

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вишого навчального закладу)

Факультет машинобудування та транспорту
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра галузевого машинобудування
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

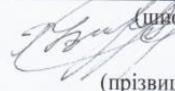
МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Підвищення якості відновлення робочих поверхонь валу черв'ячного редуктора рчн-180М»

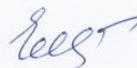
Виконав: студент 2 курсу, групи 13В-23М
спеціальності 132 – «Матеріалознавство».

(шифр і назва спеціальності)


 **Віктор ГОГОЛЬ**
(прізвище та ініціали)

« 12 » грудня 2023 р.

Керівник: к.т.н., доц. Олена ШИЛІНА
(прізвище та ініціали)

 « 14 » грудня 2023 р.

Опонент: к.т.н., доц. Микола МИТКО, доц. каф. АТМ
(прізвище та ініціали)

 « 18 » грудня 2023 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ГМ

д.т.н., проф. Леонід ПОЛІЩУК

(прізвище та ініціали)

« 12 » вересня 2023 р.

Вінниця ВНТУ – 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

Леонід ПОЛІЩУК

«18» вересня 2023 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
Віктору ГОГОЛЮ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ВАЛУ ЧЕРВ'ЯЧНОГО РЕДУКТОРА РЧН-180М

керівник роботи к.т.н., доц. Олена ШИЛІНА

затверджені наказом вищого навчального закладу від

“ 18 ” вересня 2023 року № 247

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

3. Вихідні дані до роботи:

Робоче креслення валу черв'ячного, програма відновлення N = 800

Режим роботи довготривалий

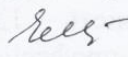
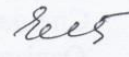




4. Зміст текстової частини:

Вступ. Розділ 1. Сучасний стан наукової проблеми і шляхи її вирішення. Розділ 2. Дослідження направлені на підвищення довговічності відновлення робочих поверхонь валу циліндричного редуктора рчн-180М. Розділ 3. Розробка та обґрунтування параметрів технологічного процесу відновлення черв'ячного валу редуктора рчн-180М. Розділ 4. Розділ 5. Охорона праці і безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки

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

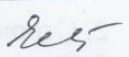
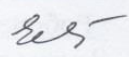
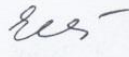
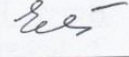
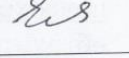
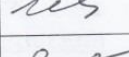
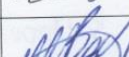


Вал черв'ячний РНЧ-180М – 1 л. ф. А2; Вал черв'ячний РНЧ-180М (ремонтне) – 1 л. ф. А2 ; 3D модель валу черв'ячного РНЧ-180М – 1 л. ф. А2
Технологічний процес відновлення – 1 л. ф. А1; Робоче місце (вид загальний) – 1 л. ф. А1; Установка з ЧПК (складальне креслення) – 1 л. ф. А1; 3D модель установки з ЧПК – 1 л. ф. А1; Розпилювач – 1 л. ф. А1; 3D модель розпилювача – 1 л. ф. А2

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

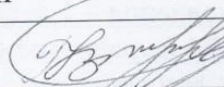
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Олена ШИЛІНА, к.т.н., доц., кафедри ГМ	18.09.2023р. 	3.12.2023р. 
Економіка виробництва	Ольга РАТУШНЯК, к.е.н., доц., кафедри ЕПВМ	18.09.2023р. 	2.12.2023р. 
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Софія ДЕМБІЦЬКА, д.п.н., доцент, Олег БЕРЕЗЮК, д.т.н.Б проф. кафедри БЖД та ПБ	18.09.2023р. 	2.12.2023р. 

7. Дата видачі завдання « 18 » вересня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

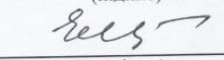
№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Формування та затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи (МКР)	18.09.23 р.	
2	Виконання спеціальної частини МКР. Перший рубіжний контроль виконання МКР	26.10.2023 р.	
3	Виконання спеціальної частини МКР. Другий рубіжний контроль виконання МКР	30.11.23 р.	
4	Виконання розділу «Економіка виробництва»	24.11.23 р.	
5	Виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»	25.11.23 р.	
6	Попередній захист МКР	12.12.23 р.	
7	Нормоконтроль МКР	17.12.23 р.	
8	Опонування МКР	18.12.2023 р.	
9	Захист МКР	21.12.2023 р.	

Студент


 (підпис)

Віктор ГОГОЛЬ

Керівник проекту


 (підпи)

Олена ШИЛІНА

АНОТАЦІЯ

УДК 681.12

Віктор ГОГОЛЬ. Підвищення якості відновлення робочих поверхонь валу черв'ячного редуктора РЧН-180М. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 132 – Матеріалознавство, освітня програма – Інтелектуальні технологічні системи в інженерії поверхні. Вінниця: ВНТУ, 2023. 99 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 42 назв; рис.: 20; табл. 38.

У магістерській кваліфікаційній роботі удосконалено технологію відновлення валу черв'ячного редуктора. Новизна розробки полягає у застосуванні електродугового напилювання в присутності рідкого вуглеводного палива, що дозволяє створити умови для реалізації технологій, які важкодоступні або неможливі у інших технологіях та формування поверхневого шару з покращеними властивостями його захисту від зношування у порівнянні з його аналогами.

У загальній частині роботи розглянуто особливості формування відновлених поверхневих шарів валу, а також обґрунтована доцільність вдосконалення електрометалізатора для напилювання.

У розрахунково-конструкторській частині виконана розробка установка з числовим програмним керуванням на базі вузлів компанії «Festo».

У технологічній частині розроблений технологічний процес відновлення валу черв'ячного редуктора.

Графічна частина складається з 9 плакатів.

У розділі охорони праці опрацьовано такі питання, як причини виникнення, дія на організм людини та нормування шкідливих та небезпечних виробничих факторів у виробничому приміщенні; технічні рішення з гігієни праці та гігієнічна оцінка умов праці; рекомендації щодо поліпшення умов праці, а також визначено витрати води для гасіння пожежі. Розроблено превентивні заходи по підвищенню безпеки роботи в умовах дії надзвичайних ситуацій.

Ключові слова: електродугове напилювання, вуглеводне паливо, електрометалізатор, мікроструктура, ледебуріт.

ABSTRACT

УДК 681.12

Viktor GOGOL. Improving the quality of restoration of the working surfaces of the shaft of the RCHN-180M worm gear. Master's thesis on specialty 132 - Materials science, educational program - Intelligent technological systems in surface engineering. Vinnytsia: VNTU, 2023. 99 p. In Ukrainian speech Bibliography: 42 titles; Fig.: 20; table 38.

In the master's qualification work, the technology of restoration of the worm gear shaft was improved. The novelty of the development consists in the application of electric arc spraying in the presence of liquid hydrocarbon fuel, which allows creating conditions for the implementation of technologies that are difficult to access or impossible in other technologies and the formation of a surface layer with improved properties of its protection against wear in comparison with its analogues.

In the general part of the work, the features of the formation of the restored surface layers of the shaft are considered, as well as the justified feasibility of improving the electrometalizer for filing.

In the calculation and design part, the development of the installation with numerical software control based on the nodes of the company "Festo" was carried out. In the technological part, the technological process of restoring the worm gear shaft has been developed.

The graphic part consists of 9 posters.

In the occupational health and safety section, issues such as the causes of occurrence, effects on the human body, and regulation of harmful and dangerous production factors in the production premises are elaborated; technical decisions on occupational hygiene and hygienic assessment of working conditions; recommendations for improving working conditions, as well as determined water consumption for fire extinguishing. Preventive measures have been developed to increase work safety in emergency situations.

Key words: electric arc spraying, hydrocarbon fuel, electrometalizer, microstructure, ledeburite.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 СУЧАСНИЙ СТАН НАУКОВОЇ ПРОБЛЕМИ І ШЛЯХИ ЇЇ ВИРІШЕННЯ.....	12
1.1 Суть технічної проблеми.....	12
1.2. Особливості формування та структури покриттів отриманих електрометалізацією під впливом рідкого вуглеводного палива	15
1.3 Висновки та постановка задач досліджень.....	16
2 ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРАВЛЕНІ НА ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ВАЛУ ЦИЛІНДРИЧНОГО РЕДУКТОРА РЧН-180М.....	17
2.1 Матеріали та методика досліджень.....	17
2.2 Аналіз результатів проведених досліджень	17
2.3 Проектування електродугового пристрою.....	20
2.4 Висновки до другого розділу.....	27
3 РОЗРОБКА ТА ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ЧЕРВ'ЯЧНОГО ВАЛУ РЕДУКТОРА РЧН-180М.....	29
3.1 Аналіз службового призначення вузла, деталі.....	29
3.2 Матеріал деталі і його властивості.....	31
3.3 Якісні та кількісні показники технологічності валу.....	31
3.4 Дефектування вала червячного редуктора РЧН-180М.....	35
3.5 Розробка плану операцій.....	36
3.6 Маршрутна карта процесу відновлення.....	38
3.7 Визначення припусків на механічну обробку для поверхонь 1 і 2 та 3	39
3.8 Визначення товщини покриття та кількості переходів операції відновлення.....	43
3.9 Розрахунок та призначення режимів відновлення вала	45
3.10 Нормування операцій технологічного процесу.....	47
3.11 Створення конструктивної схеми верстата та її опис.....	49
3.12 Визначення способу закріплення деталі.....	50
3.13 Розрахунок масоцентровочних характеристик (МЦХ) деталі та рухомих частин пристрою її закріплення.....	52
3.14 Розрахунок маси розпилюючого пристрою.....	53

3.15 Розрахунок та вибір виконавчих механізмів установки для автоматизованого відновлення деталей.....	54
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	60
4.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки	60
4.2 Визначення рівня конкурентоспроможності розробки.....	64
4.3 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи.....	67
4.4 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки при її можливій комерціалізації потенційним інвестором.....	76
5. ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	82
5.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи.....	83
5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	85
5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи в умовах дії загрозливих факторів НС.....	90
ВИСНОВКИ.....	94
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	96
Додаток А (обов'язковий) ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	100
Додаток Б (обов'язковий) ТЕХНІЧНА ДОКУМЕНТАЦІЯ.....	108
Додаток В (обов'язковий) ГРАФІЧНА ЧАСТИНА.....	127
Додаток Г (обов'язковий) : СПЕЦІФІКАЦІЯ	
Додаток Д (обов'язковий) : ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ	

ВСТУП

Актуальність теми. Більшість деталей машин, що працюють в умовах тертя та зношування піддають термічному зміцненню та надають поверхневому шару спеціальних властивостей таких як – зносостійкість, твердість, антифрикційні властивості та інше. Ці властивості поверхневого шару отримують електродуговим наплавленням, плазмовим, когерентним випромінюванням тощо. На сучасному етапі розвитку науки та техніки проблема захисту деталей машин і конструкцій від зносу, підвищення їхньої надійності є одною із пріоритетних. Оптимізація процесу відновлення робочих поверхонь деталей в наш час є дуже актуальною темою. Адже при відновленні досягаються велика економія сировини. При відновленні деталей зменшуються витрати, пов'язані з їх обробкою, так як при цьому обробляються не всі поверхні деталей, а лише ті які мають дефекти.

