний верстат 6Т104	1250	1205	1630	10	1	10
3.	Струминова камерна машина ОМ-4610	7200	5900	1500	30	2	60
4.	Генератор високої частоти ВЧГ-3- 160/0,066	3200	1550	2100	15	2	30
5.	Установка УД-209М	1750	1300	1935	15	1	30
6.	Установка ЧПК	3240	1570	2066	15	2	30
7.	Шліфувальний верстат 3М153У	2700	2540	1950	10	1	10
8.	Стіл контрольний	2000	3000	800	6	1	6
	Σ					11	311

2.23 Контроль та дослідження якості відновленої поверхні [9]

Контроль механічної обробки.

Контроль виконання механічної обробки операції полягає у контролі точності поверхні після точіння, шліфування і т.д., а також у контролі шорсткості поверхні деталі. Контроль точності поверхні здійснюється вимірюванням розмірів деталі універсальними вимірювальними інструментами. Так вимірювання усіх поверхонь проводиться мікрометром МК75-1, ДСТУ 6507 - 90.

Контроль шорсткості поверхні може здійснюватись:

1) Порівнянням поверхні виробу з робочими зразками шорсткості, які мають стандартизовані значення R_a [Зразки шорсткості поверхні. ДЕРЖСТАНДАРТ 9378-93] і виготовляються для конкретних способів обробки; замість зразків шорсткості можуть бути застосовані атестовані зразкові деталі;

2) вимірювання параметрів шорсткості з допомогою щупових або оптичних приборів. Числові значення параметрів шорсткості визначаються або безпосередньо по шкалі приборів (профілометрів), або по збільшеному зображенню профілю або записаній профілографі перерізу (на профілографах).

Контроль нанесеного покриття.

Контроль якості нанесеного шару відбувається методом спостереження під мікроскопом при бічному освітленні або спостереженням у темному полі.

Для визначення товщини проводять еліпсометрію.

Брак покриття утворюється при порушенні технології на будь – якій стадії технологічного процесу: підготовки деталі, наплавленні, механічної обробки. Іноді брак покриття зумовлений зіпсованістю апаратури.

Види браку, що виникають при порушенні технології.

Багаточисельними дослідженнями встановлено, що поверхня покриття в процесі росту копіює поверхню основи і росте по нормалі до неї. Ризики, що були на поверхні основи, добре проявляються в мікроструктурі наплавленого шару. Неоднорідність в структурі наплавленого шару може виникнути в результаті порушення технології наплавлення. Так, при очищенні поверхні основи в результаті недотримання режиму іонного бомбардування на її поверхні можуть виникнути ямки травлення, які зберігаються в напиленому шарі .

Якщо в результаті хімічного очищення або іонного бомбардування поверхневий шар основи не до кінця очищений від окисневої плівки, то на її поверхні будуть знаходитись ділянки з різним фазовим складом і різною структурою. Такий стан поверхневого шару призведе до неоднорідного протікання кристалізації при формуванні наплавленого шару, а звідси і до неоднорідного за розміром зерна.

Основним способом усунення вище перерахованих дефектів є дотримання технології нанесення зносостійкого покриття.

Ультразвуковий контроль. Для якісного проведення контролю якості зварного шва обираємо ультразвуковий метод [9]. Ультразвуковий метод має наступні переваги:

- висока чуттєвість ультразвукових хвиль дозволяє відносно швидко виявити дефекти, їх розміри та місце розташування в зварному з'єднанні;
- велика проникаюча здатність ультразвукових хвиль;

- економічність контролю.

Недоліком є складна розшифровка дефектів.

Для визначення механічної міцності зварних швів виконують випробування їх на зразках, які вирізають із самого виробу чи спеціально підготовлених тими же зварювальниками в тих же умовах, що і виріб, який проходить випробування.

Зразок вирізають так, щоб зварний шов знаходився в середині його. Зі шва знімають його посилення. Зразок підготовлюють для випробування на розрив, згин і в деяких випадках на ударну в'язкість.

Випробування на розрив проводять на спеціальній розривній машині та по величині зусилля, при якому відбувся розрив, судять про якість зварювання. Випробування на згин проводять для визначення в'язкості металу шва. Для цього зразок згинають в тисках чи під пресом до появи першої тріщини. По величині кута згину судять о якості шва. При дуже в'язкому шві зразок згинають на 180° , не допускаючи тріщини.

Після проведення процесу відновлення деталі необхідно провести контроль і зубів вал - шестерні. Контроль зубів, зокрема ніжки зуба, дасть нам змогу зрозуміти чи правильно було побудовано технологічний процес відновлення, чи було дотримано всіх вказівок та операцій, чи не відбувся перегрів зубів (при відновленні поверхонь, що спрацювались) та, як наслідок, чи не з'явилися мікротріщини та жолоблення поверхонь. Модель вал-шестерні зображена на рисунку 2.8, де і показана сама ніжка зуба та її розміщення.

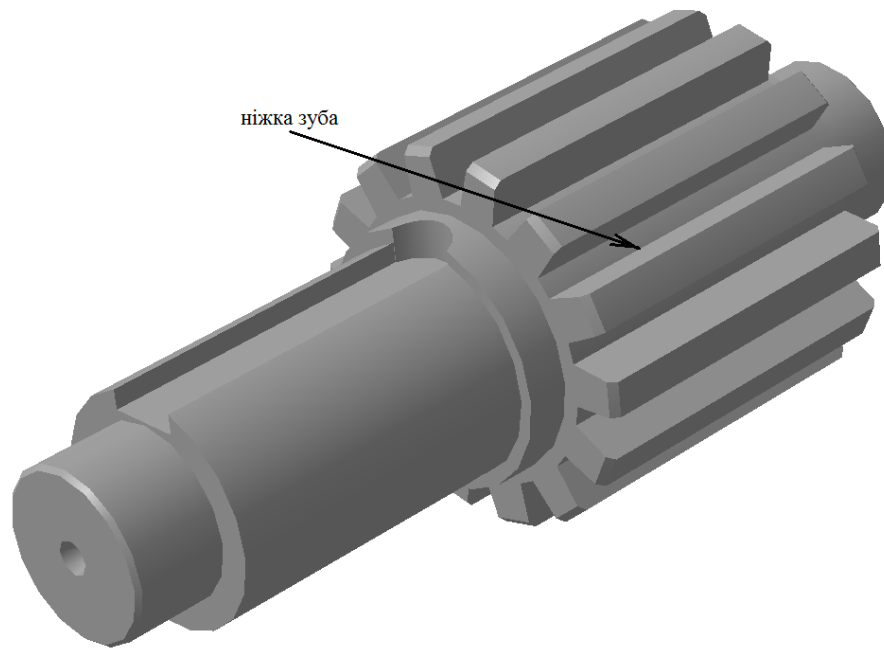


Рисунок 2.8 - 3D модель вал – шестерні

Для контролю якості поверхні ніжки зуба доцільно використовувати люмінесцентний метод контролю якості поверхні.

Люмінесцентний метод. Метод контролю поділяється на три типи:

- Сорбційний;
- Дифузійний;
- Без проявлення;

I. Сорбційний люмінесцентний метод - найстаріший та найбільш розповсюджений (але не найбільш ефективний). Базується на тому, що на деталь, очищену від залишків індикаторної рідини і слідів очищувача, наносять сорбент у вигляді порошку ("сухий" спосіб) або у вигляді суспензії порошкоподібного сорбенту в рідині ("мокрый" спосіб). Сорбент витримують на поверхні, що контролюють, певний час для видалення слідів індикаторної рідини, що залишився у дефектах (в даному випадку - у мікротріщинах), Час прояву для випадку з сухим сорбентом відраховують від моменту нанесення, а для мокрого сорбенту - від моменту випаровування дисперсного середовища.

Потім поверхню, що контролюють, оглядають при опроміненні ультрафіолетовим світлом. Люмінесценція індикаторного розчину, поглинутого сорбентом, дає чітку і контрастну картину розміщення та

наявності дефектів. Сорбційний варіант методу підвищує якість контролю не тільки за рахунок випромінення світла дефектною поверхнею, але і за рахунок штучного “розширення” гирла дефекту в результаті скупчення маси частин сорбенту. Це призводить до утворення люмінесцентної індикаторної смуги значно більшої ширини, ніж справжня ширина дефекту і поверхні.

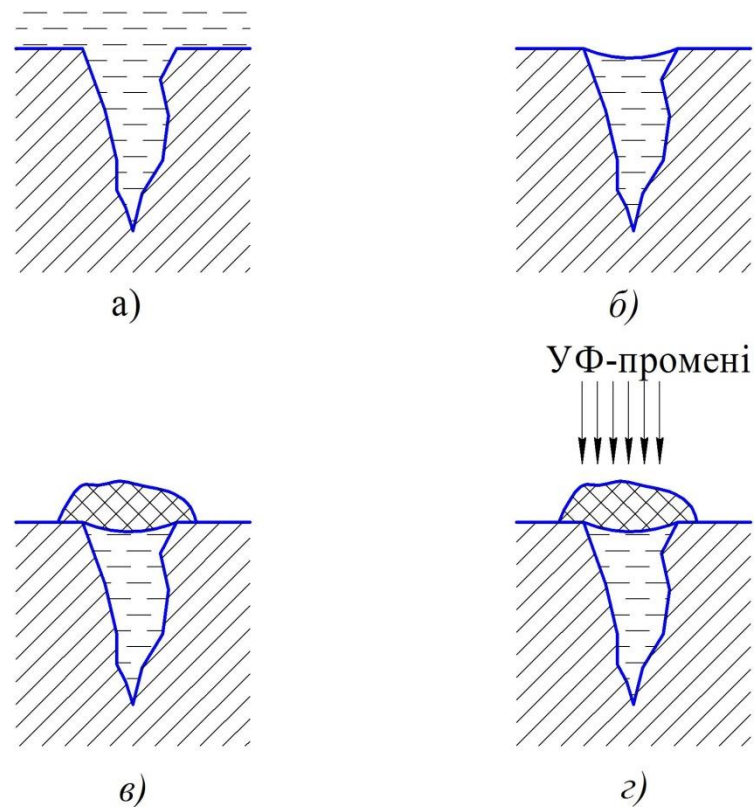


Рисунок 2.9 – Сорбційний люмінесцентний метод

(а – нанесення рідини; б – зняття рідини; в – нанесення сорбенту; г – освітлення УФ - променями)

II. Дифузійний спосіб проявлення використовує дифузію люмінесцентного розчину в шар спеціального лакового покриття, що немає власної люмінесценції. Цей метод люмінесцентної дефектоскопії забезпечує найбільшу чутливість до найменших дефектів.

III. Люмінесцентний метод без проявлення може бути в двох варіантах:

- безпорошковий;
- самопроявний;

Безпорошковий варіант базується на зануренні деталі в розчин люмінофора в летючому розчинникові. Якщо в деталі є дефекти, то разом в

розчинником в них внесеться люмінофор. Після видалення деталі із індикаторної рідини, розчинник легко випаровується, а люмінофор в вигляді скупчень кристалів залишається на кромках дефектів. При опроміненні ультрафіолетовим світлом, скупчення кристалів яскраво світяться, показуючи де дефекти. Щоб усунути люмінесценцію всієї поверхні, що мішає контролю, її обробляють спеціальним розчином інгібітору, що гасить люмінесценцію на поверхні, але фактично не чіпає люмінофор в капілярних порожнинах дефектів.

Самопроявний варіант полягає в тому, що після просочення і очищення деталей нагрівають, замінюючи проявлення. Спеціальна індикаторна речовина при нагріванні виходить із порожнин дефектів, твердне і утворює індикаторну смугу, що люмінесцює під дією ультрафіолетового випромінення.

3 Конструкторська частина

3.1 Розробка конструктивної схеми установки та вибір комплектуючого обладнання [2,3].

Процес напилення газодинамічним розпилювальним пристроєм вимагає певних умов безпеки. Це пов'язано з тим, що не всі частинки порошку закріплюється на поверхні деталі, деякі відбиваються від неї і потрапляють в навколишнє середовище і відповідно можуть потрапити у дихальні шляхи обслуговуючого персоналу. Крім того, відновлення в ручному режимі з використанням робітників не може забезпечити стабільної якості нанесеного покриття. Спроекуємо [5,6] таку установку з числовим програмним керуванням використовуючи комплектуючі вузли фірми FESTO - світового лідера у галузі автоматизації та механізації виробничих процесів.

Для прикладу проектування автоматизованого комплексу для відновлення деталей розглянемо процес відновлення конкретної деталі. Розглянемо деталь вал-шестерню рисунок 3.1.

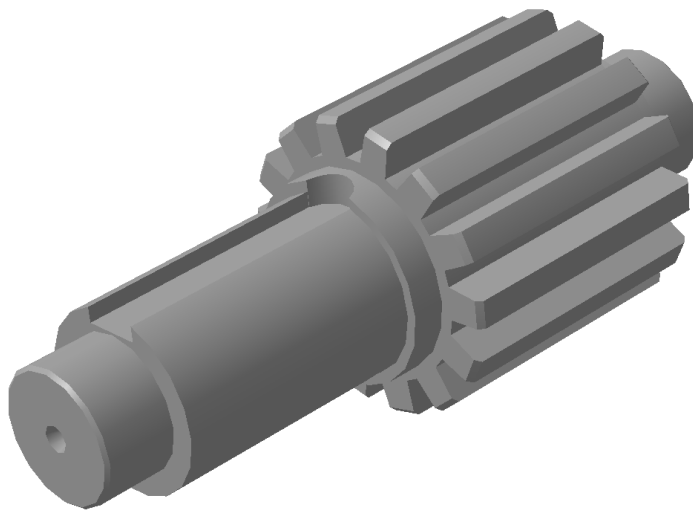


Рисунок 3.1 – 3D модель вал – шестерні

Вихідними даними для проектування установки з числовим програмним керуванням є режимі відновлення це швидкість обертання деталі в процесі

відновлення, та швидкість переміщення розпилювального пристрою вздовж ділянок які підлягають напиленню.

Ділянки які підлягають напиленню потрібно підготувати враховують наступні вимоги:

1) підготовлена поверхня повинна мати кімнатну температуру; якщо температура виробу нижче 0°C, перед операцією підготовки її підігривають до кімнатної температури, тому що конденсаційний шар вологи значно знижує міцність зчеплення покриття з основним матеріалом;

2) розміри зони спеціальної обробки повинні бути на 5-20 мм більше зони напилювання;

3) не слід застосовувати мастильно-охолоджуючих рідин;

4) необхідно обережати підготовлену поверхню від зіткнення з оливами, жирами, водою й ін.; не дотикатися руками; при обробці і нанесенні покриття використовувати чистий знежирений інструмент або рукавиці;

5) при необхідності транспортування підготовлений виріб варто упаковувати в папір, спеціальну тару й ін.

Першим етапом підготовки поверхні деталі є виправлення її геометричної форми, тобто усунення конусності, нециліндричності, неспіввісності та ін. Це здійснюється шляхом шліфування зношеної поверхні.

Другим етапом підготовки поверхні буде її активація та надання певної шорсткості поверхні під напилення. Це можна здійснити застосувавши абразивно-пневматичну обробку поверхні вала. Як абразив може бути використаний будь який, що випускається промисловістю наприклад корунд.

Обробку здійснюємо розробленим нами термодинамічним розпилювальним пристроєм. Режим обробки відрізняється від напилення тим що обробка проводиться при вимкненому нагрівачі. Тобто повітрям кімнатної температури, а замість напилювального порошку використовуємо корунд, оксид алюмінію К-00-04-16

Кут атаки струменя абразиву (кут між віссю струменя абразиву і площиною очищення) може коливатися від 45 до 90°. Для очищення поверхні

м'яких матеріалів рекомендуються менші значення кута, а для більш твердих - великі. Прийmemo кут атаки струменя 90° .

Оптимальна відстань від сопла до оброблюваної поверхні 15-25 мм. Більші значення рекомендуються для м'яких поверхонь, менші - для більш твердих. Прийmemo відстань від сопла до деталі 18 мм.

Тиск повітря коливається в межах 0,4-0,6 МПа. Прийmemo 0,5 МПа.

Після абразивно-пневматичної обробки рекомендується обдуть поверхню стиснутим повітрям, для видалення залишків абразиву з поверхні та провести напилення не більше як через 2-3 години для запобігання забруднення поверхні.

Наступним етапом є нанесення покриття

Газодинамічний спосіб нанесення покриттів полягає у формуванні на поверхні деталі (виробу, конструкції) шару з часток порошку, що мають визначений запас теплової і кінетичної енергії, отриманої в результаті взаємодії зі струменем нагрітого повітря. Температура повітря досягає $300-400^\circ\text{C}$.

Процес газодинамічного нанесення покриттів здійснюють у такий спосіб. Металізатор закріплюють в установці з числовим програмним керуванням для напилювання і встановлюють на заданій відстані від деталі 15-25 мм від краю напилюваної поверхні.

Установка з ЧПК для напилювання повинна забезпечувати плавне переміщення напилювального матеріалу щодо поверхні виробу для отримання рівномірної товщини покриття. Вісь сопла термодинамічного розпилювача повинна бути спрямована до напилюваної поверхні під кутом $60-90^\circ$, у стиснутих умовах – не менше 45° .