Вал черв'ячний редуктора РЧН-180М є деталлю з евольвентним профілем робочої частини, що підлягає відновленню. При виборі методу нанесення функціонального покриття для такої деталі необхідно враховувати, що для зменшення залишкових деформацій і відхилень форми і профілю робочої поверхні тепловий вплив на деталь повинен бути мінімальний. Саме тому для відновлення таких деталей перспективним методом є електродугове напилювання в присутності рідкого вуглеводного палива. Шляхом вирішення проблеми може бути поєднання термічної обробки та поверхневого зміцнення. Використання рідкого вуглеводного палива дозволяє створити умови для реалізації технологій, які важкодоступні або неможливі у інших технологіях. Це фізико-хімічні процеси, які проходять при утворенні металевих частинок і нанесення їх на поверхню деталей. Найбільш відомими недоліками даного методу у порівнянні з іншими методами є відносно висока пористість покриття та відносно низька сила зчеплення покриття з основою [13, 14].

Таким чином, розглядаючи властиві електродугового напилювання в присутності рідкого вуглеводного палива його недоліками у поєднанні з

уніфікованістю, високими продуктивністю і якістю покриття, тема магістерської кваліфікаційної роботи «Технологічні засади підвищення якості процесів відновлення робочих поверхонь валу черв'ячного редуктора РЧН-180М», присвячена впровадженню цього методу для відновлення деталей типу вал черв'ячний, являється актуальною для ремонтної, машинобудівної і інших галузей промисловості України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана відповідно до тематики спеціальності Матеріалознавство за спеціалізацією «Інтелектуальні технологічні системи в інженерії поверхні» 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 і завдання роботи є удосконалення технології відновлення валу черв'ячного редуктора електродуговим напилюванням в присутності рідкого вуглеводного палива шляхом керування технологічними параметрами на всіх етапах процесу відновлення та вдосконаленням конструкції обладнання для напилювання.

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

1. Обґрунтувати вибір електродугової металізації в якості оптимального методу відновлення працездатності валу черв'ячного і на основі аналітичного огляду показати ефективність його використання при відновленні.
2. Експериментально дослідити застосування рідкого вуглеводного палива при електрометалізації поверхні деталі в процесі формування відновленого шару.
3. Аналізувати структури поверхневого шару валу черв'ячного під підшипники після наплавлення в углекислomu газі;
4. Формування маршруту технологічного процесу відновлення деталі;

5. Розрахувати та призначити режими механічної обробки до та після нанесення покриття;
6. Проектування електрометалізатора для нанесення зносостійких покриттів;
7. Проектування устаткування з числовим програмним керуванням;

Новизна одержаних результатів магістерської кваліфікаційної роботи становлять наступні основні результати виконаних теоретичних і експериментальних досліджень:

- експериментально досліджено, що під дією теплових процесів при електрометалізації в присутності рідкого вуглеводного палива відбуваються перетворення в зоні термічної дії, які суттєво впливають на мікроструктуру, а отже і на властивості наплавленого шару;

- при використанні електрометалізації поверхневих шарів з'являється можливість розробки нових принципів конструювання деталей машин і вузлів, внесення корінних змін в технологію виготовлення виробів. При таких способах наплавлення можна змінюючи властивості різних ділянок деталі, виготовленої з порівняно недорогого конструкційного матеріалу, одержати сплави з унікальними характеристиками міцності, зносостійкості і корозійної стійкості;

- розроблено конструкцію електрометалізатора для нанесення покриттів, яка дозволяє створювати нітроцементований шар поверхні.

- розроблена установка з числовим програмним керуванням на базі вузлів компанії «Festo» для відновлення поверхонь деталей типу «вал»

Об'єкт дослідження – процеси утворення структури поверхневих шарів електрометалізацією під впливом рідкого вуглеводного палива.

Предмет дослідження – механізм утворення структури поверхневих шарів під впливом рідкого вуглеводного палива у поєднанні з електродуговою металізацією час нанесення покриття.

Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи

Матеріали магістерської кваліфікаційної роботи доповідались та обговорювались на Міжнародній науково-практичній Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців **«МОЛОДЬ В НАУЦІ: ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВИ (МН-2024)»**.

Публікації результатів магістерської кваліфікаційної роботи

Основні положення і результати магістерської кваліфікаційної роботи викладені у тезах міжнародної науково-практичній Інтернет-конференції:

1. Гоголь В.В. Формування структури покриттів отриманих електродуговим напилюванням в присутності рідкого вуглеводного палива./ В. В. Гоголь, О. П. Шиліна// Матеріали тез доповідей КОНФЕРЕНЦІЇ ВНТУ електронні наукові видання, Міжнародна науково-практична Інтернет-конференція студентів, аспірантів та молодих науковців **«МОЛОДЬ В НАУЦІ: ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВИ (МН-2024)»**.

<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2024/paper/viewFile/19755/16370>

1 СУЧАСНИЙ СТАН НАУКОВОЇ ПРОБЛЕМИ І ШЛЯХИ ЇЇ ВИРІШЕННЯ

1.1 Суть технічної проблеми

Ефективне використання ресурсів на основі прискорення науково-технічного прогресу вимагає широкого впровадження нових технологій – плазмових, електронно-променевих, детонаційних і інших, які дозволяють підвищити термін експлуатації машин, понизити енергомісткість 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.

Видобувна промисловість знаходиться в складному стані, кошти на оновлення габаритного та масивного обладнання фактично не виділяють тому гостро постає питання відновлення окремих деталей. Черв'ячний редуктор працює в складних умовах, що приводить до частих пошкоджень та передчасного зношення швидкохідного вала редуктора.

В даний час для відновлення зношених деталей порошковими сплавами найбільш ефективні методи: плазмове, газополуменеве і детонаційне напилення. Економія матеріальних і енергетичних засобів за рахунок отримання покриттів з мінімальними припусками на подальшу механічну обробку. Ось чому доцільніше відновлювати робочі поверхонь вала черв'ячного редуктора, ніж виготовляти новий.

Проаналізуємо раціональні способи відновлення черв'ячних валів.

1. Відновлення методом плазмового напилювання. Перед напилюванням поверхню деталі піддають піскоструминній обробці, бажано безпосередньо перед процесом нанесення покриття. Під час обробки абразивом, окрім створення шорсткої поверхні, руйнується плівка адсорбованого повітря і оксидів, яка перешкоджає адгезії між напилювальними частками і поверхнею деталі. Перед напилюванням основного покриття часто напилюють підшар, що

збільшує собівартість процесу. Недоліком плазмового напилювання є його відносно мала продуктивність та висока енергоємність [10].

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

Електрична дуга збуджується між двома електродними дротами 5, які взаємно ізольовані і рівномірно подаються роликівими механізмами 4 із швидкістю 0,6–1,5 м/хв. через напрямні наконечники 2. Якщо дроти виготовлені з різних матеріалів, то матеріал покриття є їх сплавом. Відстань від сопла до деталі складає 80–100 мм.

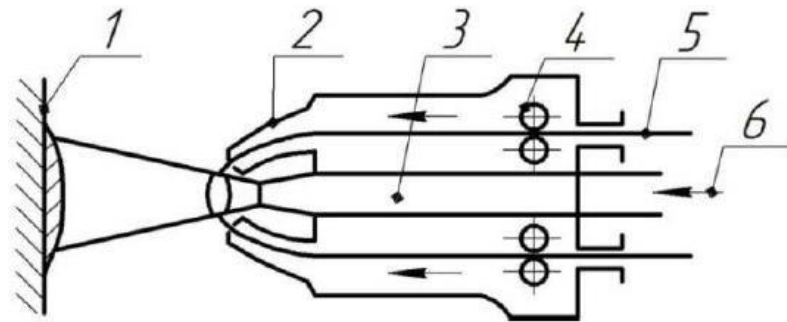


Рисунок 1.1 – Схема електродугової металізації: 1 – поверхня, що напилюється; 2 – напрямні наконечники; 3 – повітряне сопло; 4 – ролики подачі; 5 – дріт; 6 – газ (повітря)

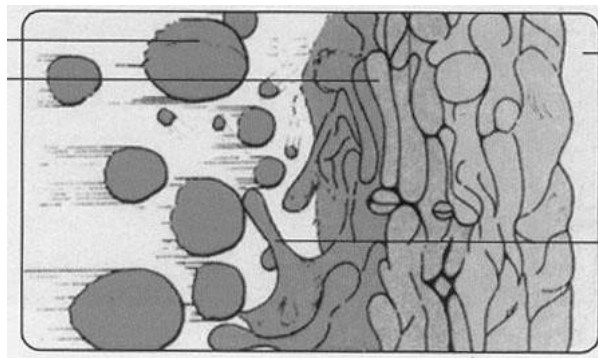
Одночасно по повітряному соплу 3 в зону дуги поступає стисле повітря або інертний газ під тиском 0,4–0,6 МПа, який розпилює розплавлений метал і переносить його на поверхню деталі 1 [5, 17].

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

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

Щоб вибрати Найбільш вигідний режим електродугового напилювання для досягнення максимального ресурсу відновлюваних поверхонь необхідно знати фізико-хімічні процеси, які проходять при переносі утворених металевих частинок на поверхню деталей. Побудоване покриття на відновленій поверхні характеризується наявністю кордонів між частками напилюваного матеріалу, та шарами, а також наявністю поверхні розділу між відновлюваної поверхнею деталі і покриттям [17].

Розплавлені
каплі, що
летять



Поверхня, що
відновлюється

Бризки при
ударі
крапель

Рисунок 1.2 – Схема утворення електродугового покриття осадженням крапель розплавленого металу

За рахунок взаємодії частинок з навколишнім середовищем вміст кисню в покритті майже на два порядки вище його вмісту у вихідному матеріалі. Цим

обумовлюється наявністю тонкого шару окислів на кордонах між частинками. Утворення кордонів між шарами відрізняється більш тривалим контактом з атмосферою. Товщина нанесеного за один прохід шару може досягати 50...100 мкм. Сприятливі умови для адсорбції газів, поява мікропорожнеч (пор) і осідання пилоподібних фракцій істотно погіршують властивості міжшарової зони покриття [17].

1.2. Особливості формування та структури покриттів отриманих електрометалізацією під впливом рідкого вуглеводного палива

Регулювання якості поверхневих шарів в широкому діапазоні (міцностних, зносостійких властивостей металопокриттів) відбувається за рахунок використання більш концентрованого, ніж газоподібне, рідкого вуглеводного палива, збільшення термодинамічної характеристики й безпеки газового потоку при виході з електричної дуги.