Установку для газодинамічного напилювання готують до включення у такому порядку. Повітряний струмінь повинен бути стійким, без пульсацій. За допомогою регуляторів витрати газу, порошку, й інших пристроїв регулюють витрату порошку і транспортуючого газу для забезпечення рівномірної подачі напилюваного порошку по вісі струменя. Після цього вмикають обертання деталі та переміщення термодинамічного розпилювального пристрою вздовж

деталі та наносять покриття. Необхідну товщину покриття одержують багаторазовим повторенням циклів напилювання, з перекриттям смуг напилювання на одну третину діаметра плями напилювання.

Після закінчення процесу нанесення покриття виріб знімають із пристосування, не допускаючи ушкодження покриття. Екрани-маски й інші захисні пристосування знімають після охолодження виробу з покриттям до кімнатної температури так, щоб не пошкодити покриття.

Для нанесення покриття на поверхню вал шестерні доцільно використовувати порошок С-01-11 виробництва фірми “Дімет”. Основою для порошку є мідь, цинк та корунд.

Порошок використовують для відновлення та заповнення каверн, тріщин та інших дефектів в сталевих, чавунних, бронзових і латунних деталях.

Відновлення посадкових місць підшипників в сталевих і чавунних деталях.

Для вибору комплектуючих установки з ЧПК необхідно знати з якою швидкістю повинна обертатись деталь та з якою швидкістю повинен переміщуватись розпилювальний пристрій вздовж деталі

Розробимо конструктивну схему установки. З'ясуємо з яких основних компонентів має складатися установка для автоматизованого відновлення деталі (рисунок 3.2)

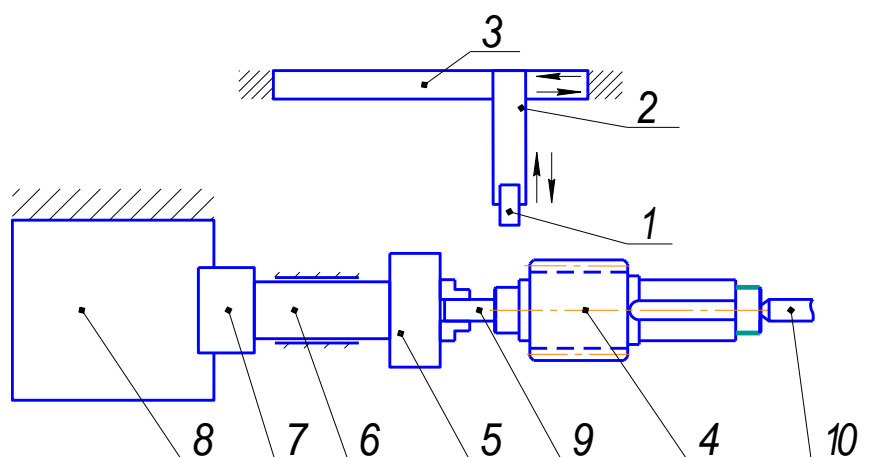


Рисунок 3.2 – Конструктивна схема установки відновлення

Основними елементами конструктивної схеми розпилюючий пристрій 1, закріплений на консольному електромеханічному приводі 2, що забезпечує можливість автоматизовано вибирати та при необхідності змінювати відстань між деталлю та розпилюючим пристроєм. Електромеханічний привод 2 закріплено на каретці портального приводу 3, що забезпечує можливість переміщення розпилюючого пристрою вздовж деталі 4. Відновлювана деталь 4 закріплюється у рифленому центрі 9, який закріплений у патроні 5 та з іншої сторони підтримується пневмоцентром 10. Патрон 5 закріплено у шпинделі 6 встановленим на підшипниках. Шпиндель 6 через муфту 7 з'єднано з електромотором 8 закріпленим на рамі установки.

Процес відновлення проводиться за двома установками.

Враховуючи те, що деталь вал-шестерня має круглу форму, то доцільно для закріплення використовувати патрон самозакріплюючий механічний та центр 1-5-Н ДСТУ 8742:2005.

Патрон 2 механічний встановимо на валу шпинделя обертача (рисунок 3.3).

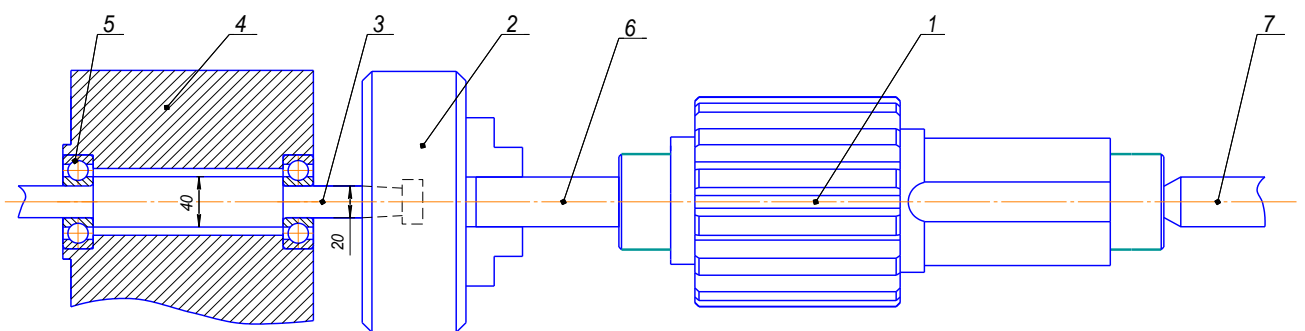


Рисунок 3.3 - Схема обертача

- 1– вал-шестерня; 2 – патрон; 3 – вал шпинделя; 4 – корпус шпинделя;
5 – підшипники шпинделя; 6 – рифлений центр; 7 – пневмоцентр;

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

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

Для визначення масоцентровочних характеристик розробимо 3D моделі усіх деталей що обертаються (рисунок 3.4)

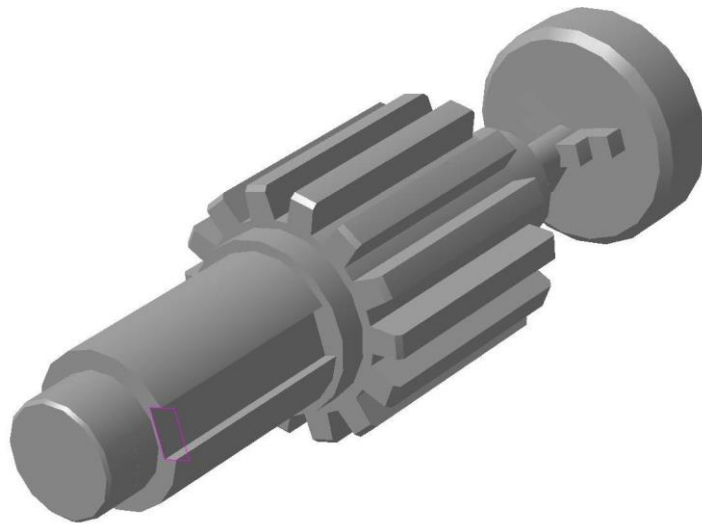


Рисунок 3.4– 3D модель усіх деталей, що обертаються в процесі відновлення

Розрахунок маси та моментів інерції проведемо засобами САПР Solid

Works:

Матеріал	Сталь
Густина	$\rho = 0.007820 \text{ кг/см}^3$
Маса	$M = 17.943614 \text{ кг}$

В глобальній системі координат:

Осьові моменти інерції	$J_x = 1313.083063 \text{ кг}\cdot\text{см}^2$
	$J_y = 1310.752398 \text{ кг}\cdot\text{см}^2$
	$J_z = 252.537308 \text{ кг}\cdot\text{см}^2$

Для розрахунку та вибору приводу обертання необхідно знати осьові моменти інерції в глобальній системі координат відносно тієї осі навколо якої відбувається обертання деталей $J_z = 252.537308 \text{ кг}\cdot\text{см}^2$ За цим показником

оберемо керований від комп'ютера електродвигун який зможе обертати вал шестерню з необхідною розрахованою швидкістю.

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 $J_z = 252.537308$ кг·см²) 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 4 об/хв приймаємо – 10 що дасть змогу одробляти більшу номенклатуру деталей. Час розгону приймаємо 1 с. Тип приводу - сервопривід змінного струму. Включно з вбудованими гальмами та варіантами з вбудованим редуктором. Монтажне розташування горизонтальне.

В результаті розрахунку запропоновано наступні рішення (рисунок 2.14).

Замовимо на сайті FESTO.COM.UA 3D модель вибраного приводу обертання в форматі sat 3 який розпізнає програма Solid Works.

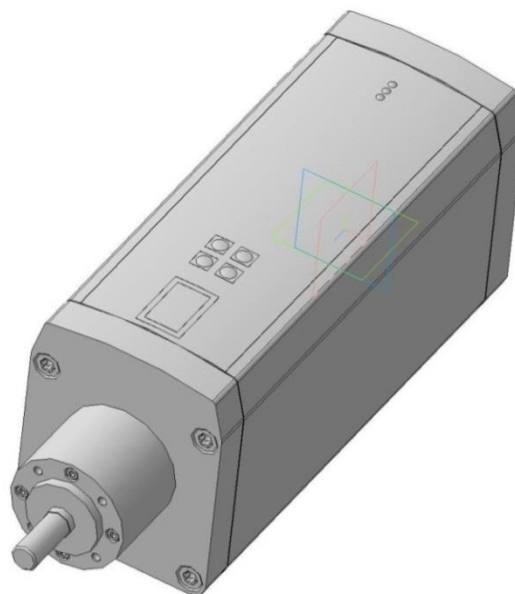


Рисунок 3.5 - 3D модель сервомотора MTR-DCI-62S-VCSC-EG7

Спроекуємо вузол обертання. Для цього необхідно з'єднати сервомотор з валом шпинделя та закріпити підшипниковий вузол шпинделя та сервомотор на одній платформі. Спочатку на сайті Festo.com.ua виберемо муфту, яка з'єднає

вали сервомотора та шпинделя. Вибір виконуємо на основі відомого діаметра вала сервомотора який становить 14 мм (рисунок 3.6)

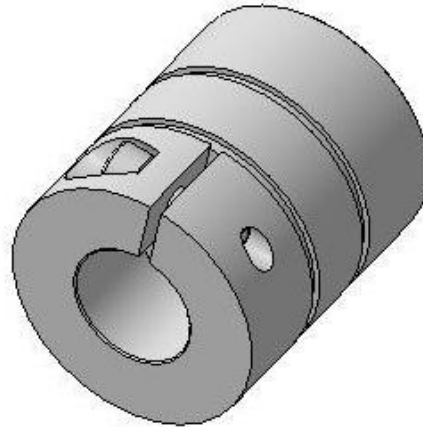


Рисунок 3.6 – 3D модель муфти EAMC_30_35_14_12_3_0

Створюємо модель вузла обертання (рисунок 3.7).

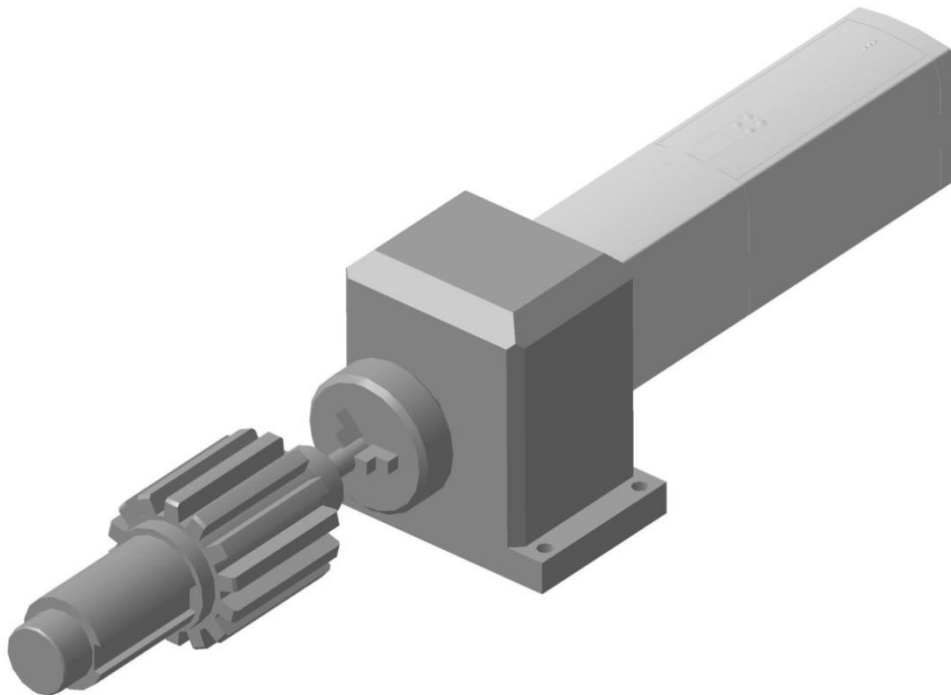


Рисунок 3.7 – 3D модель вузла обертання

Привід вертикального переміщення розпилюючої головки дає можливість в автоматичному режимі змінювати відстань розпилювача від відновлюваної

поверхні. Особливо це важливо при автоматичному відновленні ступінчастих поверхонь, де зміна відстані є технологічно необхідною.

Вихідними даними для вибору лінійного приводу вертикального переміщення є маса розпилюючого пристрою яка становить 6,5 кг, та відстань переміщення яку вибираємо з певним запасом 400 мм

Скористаємось програмою Positioning drives для вибору лінійного приводу вертикального переміщення розпилюючо пристрою. Результати розрахунку приводу дивись додаток Б. Маса приводу –6,5 кг. Замовимо на сайті Festo.com.ua 3D модель приводу в форматі sat3 (рисунок 3.8).

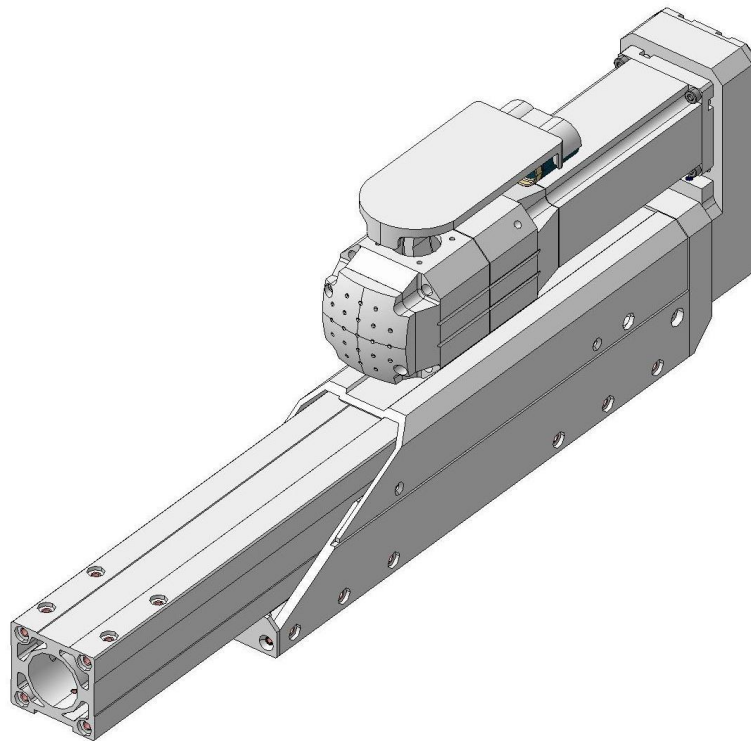


Рисунок 3.8 – Привід консольний EGSA-50-100

Вихідними даними для вибору приводу горизонтального переміщення є маса яку необхідно переміщувати це маса розпилюючого пристрою 6,5 кг плюс маса приводу вертикального переміщення 6,6 кг та маса приєднаних комунікації, яка приблизно становить до 1 кг. Разом ця маса становить $6,5+6,6+1=14,1$ кг. Ще однією величиною для вибору приводу, є величина горизонтального переміщення, яку приймаємо з запасом і яка становить 400 мм.

Замовимо на сайті FESTO.COM.UA 3D модель вибраного привода EGC-80-500TB-KF-ON-GK форматі sat3 (рисунок 3.9).

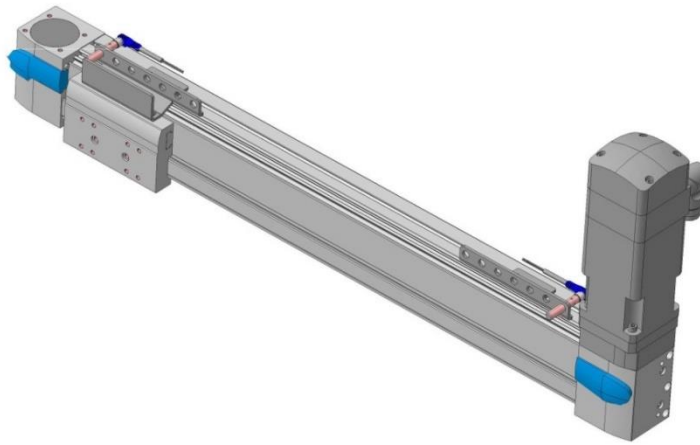


Рисунок 3.9 – Портальна вісь EGC-80-500TB-KF-ON-GK

У якості задньої бабки застосуємо пневматичний циліндр з фіксатором штоку DNC-63-60-PPV-KP-3-0 (рисунок 3.10). Який гарантує утримання заготовки, встановленої в центрах, на випадок падіння тиску в пневмомережі.

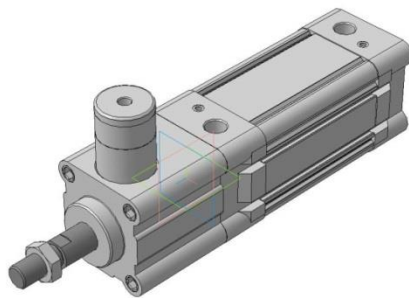


Рисунок 3.10 - Пневмоциліндр з фіксатором штока DNC-63-60-PPV-KP-3-0

Поеднаємо усі механізми згідно їх функціонального призначення та отримаємо, добавимо шляхопроводи для електричних комунікацій, кронштейни кріплення, рами, та отримаємо функціональний вузол горизонтального та вертикального переміщень розпилюючого пристрою та обертання деталі. Розмістимо у просторі всі деталі згідно їх призначення враховуючи те що

відстань між поверхнею відновлюваної деталі та сопла розпилюючого пристрою повинна складати 20 мм.

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

ГОСТ 8240-79 №10. Додатково встановимо косинки для забезпечення жорсткості конструкції рами. Конструкція рами зварна. Зварювання електродугове за ГОСТ 5264-80.

Спроектвана установка для нанесення функціональних покриттів термодинамічним напилувальним пристроєм зображена на рисунку 3.11.

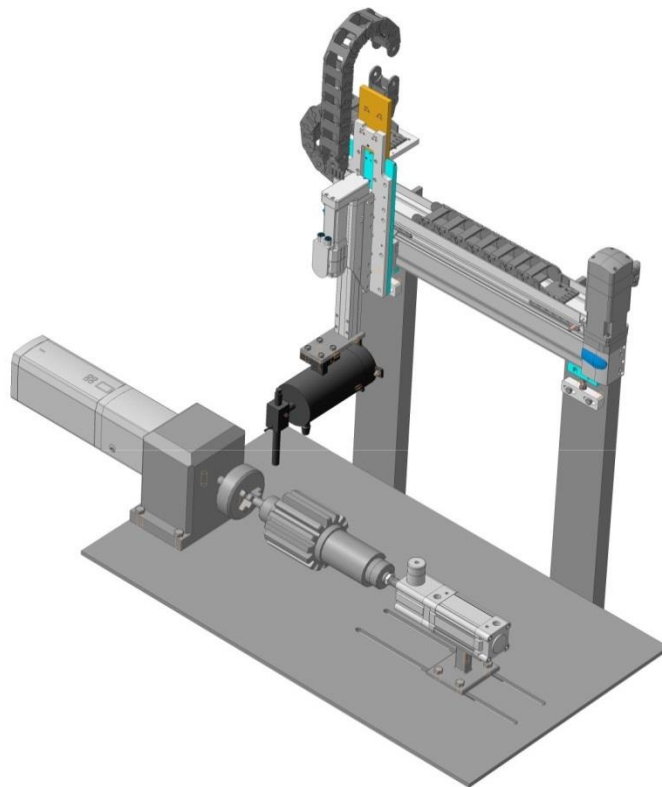


Рисунок 3.11 – Установка для нанесення функціональних покриттів термодинамічним напилувальним пристроєм.

3.2 Проектування робочого місця відновлення газодинамічним методом

Виробничі приміщення цеху, в яких розміщуються напилувальні

дільниці, повинні бути побудовані з вогнестійких матеріалів і повинні розташовуватись в окремих кабінах або відокремлюватись ширмами.

Підлога у приміщеннях повинна бути виконана з негорючих матеріалів. На робочих місцях під ногами повинні бути дерев'яні ґрати або гумові коврики. В якості освітлення використовуються газорозрядні лампи. В приміщенні також використовується освітлення через вікна.

До роботи з устаткуванням допускається персонал, що має право роботи з електроінструментом і стисненим повітрям (кваліфікаційна група по ТБ не нижче 3) і минулий навчання в постачальника правилам і прийомам роботи.

Робоче місце і вимоги безпеки

Для забезпечення пилезахисту персоналу і навколишнього середовища при роботі з устаткуванням у закритих приміщеннях необхідна організація робочого місця з відсмоктуванням запиленого повітря з робочої зони, де відбувається напилювання покриттів, і наступним його очищенням. Схема організації робочого місця представлена на рисунку 3.12.

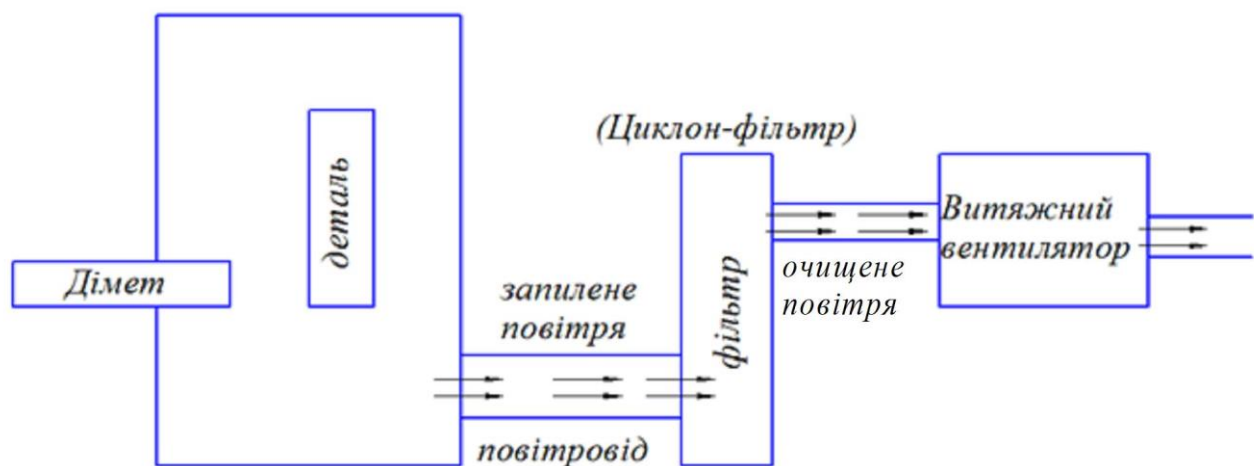


Рисунок 3.12 – Схема організації робочого місця

Пилозахисна камера повинна забезпечувати можливість розміщення в ній оброблюваних виробів за умови доступу до нього соплом напилювального блоку. Персонал повинний бути захищений індивідуальними засобами пилезахисту (окуляри, респіратор).

Фільтр повинний забезпечувати очищення запиленого повітря від пилу (що не ввійшов у покриття).

Витяжний вентилятор повинний забезпечувати ефективне відсмоктування запиленого повітря із системи "пилозахисна камера - фільтр – повітропроводи". Продуктивність вентилятора, навантаженого на фільтр, повинна бути не менш 2 куб.м\хв.

Як систему пилоочистки можуть використовуватися як готові промислові пирососи з достатнім ступенем фільтрації повітря і продуктивністю, так і спеціально виготовлені пристрої, що можуть включати циклони, фільтри тонкого очищення і витяжні вентилятори.

Робоче місце складається з установки з числовим програмним керуванням, яка встановлена у захистному боксі, в боксі встановлено живильник, який подає розпилювальний матеріал в плазмотрон. Оснащено витяжною вентиляцією. Електроживлення плазмотрона здійснюється від джерела живлення. Керування установкою здійснюється від комп'ютера та контролерів. Плазмоутворюючий газ подається від балона. Перетворення напруги живлення з 220 В в 36 В здійснюється за допомогою трансформатора ОСМ1-0,1 220/5-22-220/36. Шинопровід забезпечує підвід всіх комунікацій до виконавчих механізмів.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Для успішного впровадження науково-технічної розробки критично важливо, щоб вона відповідала сучасним вимогам науково-технічного прогресу та враховувала економічні аспекти. Надання оцінки економічної ефективності результатів науково-дослідної роботи є важливою частиною цього процесу. Дослідження, яке представлено у магістерській роботі і присвячене розробці та вивченню "Вибір та обґрунтування з використанням програмних продуктів матеріалів та технологій відновлення вал-шестерні", віднесено до науково-технічних робіт, спрямованих на виведення на ринок. Рішення про комерціалізацію розробки може бути прийняте протягом проведення самої роботи, відкриваючи можливості для подальшого виведення на ринок. Цей напрямок визначається як пріоритетний, оскільки розроблені результати можуть бути корисними для різних зацікавлених сторін і приносити економічні вигоди. Однак для успішної реалізації цього процесу ключовим є залучення зацікавленого інвестора, який виявить інтерес до втілення даного проекту, і переконання його у доцільності інвестування у цю розробку. З метою досягнення цього завдання були визначені такі етапи виконання робіт:

1. Проведення комерційного аудиту науково-технічної розробки, включаючи визначення науково-технічного рівня та комерційного потенціалу.
2. Розрахунок витрат на реалізацію науково-технічної розробки.
3. Проведення розрахунку економічної ефективності впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки для потенційного інвестора, а також обґрунтування економічної доцільності комерціалізації з точки зору інвестора.

4.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки

Метою проведення комерційного і технологічного аудиту дослідження за темою "Вибір та обґрунтування з використанням програмних продуктів

матеріалів та технологій відновлення вал-шестерні" є підвищення якості відновлення вал-шестерні за рахунок застосування нових методів та технологій.

Оцінювання науково-технічного рівня розробки та її комерційного потенціалу рекомендується здійснювати із застосуванням 5-ти бальної системи оцінювання за 12-ма критеріями, наведеними в табл. 4.1 [30].

Таблиця 4.1 – Рекомендовані критерії оцінювання науково-технічного рівня і комерційного потенціалу розробки та бальна оцінка

Бали (за 5-ти бальною шкалою)					
	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено працездатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки)					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкурентів немає
Практична здійсненність					

8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Результати оцінювання науково-технічного рівня та комерційного потенціалу науково-технічної розробки потрібно звести до таблиці. Для оцінки науково-технічного рівня і комерційного потенціалу розробки експертами було запрошено трьох незалежних експертів Вінницького національного технічного університету кафедри «Галузевого машинобудування»: Бакалець Дмитро Віталійович, професор кафедри; Шиліна Олена Павлівна, доцент кафедри; Шенфельд Валерій Йосипович, доцент кафедри.

Таблиця 4.2 – Результати оцінювання науково-технічного рівня і комерційного потенціалу розробки експертами

Критерії	Експерт (ПБ, посада)		
	Шенфельд В. Й.	Шиліна О. П.	Бакалець Д. В.
	Бали, виставлені експертами:		
1	2	3	4
2	4	3	2
3	3	2	2
4	3	4	5
5	2	1	2
6	3	3	4
7	2	2	3
8	4	3	2
9	3	4	3
10	3	3	2
11	4	3	4
12	2	3	3
Сума балів	СБ ₁ =35	СБ ₂ =34	СБ ₃ =36
Середньоарифметична сума балів $СБ_c$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_1^3 СБ_i}{3} = \frac{34 + 35 + 36}{3} = 35$		

За результатами розрахунків, наведених в таблиці 4.2, зробимо висновок щодо науково-технічного рівня і рівня комерційного потенціалу розробки. При цьому використаємо рекомендації, наведені в табл. 4.3 [30].

Таблиця 4.3 – Науково-технічні рівні та комерційні потенціали розробки

Середньоарифметична сума балів СБ , розрахована на основі висновків експертів	Науково-технічний рівень та комерційний потенціал розробки
41...48	Високий
31...40	Вище середнього
21...30	Середній
11...20	Нижче середнього
0...10	Низький

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки за темою "Вибір та обґрунтування з використанням програмних продуктів матеріалів та технологій відновлення вал-шестерні" становить 35 балів, що, відповідно до таблиці 4.3 рівень комерційного потенціалу розробки вище середнього, що свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень.

Магістерська кваліфікаційна робота "Вибір та обґрунтування з використанням програмних продуктів матеріалів та технологій відновлення вал-шестерні" відноситься до науково-технічних робіт, які орієнтовані на виведення на ринок, тобто при цьому відбувається комерціалізація науково-технічної розробки. Цей напрямок є для нас пріоритетним, оскільки результатами розробки можуть користуватися не тільки самі розробники, а й інші споживачі, отримуючи при цьому суттєвий економічний ефект.

Результати роботи будуть корисні підприємствам та установам, які займаються ремонтом та відновленням зношених деталей машин, мережа продажу запчастин.

4.2 Визначення рівня конкурентоспроможності розробки

В процесі визначення економічної ефективності науково-технічної розробки також доцільно провести прогноз рівня її конкурентоспроможності за сукупністю параметрів, що підлягають оцінюванню.

В якості аналога для розробки було обрано базовий технологічний процес відновлення деталі методом наплавлення порошковим дротом.

Основними недоліками аналога є те що при застосуванні для відновлення маточин методом наплавлення порошковим дротом недоліками є те, що деталь внаслідок нагрівання буде мати значну деформацію. Це буде вимагати збільшення товщини покриття для компенсації спотворення форми деталі, перевитрати наплавного дроту, енергії, інструментів на обробці та витрат робочого часу.

У розробці дана проблема вирішується шляхом використання холодного газодинамічного напилення для відновлення зношених поверхонь.

Одиничний параметричний індекс розраховуємо за формулою [30].

$$q_i = \frac{P_i}{P_{\text{базі}}} \quad (4.1)$$

де q_i – одиничний параметричний індекс, розрахований за i -м параметром;

P_i – значення i -го параметра виробу;

$P_{\text{базі}}$ – аналогічний параметр базового виробу-аналога, з яким проводиться порівняння.

Загальні технічні та економічні характеристики розробки представлено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Основні техніко-економічні показники аналога та розробки, що проектується

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий (товар-конкурент)	Новий (інноваційне рішення)		
1	2	3	4	5
Температура процесу	1450 ⁰ С	400 ⁰ С	3,6	30%
Температура деталі	950 ⁰ С	150 ⁰ С	6,3	30%
Потужність, кВт	8	3	2,7	20%
Продуктивність кг/год	7	1,5-4,5	1,6	20%
Деформація деталі	2-3мм/100мм	відсутнє	-	-

Нормативні параметри оцінюємо показником, який отримує одне з двох значень: 1 – пристрій відповідає нормам і стандартам; 0 – не відповідає.

Груповий показник конкурентоспроможності за нормативними параметрами розраховуємо як добуток частинних показників за кожним параметром за формулою [30]:

$$I_{\text{ГП}} = \prod_{i=1}^n q_i, \quad (4.2)$$

де I_{nn} – загальний показник конкурентоспроможності за нормативними параметрами;

q_i – одиничний (частинний) показник за i -м нормативним параметром;

n – кількість нормативних параметрів, які підлягають оцінюванню.

За нормативними параметрами розроблюваний пристрій відповідає вимогам ДСТУ, тому $I_{nn} = 1$.

Значення групового параметричного індексу за технічними параметрами визначаємо з урахуванням вагомості (частки) кожного параметра [30]:

$$I_{ТП} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i, \quad (4.3)$$

де $I_{ТП}$ – груповий параметричний індекс за технічними показниками (порівняно з виробом-аналогом);

q_i – одиничний параметричний показник i -го параметра;

α_i – вагомість i -го параметричного показника, $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$;

n – кількість технічних параметрів, за якими оцінюється конкурентоспроможність.

Проведемо аналіз параметрів згідно даних таблиці 4.4.

$$I_{mn} = 3,6 \cdot 0,3 + 6,3 \cdot 0,3 + 2,7 \cdot 0,2 + 1,6 \cdot 0,2 = 3,83.$$

Груповий параметричний індекс за економічними параметрами розраховуємо за формулою [30]:

$$I_{ЕП} = \sum_{i=1}^m q_i \cdot \beta_i, \quad (4.4)$$

де $I_{ЕП}$ – груповий параметричний індекс за економічними показниками;

q_i – економічний параметр i -го виду;

β_i – частка i -го економічного параметра, $\sum_{i=1}^m \beta_i = 1$;

m – кількість економічних параметрів, за якими здійснюється оцінювання.

Проведемо аналіз параметрів згідно даних таблиці .

$$I_{EP} = 0,65 \cdot 0,5 + 0,76 \cdot 0,5 = 0,70.$$

На основі групових параметричних індексів за нормативними, технічними та економічними показниками розрахуємо інтегральний показник

конкурентоспроможності за формулою [30]: $K_{INT} = I_{HP} \cdot \frac{I_{TP}}{I_{EP}}$,

(4.5)

$$K_{INT} = 1 \cdot 3,83 / 0,70 = 5,6.$$

Інтегральний показник конкурентоспроможності $K_{INT} > 1$, отже розробка переважає відомі аналоги за своїми техніко-економічними показниками.