Позитивний результат, що досягається, полягає в тому, що процес згоряння рідкого вуглеводного палива – бензину або гасу, відбувається в безкамерній зоні, безпосередньо в електричній дузі. Енергоносій – стиснене повітря, доповнюється продуктами згоряння рідкого вуглеводного палива. При дисоціації вуглеводного палива утворюються атоми вуглецю, які дифундують в поверхневі шари металу і створюють зміцнений шар на молекулярному рівні. Молекули азоту також дисоціюють на активні атоми азоту, які також дифундують у метал, відбувається "азотування" і, як наслідок, зміцнення металу. Як відомо, вуглеводневі радикали при дисоціації палива створюють антиокислювальний захист металу. Енергія факелу розпилення збільшує в 1,5 рази швидкість польоту диспергованих часток та підсилює їх дифундування у підложку. При цьому зменшується у 2 рази окисний потенціал диспергируючого газу, а швидкість потоку збільшилася в 2,5 рази, від 340 до 830 м/с.

1.3 Висновки та постановка задач досліджень.

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

- зниження собівартості при високій якості та довговічності нанесених покриттів;

- поєднання з технологіями, що не вносять істотних змін у процес напилювання.

Мета роботи є удосконалення технології відновлення валу черв'ячного редуктора електродуговою металізацією в присутності рідкого вуглеводного палива шляхом керування технологічними параметрами на всіх етапах процесу відновлення та вдосконаленням конструкції обладнання для напилювання.

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

1. Обґрунтувати вибір електродугової металізації в якості оптимального методу відновлення працездатності валу черв'ячного і на основі аналітичного огляду показати ефективність його використання при відновленні.
2. Вивчення можливості застосування рідкого вуглеводного палива при електрометалізації поверхні деталі в процесі формування відновленого шару.
3. Проаналізувати структури поверхневого шару валу черв'ячного підшипники після наплавлення в углекислому газі;
4. Формування маршруту технологічного процесу відновлення деталі;
5. Розрахунок та призначення режимів механічної обробки до та після нанесення покриття;
6. Проектування електрометалізатора для нанесення зносостійких покриттів;
7. Проектування устаткування з числовим програмним керуванням.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРАВЛЕНІ НА ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ВАЛУ ЦИЛІНДРИЧНОГО РЕДУКТОРА РЧН-180М

2.1 Матеріали та методика досліджень

За основу була обрана сталь 40Х стандартного складу.

Нанесення покриття на зразки здійснювалось електродуговим напилюванням при постійному струмі зворотньої полярності, наносили шар металу на поверхні зразків електродним дротом Нп-40Х2Г2М ГОСТ 10543-98, діаметром $d=3$ мм.

Хімічний склад електродів наведено в таблиці 2.1.

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

Марка дроту	C, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Ni, %	Mo, %	S, %	P, %
Нп-40Х2Г2М	0,35–0,43	1,8–2,3	0,4–0,7	1,8–2,3	0,40	0,8–1,12	0,035	0,035

Експерименти також виконувались електродуговим напилюванням зразків зі сталі 40Х діаметром 70 мм електродним дротом Нп-40Х2Г2М в присутності рідкого вуглеводного палива.

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

2.2 Аналіз результатів проведених досліджень

Зношені поверхні вала циліндричного: зубчаста поверхня – $\varnothing 96h7^{(-0,035)}$, відновлюють електродуговим напиленням дротом НП-30ХГСА, і поверхні – під підшипники $\varnothing 45k6^{(+0,018 / 0,002)}$ – наплавленням дротом НА-30ХГСА в середовищі вуглекислого газу.

2.2.1 Аналіз структури поверхневого шару після наплавлення.

Дослідження мікроструктури проводили на зразках, які вирізали з наплавленого вала циліндричного. Мікрошліфи труїли 3% розчином азотної кислоти у спирті. На поверхні наплавленого шару виявлено стовпчасті

кристаліти, розмір і будова яких визначались тепловими умовами кристалізації. Їх утворення супроводжувалось ліквідаційними процесами, що проявилось у формуванні зон з більшою і меншою здатностями до травлення. У зонах із меншим температурним градієнтом, тобто в центрі наплавленого шару, спостерігали більш розгалужені кристаліти (рисунок 2.1) [33]. При наближенні до основного металу формувались чітко направлені вузькі стовпчасті кристаліти, що зумовлено особливостями теплопроводу.

Особливістю структури наплавленого металу є відсутність орієнтованих стовпчастих кристалітів в області сплавлення двох валків, що пов'язано із малими габаритам деталі, а отже і малим теплопроводом [31].

Така структура доводить якість отриманої поверхні, а саме велику твердість і зносостійкість отриманої поверхні.

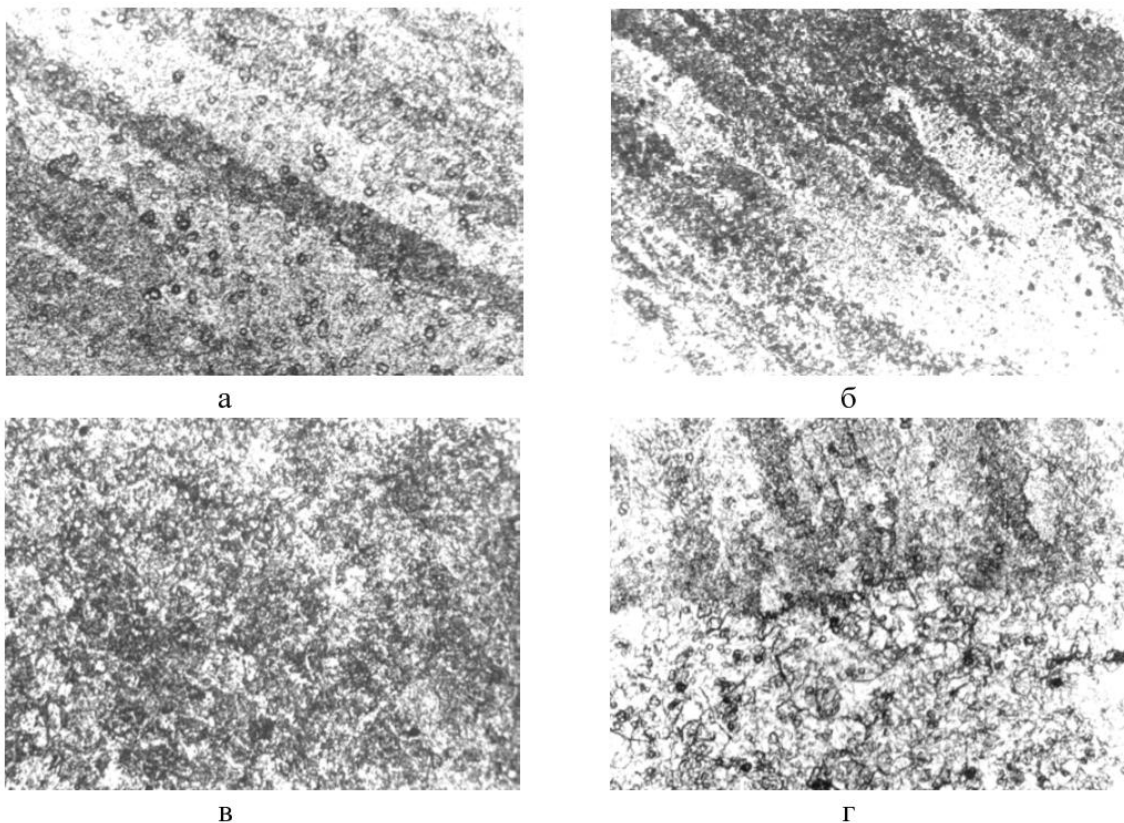


Рисунок 2.1 – Мікроструктура поверхні вала редуктора після наплавлення в CO_2 : (x100)

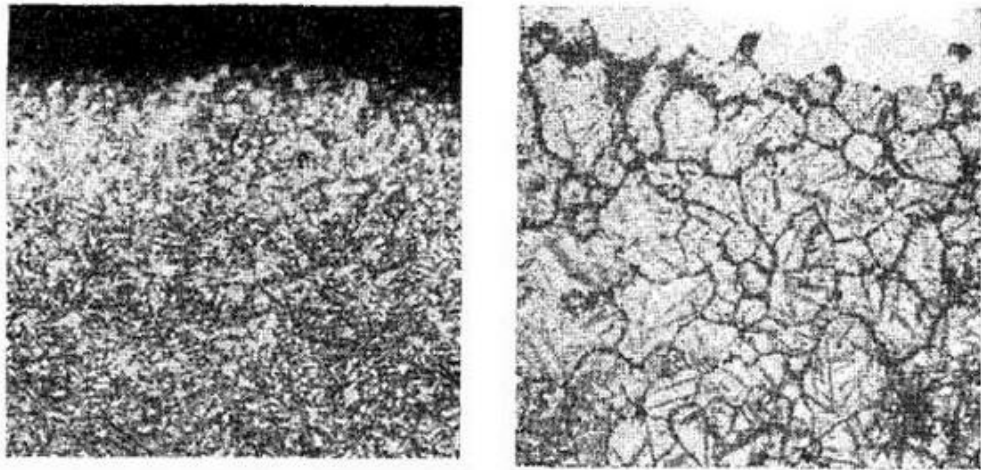
а – верх наплавленого валика, на мікрошліфі спостерігається орієнтовані дендрити; б – Середина шва, спостерігаються розгалужені дендрити; в – зона сплавлення двох валків; г – зона сплавлення наплавленого і основного металів.

2.2.2 Властивості і структура поверхонь після електродугової металізації.

В процесі електродугової металізації в присутності рідкого вуглеводного палива утворюються молекули вуглецю та азоту, що сприяє утворенню нітроцементованого поверхневого шару. Такий поверхневий шар володіє більш високими механічними властивостями, ніж цементована сталь. Товщина шару при нітроцементзації повинна бути менше, ніж при цементзації, і значно підвищується межа міцності при вигині і розтягуванні.

Після нітроцементзації з безпосереднім загартуванням сталь стає більш дрібно зернистою, ніж після цементзації, що зменшує схильність до крихкого руйнування і підвищує також межу витривалості. Ударна в'язкість стали після цементзації і нітроцементзації приблизно однакова. Нітроцементований шар має гарну зносо- і корозійностійкість. Підвищена міцність пов'язана з впливом азоту на властивості поверхневого шару. Вплив азоту тим ефективніше, чим нижче температура нітроцементзації. Після повільного охолодження мікроструктура нітроцементованого шару відрізняється від мікроструктури цементованого шару наявністю окремих включень карбонітридів або тонкої поверхневої карбонітридної плівки. Оптимальною структурою після гартування й низького відпустку є структура дрібно або середньогольчаського мартенситу з тією чи іншою (20-40%) кількістю залишкового аустеніту (рисунок 2.2.а). [32].

Азот, що присутній в шарі, значно підвищує кількість залишкового аустеніту в легованих сталях. Зниження вмісту вуглецю призводить до утворення структури низьковуглецевого мартенситу та трооститу. При збільшенні вмісту вуглецю зростає кількість залишкового аустеніту і з'являється карбонітридна фаза, що знижує стійкість аустеніту в зв'язку з переходом азоту і вуглецю в карбонітриди. При цьому на поверхні з'являється трооститна сітка. Присутність карбонітридів в напиленному шарі знижує опірність ударним навантаженням в результаті окрихчування шару [32].



а) x100

б) x500

Рисунок 2.2 – Мікроструктура поверхні вала редуктора після зміцнювально-відновлювальної металізації:

а – мікроструктура нанесеного шару після термічної обробки при використанні НП-30ХГСА дроту; б – мікроструктура нанесеного шару після термічної обробки при використанні НП-30ХГСА дроту та з використанням рідкого вуглеводного палива

Аналіз показав, що мікроструктура напиленого шару (рисунок 2.2.б), що зазнала впливу рідкого вуглеводного палива сприяє утворенню нітроцементованого поверхневого шару (в результаті виділення молекул вуглецю та азоту), який забезпечує зносостійкість напиленого покриття в умовах граничного тертя і тертя в умовах мащення.

2.3 Проектування електродугового пристрою

2.3.1 Аналіз схем розпилюючих пристроїв.

Відома конструкція електродугового металізатора [5] (рис. 2.3). Пристрій зображений на кресленні з видами А і В. На ізоляційній платформі 1 встановлені електроводи 2, вздовж корпусу 3 трубчасті напрямні для електродних дротів та механізм їх переміщення умовно не показані. За допомогою накидної гайки 4 кріпиться кришка 5 корпусу воздуховода 6. У

кільцевих каналах-камерах 7 розміщені паливні сопла 8, торці яких утоплені щодо торця Б на 6-7 мм. Паливні сопла через отвори 9 сполучаються з паливним каналом втулки 10. В отворі 11 голчастим вентилям 12 регулюється подача палива з каналу 13, який поєднаний з бачком 14. Отвір між паливними каналами 13 і 15 може перекриватися запірним вентилям 16. Між камерою 7 у кришці 5 є центральне сопло еліпсної форми 17.

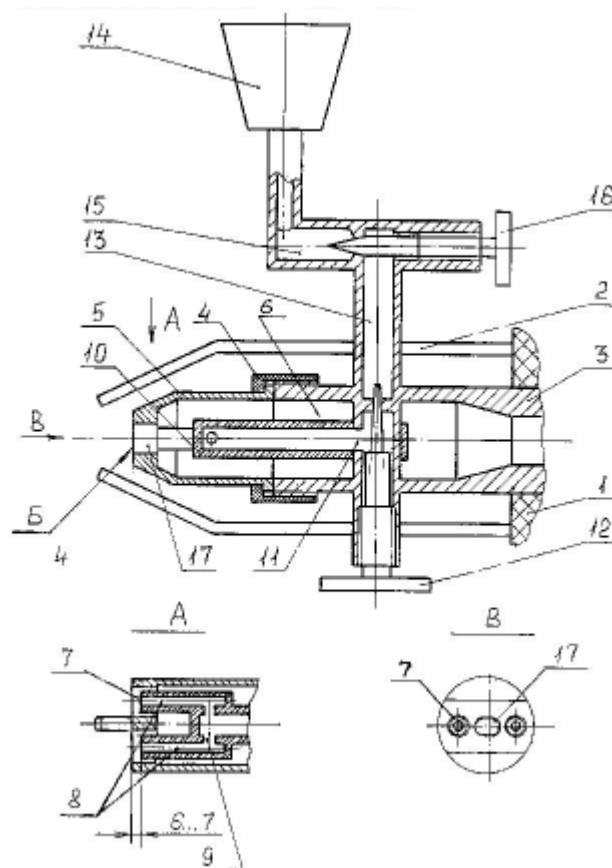


Рисунок 2.3 – Схема електродугового газотермічного розпилювального пристрою

В процесі роботи пристрою відбувається диспергування частинок розплавленого електричною дугою металу електродних дротів, яке здійснюється не стисненим повітрям, а продуктами згоряння газу.

2.3.2 Аналіз аналогів моделі електродугового металізатора.

Технічним завданням даного пристрою є підвищення якості покриття: міцностних, зносостійких властивостей металопокриттів, регулювання їх якості в широкому діапазоні, використання більш концентрованого, ніж газоподібне, рідкого вуглеводневого палива, збільшення термодинамічної

характеристики й безпеки газового потоку при виході з електричної дуги, а також зниження ваги устаткування.

Зазначене технічне завдання вирішене тим, що в електрометалізаторі, що містить трубчасті напрямні електродних дротів з стумоводами, механізм переміщення дротів і корпус із воздуховодом та з вихідним соплом, є пристрій зовнішнього безкамерного згоряння рідкого углеводного палива в зоні електричної дуги, що містить диспергатор з паливним бачком, з'єднаним через запірний і регулюючий вентиля із двухсопловим паливним інжектором, при цьому паливні сопла інжектора розміщені в площині, перпендикулярній площині розташування електродів, а повітряне сопло має два діаметрально розташовані кільцеві канали, утворені вставленими в них паливними соплами, кінці яких перебувають на відстані 6-7 мм від зрізу повітряного сопла, а між ними розташований третій повітряний канал еліпсної перетину, більший за вісь яка збігається з віссю кільцевих каналів [32].

2.3.3 Аналіз конструкції прототипа проектуємого електродугового металізатора.

Позитивний ефект використання пропонованого технічного розв'язку досягається також за рахунок стабілізації горіння дуги при розчиненні в рідкому паливі іоноутворюючих компонентів. У цьому випадку можливо підвищувати витрату палива до розрахункового значення – 1 г/с. Більша витрата палива забезпечує більше збільшення швидкості витікання струменя й, як наслідок, збільшення адгезіоно-когезійної міцності покриття.

Конструкція електродугового металізатора показана схематично і не містить недостатньо інформації для його виготовлення. Крім того у розглянутій схемі на рисунку 2.3 є певні конструктивні недоліки:

1. Повітряний потік що рухається через воздуховод 6 омиває паливопроводи, що спричиняє підвищену турбулізацію повітряного потоку.
2. Наявність паливопроводів в корпусі 3 значно ускладнює конструкцію пристрою і робить її вкрай не технологічною. [5,2]

2.3.4 Опис конструкції розпилюючого пристрою.

Розроблена нова конструкція показана на рисунку 2.5.

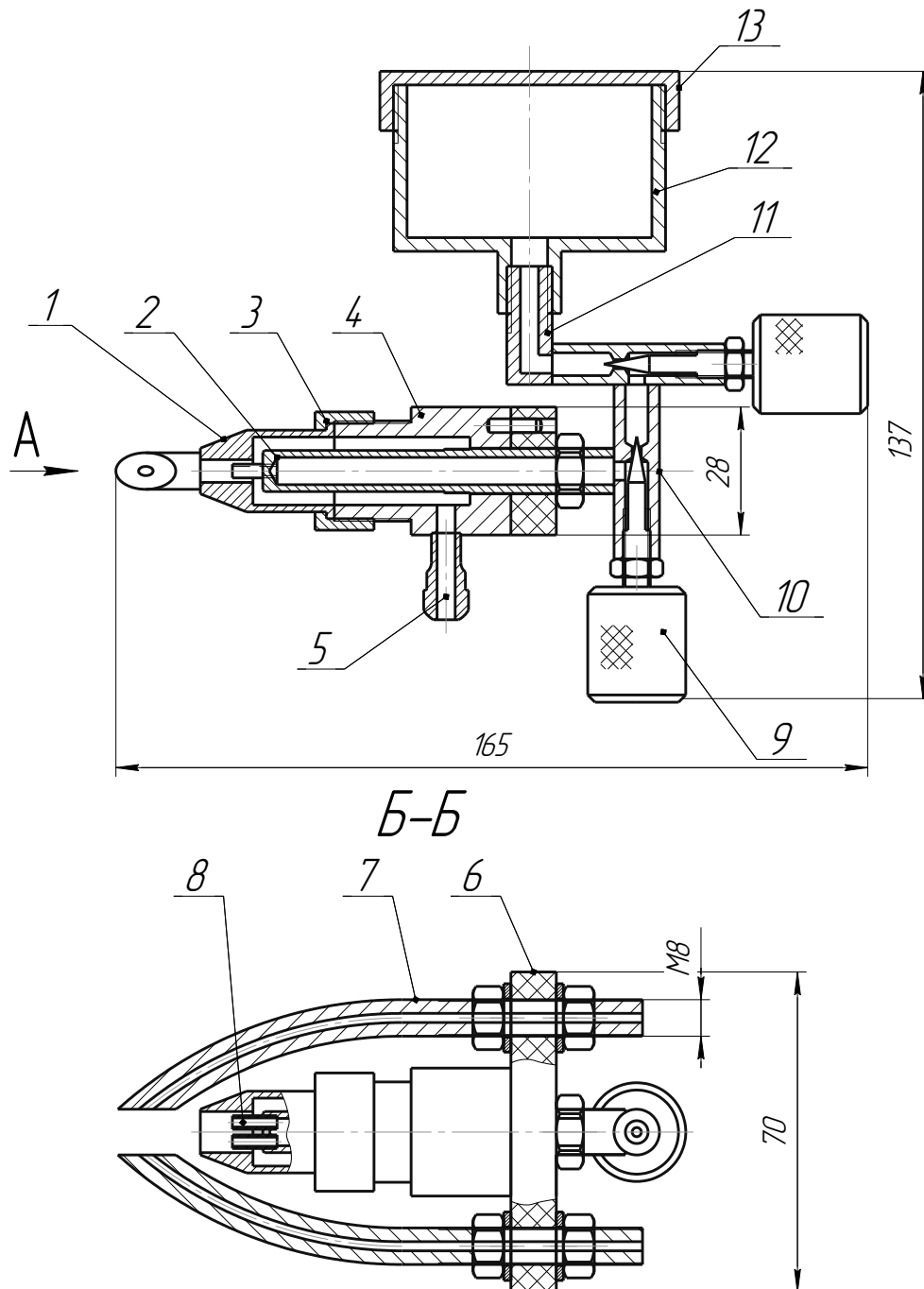


Рисунок 2.5 – Конструкція електродугового газотермічного розпилювального пристрою:

1- сопло, 2- інжектор, 3- накидна гайка, 4-корпус, 5- ніпель для подачі стиснутого повітря, 6-кронштейн ізолятор, 7-напямні струмопроводи, 8-інжектуючі сопла, 9-голчастий регулятор, 10-дросельна трубка 11-паливний патрубок, 12-ємність для рідкого палива, 13-кришка

За рахунок того що паливопроводи винесено за межі корпусу 4, значно спростилась конструкція пристрою, Радіальна подача стиснутого повітря через ніпель 5 значно скоротила шлях повітря до сопла, на шляху повітря відсутні паливопроводи. Що зменшує турбулізацію повітря і забезпечує більш стійкий й ламінарний потік стиснутого повітря через електричну дугу, що в свою чергу дозволить покращити фізико-механічні властивості нанесеного покриття.