4.3 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи

Витрати, пов'язані з проведенням науково-дослідної роботи на тему "Вибір та обґрунтування з використанням програмних продуктів матеріалів та технологій відновлення вал-шестерні", під час планування, обліку і калькулювання собівартості науково-дослідної роботи групуємо за відповідними статтями.

4.3.1 Витрати на оплату праці

До статті «Витрати на оплату праці» належать витрати на виплату основної та додаткової заробітної плати керівникам відділів, лабораторій, секторів і груп, науковим, інженерно-технічним працівникам, конструкторам, технологам, креслярам, копіювальникам, лаборантам, робітникам, студентам, аспірантам та іншим працівникам, безпосередньо зайнятим виконанням конкретної теми, обчисленої за посадовими окладами, відрядними розцінками, тарифними ставками згідно з чинними в організаціях системами оплати праці.

Основна заробітна плата дослідників

Витрати на основну заробітну плату дослідників (Z_o) розраховуємо у відповідності до посадових окладів працівників, за формулою [30]:

$$Z_o = \sum_{i=1}^k \frac{M_{ni} \cdot t_i}{T_p}, \quad (4.6)$$

де k – кількість посад дослідників залучених до процесу досліджень;

M_{ni} – місячний посадовий оклад конкретного дослідника, грн;

t_i – число днів роботи конкретного дослідника, дн.;

T_p – середнє число робочих днів в місяці, $T_p=21$ дні.

$$Z_o = 15000 \cdot 5 / 21 = 3409 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.5 – Витрати на заробітну плату дослідників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн
1. Керівник проекту	15000	681,8	5	3409
2. Інженер	10000	454,5	24	10909
Всього				14318

Основна заробітна плата робітників

Витрати на основну заробітну плату робітників (Z_p) за відповідними найменуваннями робіт НДР на тему "Вибір та обґрунтування з використанням програмних продуктів матеріалів та технологій відновлення вал-шестерні" розраховуємо за формулою:

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i, \quad (4.7)$$

де C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, за виконану відповідну роботу, грн/год;

t_i – час роботи робітника при виконанні визначеної роботи, год.

Погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду C_i можна визначити за формулою:

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{зм}}, \quad (4.8)$$

де M_M – розмір прожиткового мінімуму працездатної особи, або мінімальної місячної заробітної плати (в залежності від діючого законодавства), прийmemo $M_M=6500$ грн;

K_i – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду (табл. Б.2, додаток Б) [30]:

K_c – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати.

T_p – середнє число робочих днів в місяці, приблизно $T_p = 21$ дн;

$t_{зм}$ – тривалість зміни, год.

$$C_1 = 6700,00 \cdot 1 \cdot 1,65 / (21 \cdot 8) = 65,8 \text{ грн.}$$

$$З_{р1} = 65,8 \cdot 0,35 = 23 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.6 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Тривалість роботи, год	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка, грн	Величина оплати на робітника грн
Мийна-ОМ-4610 (1 шт)	0,35	1	65,8	23,0
Дефектувальна (1 шт)	0,25	4	98,7	24,7
Токарна – верстат 16К20Ф3 (1 шт)	0,14	3	88,8	12,4
Напилювальна установка (1 шт)	0,25	4	98,7	24,7
Токарна - верстат 16К20Ф3(1 шт)	0,11	3	88,8	9,8
Токарна - верстат 16К20Ф3(1 шт)	0,15	3	88,8	13,3
Шліфувальна - верстат 3А110А (1 шт)	0,22	4	98,7	21,7
Шліфувальна - верстат 3А110А (1 шт)	0,22	4	98,7	21,7
Контрольна - пристрій ПБМ-50	0,25	4	98,7	24,7
Всього				176

Додаткова заробітна плата дослідників та робітників

Додаткову заробітну плату розраховуємо як 10 ... 12% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$Z_{\text{доп}} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{\text{доп}}}{100\%}, \quad (4.9)$$

де $H_{\text{доп}}$ – норма нарахування додаткової заробітної плати. Прийmemo 11%.

$$Z_{\text{доп}} = (14318+176) \cdot 11 / 100\% = 1594,36 \text{ грн.}$$

4.3.2 Відрахування на соціальні заходи

Нарахування на заробітну плату дослідників та робітників розраховуємо як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати дослідників і робітників за формулою:

$$Z_n = (Z_o + Z_p + Z_{\text{доп}}) \cdot \frac{H_{\text{зн}}}{100\%} \quad (4.10)$$

де $H_{\text{зн}}$ – норма нарахування на заробітну плату. Приймаємо 22%.

$$Z_n = (14318+176+1594,36) \cdot 22 / 100\% = 3539,49 \text{ грн.}$$

4.3.3 Сировина та матеріали

До статті «Сировина та матеріали» належать витрати на сировину, основні та допоміжні матеріали, інструменти, пристрої та інші засоби і предмети праці, які придбані у сторонніх підприємств, установ і організацій та витрачені на проведення досліджень за темою "Вибір та обґрунтування з використанням програмних продуктів матеріалів та технологій відновлення вал-шестерні".

Витрати на матеріали (M), у вартісному вираженні розраховуються окремо по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j - \sum_{j=1}^n B_j \cdot C_{\text{в}j}, \quad (4.11)$$

де H_j – норма витрат матеріалу j -го найменування, кг;

n – кількість видів матеріалів;

C_j – вартість матеріалу j -го найменування, грн/кг;

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j = 1,1 \dots 1,15$);

B_j – маса відходів j -го найменування, кг;

C_{ej} – вартість відходів j -го найменування, грн/кг.

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.7 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, грн	Норма витрат, кг	Вартість витраченого матеріалу, грн
Порошок Ni+Al ₂ O ₃	82	0,3	24,6
Дріт Св08	42	0,1	4,2
Стиснуте повітря	8	6,1	48,8
Всього			77,6
З врахуванням коефіцієнта транспортування			85,36

4.3.4 Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт

До статті «Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт» належать витрати на виготовлення та придбання спецустаткування необхідного для проведення досліджень, також витрати на їх проектування, виготовлення, транспортування, монтаж та встановлення.

Балансову вартість спецустаткування розраховуємо за формулою:

$$B_{\text{спец}} = \sum_{i=1}^k C_i \cdot C_{\text{пр.і}} \cdot K_i, \quad (4.12)$$

де C_i – ціна придбання одиниці спецустаткування даного виду, марки, грн;

$C_{\text{пр.і}}$ – кількість одиниць устаткування відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

K_i – коефіцієнт, що враховує доставку, монтаж, налагодження устаткування тощо, ($K_i = 1,10 \dots 1,12$);

k – кількість найменувань устаткування.

$$B_{\text{спец}} = 40000,00 \cdot 1 \cdot 1,11 = 44000 \text{ грн.}$$

Отримані результати зведемо до таблиці:

Таблиця 4.8 – Витрати на придбання спецустаткування по кожному виду

Найменування устаткування	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Установка для наплавлювання УДГ209	1	40000	44000
Компресор	1	12000	13200

4.3.5 Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт

До статті «Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт» належать витрати на розробку та придбання спеціальних програмних засобів і програмного забезпечення, (програм, алгоритмів, баз даних) необхідних для проведення досліджень, також витрати на їх проектування, формування та встановлення.

Балансову вартість програмного забезпечення розраховуємо за формулою:

$$B_{\text{прог}} = \sum_{i=1}^k C_{\text{инрг}} \cdot C_{\text{прог.і}} \cdot K_i, \quad (4.13)$$

де $C_{\text{инрг}}$ – ціна придбання одиниці програмного засобу даного виду, грн;

$C_{\text{прог.і}}$ – кількість одиниць програмного забезпечення відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

K_i – коефіцієнт, що враховує інсталяцію, налагодження програмного засобу тощо, ($K_i = 1, 10 \dots 1, 12$);

k – кількість найменувань програмних засобів.

$$B_{\text{прог}} = 800 \cdot 1 \cdot 1,11 = 880 \text{ грн.}$$

Отримані результати зведемо до таблиці:

Таблиця 4.9 – Витрати на придбання програмних засобів по кожному виду

Найменування програмного засобу	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Windows	1	800	880
Наплавка	1	6000	6600
Solid Works	1	4000	4400
Всього			11880

4.3.6 Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень

В спрощеному вигляді амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання, приміщень та програмному забезпеченню тощо, розраховуємо з використанням прямолінійного методу амортизації за формулою:

$$A_{обл} = \frac{Ц_{б}}{T_{е}} \cdot \frac{t_{вик}}{12}, \quad (4.14)$$

де $Ц_{б}$ – балансова вартість обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, які використовувались для проведення досліджень, грн;

$t_{вик}$ – термін використання обладнання, програмних засобів, приміщень під час досліджень, місяців;

$T_{е}$ – строк корисного використання обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, років.

$$A_{обл} = (25000 \cdot 2) / (2 \cdot 12) = 2083,33 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.10 – Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн
Персональний комп'ютер	25000	2	2	2083,33
Установка для напилування	22000	4	1	458,33
Оптичний мікроскоп	23000	4	1	479,17
Компресор	12000	4	1	250,00
Всього				3270,83

4.3.7 Паливо та енергія для науково-виробничих цілей

Витрати на силову електроенергію (B_e) розраховуємо за формулою:

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} \cdot t_i \cdot Ц_e \cdot K_{ени}}{\eta_i}, \quad (4.15)$$

де W_{yi} – встановлена потужність обладнання на визначеному етапі розробки, кВт;

t_i – тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год;

Ц_e – вартість 1 кВт-години електроенергії, грн; (вартість електроенергії визначається за даними енергопостачальної компанії), прийmemo $\text{Ц}_e = 7,5$ грн;

K_{eni} – коефіцієнт, що враховує використання потужності, $K_{eni} < 1$;

η_i – коефіцієнт корисної дії обладнання, $\eta_i < 1$.

$V_e = 0,25 \cdot 310 \cdot 7,5 \cdot 0,5 / 0,8 = 363,28$ грн.

4.3.8 Службові відрядження

До статті "Вибір та обґрунтування з використанням програмних продуктів матеріалів та технологій відновлення вал-шестерні" належать витрати на відрядження штатних працівників, працівників організацій, які працюють за договорами цивільно-правового характеру, аспірантів, зайнятих розробленням досліджень, відрядження, пов'язані з проведенням випробувань машин та приладів, а також витрати на відрядження на наукові з'їзди, конференції, наради, пов'язані з виконанням конкретних досліджень.

Витрати за статтею «Службові відрядження» розраховуємо як 20...25% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$V_{cb} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{cb}}{100\%}, \quad (4.16)$$

де H_{cb} – норма нарахування за статтею «Службові відрядження», прийmemo $H_{cb} = 20\%$.

$V_{cb} = (14318+176) \cdot 20 / 100\% = 2898,84$ грн.

4.3.9 Інші витрати

До статті «Інші витрати» належать витрати, які не знайшли відображення у зазначених статтях витрат і можуть бути віднесені безпосередньо на собівартість досліджень за прямими ознаками.

Витрати за статтею «Інші витрати» розраховуємо як 50...100% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$I_{\text{в}} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{\text{ив}}}{100\%}, \quad (4.17)$$

де $H_{\text{ив}}$ – норма нарахування за статтею «Інші витрати», прийmemo $H_{\text{ив}} = 50\%$.

$$I_{\text{в}} = (14318+176) \cdot 50 / 100\% = 7247,1 \text{ грн.}$$

4.3.10 Накладні (загальновиробничі) витрати

До статті «Накладні (загальновиробничі) витрати» належать: витрати, пов'язані з управлінням організацією; витрати на винахідництво та раціоналізацію; витрати на підготовку (перепідготовку) та навчання кадрів; витрати, пов'язані з набором робочої сили; витрати на оплату послуг банків; витрати, пов'язані з освоєнням виробництва продукції; витрати на науково-технічну інформацію та рекламу та ін.

Витрати за статтею «Накладні (загальновиробничі) витрати» розраховуємо як 100...150% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{\text{нзв}} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{\text{нзв}}}{100\%}, \quad (4.18)$$

де $H_{\text{нзв}}$ – норма нарахування за статтею «Накладні (загальновиробничі) витрати», прийmemo $H_{\text{нзв}} = 100\%$.

$$B_{\text{нзв}} = (14318+176) \cdot 100 / 100\% = 14494,21 \text{ грн.}$$

Витрати на проведення науково-дослідної роботи на тему "Вибір та обґрунтування з використанням програмних продуктів матеріалів та технологій відновлення вал-шестерні" розраховуємо як суму всіх попередніх статей витрат за формулою:

$$B_{\text{заг}} = Z_o + Z_p + Z_{\text{дод}} + Z_{\text{н}} + M + K_{\text{в}} + B_{\text{спец}} + B_{\text{прг}} + A_{\text{обл}} + B_e + B_{\text{св}} + B_{\text{сп}} + I_{\text{в}} + B_{\text{нзв}}. \quad (4.19)$$

$$B_{\text{заг}} = 14318 + 176 + 1594,36 + 3539,49 + 85,36 + 13200 + 11880 + 3270,83 + 363,28 + 2898,84 + 7247,1 + 14494,21 = 117067,68 \text{ грн.}$$

Загальні витрати ZB на завершення науково-дослідної (науково-технічної) роботи та оформлення її результатів розраховується за формулою:

$$ZB = \frac{B_{заг}}{\eta}, \quad (4.20)$$

де η - коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання науково-дослідної роботи, прийmemo $\eta=0,5$.

$$ZB = 117067,68 / 0,5 = 234135,36 \text{ грн.}$$

4.4 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки при її можливій комерціалізації потенційним інвестором

В ринкових умовах узагальнюючим позитивним результатом, що його може отримати потенційний інвестор від можливого впровадження результатів цієї чи іншої науково-технічної розробки, є збільшення у потенційного інвестора величини чистого прибутку.

Результати дослідження проведені за темою "Вибір та обґрунтування з використанням програмних продуктів матеріалів та технологій відновлення вал-шестерні" передбачають комерціалізацію протягом 3-х років реалізації на ринку.

В цьому випадку основу майбутнього економічного ефекту будуть формувати:

ΔN – збільшення кількості споживачів яким надається відповідна інформаційна послуга у періоди часу, що аналізуються;

N – кількість споживачів яким надавалась відповідна інформаційна послуга у році до впровадження результатів нової науково-технічної розробки, прийmemo 1 особа

C_0 – вартість послуги у році до впровадження інформаційної системи, прийmemo 4000 грн;

$\pm\Delta C_o$ – зміна вартості послуги від впровадження результатів, прийmemo зростання на 650,00 грн.

Можливе збільшення чистого прибутку у потенційного інвестора $\Delta\Pi_i$ для кожного із 3-х років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, розраховуємо за формулою [30]:

$$\Delta\Pi_i = (\pm\Delta C_o \cdot N + C_o \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\mathcal{G}}{100}\right), \quad (4.21)$$

де λ – коефіцієнт, який враховує сплату потенційним інвестором податку на додану вартість. У 2023 році ставка податку на додану вартість складає 20%, а коефіцієнт $\lambda = 0,8333$;

ρ – коефіцієнт, який враховує рентабельність інноваційного продукту).
Прийmemo $\rho = 40\%$;

\mathcal{G} – ставка податку на прибуток, який має сплачувати потенційний інвестор, у 2023 році $\mathcal{G} = 18\%$;

Збільшення чистого прибутку 1-го року:

$$\Delta\Pi_1 = (1 \cdot 650 + 4000 \cdot 400) \cdot 0,83 \cdot 0,4 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 317848,33 \text{ грн.}$$

Збільшення чистого прибутку 2-го року:

$$\Delta\Pi_2 = (1 \cdot 650 + 4000 \cdot (400 + 300)) \cdot 0,83 \cdot 0,4 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 556690,26 \text{ грн.}$$

Збільшення чистого прибутку 3-го року:

$$\Delta\Pi_3 = (1 \cdot 650 + 4000 \cdot (400 + 300 + 200)) \cdot 0,83 \cdot 0,4 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 715558,9 \text{ грн.}$$

Приведена вартість збільшення всіх чистих прибутків $\Pi\Pi$, що їх може отримати потенційний інвестор від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки:

$$\Pi\Pi = \sum_{i=1}^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^t}, \quad (4.22)$$

де $\Delta\Pi_i$ – збільшення чистого прибутку у кожному з років, протягом яких виявляються результати впровадження науково-технічної розробки, грн;

T – період часу, протягом якого очікується отримання позитивних результатів від впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, роки;

τ – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні, $\tau=18\%$;

t – період часу (в роках) від моменту початку впровадження науково-технічної розробки до моменту отримання потенційним інвестором додаткових чистих прибутків у цьому році.

$$\begin{aligned} III &= 317848,33 / (1+0,18)^1 + 556690,26 / (1+0,18)^2 + 715558,9 / (1+0,18)^3 = \\ &= 1067486,68 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Величина початкових інвестицій PV , які потенційний інвестор має вкласти для впровадження і комерціалізації науково-технічної розробки:

$$PV = k_{инв} \cdot 3B, \quad (4.23)$$

де $k_{инв}$ – коефіцієнт, що враховує витрати інвестора на впровадження науково-технічної розробки та її комерціалізацію, приймаємо $k_{инв}=2$;

$3B$ – загальні витрати на проведення науково-технічної розробки та оформлення її результатів, приймаємо 234135,36 грн.

$$PV = k_{инв} \cdot 3B = 2 * 234135,36 = 468270,72 \text{ грн.}$$

Абсолютний економічний ефект $E_{абс}$ для потенційного інвестора від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки становитиме:

$$E_{абс} = III - PV \quad (4.24)$$

де $ПП$ – приведена вартість зростання всіх чистих прибутків від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, 1067486,68 грн;

PV – теперішня вартість початкових інвестицій, 468270,72 грн.