2.3.4 Опис роботи розпилювального пристрою.

Послідовність включення в роботу пропонованого металізатора з газодинамічним диспергуванням металу (ГДМ) відрізняється від металізатора з повітряним розпиленням (ЕМ) тільки однією операцією – включенням подачі палива або його суміші через торрирований диспергатор після подачі повітря й напруги. Паливо надходить у паливні сопла 8 самопливом з бачка 12 через запірний 11 і дозуючий голчастий 10 вентилі. Далі паливо інжектуються, розпорошується потоком стисненого повітря з воздуховода 4, що проходить через кільцеві канали-камери в отворах повітряного сопла 8. Завдяки роздвоєному інжектору, паливно-повітряна суміш надходить у периферійні нижню й верхню частини зони електричної дуги. Це є найважливішою особливістю роботи пристрою, що дозволяє не порушувати процес іонізації в міжелектродному зазорі й забезпечує стабільність горіння дуги. Цьому також сприяє струмінь чистого повітря, що минає по центральному еліпсному отвору, яке частково блокує зону дуги від вступу в межелектродний зазор паливно-повітряної суміші. Суміш, досягаючи розплавлених кінців електродів 2, запалюється. На рис.2.6 представлена 3D модель розпилювального пристрою.

2.3.5 Вибір матеріалів для деталей розпилювального пристрою.

Тепловий вплив на компоненти розпилювального пристрою є значними.

Тому при проектуванні розпилювального пристрою було вирішено виготовити всі деталі, що підлягають впливу високих температур, із жаростійких матеріалів.

Оскільки основна дуга горить між електродами на відстані 12 мм від зрізу сопла струмопроводи і сопло піддаються дії високих температур

Сопло, струмопроводи виготовлені із нержавіючої жаростійкої сталі 12Х18Н10Т. Дану сталь обрано з тих міркувань, що вона найбільше підходить для трубчастих заготовок, має високу жаростійкість, великий ресурс.

Кронштейн ізолятор 6 було виготовлено з склотекстоліту СТКМ ТУ 16-503.042-75

Параметри розпилюемого матеріалу і введення його в зону нагрівання. Найбільш значущими параметрами є діаметр електродного дроту d_{Π} і швидкість його подачі. Зазвичай d_{Π} вибирають в межах 1,0 - 3,5 мм і більше. При максимальних d_{Π} можна домогтися більш високої продуктивності.

Необхідно враховувати, що зі збільшенням діаметру дроту посилюється турбулізація розпилюючого струменя. Коефіцієнт турбулізації a може бути визначено із залежності:

$$\dot{a} = (0,4 \cdot d_n / d_c)^{2,56} + a_1 \quad (2.1)$$

де a_1 - коефіцієнт турбулізації при вільному протіканні струменя крізь сопло.

Малі діаметри дроту, крім того, ускладнюють процес. При цьому потрібна висока швидкість подачі; спостерігається інтенсивне блукання плавлячих торців дроту. Швидкість подачі дроту вибирають максимальною для заданого режиму роботи розпилювача. Завдяки цьому досягаються мініформальні значення питомої потужності дуги (ЛГД). У практиці електродугової металізації швидкість подачі дроту складає 0,05...0,35 м/с або продуктивність розпилення $G_{\Pi}=2-50$ кг/год. [7]

Істотний вплив на процес надає довжина вильоту дроту з контактної пристрою. Зі збільшенням довжини вильоту починає виділятися тепло. Особливо це характерно для металів з підвищеним коефіцієнтом електроопору (сталі, титану, нікелю та ін.) Для таких металів швидкість

плавлення дроту зростає на 10-20%. Збільшення вильоту призводить до небажаного блукання торців дроту. Величину зміщення дротів в процесі їх

розпилення допускають $\Delta \leq \frac{1}{4} d_i$.

2.3.6 Параметри, що характеризують зовнішні умови напилення.

Ці параметри мало відрізняються від інших методів газотермічного напилення. Кут зустрічі потоку з поверхнею напилення становить 65-90. Мінімальний кут відповідає 45°. Дистанція напилення L знаходиться в межах 60-150 мм. Швидкість переміщення плями напилення обмежують межами 30-50 м / хв.

Швидкість розпилюючого струменя максимальна на зрізі сопла і зберігається практично постійною в межах початкової ділянки. Вона оцінюється значеннями, близькими до звукових або дещо перевищують. Зривання з фронту плавлення розплавленого металу та його диспергування відбувається в межах початкової ділянки високошвидкісним потоком газу або так званої «жорстким» струменем. На цій же ділянці розпилені частинки отримують високе прискорення.

За даними багатьох досліджень при розпиленні вуглецевих сталей більшість частинок має розмір 30-50 мкм. Для інших металів 10-100 мкм.

У міру віддалення від вогнища плавлення і розпилення швидкість частинок падає. Поблизу поверхні напилення швидкість газового струменя й потоку напилюваних частинок приблизно однакові і складають 50-150 м/с. Температура частинок в низькотемпературному газовому середовищі на основній ділянці струменя падає досить інтенсивно. Однак, завдяки високим швидкостям і перегріву металу при плавленні, більшість частинок надходить на поверхню напилювання в розплавленому стані. Особливо це справедливо для великих частинок, 40-100 мкм і більше. Таке твердження базується на будові напиленого покриття. Різко виражена характерна шорохуватість для умов, за яких покриття формується з розплавлених частинок.

2.3.7 Технічні параметри розпилювального пристрою.

Для здійснення процесу металізації необхідно дотримуватись технічних параметрів розпилювального пристрою, які наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Технічні дані розпилювального пристрою

Робоча сила струму, А	50-400
Робоча напруга дуги, В	18-29
Номінальна продуктивність по розпилюємо матеріалу (при 400А) для Сталі Св-08 Ø2мм, кг/год	18,8
Швидкість подічі дроту, м/хв	0,6-1,6
Діаметр розпилюємого дроту, мм	1,2-2.0
Витрати газу (повітря), м ³ /хв	90-150
Робочий тиск стиснутого повітря, МПа (кгс/см ²)	0,65-0,85 (6,5-8,5)
Витрати палива: без іоноутворюючих компонентів, г/с	0,5
з додаванням іоностворюючими компонентами, г/с	1
Висота x ширина x довжина, мм	124x102x279
Вага, кг	3,6

2.4 Висновки до другого розділу

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

2. Особливістю структури наплавленого металу під підшипники є відсутність орієнтованих стовпчастих кристалітів в області сплавлення двох

валків, що пов'язано із малими габаритам деталі, а отже і малим тепловідводом. Така структура супроводжується значною твердістю та зносостійкістю отриманої поверхні.

3. Мікроструктура напиленого шару, що зазнала впливу рідкого вуглеводного палива сприяє утворенню нітроцементованого поверхневого шару (в результаті виділення молекул вуглецю та азоту), який забезпечує зносостійкість напиленого покриття в умовах граничного тертя і тертя в умовах мащення.

4. Модернізований елетрометалізатор призначено для транспортування розплавлених частинок матеріалу. В процесі металізації відбувається диспергування частинок розплавленого електричною дугою металу електродних дротів, яке здійснюється не стисненим повітрям, а продуктами згоряння газу в результаті утворюються покриття нітроцементованого поверхневого шару.

3 РОЗРОБКА ТА ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ЧЕРВ'ЯЧНОГО ВАЛУ РЕДУКТОРА РЧН-180М

3.1 Аналіз службового призначення редуктора та деталі

Черв'ячні редуктори знаходять у підйомно-транспортних машинах, в коробках передач верстатів, у механізмах рульового керування транспортних засобів, тобто у механізмах періодичної дії при щодо низьких швидкостях. [15]

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

На робочі поверхні валу черв'ячного редуктора 2 насаджене зубчасте колесо 12 (рис. 3.1).

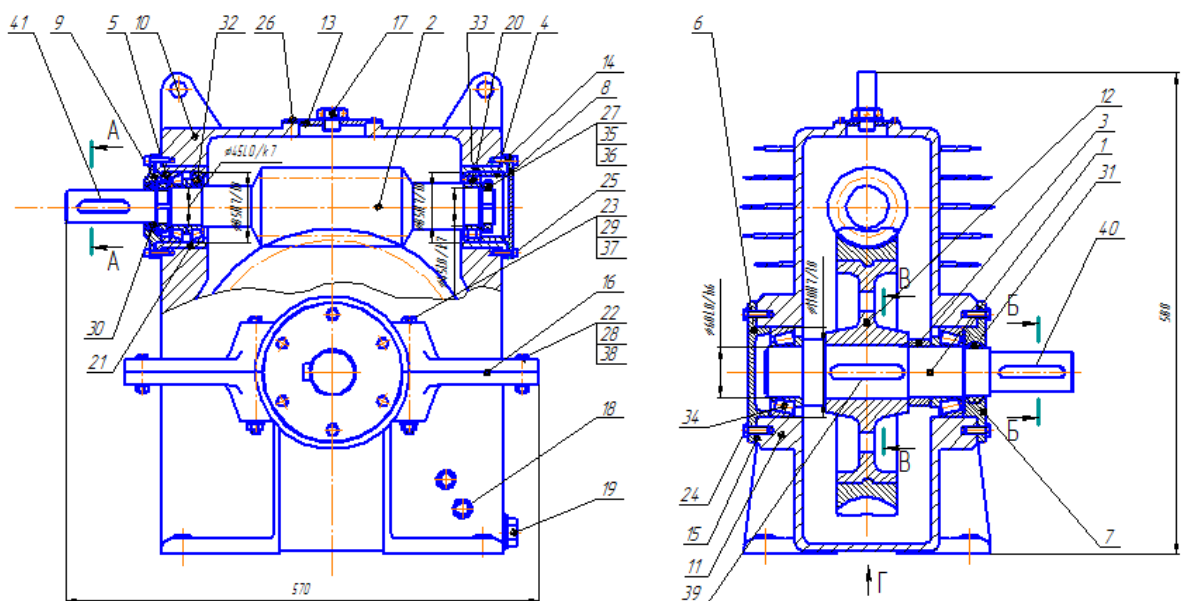


Рисунок 3.1 – Редуктор черв'ячний РЧН-180М

Вал черв'ячний (Рис. 3.2.) є важливою деталлю черв'ячного редуктора РЧН-180М.

3.2 Матеріал деталі і його властивості

Сталь 40Х характеризується високою ступінню обробки різанням, задовільною пластичністю при обробці тиском. Особливості структурних перетворень цієї сталі дозволяють, для отримання необхідних властивостей широко застосовувати термічну обробку, що особливо важливо для таких деталей, як вали, важелі, тяги, шестерні кулачкові вали. [1]

Таблиця 3.1 Вміст хімічних елементів в сталі 40Х

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 3.2 Технологічні якості матеріалу Сталь 40Х

Зварюванність	Важко зварюється
Флокеночутливість	чутлива
Схильність до відпускнуї крихкості	схильна

Твердість матеріалу після відпалу для Сталі 40Х HB=248 Мпа.

3.3 Якісні та кількісні показники технологічності валу

Головними конструкторськими базами даної деталі є місця під підшипники $\varnothing 45k6^{(+0,018}_{0,002)}$, і зубчаста поверхня - $\varnothing 96h7_{(-0,035)}$, оскільки це є основні поверхні, за якими деталь орієнтується в редукторі.

Поверхні, які працюють в спряженнях: $\varnothing 45k6^{(+0,018)}_{(0,002)}$ і черв'ячна поверхня $\varnothing 96h7_{(-0,035)}$, зазнають найбільші навантаження, та зношуються першими та найбільше в результаті експлуатації.

Найбільш точними є поверхні $\varnothing 45k6^{(+0,021)}_{(0,002)}$ і $\varnothing 96h7_{(-0,035)}$ 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 при механічній обробці.

Вимоги взаємного розташування оброблених поверхонь вказані у відповідності з їх службовим призначенням, забезпечуються при механічній обробці, оскільки геометричні похибки верстатів, на яких виконується обробка, нижчі цих відхилень..

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

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

Так як деталь має центрові отвори то вісь обертання використовуються при базуванні. Центрові отвори забезпечують найвищу точність встановлення деталі під час механічної обробки.

Кількісна характеристика та визначення коефіцієнтів уніфікації.

Кількісний аналіз технологічності черв'ячного валу РЧН-180М проводились за трьома показниками згідно методики [6]:

- коефіцієнту уніфікації;
- коефіцієнта точності;
- коефіцієнта шорсткості.

Таблиця 3.3 – Визначення коефіцієнту уніфікації

Лінійні розміри	Діаметральні розміри	Радіуси заокруглень	Кутові розміри	Шорсткість	Різьбові поверхні
520	Ø96h7 _(-0,035)	R1*(2пов.)	45°*(3пов.)	12,5* (19пов.)	M42×2,5-6g *(2пов.)
354	Ø50(2пов.)		30°*	3,2*(2пов.)	
196	Ø45k6 _(+0,018 +0,002) *(2пов.)		2,2×45°*(2пов.)	2,5* (3пов.)	
109	Ø38 _(+0,025 +0,009)			1,25* (2пов.)	
100*	Ø2,5(2пов.)				
63*					
38*					
(2пов.)					
37					
19*					
14*					
12*					
(2пов.)					
8*					
4					
3,75					
(2пов.)					
2,5*					
2*					
1,6*					
(2пов.)					
∑заг.=21	∑заг.=8	∑заг.=2	∑заг.=6	∑заг.=26	∑заг.=2
∑уніф.=13	∑уніф.=2	∑уніф.=2	∑уніф.=6	∑уніф.=26	∑уніф.=2

* - уніфіковані поверхні;

** - кількість поверхонь з відповідною шорсткістю.

$$K_{yn} = \frac{Q_{y.e.}}{Q_{z.e.}} = \frac{51}{65} = 0,78 \quad (3.1)$$

Таблиця 3.4 – Визначення коефіцієнта точності

Квалітет	Кількість поверхонь	Розрахунок
H14(520; 354; 196; 109; 100; 63; 38; 37; 19; 14; 8; 4; 3.75; 2.5; 2; 1.6; Ø 50; Ø2.5.)	19	14·19=266
h9(12 _{-0,043})	2	9·2=18
h7(Ø96 _{-0,035})	1	7·1=7
k6(Ø 45 _{+0,002} ^{+0,018})	2	6·2=12
m6(Ø 38 _{+0,009} ^{+0,025})	1	6·1=6
6g(M42×2,5)	2	6·2=12
Сума	28	321

$$K_{m.ч.} = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{1}{11,46} = 0,91; \quad (3.2)$$

де

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{321}{28} = 11,46. \quad (3.3)$$

Таблиця 3.5– Визначення коефіцієнта шорсткості

Шорсткість	Кількість поверхонь	Розрахунок
12.5(520; 354; 196; 38; 37; 19; 4; 2; 1.6×45°; Ø50; Ø2.5)	19	12,5·19=237,5
3,2(2.5×45°; Ø38 _{+0,009} ^{+0,025})	2	3,2·2=6,4
2.5(8; 12; Ø96h7 _{-0,035})	3	2,5·3=7,5
1,25(Ø45k6 _{+0,002} ^{+0,018} ;))	2	1,25·2=2,5
Сума	26	253,9

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}} = \frac{1}{9,76} = 0,1; \quad (3.4)$$

де

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{253,9}{26} = 9,76; \quad (3.5)$$

Висновок: $K_y=0,78 > 0,6$ $K_T=0,91 > 0,8$ $K_{ш}=0,1 < 0,32$. Отже, деталь за кількісними показниками є технологічною. [6]

3.4 Дефектування вала червячного редуктора РЧН-180М

Дефектування та класифікація дефектів дає можливість вибрати технологічні процеси відновлення деталі, обґрунтувати раціональну спеціалізацію підрозділів, зайнятих відновленням.

При перевірці на дотик визначають спрацювання поверхні під підшипники, легкість прокручування підшипників кочення.

Виміри за допомогою вимірювальних інструментів та засобів дозволяють визначити величину спрацювання і зазорів в сполучуваних деталях, відхилення від форми і розташування поверхонь.

При перевірці твердості поверхні визначають зміни, які виникли в процесі її експлуатації.

На основі спостережень за зносом і пошкодженнями валу при експлуатації, можна виділити основні дефекти, які наведені у таблиці 3.6:

Таблиця 3.6 – Таблиця дефектації вала червячного редуктора РЧН-180М

№ п/п	Дефект	Спосіб виявлення дефекту. Вимірювальний інструмент	Розміри, мм	
			За кресленням	Допустимий
1	Знос поверхні під підшипник Ø45k6	Мікрометр МК50-1 ГОСТ 6507-90	Ø45k6 ^(+0,018) _(+0,002)	Ø44,985
2	Знос поверхні під підшипник Ø45k6	Мікрометр МК50-1 ГОСТ 6507-90	Ø45k6 ^(+0,018) _(+0,002)	Ø44,985
3	Знос зубчатої передачі Ø96h7	Зубомір МК-50-75 ГОСТ 6507-90	Ø96h7 _(-0,035)	Ø95,965

Дефекти, що розглядаються відносяться до другої групи пошкоджень і є поправними. Дефекти 1, 2, 3 розташовані на зовнішній циліндричній поверхні вала Ø45 мм, Ø96 мм, Ø45 мм відповідно виникають при зношуванні

зовнішньої поверхні вала під посадку підшипника (дефекти 1, 2 рис. 3.3) та зношенні зубчастої передачі (дефект 3). Отже найбільший коефіцієнт повторюваності спостерігається для поверхонь $\varnothing 45k6^{(+0,018}_{+0,002)}$, $\varnothing 96h7^{(-0,035)}$, та $\varnothing 45k6^{(+0,018}_{+0,002)}$ відповідно. [6,]

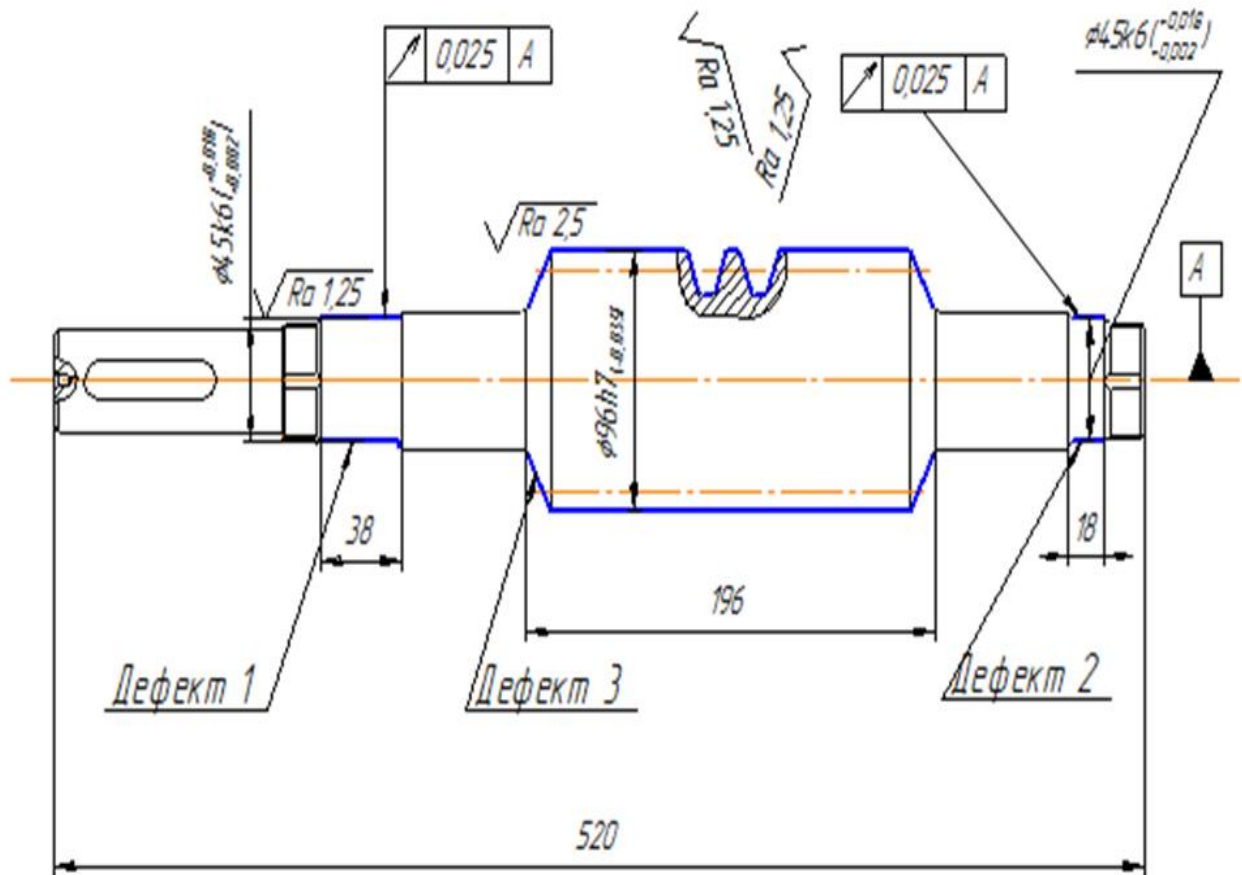


Рисунок 3.3 – Ремонтне креслення вала черв'ячного редуктора РЧН-180М

3.5 Розробка плану операцій

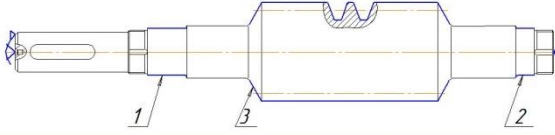
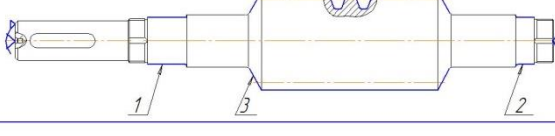
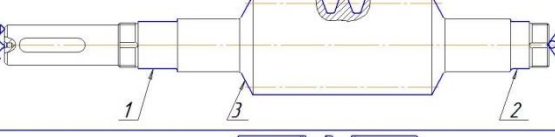
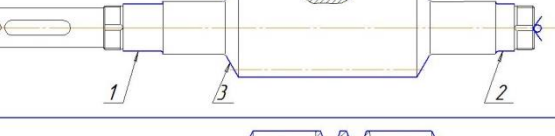
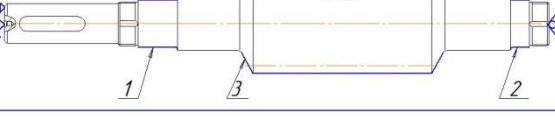
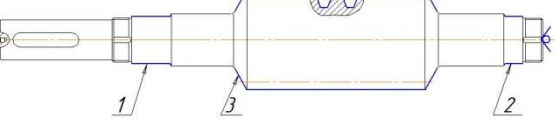
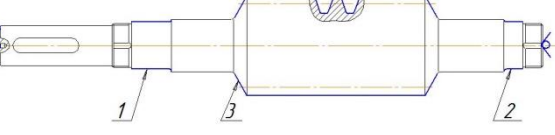
Згідно результатів дефектування і технології відновлення дефектів складаємо план операцій відновлення вала черв'ячного РЧН-180М (табл.3.7).