$E_{abc} = ПП - PV = 1067486,68 - 468270,72 = 599215,96$ грн.

Внутрішня економічна дохідність інвестицій E_e , які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки:

$$E_e = T_{ж} \sqrt[3]{1 + \frac{E_{abc}}{PV}} - 1, \quad (4.25)$$

де E_{abc} – абсолютний економічний ефект вкладених інвестицій, грн;

PV – теперішня вартість початкових інвестицій, грн;

$T_{ж}$ – життєвий цикл науково-технічної розробки, тобто час від початку її розробки до закінчення отримання позитивних результатів від її впровадження, 3 роки.

$$E_e = T_{ж} \sqrt[3]{1 + \frac{E_{abc}}{PV}} - 1 = (1 + 599215,96 / 468270,72)^{1/3} - 1 = 0,53.$$

Мінімальна внутрішня економічна дохідність вкладених інвестицій τ_{min} :

$$\tau_{min} = d + f, \quad (4.26)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2023 році в Україні $d = 0,1$;

f – показник, що характеризує ризикованість вкладення інвестицій, прийmemo 0,25.

$\tau_{min} = 0,1 + 0,25 = 0,35 < 0,53$ свідчить про те, що внутрішня економічна дохідність інвестицій E_e , які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки вища

мінімальної внутрішньої дохідності. Тобто інвестувати в науково-дослідну роботу за темою «Інформаційна технологія онтологічного моделювання бази знань з організації бібліотеки» доцільно.

Період окупності інвестицій $T_{ок}$ які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_e}, \quad (4.27)$$

де E_e – внутрішня економічна дохідність вкладених інвестицій.

$$T_{ок} = 1 / 0,53 = 1,9 \text{ р.}$$

$T_{ок} < 3$ -х років, що свідчить про комерційну привабливість науково-технічної розробки і може спонукати потенційного інвестора профінансувати впровадження даної розробки та виведення її на ринок.

Висновки до розділу

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки за темою "Вибір та обґрунтування з використанням програмних продуктів матеріалів та технологій відновлення вал-шестерні" становить 35 балів, що, свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень оскільки рівень комерційного потенціалу розробки вище середнього.

При оцінюванні рівня конкурентоспроможності, згідно узагальненого коефіцієнту конкурентоспроможності розробки, науково-технічна розробка переважає існуючі аналоги приблизно в 5,6 разів.

Також термін окупності становить 1,9 роки, що менше 3-х років, що свідчить про комерційну привабливість науково-технічної розробки і може спонукати потенційного інвестора профінансувати впровадження даної розробки та виведення її на ринок.

Отже можна зробити висновок про доцільність проведення науково-дослідної роботи за темою "Вибір та обґрунтування з використанням програмних продуктів матеріалів та технологій відновлення вал-шестерні".

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 ОХОРОНА ПРАЦІ

Дослідження вибору та обґрунтування з використанням програмних продуктів матеріалів та технологій відновлення вал-шестерень відбувалася в приміщенні, яке обладнане комп'ютеризованими робочими місцями. На дослідника мали вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1. Фізичні: підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищена чи понижена вологість повітря; підвищений рівень статичної електрики; підвищений рівень електромагнітного випромінювання; недостатня освітленість робочої зони.

2. Психофізіологічні: розумове перевантаження; перенапруга аналізаторів; статичне перевантаження.

Відповідно до визначених факторів формуємо рішення щодо безпечного виконання роботи.

5.1. Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

5.1.1. Обладнання робочого місця

Організація робочого місця дослідника вибору та обґрунтування з використанням програмних продуктів матеріалів та технологій відновлення вал-шестерень, як користувача ПК повинна забезпечувати відповідність всіх елементів робочого місця і їхнього розташування ергономічним вимогам. Робоче місце при виконанні робіт сидячи. Загальні ергономічні вимоги; характеру й особливостям трудової діяльності [22].

Площа, виділена для одного робочого місця з ПК, повинна становити не менш 6 м^2 , а об'єм – не менше 20 м^3 [23].

Природне освітлення має здійснюватись через світлові прорізи, орієнтовані переважно на північ чи північний схід, і забезпечувати коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче, ніж 1,5%.

Виробничі приміщення повинні обладнуватись шафами для зберігання документів, стелажми, тумбами тощо, з урахуванням вимог до площі приміщень.

У приміщеннях з ПК слід щоденно робити вологе прибирання.

Приміщення із ПК мають бути оснащені аптечками першої медичної допомоги.

При приміщеннях із ПК мають бути обладнані побутові приміщення для відпочинку під час роботи, кімната психологічного розвантаження. В кімнаті психологічного розвантаження слід передбачити встановлення пристроїв для приготування й роздачі тонізуючих напоїв, а також місця для занять фізичною культурою.

Конструкція робочого місця користувача ПК повинна забезпечувати підтримку оптимальної робочої пози з такими ергономічними характеристиками: стопи ніг – на підлозі або на підставці для ніг; стегна – у горизонтальній площині; передпліччя – вертикальні; лікті – під кутом 70-90° до вертикальної площини; зап'ястя зігнуті під кутом не більше 20° щодо горизонтальної площини, нахил голови – 15-20° щодо вертикальної площини.

Висота робочої поверхні стола для ПК повинна перебувати в межах 680-800 мм, а ширина – забезпечувати можливість виконання операцій у зоні досяжності моторного поля.

Робочий стіл для ПК повинен мати простір для ніг висотою не менш 600 мм, шириною не менш 500 мм, глибиною на рівні колін не менш 450 мм, на рівні витягнутої ноги - не менш 650 мм.

Робоче сидіння (стілець, крісло) користувача ПК повинен мати наступні основні елементи: сидіння, спинку й стаціонарні або знімні підлокітники.

Екран монітора й клавіатура повинні розташовуватися на оптимальній відстані від очей користувача, але не ближче 600 мм, з урахуванням розміру алфавітно-цифрових знаків і символів.

Клавіатуру варто розміщати на поверхні стола або на спеціальній, регульованій по висоті, робочій поверхні окремо від стола на відстані 100-300 мм від краю, найближчого до працівника. Кут нахилу клавіатури повинен бути в межах 5-15°.

При організації праці, пов'язаної з використанням ПК, для збереження здоров'я працюючих, запобігання професійним захворюванням і підтримки працездатності передбачаються внутрішньо змінні регламентовані перерви для відпочинку.

Внутрішньозмінні режими праці й відпочинку містять додаткові нетривалі перерви в періоди, що передують появі об'єктивних і суб'єктивних ознак стомлення й зниження працездатності.

Працюючі з ПК підлягають обов'язковим медичним оглядам: попереднім – при влаштуванні на роботу і періодичним – протягом трудової діяльності. Основними критеріями оцінки придатності до роботи з ПК мають бути показники стану органів зору: гострота зору, показники рефракції, акомодатції, стану бінокулярного апарату ока тощо. При цьому необхідно враховувати також стан організму в цілому.

Лінія електромережі для живлення ПК, периферійних пристроїв ПК й устаткування для обслуговування, ремонту й налагодження ПК в приміщенні виконана як окрема групова трипровідна мережа, шляхом прокладання фазових, нульових робочих і нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення електроприладів.

Металеві труби й гнучкі металеві рукави заземлені. Заземлення відповідає вимогам Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів [4].

Неприпустимим є:

- експлуатація кабелів і проводів з ушкодженими захисними властивостями за час експлуатації ізоляції; залишення під напругою кабелів і проводів з неізольованими провідниками;
- застосування саморобних подовжувачів, що не відповідають вимогам ПУЕ до переносних електропроводів;
- застосування для опалення приміщення нестандартного (саморобного) електронагрівального устаткування або ламп накаливання;
- користування ушкодженими розетками, вимикачами й іншими електровиробами, а також лампами, скло яких має сліди затемнення або здуття;
- підвішування світильників безпосередньо на струмоведучих проводах, обгортання електроламп і світильників папером, тканиною й іншими горючими матеріалами, експлуатація їх зі знятими ковпаками (розсіювачами);
- використання електроапаратури й приладів в умовах, що не відповідають вказівкам (рекомендаціям) підприємств-виготовлювачів.

5.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

5.2.1. Мікроклімат

Параметри мікроклімату нормуються в залежності від: періоду року; категорії робіт; технологічного процесу.

Для нормування параметрів мікроклімату календарний рік поділяється на два періоди:

- холодний період – період року, коли середньодобова температура зовні приміщення нижча за $+10^{\circ}\text{C}$;
- теплий – коли середньодобова температура зовні приміщення становить $+10^{\circ}\text{C}$ і вище.

Робота з дослідження вибору та обґрунтування з використанням програмних продуктів матеріалів та технологій відновлення вал-шестерень за енерговитратами відноситься до категорії 1а [25]. Допустимі параметри

мікроклімату для категорії 1а наведені в табл.5.2.1 (відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 [6]).

Таблиця 5.2.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	22-28	55	0,1-0,2
Холодний	21-25	75	0,1

Для підтримки оптимального рівня мікроклімату в приміщенні передбачено систему опалення та вентиляції повітря. Виміри показників мікроклімату повинні проводитись на початку, в середині і в кінці холодного і теплого періодів року, не менше трьох разів за робочу зміну. При коливаннях показників мікроклімату, пов'язаних з технологічними процесами та іншими причинами, виміри необхідно проводити також при найменших і найбільших значеннях термічних навантажень на працюючих, що мають місце протягом робочої зміни.

5.2.2. Склад повітря робочої зони

В приміщенні, де здійснюється дослідження вибору та обґрунтування з використанням програмних продуктів матеріалів та технологій відновлення вал-шестерень, можливими забруднювачами повітря може бути офісна техніка та пил, який потрапляє ззовні. ГДК шкідливих речовин, які знаходяться в досліджуваному приміщенні, наведені в таблиці 5.2.2.

Таблиця 5.2.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м ³	Середньо добова	Клас небезпечності
	Максимально разова		
Фенол	0,01	0,01	3
Формальдегід	0,035	0,003	2
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Озон	0,16	0,03	4

В повітрі зовнішнього природного середовища, як і в повітряному середовищі приміщень завжди є наявною певна кількість заряджених частинок – іонів. Так в 1 см³ чистого зовнішнього повітря міститься близько 1000 негативних іонів і понад 1200 позитивних. Параметри іонного складу повітря на робочому місці, що обладнане ПК, повинні відповідати допустимим нормам (табл.5.2.3).

Таблиця 5.2.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

Рівні	Кількість іонів в 1 см ³	
	n+	n-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально необхідні	50000	50000

Для дотримання нормального складу повітря робочої зони в приміщенні використовують припливно-витяжну вентиляцію. Систематично здійснюють провітрювання через віконні отвори та вологе прибирання. Планується встановлення системи кондиціонування.

5.2.3. Виробниче освітлення

Світло впливає не лише на функцію органів зору, а й на діяльність організму в цілому. При поганому освітленні людина швидко втомлюється, працює менш продуктивно, зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків. Згідно з статистичними даними, до 5% травм можна пояснити недостатнім або нераціональним освітленням, а в 20% воно сприяло виникненню травм. Врешті, погане освітлення може призвести до професійних захворювань, наприклад, таких як робоча мнопія (короткозорість), спазм акомодатії.

При надмірній яскравості джерел світла та оточуючих предметів може відбутись засліплення працівника. Нерівномірність освітлення та неоднакова яскравість оточуючих предметів призводять до частоті переадаптації очей під

час виконання роботи і, як наслідок цього – до швидкого втомлення органів зору

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату) при природному та сумісному освітленні для виконання роботи зазначені у таблиці 5.2.4 (відповідно до ДБН В.2.5-28-2018[27]):

Таблиця 5.2.4 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізювання	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк		КПО, e_n , %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
Дуже високої точності	Від 0,15 до 0,3	II	г	великий	світлий	1000	300	7	2,5	4,2	1,5

Місце праці повинно бути розташоване так, щоб уникнути попадання в очі прямого світла. Щоб уникнути світлових відблисків необхідно використовувати обладнання з матовою поверхнею. Для захисту очей від прямого сонячного світла чи джерел штучного освітлення необхідно застосовувати захисні козирки та жалюзі на вікнах.

Для створення оптимальних умов зорової роботи слід враховувати не лише кількість та якість освітлення, а й кольорове оточення. Так, при світлому пофарбуванні інтер'єру завдяки збільшенню кількості відбитого світла рівень освітленості підвищується на 20 – 40% (при тій же потужності джерел світла), різкість тіней зменшується, покращується рівномірність освітлення.

5.2.4. Виробничий шум

Експлуатація переважної більшості технологічного обладнання, енергетичних установок, машин та механізмів пов'язана з виникненням шумів та вібрації різної частоти та інтенсивності, які здійснюють несприятливий вплив на організм людини.

Шум може тимчасово активізувати або постійно пригнічувати психічні процеси організму людини. Фізіологічні та біологічні наслідки можуть проявлятися у формі порушення функцій слуху та інших аналізаторів, зокрема вестибулярного апарату, координуючої функції кори головного мозку, нервової системи, систем травлення і кровообігу.

Індивідуальні особливості людини, пов'язані з різними психологічними реакціями на вплив шуму, суттєво впливають на його сприйняття

Допустимі рівні шуму та вібрації на місцях праці осіб, що працюють з ПК, встановлені санітарними нормами ДсанПіН 3.3.2-007-98 [28], витяг з яких подано в таблиці 5.2.5.

Таблиця 5.2.5 - Допустимі еквівалентні рівні шуму

Вид професійної діяльності, місце праці	Еквівалентні рівні шуму, дБА.
Програмісти	50
Оператори в залах опрацювання інформації на ПК та оператори комп'ютерного набору	65
В приміщеннях для розташування шумних агрегатів	75

Основними заходами боротьби з шумом є усунення або ослаблення причин шуму в самому його джерелі у процесі роботи, використання звукопоглинаючих матеріалів, раціональне планування виробничих приміщень.

5.2.5. Виробничі випромінювання

Оскільки дослідження вибору та обґрунтування з використанням програмних продуктів матеріалів та технологій відновлення вал-шестерень

проводилося за допомогою ПК, то на робочому місці працівника можливий підвищений рівень електромагнітного випромінювання.

Основою функціонування організму є дуже слабкі біоелектричні струми, що синхронізують природні біологічні режими. Штучні ЕМП якщо співпадають з частотами біологічних ритмів мозку або біоелектричною активністю серця чи інших органів людини можуть призвести до десинхронізації функціональних процесів в організмі.

Механізм біологічної дії на організм людини полягає як у тепловому, так і нетепловому специфічному ефекті, тепла дія ЕМП проявляються у підвищенні температури тіла, а також локальному, вибіркового нагріванні тканин, органів, клітин унаслідок переходу електромагнітної енергії у теплову.

Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань від монітору комп'ютера представлені в табл. 5.2.6.

Таблиця 5.2.6 – Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань

Види поля	Допустимі параметри поля		Допустима поверхнева щільність потоку енергії (інтенсивність потоку енергії), Вт/м ²
	за електричною складовою (E), В/м	за магнітною складовою (H), А/М	
Напруженість електромагнітного поля, 6 кГц...3 МГц	50	5	
3 МГц...30МГц	2	-	
30 МГц...5 ГГц	-	-	10
Електромагнітне поле оптичного діапазону в ультрафіолетовій частині спектру: УФ-С (220...280 нм)			0,001
УФ-В (280...320 нм)			0,01
УФ-А (320. ..400 нм)			10,0
в інфрачервоній частині спектру: 0,76... 10,0 мкм			35,0.. .70,0
Напруженість електричного поля ВДТ			20 вВ/м

Для зменшення впливу ЕМП від ПК на дослідника, необхідно дотримуватися регламентованих режимів роботи та відпочинку.

5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

5.3.1 Дія землетрусу на виробничі приміщення

Землетрус є найбільш небезпечне стихійне лихо і являє собою підземні удари (поштовхи) і коливання земної поверхні, викликані природними причинами. При землетрусі величезної сили енергія поширюється у вигляді пружних природних хвиль. Землетрус може тривати від кількох секунд до кількох діб.

Критерієм стійкості виробничих приміщень в умовах дії землетрусу є його інтенсивність, яка вимірюється в балах за шкалою МСК, в залежності від якої можна визначити ступінь руйнування споруд.