Таблиця 3.7 – План операцій виробу, технологічний процес відновлення:

№	Назва операції		Обладнання
005	операція мийна	Мити деталь в розчині Лобоміду 101	машина АКТБ-116
010	операція токарна	Точити поверхню 2 \varnothing 45 до \varnothing 44,4.	станок 16К20Ф3
015	операція наплавлювальна	Установити і зняти деталь. Наплавити поверхню 1 до \varnothing 51. Наплавити поверхню 2 до \varnothing 51.	обладнання установка ЧПУ
020	операція термічна (відпуск)	Відпустити поверхню 3. $t_n=550^{\circ}\text{C}$; витримка при цій температурі $t_v=10-15$ сек; охолоджувати на повітря; $t_v=60$ (хв)	обладнання ЧВГ-3 160/0,066
025	операція токарна	Установити і зняти деталь. Точити поверхні 1 та 2	16К20Ф3 центр 1-5-Н ГОСТ-8742-75
030	операція фрезерна	Установити і зняти деталь. Фрезерувати поверхню 3 $t=0,2\text{мм}...0,3\text{мм}$.	різьбофрезерний 5Б65
035	операція напилювальна	Установити і зняти деталь. Напилювати поверхню 3 згідно вимог операційного ескізу.	обладнання установка ЧПУ; Центр 1 – 5 – Н 3. Плазмотрон.
040	операція термічна (гартування)	Гартувати поверхню 3 температура нагріву $t_n=830...850^{\circ}\text{C}$; тривалість витримки при цій температурі $t_v=10-15$ сек; охолоджувати в маслі. витримка $t_v=2-4$ (хв);	ЧВГ-3 160/0,066
045	операція шліфувальна	Установити і зняти деталь. Шліфувати поверхню 1 в розмір $\varnothing 45k6$. Шліфувати поверхню 2 в розмір $\varnothing 45k6$.	круглошліфувальний 3М153
050	операція шліфувальна	Установити і зняти деталь. Шліфувати поверхню 3 до розміру $\varnothing 96h7$	черв'ячношліфувальний 5П822
055	операція контрольна	Порівняти виміри з розмірами на кресленні	обладнання ВТК-6

3.6 Маршрутна карта процесу відновлення

Таблиця 3.8 – Маршрут обробки

№ опер	Операційні переходи	Схема установки	Обладнання
005	Мийна 1.Мити деталь в розчині Лобаміду 101		Мийна машина АКТ5-116
010	Токарна 1. Установити і зняти деталь. 2.Точити поверхню 1 $\phi 45$ до $\phi 44,4$. 3.Точити поверхню 2 $\phi 45$ до $\phi 44,4$.		16К20Ф3
015	Наплавлявальна 1. Установити і зняти деталь. 2. Наплавити поверхню 1 до $\phi 51$ 3. Наплавити поверхню 2 до $\phi 51$		1. Устаткування ЧПУ 2. Наплавляльна головка
020	Термічна 1. Відпустити деталь		ЧВГ-3 160/0,066
025	Токарна 1. Установити і зняти деталь. 2.Точити поверхню 3 до $\phi 96$ черв'яка		16К20Ф3 центр 1-5-Н ГОСТ-8742-75
030	Фрезерна 1. Установити і зняти деталь. 2. Фрезерувати поверхню 3 1-0,2мм..0,3мм		Різьбофрезерний 5665
035	Наплавлявальна 1. Установити і зняти деталь. 2. Наплавляти поверхню 3 згідно вимог операційного ескізу		1. Устаткування ЧПУ 2. Центр 1-5-Н 3.Наплавлявальний плазматран
040	Термічна 1. Гартувати деталь		ЧВГ-3 160/0,066
045	Шліфувальна 1.Установити і зняти деталь 2. Шліфувати поверхню 1 в розмір $\phi 45k6$. 3.Шліфувати поверхню 2 в розмір $\phi 45k6$.		Кругло-шліфувальний 3М153
050	Шліфувальна 1.Установити і зняти деталь 2. Шліфувати поверхню 2 до розміру $\phi 96h7$		Черв'ячно-шліфувальний 5П822
055	Контрольна 1. Порівняти виміри з розмірами на кресленні		ВТК-6

3.7 Визначення припусків на механічну обробку для поверхонь 1 і 2 та 3

Визначення припусків на механічну обробку для поверхонь 1 та 2

Базування заготівлі здійснювалося по осі обертання.

Відповідно заданим умовам установлюємо маршрут обробки поверхні які відновлюються чорновим та чистовим шліфуванням [6, 23, 24].

Уся зазначена обробка виконується з установкою заготівлі в центрах.

Заносимо маршрут обробки в графу 1.

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\rho_{\Sigma}^2 + \rho_{\text{ЖОЛ}}^2} \text{ мкм,} \quad (3.6)$$

де ρ_{Σ} – загальне зміщення, при напиленні = 0;

$\rho_{\text{ЖОЛ}}$ – загальне жолоблення;

$$\rho_{\text{ЖОЛ}} = \Delta k \cdot l \quad (3.7)$$

де l – довжина деталі = 287;

$\Delta k = 0,12$ для електродугового наплавлення в середовищі газу.

Для поверхні 1 та 2 $\text{Ø}45\text{k}6\left(\begin{smallmatrix} +0,018 \\ +0,002 \end{smallmatrix}\right)$ обрано наплавлення в середовищі вуглекислого газу, то величина дефектного шару T_{δ} , відповідно і параметра шорсткості Rz знаходиться в межах 320...160мкм [10]. Приймаємо величини $T_{\delta} = 400\text{мкм}$, $Rz = 160\text{мкм}$. Такі параметри поверхні відповідають заготовці, яка отримана способом лиття в піщано-глинисті форми. Клас розмірної точності для такої поверхні 7-12. Приймаємо клас розмірної точності 10, тоді допуск заготовки $T_{\text{заг}} = 1,6\text{мм}$.

Поверхні 1 та 2 $\text{Ø}45\text{k}6\left(\begin{smallmatrix} +0,018 \\ +0,002 \end{smallmatrix}\right)$: $T_{\text{дет}} = 0,016\text{мм}$.

Розраховуємо допуски розмірів та встановлюємо квалітети по переходах механічної обробки:

$$T_1 = \frac{1600}{6} = 267 \text{ мкм} \text{ – це відповідає 12 квалітету;}$$

$$T_2 = \frac{267}{4} = 67 \text{ мкм} - \text{це відповідає 9 квалітету};$$

$$T_3 = \frac{67}{3} = 22 \text{ мм} - \text{це відповідає 7 квалітету};$$

$$T_4 = \frac{22}{1,39} = 16 \text{ мм} - \text{це відповідає 6 квалітету}.$$

Формуємо маршрут механічної обробки поверхні після наплавлення $\text{Ø}45\text{k}6^{(+0,018}_{+0,002})$:

- Попереднє точіння;
- Остаточне точіння;
- Попереднє шліфування;
- Остаточне шліфування.

Уся зазначена обробка виконується з установкою заготовки в центрах.

Розрахунок відхилень розташування поверхонь:

Визначаємо величину відхилень для деталі при обробці в центрах:

$$\rho = \Delta k \cdot l = 0,5 \cdot 520 = 260 \text{ мкм} \quad (3.8)$$

де $\Delta k = 0,5 \text{ мкм/м}$ [3], $l = 520 \text{ мм}$.

Чорнове точіння. Величину залишкових просторових відхилень Δ_r визначають по рівнянню

$$\Delta_r = K_y \cdot \Delta_\Sigma = 0,06 \cdot 520 = 16 \text{ мкм},$$

де $K_y = 0,06$ — коефіцієнт уточнення.

Визначаємо коефіцієнт уточнення:

$$\varepsilon = \frac{T_{заг}}{T_{дет}} = \frac{1,6}{0,016} = 100 \quad (3.9)$$

Для чорнової обробки $\varepsilon = 5 \dots 6$;

для напівчистої $\varepsilon = 3 \dots 4$;

для чистої $\varepsilon = 1,1 \dots 2$.

Розраховуємо кількість переходів механічної обробки:

$$\varepsilon = 6 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 1,39 = 100.$$

Таким чином ми одержали 4 переходи механічної обробки: чорнове та чистове точіння, чорнове та чистове шліфування.

Для поверхні 1 та 2 $\text{Ø}45\text{k}6\left(\begin{smallmatrix} +0,018 \\ +0,002 \end{smallmatrix}\right)$:

Розраховуємо мінімальні припуски на діаметральні розміри для кожного переходу за методикою наведеною [6, 23], результати розрахунків наведені в табл. 3.9.