Область виникнення підземного поштовху є осередком землетрусу, в межах якого здійснюється процес виділення накопиченої енергії у вигляді повздовжніх і поперечних пружних сейсмічних хвиль. Наслідки сильних землетрусів по ступені зруйнувань будинків, споруд і ураженню людей можна зрівняти з наслідками ядерного вибуху. Тому дуже велике значення надається заходам по прогнозуванню землетрусів.

5.3.2 Оцінка стійкості роботи виробничого приміщення в умовах дії землетрусу

Вихідні дані: $M = 8$ балів; $h = 11$ км; $R = 320$ км; $V_{np} = 5$ км/с; $V_{нов} = 1$ км/с.

Визначаємо енергію землетрусу за формулою

$$E = 10^{5,24+1,44M} \text{ [Дж];} \quad (5.1)$$

$$E = 10^{5,24 + 1,44 \cdot 8} = 57543993733715000 \text{ (Дж)}.$$

Знаходимо інтенсивність землетрусу

$$I_R = 1,5M - 3,51g\sqrt{R^2 + h^2} + 3 \text{ [бала]}; \quad (5.2)$$

$$I_R = 1,5 \cdot 8 - 3,51g\sqrt{320^2 + 11^2} + 3 = 6,25 \text{ (бала)}.$$

Оскільки $I_R = 6,25$ бала, то виробниче приміщення отримає середні або сильні руйнування.

Визначимо час приходу повздовжніх хвиль

$$t_{II} = \frac{\sqrt{R^2 + h^2}}{V_{II}} \text{ [с]}; \quad (5.3)$$

$$t_{II} = \frac{\sqrt{320^2 + 11^2}}{5} = 64,04 \text{ (с)}.$$

Знайдемо час приходу поверхневих сейсмічних хвиль

$$t_{\tau} = \frac{h}{V_{II}} + \frac{R}{V_{ПОВ}} \text{ [с]}; \quad (5.4)$$

$$t_{\tau} = \frac{11}{5} + \frac{320}{1} = 322,2 \text{ (с)}.$$

5.3.3 Розробка превентивних заходів з підвищення стійкості роботи в умовах дії НС

Прогнозування землетрусів може бути довгостроковим і короткостроковим. Воно здійснюється мережею сейсмічних станцій. Предвісниками землетрусів є ріст малих поштовхів, підйом води в свердловинах, деформація поверхні землі, підвищення рівня радіації (за рахунок радону), незвичайна (неспокійна) поведінка тварин і птахів.

Попередні заходи захисту від землетрусу включають:

- сейсмостійке будівництво;
- підготовку служб спасіння і ліквідації наслідків;
- нейтралізація джерел підвищеної небезпеки;
- навчання населення правилам поведінки під час землетрусу;
- наявність в кожному будинку (квартирі) аптечок першої медичної допомоги;
- закріплення в будинках столів, шаф і інш.

З початку землетрусу люди, люди що перебувають в будинку до 2-х поверхів, повинні негайно залишити приміщення і вийти на відкрите місце (за 25 – 30 с.). При неможливості залишити приміщення, стати в перерізі дверей, капітальних внутрішніх стін, вимкнути світло, газ. Після припинення підземних поштовхів покинути приміщення (ліфтом користуватись заборонено). Далі треба приступити до рятування людей.

Висновки

Було досліджено стійкість роботи в умовах впливу загрозливих факторів надзвичайних ситуацій. Із дослідження впливу землетрусу на стійкість роботи виробничого приміщення можна сказати, що виробниче приміщення отримає середні або сильні руйнування. Тому розроблено превентивні заходи з підвищення безпеки роботи в умовах дії НС.

Висновки

В магістерській кваліфікаційній роботі наведені наступні основні результати виконаних теоретичних і експериментальних досліджень:

- В магістерській кваліфікаційній роботі наведені основні результати виконаних теоретичних і експериментальних досліджень:
- - експериментально досліджено, що при використанні методу термодинамічного напилювання порошки розподіляються по соплу за законом Гауса;
- - на поверхні деталі утворюється симетрична пляма напилювання з перерізом, що відповідає закону нормального розподілення;
- - при використанні термодинамічного способу нанесення покриття з'являється можливість розробки нових технологій виготовлення виробів. Можна змінювати властивості різних ділянок деталі, виготовленої з порівняно недорогого конструкційного матеріалу, одержати сплави на робочій поверхні деталі з унікальними характеристиками міцності, зносостійкості і корозійної стійкості;
- - розроблено маршрут відновлення вал-шестерні редуктора, що дозволяє значно підвищити ресурс роботи відновлених поверхонь вал-шестерні при зниженні собівартості;
- - розраховані режими відновлення та механічної обробки деталі з розрахунками припусків та кількості переходів механічної обробки;
- - спроектована діляниця по відновленню вал-шестерні редуктора, розрахована кількість працюючих на ній;
- Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки за темою "Вибір та обґрунтування з використанням програмних продуктів матеріалів та технологій відновлення вал-шестерні" становить 35 балів, що, свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень оскільки рівень комерційного потенціалу розробки вище середнього.

- При оцінюванні рівня конкурентоспроможності, згідно узагальненого коефіцієнту конкурентоспроможності розробки, науково-технічна розробка переважає існуючі аналоги приблизно в 5,6 разів.
- Також термін окупності становить 1,9 роки, що менше 3-х років, що свідчить про комерційну привабливість науково-технічної розробки і може спонукати потенційного інвестора профінансувати впровадження даної розробки та виведення її на ринок.
- Отже можна зробити висновок про доцільність проведення науково-дослідної роботи за темою "Вибір та обґрунтування з використанням програмних продуктів матеріалів та технологій відновлення вал-шестерні".
- - на базі вузлів фірми Festo розроблена установка з числовим програмним керуванням для відновлення робочих поверхонь деталі, яка значно підвищує якість процесу;
- - технологічний процес відновлення відповідає вимогам охорони праці та безпеки в надзвичайній ситуації. Для забезпечення чистоти повітря і нормалізації параметрів мікроклімату, повинна бути передбачена система вентиляції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Savulyak V.I. Melted steel reaction with carbon fibers / V.I. Savulyak O.V. Postupailo // The Eighth International Congress in Materials Science and Engineering – ISSIM - Iasi – Romania 2013. – p. 65-70.
2. Проектування технологічних процесів відновлення поверхонь : лабораторний практикум / [Савуляк В. І., Шенфельд В. Й., Дусанюк Ж. П.] – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 51 с.
3. Шиліна О.П. Розповсюдження тепла та його вплив на структурні перетворення при зміцненні деталей автомобіля / О.П. Шиліна, О.В. Поступайло // Вісник ВПІ. – 2012 - №_С._ Бібліографія 8 назв.
3. Савуляк В.І. Вплив швидкості наплавлення на зносостійкість високовуглецевих шарів, нанесених методом електродугового наплавлення з використанням вуглецевих волокнистих матеріалів// В.І. Савуляк, В.Й. Шенфельд, О.Б. Янченко/«Наукові нотатки» / випуск 41 частина 1 – Луцьк, 2013. – с.224-229.
4. Savulyak V.I. Molten metal phase duration effect on the structure and hardness of high-carbon fused coating// V.I. Savulyak O.V. Postupailo, V.J.Shenfeld, O.V. Janchenco/ TENNOMUS journal / Romania, 2013 – P.29-33.
5. Савуляк В.І. Техніко-економічне обґрунтування способу відновлення деталей// В.І. Савуляк, О.П. Шиліна, Ж.П. Дусанюк, Ю.О. Слободянюк/ Збірник наукових праць ВНАУ. – 2012 . –С. 327-330.
6. Савуляк В.І. Витрати на електроенергію як критерій вибору способу нанесення покриття для відновлення деталей // В.І. Савуляк, О.П. Шиліна, Ж.П. Дусанюк, Ю.О. Слободянюк/ Вісник Вінницького політехнічного інституту – 2012. – №3 – с153-157.
- 7.Гайдамак О.Л. Розробка газодинамічного напилювального пристрою та дослідження швидкості руху напилювальних порошкових частинок//О.Л. Гайдамак, В.І. Савуляк. Вісник Вінницького політехнічного інституту. №6 (117), 2014. с 138-142.
8. Савуляк В.І. Порівняльний аналіз собівартості виготовлення та відновлення

деталей типу "вал"//Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. Ви-пуск:1(89) Том 2. 2015 р. - С. 21...25.

9. Савуляк В. І. Діагностика матеріалів, конструкцій та якості покриттів : лабораторний практикум / [Савуляк В. І., Бакалець Д. В, Поступайло О. В.] – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 78 с.

10. Дослідження властивостей покриттів, створених холодним газодинамічним напиленням порошку ПА-4// О.Л. Гайдамак, В.І. Савуляк. Вісник Донбаської державної машинобудвної академії: збірник науко-вих праць. №2 (38). 2016: Краматорськ: ДДМА. 2016. - С. 70-74.

11. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1/О.В. Дерібо. – Вінниця: ВНТУ. – 2013. 93 с.

12. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2/О.В. Дерібо. - Вінниця : ВНТУ, 2014. — 114 с.

13. Основи технології машинобудування [Текст]. Частина 1 : практикум / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 106 с.

10. Козловський В. О., Дружиніна В.О. Методичні вказівки до виконання студентами - магістрантами економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт– Вінниця: ВНТУ, 2012. – 22 с.

11. ДСТУ 7806:2015 Прокат з легованої конструкційної сталі. Технічні умови.

12.Дмитриченко М.Ф. Триботехніка та основи надійності машин /М.Ф. Дмитриченко, Р.Г. Мнацаканов, О.О. Мікосянчик // К.: Інформавтодор, 2006 – 216с.

13.Мікрометр гладкий МК ДСТУ 6507 – 90.

14 Зразки шорсткості поверхні. ДЕРЖСТАНДАРТ 9378-93.

15 ДСТУ ISO 6508-1:2013 Металеві матеріали. Визначення твердості за Роквеллом. Частина 1. Метод випробування (шкали А, В, С, D, E, F, G, H, K, N, T) (ISO 6508-1:2005, IDT)

16 ГОСТ 6637-80. Фрези черв'ячні для шліцевих валів з евольвентним профілем. Технічні умови, 22с.

- 17 ДСТУ 2651:2006. Сталь вуглецева звичайної якості. Марки. Міждержавний стандарт, 8с.
- 18 ДСТУ 2444-94. Розрахунки та випробування на міцність. Опір втомі. Терміни та визначення, 61с.
- 19 http://www.s-metall.com.ua/stal_40h.html
- 20 <http://www.sdelaysam.info/metal/center.shtml>
- 21 Сакевич В. Ф. Основи розробки питань цивільної оборони в дипломних проектах / В. Ф. Сакевич. – Вінниця : ВДТУ, 2001. – 109 с.
- 22 ДСТУ OHSAS 18002:2015. Системи управління гігієною та безпекою праці. Основні принципи виконання вимог OHSAS 18001:2007 (OHSAS 18002:2008, IDT). К. : ГП «УкрНИУЦ», 2016. 21 с
- 23 ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги. URL: http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page?id_doc=71028
- 24 НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. URL: http://sop.zp.ua/norm_praop_0_00-7_15-18_01_ua.php.
- 25 ДСТУ В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с
- 26 Гігієнічна класифікація праці (за показниками шкідливості і небезпеки факторів виробничого середовища від 12.08.1986 № 4137-86. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/v4137400-86>
- 27 ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>
- 28 ДБН В.2.5-28-2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/prirodne-i-shtuchne-osvitlennja-nor8425.html>
- 29 Про мінімальні вимоги безпеки при роботі з дисплейним обладнанням:

90/270/ЕЭС. Брюссель : Рада Європейських співтовариств, 1990. URL:
<http://docs.pravo.ru/document/view/32704903/>

30 Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.

Додаток А

**ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНИХ
ПРОДУКТІВ МАТЕРІАЛІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ВІДНОВЛЕННЯ
ВАЛ-ШЕСТЕРЕНЬ**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ГМ

д.т.н., проф. _____ Леонід ПОЛЩУК

«___» _____ 2023 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНИХ
ПРОДУКТІВ МАТЕРІАЛІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ВІДНОВЛЕННЯ

ВАЛ-ШЕСТЕРЕНЬ

08 – 62. МКР.009.00.000 ТЗ

Керівник: д.т.н., проф. каф.ГМ

_____ Валерій САВУЛЯК

Виконав: ст.гр. ЗВ-22м

_____ Вадим ПІДЛУБНИЙ

Вінниця 2023

Технічне завдання на магістерську кваліфікаційну роботу відповідає стандарту та ДСТУ 3973 – 2000.

1 Назва та об'єкт проектування

НАЗВА: ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ МАТЕРІАЛІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ВІДНОВЛЕННЯ ВАЛ-ШЕСТЕРЕНЬ

Умовне позначення: 08-62.МКР.009.00.000 ТЗ.

Вал –шестерня є складовою частиною редукторів, що входять до складу транспортних механізмів.

Редуктор призначений для збільшення крутного моменту на вихідному валу та регулювання швидкості. Використовується в приводах конвеєрів, лебідок, технологічних машинах. Основні елементи конструкції редуктора:

- корпус;
- шестерні передачі;
- підшипники опор;
- ущільнення.

Привод складається з електродвигуна, редуктора, з'єднувальних муфт, та виконавчих механізмів.

Головними конструкторськими базами даної деталі є місця під підшипники $\varnothing 60k6^{(+0,021)}_{(0,002)}$, і поверхня з шпонковим пазом - $\varnothing 80k7^{(+0,035)}_{(+0,002)}$ для встановлення шестерні, оскільки це є поверхні, за якими деталь орієнтується в редукторі та орієнтує інші деталі.

Поверхні, які працюють в спряженнях: $\varnothing 60k6^{(+0,021)}_{(0,002)}$ і $\varnothing 80k7^{(+0,035)}_{(+0,002)}$, зазнають найбільші навантаження і зношуються в результаті експлуатації. Спряження підшипник – вал за 6 квалітетом сприймає вплив фретинг – корозії.

Найбільш точними є поверхні $\varnothing 60k6^{(+0,021)}_{(0,002)}$ і $\varnothing 80k7^{(+0,035)}_{(+0,002)}$ оскільки вони виконані по 6 та 7 квалітету точності, які забезпечуються під час механічної обробки на верстатах з числовим програмним керуванням.

Деталь в цілому технологічна, майже всі поверхні мають добрий доступ під час механічної обробки.

2 Мета, призначення та джерела розробки

Розробка технологічного процесу проводиться на основі завдання на магістерську кваліфікаційну роботу згідно наказу ректора, складеного у відповідності до вимог навчального плану підготовки магістрів 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 покращення експлуатаційних властивостей вал-шестерні редуктора, проведення необхідних розрахунків оптимальних режимів обробки та модернізації, або проектування нової конструкції окремого технологічного обладнання.

Мета магістерської кваліфікаційної роботи – закріплення і розширення теоретичних та практичних навиків проектування технологічних процесів відновлення деталей.

Джерелами розробки є:

- методика техніко-економічного обґрунтування роботи;
- методика проектування технологічного процесу відновлення вал-шестерні редуктора;
- методика модернізації та проектування конструкції технологічного обладнання;
- вимоги до комплекту документів за ДСТУ 3973 - 2000;
- загальні правила розробки технологічних процесів і вибір засобів технологічного оснащення за ДСТУ 3973 - 2000;
- ДЕСТ 14.305-93 – Правила вибору технологічної оснастки;
- технічна література, довідникові видання.

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 дипломну роботу та положенням кафедри по модульно-рейтинговій оцінці рівня та термінів виконання роботи.

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

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 вал-шестерні редуктора - 500 шт;
- знос поверхонь, що відновлюються, менше 0,2 мм від встановлених робочим кресленням.

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.

3.5 Стадії та етапи розробки.

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

- техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу відновлення вал-шестерні;
- розробка основної проектної задачі:
- технологічне проектування технологічного процесу;
- розробка обладнання та пристосування для технологічного процесу;
- охорона праці, навколишнього середовища та ЦО;
- економічна ефективність розробок.

3.6 Порядок контролю та приймання.

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

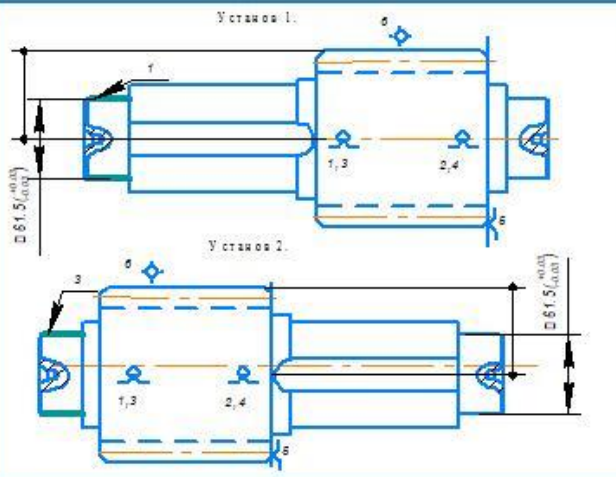
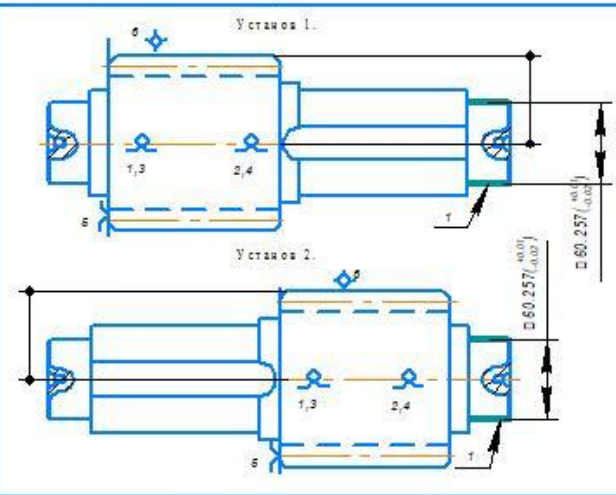
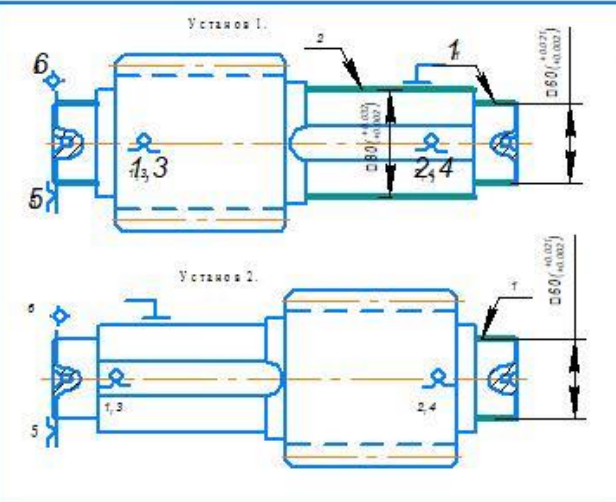
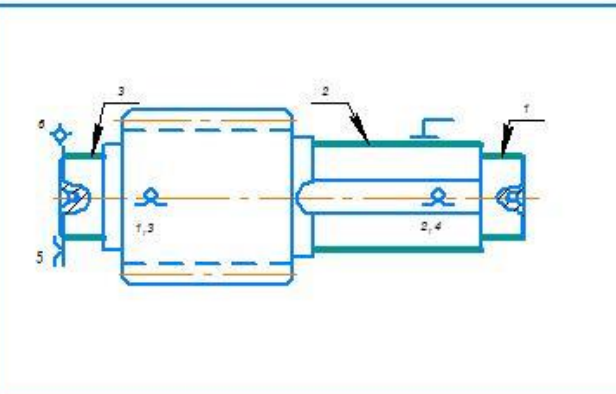
Технічне завдання оформлюється у відповідності з загальними вимогами до текстових конструкторських документів за ДСТУ 3973 - 2000, на листах формату А4.

Додаток Б

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ

**ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНИХ
ПРОДУКТІВ МАТЕРІАЛІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ВІДНОВЛЕННЯ
ВАЛ-ШЕСТЕРЕНЬ**

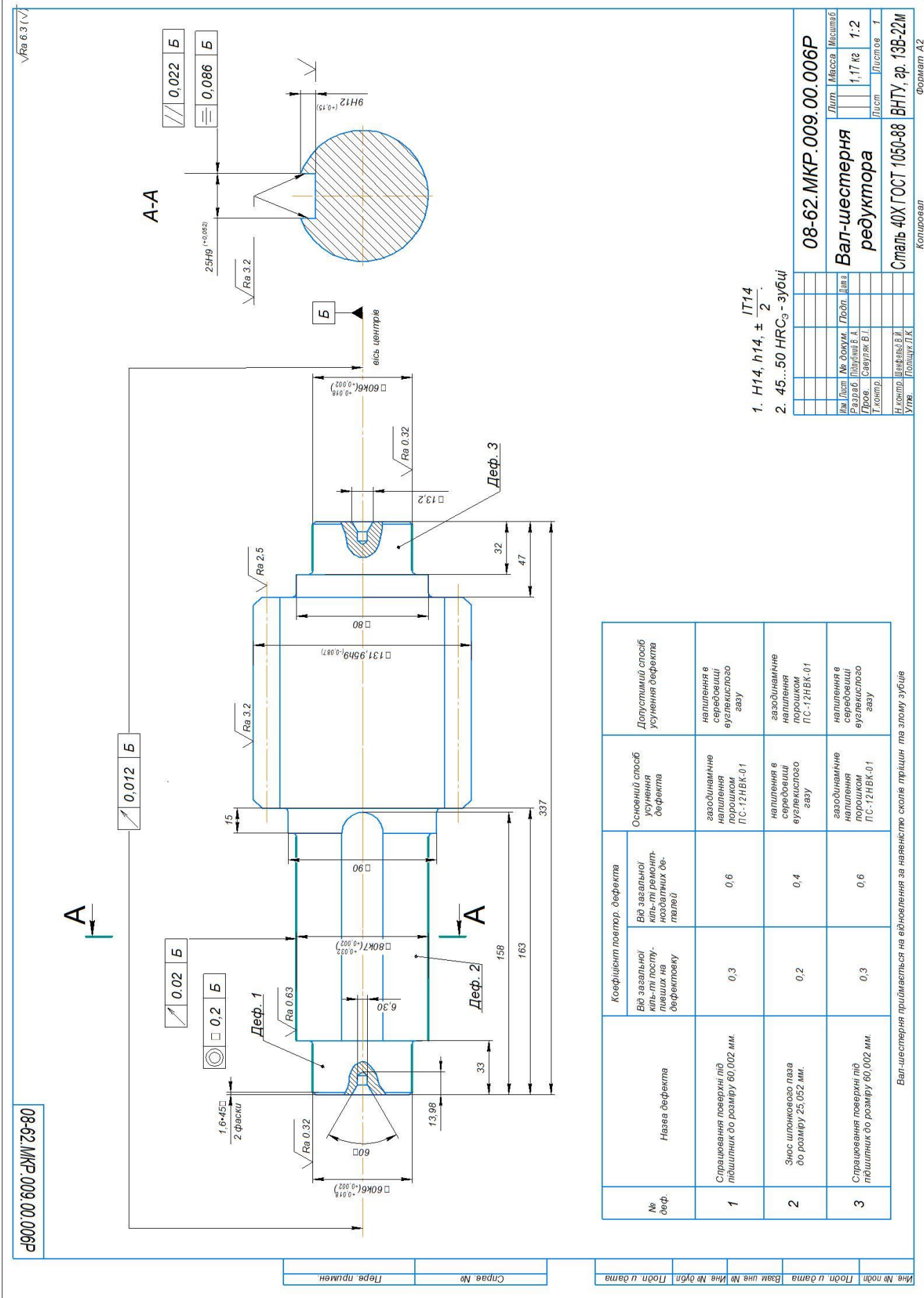
№ операції	Найменування операції та технічних переходів	Схема базування	Обладнання
005	<p>Мийна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установити і зняти деталь 2. Мити деталь розчином «Лабомід» 		1. Струменеві-камерна машина ОН-4610
010	<p>Шліфувальна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установити і зняти деталь 2. Шліфувати зовнішній діаметр зубчатого вівця (поверхня 1) 		1. Шліфувальний верстат 3М153У
015	<p>Токарна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установити зняти деталь 2. Точити поверхню 2 згідно ескізу до $\varnothing 79,5$ мм 3. Точити поверхню 2 згідно ескізу до $\varnothing 79$ мм 		1. Токарно-гвинтовий верстат 16К20Ф3
020	<p>Наплавлювальна</p> <p>Установ 1.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установити і зняти деталь 2. Заплавити правий центровий отвір 3. Заплавити шпонковий паз згідно ескізу 4. Наплавити поверхню 3 згідно ескізу до $\varnothing 82,3$ мм <p>Установ 2.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Переустановити деталь 2. Заплавити лівий центровий отвір 		1. Угсановка УД-209М
025	<p>Токарна</p> <p>Установ 1.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установити зняти деталь 2. Підрізати правий торець 3. Центрувати правий центровий отвір 4. Точити поверхню 2 попередньо до $\varnothing 59,5$ мм та поверхню 3 попередньо до $\varnothing 80,703$ мм 5. Точити поверхню 2 остаточно до $\varnothing 59$ мм та поверхню 3 остаточно до $\varnothing 80,21$ мм <p>Установ 2.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Переустановити деталь 2. Підрізати лівий торець 3. Центрувати лівий центровий отвір 4. Точити поверхню 2 попередньо до $\varnothing 59,5$ мм 5. Точити поверхню 2 остаточно до $\varnothing 59$ мм 		1. Токарно-гвинтовий верстат 16К20Ф3
030	<p>Фрезерна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установити і зняти деталь 2. Фрезерувати шпонковий паз згідно ескізу до параметрів: 125x25x9. 		1. Вертикально-фрезерний верстат 6Т104

<p>036</p> <p>Напильник Установ 1. 1. Установити зніти деталь 2. Напильти поверхню 1 згідно сесізу до $\varnothing 61,5$ мм Установ 2. 1. Перустановити деталь 2. Напильти поверхню 3 згідно сесізу до $\varnothing 61,5$ мм</p>		<p>1. Установка для газодинамического напильника</p>
<p>040</p> <p>Токарка Установ 1. 1. Установити зніти деталь 2. Точити поверхню 1 однократно до $\varnothing 60,237$ мм Установ 2. 1. Перустановити деталь 2. Точити поверхню 1 однократно до $\varnothing 60,237$ мм</p>		<p>1. Токарно-шлифовый агрегат 16К200З</p>
<p>046</p> <p>Шлифовальная Установ 1. 1. Установити зніти деталь 2. Шліфувати поверхню 1 згідно сесізу до розміру $\varnothing 60,061$ мм 3. Шліфувати поверхню 1 згідно сесізу до розміру $\varnothing 60^{+0,021}_{-0,002}$ мм 4. Шліфувати поверхню 2 згідно сесізу до розміру $\varnothing 80,072$ мм 5. Шліфувати поверхню 2 згідно сесізу до розміру $\varnothing 80^{+0,012}_{-0,002}$ мм Установ 2. 1. Перустановити деталь 2. Шліфувати поверхню 1 згідно сесізу до розміру $\varnothing 60,061$ мм 3. Шліфувати поверхню 1 згідно сесізу до розміру $\varnothing 60^{+0,021}_{-0,002}$ мм</p>		<p>1. Шлифовальный агрегат 3М 153У</p>
<p>060</p> <p>Контрольная 1. Контроль поверхности 1 згідно сесізу 2. Контроль поверхности 2 згідно сесізу 3. Контроль поверхности 3 згідно сесізу 4. Шліфувальність обробки поверхні</p>		<p>1. ШЦ-II ГОСТ 166-89. 2. Зразки шліфувальності поверхні: ГОСТ 2789-73 3. Пристрій контрольний</p>

Додаток В

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНИХ
ПРОДУКТІВ МАТЕРІАЛІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ВІДНОВЛЕННЯ
ВАЛ-ШЕСТЕРЕНЬ



08-62.МКР.009.00.006Р

√Ra 6.3 (√)

A-A

0,022 Б
0,086 Б

25H9 (+0,002)

√Ra 3.2

9H12 (-0,15)

Б
ось центру

□60k6 (-0,018)

□13.2

√Ra 0.32

Деф. 3

32

47

0,012 Б

0,02 Б
0,2 Б

Деф. 1

√Ra 0.63

6.30

□60k7 (-0,002)

□90

15

А

Деф. 2

158

163

337

1,6-45°
2 фаски

Деф. 1

√Ra 0.32

60°

□60k6 (-0,018)

□131.95h9 (-0,087)

80

√Ra 3.2

13.98

33

1. H14, h14, ± $\frac{IT14}{2}$.
2. 45...50 HRC₃ - зубці

08-62.МКР.009.00.006Р		Лист	Масса	Масштаб
Вал-шестерня редуктора		Лист	1,17 кг	1:2
Сталь 40Х ГОСТ 1050-88		Лист	1	1
И.контр.	И.инж.	И.пр.	И.дир.	И.зам.
Утв.	Инженер В.И.	Проверил Л.К.	Лист	1
ВНТУ, ар. 13В-22М				

№ дефекта	Назва дефекта	Коэффициент повтор. дефекта		Основной способ устранения дефекта	Допустимый способ устранения дефекта
		Вд зазальної кіль-ти поступивших на дефектовку	Вд зазальної кіль-ти ремонтно-новозалих об'єктів		
1	Спрацювання поверхні під підшипник до розміру 60,002 мм.	0,3	0,6	газодинамічне наплення порошковою вуглекислою газу ПС-12НБК-01	наплення в середовищі вуглекислого газу
2	Знос шпонкового газу до розміру 25,052 мм.	0,2	0,4	наплення в середовищі вуглекислого газу	газодинамічне наплення порошковою вуглекислою газу ПС-12НБК-01
3	Спрацювання поверхні під підшипник до розміру 60,002 мм.	0,3	0,6	газодинамічне наплення порошковою вуглекислою газу ПС-12НБК-01	наплення в середовищі вуглекислого газу

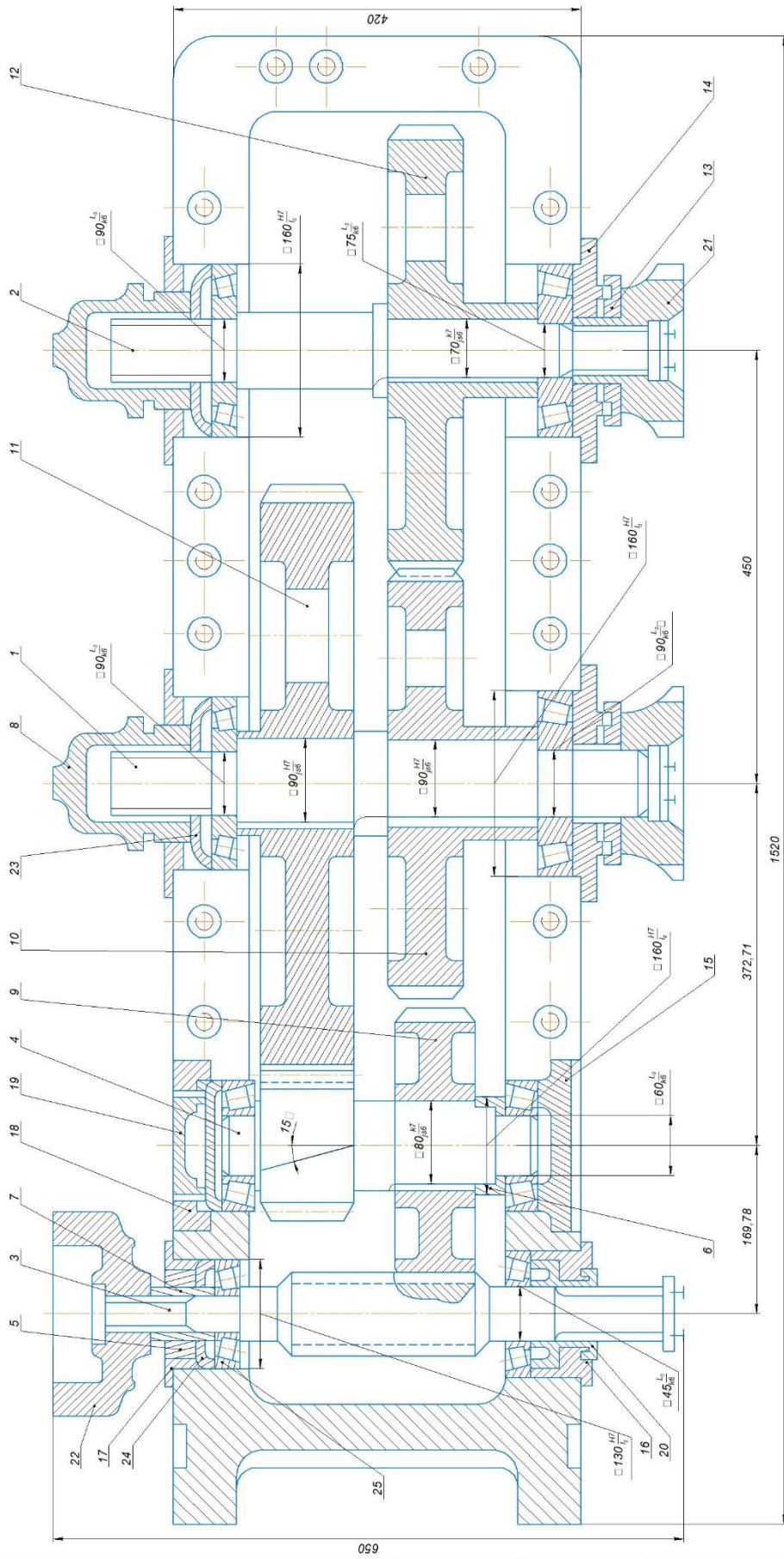
Вал-шестерня приймається на ввізнення за наявності сколів пріцип та злому зубці

Копіювал

Формат А2

Лист № подл. Подл. и дата. Взял инв № Инв № дубл. Подл. и дата. Справа №. Лева примен.

ХС 0001/0600-ММ 75-80



Технича характеристика
 1. Засальні передаточне число 36,72

2. Момент обертання на вихідному валу, Нм
 234 т
 3. Число обертів швидкохідного вала, хв⁻¹
 2810

Технічні вимоги
 1. Площу роз'єму покрити герметиком при кінцевому збіранні;
 2. Необроблені поверхні в середині редуктора красити

маєстійкою
 фарбою, зевні сильно вітрезкалю.
 3. В редуктор заповити маслом ИГ-С - 46

Лист	Масштаб	Матеріал
08-62.МКР.009.01.000.СК		
Редуктор (Головний вид)		
Контр.	Складено	Т
1:2		
ВТУ зр. 138-22М		
Формат А1		

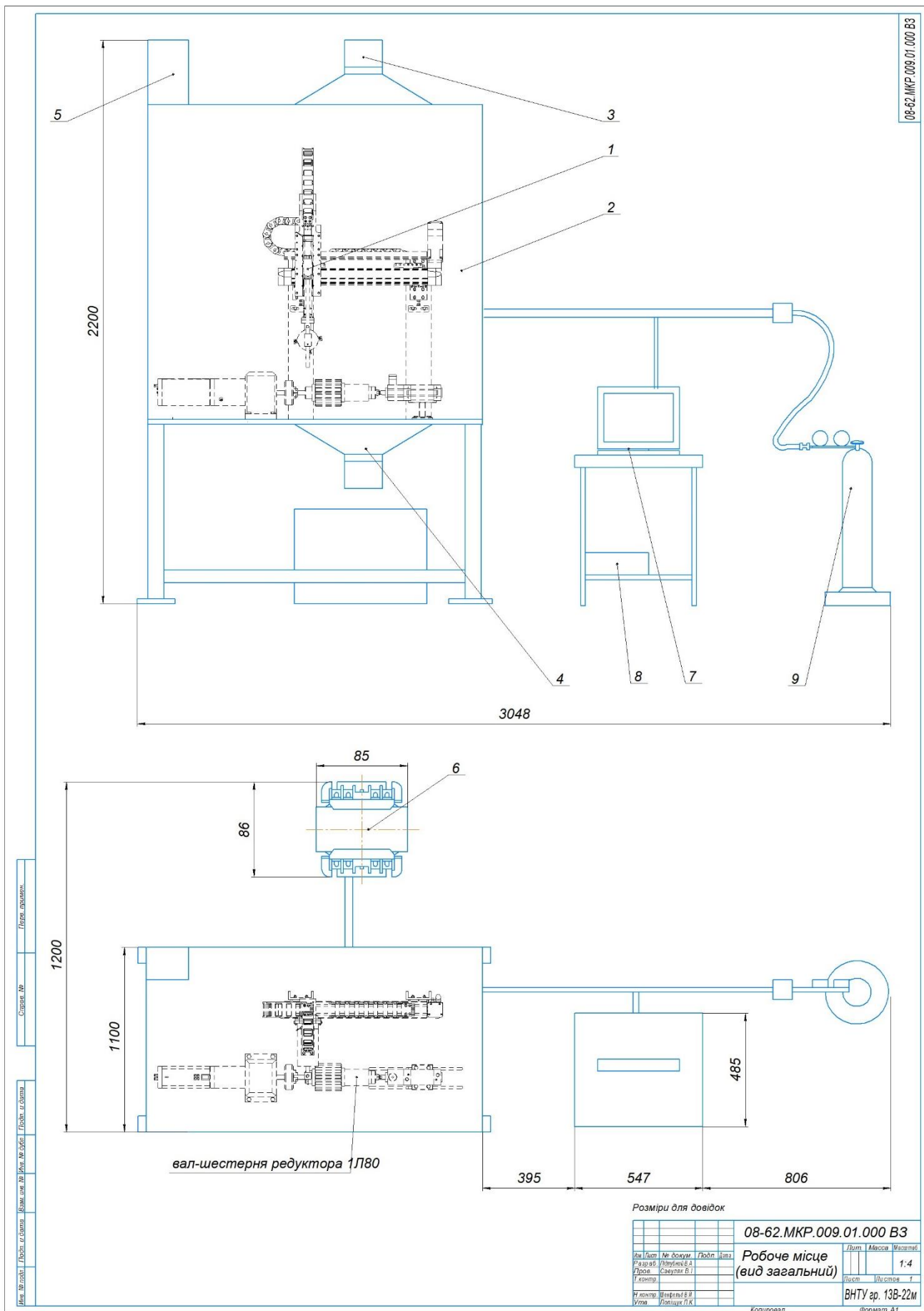
Технічна характеристика
 1. Засальні передаточне число 36,72

2. Момент обертання на вихідному валу, Нм
 234 т
 3. Число обертів швидкохідного вала, хв⁻¹
 2810

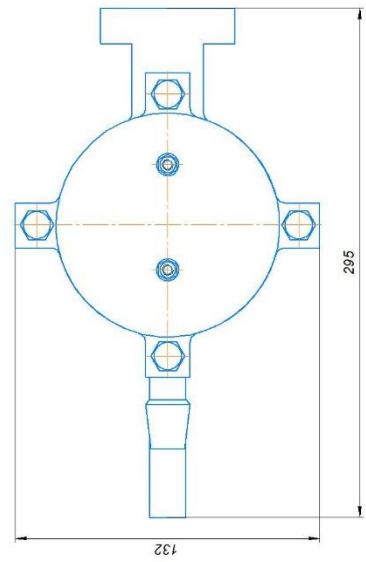
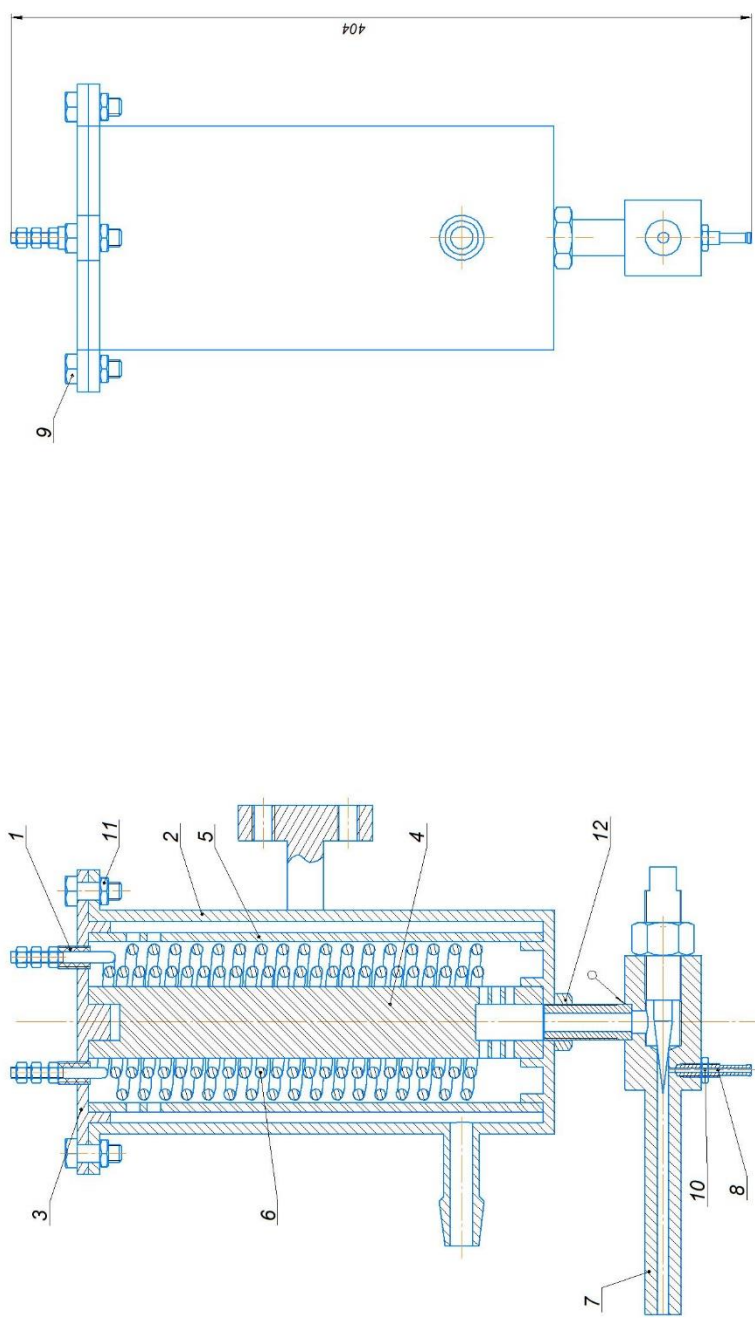
Технічні вимоги
 1. Площу роз'єму покрити герметиком при кінцевому збіранні;
 2. Необроблені поверхні в середині редуктора красити

маєстійкою
 фарбою, зевні сильно вітрезкалю.
 3. В редуктор заповити маслом ИГ-С - 46

Лист	Масштаб	Матеріал
08-62.МКР.009.01.000.СК		
Редуктор (Головний вид)		
Контр.	Складено	Т
1:2		
ВТУ зр. 138-22М		
Формат А1		



08-62 МКР-009.03.000 СК



Изм.	№	Исполн.	Дата	Исполн.	Дата	Исполн.	Дата	Исполн.	Дата
<p>08-62 МКР-009.03.000 СК</p> <p>Газодинамичний регулятор тиску</p> <p>ВНУ, ар. 138-22М</p>									

Имя, № докум. | Техн. у. дата | Имя, № докум. | Техн. у. дата | Имя, № докум. | Техн. у. дата | Имя, № докум. | Техн. у. дата | Имя, № докум. | Техн. у. дата

Додаток Г

СПЕЦИФІКАЦІЇ

ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНИХ
ПРОДУКТІВ МАТЕРІАЛІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ВІДНОВЛЕННЯ
ВАЛ-ШЕСТЕРЕНЬ

Перв. примен.		Формат		Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
08-30.КР.ПТВЗ.09.000.000	А1	Зона	Поз.				
Справ. №				<u>Документація</u>			
				08-62.МКР.009.03.000 ВЗ Вид загальний			
				<u>Складальні одиниці</u>			
			1	08-62.МКР.009.03.001	Установка з ЧПК	1	
			2	08-62.МКР.009.03.002	Захисний бокс	1	
			3	08-62.МКР.009.03.003	Вентиляція верхня	1	
	4	08-62.МКР.009.03.004	Вентиляція нижня	1			
	5	08-62.МКР.009.03.005	Живильник	1			
Подп. и дата				<u>Стандартні вироби</u>			
			6			Блок живлення ОСМ1-0,1 220/5-22-220/36	1
			7			Комп'ютер	1
			8			Контроллери	2
			9			Балон з газом	1
08-62.МКР.009.03.000							
Изм. Лист		№ докум.		Подп.		Дата	
Разраб. Підлубний В.А.							
Пров. Савуляк В.І							
Н.контр. Шенфельд В.Й.							
Уте. Поліщук Л.К.							
Ине. № подл.		Лит.		Лист		Листов	
				1		1	
		Робоче місце		ВНТУ зр.13В-22м			

Ине. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
							08-30.КР.ПКОН.09.000.000 СК							
											<u>Документація</u>			
										08-62.МКР.009.03.000 СК	Складальне креслення			
											<u>Деталі</u>			
									1	08-62.МКР.009.03.001	Гумовий ізолятор	1		
									2	08-62.МКР.009.03.002	Корпус	1		
									3	08-62.МКР.009.03.003	Кришка	1		
									4	08-62.МКР.009.03.004	Керамічний ізолятор внутрішній	1		
									5	08-62.МКР.009.03.005	Керамічний ізолятор зовнішній	1		
									6	08-62.МКР.009.03.006	Спіраль	1		
									7	08-62.МКР.009.03.007	Сопло	1		
									8	08-62.МКР.009.03.008	Штуцер	1		
											<u>Стандартні вироби</u>			
									9					
									10		Болт М8-8g x 20 ГОСТ 15589-70	4		
									11		Гайка 2М4-6Н ГОСТ 5916-70			
									12		Гайка М8 ГОСТ 15526-70			
											Гайка М16 ГОСТ 15526-70			
08-62.МКР.009.03.000														
Ине. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Лист	Листов
							Разр аб.		Підлубний В.А.				1	1
							Пров.		Савуляк В.І.					
							Н. контр.		Шенфельд В.Й.					
							Утв.		Поліщук Л.К.					
Газодинамічний напилувальний пристрій												ВНТУ гр.13В-22м		

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Перв. примен.						
				<u>Документація</u>		
A1			08-62.МКР.006.01.000 СК	Складальне креслення		
				Складальні одиниці		
Справ. №						
				<u>Деталі</u>		
		1	08-62.МКР.009.01.001	Вал	1	
		2	08-62.МКР.009.01.002	Вал	1	
		3	08-62.МКР.009.01.003	Вал - шестерня	1	
A2		4	08-62.МКР.009.01.004	Вал - шестерня	1	
		5	08-62.МКР.009.01.005	Втулка різьбова	1	
		6	08-62.МКР.009.01.006	Втулка розпорна	1	
		7	08-62.МКР.009.01.007	Втулка упорна	1	
		8	08-62.МКР.009.01.008	Ковпак	2	
		9	08-62.МКР.009.01.009	Колесо зубчасте	1	
		10	08-62.МКР.009.01.010	Колесо зубчасте	1	
		11	08-62.МКР.009.01.011	Колесо зубчасте	1	
		12	08-62.МКР.009.01.012	Колесо зубчасте	1	
		13	08-62.МКР.009.01.013	Кільце лабіринтове	1	
		14	08-62.МКР.009.01.014	Кришка	1	
		15	08-62.МКР.009.01.015	Кришка	1	
		16	08-62.МКР.009.01.016	Кришка	1	
		17	08-62.МКР.009.01.017	Кришка	1	
		18	08-62.МКР.009.01.018	Кришка	1	
		19	08-62.МКР.009.01.019	Кришка різьбова	1	
		20	08-62.МКР.009.01.020.	Лабіринт	1	
08-62.МКР.009.01.000						
Изм. Лист		№ докум.		Подп.	Дата	
Ра зр а б.		Підлубний В.А.				
Пров.		Савуляк В.І.				
Н. контр.		Шенфельд В.Й.				
Утв.		Поліщук Л.К.				
Редуктор				Лит. Лист Листов		
				1 2		
				ВНТУ, гр.13В-22 м		

Перв. примен.	08-30.КР.ПТВЗ.09.000.001 СК			Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
	Формат	Зона	Поз.				
Справ. №	A1			08-62.МКР.006.02.000 СК	Складальне креслення		
					<u>Документація</u>		
					<u>Складальні одиниці</u>		
		1		08-62.МКР.009.02.001	Обертач	1	
		2		08-62.МКР.009.02.002	Металізатор	1	
		3		08-62.МКР.009.02.003	Рама	1	
					<u>Стандартні вироби</u>		
		4			Кронштейн МУС-40	2	
		5			Корпус муфти ЕАМС-30-35-14-12	1	
		6			Корпус муфти ЕАММ-А-Л48-70А2	1	
		7			Консольна вісь EGSA-50-100	1	
		8			Сервомотор МTR-DCI-62S-VCSC-EG7	1	
		9			Сервомотор EMMS-AS-40-МК-TS	1	
		10			Сервомотор EMMS-AS-70-М-RM2	1	
		11			Паралельний набір ЕАММ-У-А19-40А	1	
		12			Привод EGC-80-500TB-KF-ОН-GK	1	
	13			Гвинт М14-8g•35.58 ГОСТ10602-94	4		
	14			Гвинт М18-8g•45.58 ГОСТ10602-94	4		
	15			Гвинт М10-8g•25.58 ГОСТ10602-94	4		
	16			Гайка М18-7Н.12	4		
				08-62.МКР.009.02.000			
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
	Ра зр аб.	Підлубний В.А.				Лит.	Лист
	Пров.	Савуляк В.І.					Листов
	Н. контр.	Шенфельд В.Й.				Установка з числовим програмним керуванням для відновлення деталей	
Утв.	Поліщук Л.К.					1	1
						ВНТУ гр. 13В-22м	

Додаток Д

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ
ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНИХ
ПРОДУКТІВ МАТЕРІАЛІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ВІДНОВЛЕННЯ
ВАЛ-ШЕСТЕРЕНЬ

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: «Вибір та обґрунтування з використанням програмних продуктів матеріалів та технологій відновлення вал-шестерень»

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ Кафедра «Галузевого машинобудування», ФМТ.
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 81,6% Схожість 18,4%

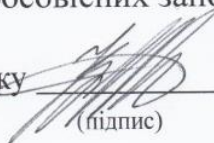
Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

✓ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.

3. Виявлені у роботі запозичення с недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку

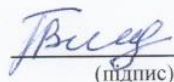

(підпис)

Шенфельд В. Й.

(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи


(підпис)

Підлубний В.А.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Савуляк В.І.

(прізвище, ініціали)