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

Операція $\text{Ø}45\text{k}6\left(\begin{smallmatrix} +0,018 \\ +0,002 \end{smallmatrix}\right)$	Елементи припуску, мкм				Припуск $2Z_i$, мкм	Допуск на виконувані розміри, мкм	Прийняті розміри по переходах, мм		Граничний припуск, мм	
	Rz	T_d	ρ	ε			найбільші	найменші	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
Наплавлена поверхня	160	400	260	0	-	1600	48,934	47,334	-	-
Точіння попереднє	100	100	16	0	1640	267	45,961	45,694	2,973	1,64
Точіння чистове	50	50	-	0	432	67	45,329	45,262	0,632	0,432
Шліфування чорнове	10	20	-	0	200	22	45,084	45,062	0,157	0,2
Шліфування чистове	5	15	-	0	60	16	45,018	45,002	0,066	0,06

$2Z = \text{Максимальний припуск } 3,828\text{мм}$

$2Z = \text{Мінімальний припуск } 2,332\text{ мм}$

Припуск під наплавлення складає:

$$Z_{\text{нап.макс}} = Z_{\text{макс}} + h_{\text{точ}} + \Delta_{\text{зн}} = 3.8$$

$$Z_{\text{нап.мін}} = Z_{\text{мін}} + h_{\text{точ}} + \Delta_{\text{зн}} = 2.3$$

Для поверхні 3 черв'яка – плазмове напилення, за величину дефектного шару T_d , відповідно і параметра шорсткості Rz знаходиться в межах 100...25мкм [10]. Приймаємо величини $T_d = 20\text{мкм}$, $Rz = 25\text{мкм}$. Допуск заготовки $T_{\text{заг}} = 0,2\text{мм}$.

Для поверхні $\text{Ø}96\text{h}7\left(\begin{smallmatrix} -0,035 \end{smallmatrix}\right)$:

Розраховуємо допуски розмірів та встановлюємо квалітети по переходах механічної обробки:

$$T_1 = \frac{190}{3} = 63 \text{ мкм} - \text{це відповідає 8 квалітету};$$

$$T_2 = \frac{63}{1,81} = 35 \text{ мкм} - \text{це відповідає 7 квалітету}$$

Формуємо маршрут механічної обробки поверхні після відновлення:

- Попереднє шліфування;
- Остаточне шліфування.

Уся зазначена обробка виконується з установкою заготовки в центрах.

Розрахунок відхилень розташування поверхонь:

Визначаємо величину відхилень для деталі при обробці в центрах:

$$\rho = \Delta k \cdot l = 0,15 \cdot 520 = 78 \text{ мкм} \quad (3.10)$$

де $\Delta k = 0,15 \text{ мкм/м}$ [3], $l = 520 \text{ мм}$.

Попереднє шліфування. Величину залишкових просторових відхилень Δ_r визначають по рівнянню

$$\Delta_r = K_y \cdot \Delta_\Sigma = 0,06 \cdot 78 = 5 \text{ мкм},$$

де $K_y = 0,06$ — коефіцієнт уточнення.

Визначаємо коефіцієнт уточнення:

$$\varepsilon = \frac{T_{заг}}{T_{дет}} = \frac{0,19}{0,035} = 5,43 \quad (3.11)$$

Для попереднього $\varepsilon = 3 \dots 4$;

для остаточного $\varepsilon = 1,81 \dots 2$.

Розраховуємо кількість переходів механічної обробки:

$$\varepsilon = 3 \cdot 1,81 = 5,43.$$

Таким чином ми одержали 2 переходи механічної обробки: чорнове та чистове шліфування.

Для поверхні $3 \text{ } \varnothing 96\text{h}7_{(-0,035)}$: 96-max; 95,965-min.

Розраховуємо припуски на діаметральні розміри для кожного переходу згідно методики [29], данні розрахунків заносимо до таблиці 3.10.

Розрахунок загальних припусків виконуємо за рівняннями:
найбільшого припуску

$$Z_{0 \max} = \Sigma Z_{\max} = 0,098 + 0,373 = 0,471 \text{ мм};$$

найменшого припуску

$$Z_{0 \min} = \Sigma Z_{\min} = 0,07 + 0,246 = 0,316 \text{ мм}.$$

Таблиця 3.10 – Припуски та граничні розміри. Розрахунковий мінімальний припуск на обробку:

Операція Ø96h7(−0,035))	Елементи припуску, мкм				Припуск 2Z _i , мкм	Допуск на виконувани розміри, мкм	Прийняті розміри по переходах, мм		Граничний припуск, мм	
	Rz	T _д	ρ	ε			найбільш	найменш	2Z _{max}	2Z _{min}
Напилена поверхня	25	20	78	0	-	190	96,471	95,281	-	-
Шліфування попереднє	10	20	5	0	246	63	96,098	95,035	0,373	0,246
Шліфування остаточне	5	15	-	0	70	35	96	95,965	0,098	0,07

Величина припуску під напилювання: максимальний припуск 0,471 мм,
мінімальний припуск 0,316 мм

3.8 Визначення товщини покриття та кількості переходів операції
відновлення

Визначення товщини покриття для відновлення поверхонь 1 та 2 [28]

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

$$h = Z + t + 3_{\max}; \quad (3.12)$$

де 3_{\max} - максимальний знос, в мм = 0,062

Z – припуск на обробку, в мм = 4,113

t – шар металу що знімається при попередній механічній обробці, в мм = 2

$$h = 2,06 + 2 + 0,062 = 4,12 \text{ мм}.$$

Отже величина на несеного шару на одну сторону вала = 4,12 мм.

Визначення кількості переходів операцій відновлення поверхонь 1 та 2

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

Верстат 16К20Ф має достатню потужність і швидкість обертання вала, щоб зрізати шар металу в 2 мм за 1 прохід.

2. Кількість переходів при нанесенні покриття .

$$K_{\text{перех при напил}} = \frac{h}{h_1}; \quad (3.13)$$

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

$$K_{\text{перех при напил}} = \frac{4,12}{3} = 2 \frac{6}{3} = 2 \text{ проходів}$$

3. Кількість переходів механічної обробки після нанесення покриття.

$$K_{\text{перех після напил}} = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}}; \quad (3.14)$$

де $T_{\text{заг}}$ - допуск на відновлення поверхні після нанесення покриття = 340мкм.

$T_{\text{дет}}$ - допуск на деталі згідно креслення = 21мкм.

$$K_{\text{перех після напил}} = \frac{1400}{62} = 22,58$$

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

Приклад визначення товщини покриття та кількості переходів для відновлення поверхонь наведений вище, а значення в таблиці 3.11. [6]

Таблиця 3.11 – кількість переходів та товщина покриття

Поверхні	Величина нанесеного шару на 1 сторону, [мм]	Кількість переходів при нанесенні покриття, [переходів]	Кількість переходів механічної обробки, [переходів]
Поверхня 1 та 2	4	2	23
Поверхня 3	2,8	8	17

3.9 Розрахунок та призначення режимів відновлення вала

Розрахунок та призначення режимів нанесення покриття виконували згідно стандартних методик [7, 31, 32].

Таблиця 3.12 – Параметри режимів обробки поверхонь

№	Назва операції	d, мм	L, мм	S, мм/об (v_g , мм/с; $Y_{пр}$, м/хв)	$n, \text{хв}^{-1}$ ($\omega_{дет}$, с^{-1} ; $Y_{об}$, м/хв)	i (n)	$n_{дет}$
005	Мийна	-	-	-	-	-	41
010	Токарна верстат: 16К20Ф3	40	175	0,5	1420	4	41
015	Наплавлювальна Установка з ЧПК	36	175	0,68	0,33	2	41
020	Термічна індукційна піч ЧВГ-3- 160/0,066	-	-	-	-	-	41
025	Токарна верстат: 16К20Ф3	40; 30	229	0,5	1420	2	41
030	Фрезерувальна верстат: різьбофрезерувальний 5Б65	40	172	2	720	18	41
035	Напилувальна Установка ЧПУ	40; 30	54	1,58/1,19	1	5	41
040	Термічна індукційна печ ВЧГ-3- 160/0,066	-	-	-	-	-	41
045	Шліфувальна верстат 3М153; круг 63С40П5Т1К6	40	175	1,8	1	18	41
050	Шліфувальна Верстат черв'ячно- шліфувальний 5П822, корундовий круг 24А16СМ18К	30; 40	54	1,8	14,13	1	41
055	Контрольна	-	-	-	-	-	41

Таблиця 3.13 – Параметри режимів наплавлення поверхонь у середовищі вуглекислого газу

Поверхні	Розрахункові значення	Прийняті значення
1	2	3
Поверхня $\varnothing 45k6^{(+0,018}_{+0,002})$		
діаметр електродного дроту	$d_e=1,8$ мм;	1,8 мм
величина струму наплавлення	$I_H = 40 \cdot \sqrt[3]{D_D} = 40 \cdot \sqrt[3]{45} = 161A$	161 А
напруга	$U = 21 + 0,004 \cdot I_H = 21 + 0,004 \cdot 161 = 21,78B$	$U = 22B$
коефіцієнт наплавлення	$\alpha_H = 2,3 + 0,065 \frac{I_H}{d} = 2,3 + 0,065 \frac{161}{1,8} = 9,02(\text{г}/\text{А} \cdot \text{год})$	9,0 г/А×год.
швидкість подачі електродного дроту	$v_e = \frac{4 \cdot \alpha_p \cdot I_H}{\pi \cdot d_e^2 \cdot \gamma_e} = \frac{4 \cdot 10,02 \cdot 161}{3,14 \cdot 1,8^2 \cdot 7,8} = 93,94(\text{м}/\text{год})$	94 м/год.
коефіцієнт розплавлення	$\alpha_p = \frac{\alpha_H}{\eta} = \frac{9,02}{0,9} = 10,02(\text{г}/\text{А} \cdot \text{год})$	10,0 г/А×год.
виліт електродного дроту	$H = (6 - 10) \cdot d_e = 8 \cdot d_e = 14,4(\text{мм});$	14,4 мм
зміщення електроду від zenіту	$a = (0,05 - 0,1) \cdot D_D = 0,1 \cdot 45 = 5(\text{мм});$	5 мм
крок наплавлення	$S_H = (2 - 2,5) \cdot d_e = 2 \cdot 1,8 = 3,6(\text{мм});$	3,6 мм
швидкість наплавлення	$v_H = \frac{\pi \cdot d_e^2 \cdot v_e \cdot \eta}{4 \cdot S_H \cdot h_H} = \frac{3,14 \cdot 1,8^2 \cdot 94}{4 \cdot 3,6 \cdot 6} \cdot 0,9 = 10(\text{м}/\text{год})$	10,0 м/год
товщина наплавленого шару:	$h_H = 4$ мм	4 мм
частота обертання деталі	$n = 5,31 \cdot \frac{5}{100} = 0,53 \text{хв}^{-1}$	1 хв^{-1}
кількість проходів	$n = \frac{h_H}{S_H} = \frac{6}{3,6} = 1,7$	2 проходи

3.10 Нормування операцій технологічного процесу

Норми часу за розрахунково-аналітичним методом визначаються за методикою наведеною: [7, 10]. Результати розрахунків наведені в таблицях: 3.14; 3.15; 3.16, 3.17.

Таблиця 3.14 – Початкові відомості

№	Назва операції	d, мм	L, мм	S, мм/об (v_f , мм/с, S мм/хв)	n , хв ⁻¹ ($\omega_{дет}$, с ⁻¹ , $S_{тх}$ м/хв., $V_{заг}$, м/хв.)	i (n)	$n_{дет}$
005	Мийна	-	-	-	-	-	41
010	Токарна	40	175	0,5	1420	4	41
015	Наплавлювальна	36	175	0,6861	0,3279	2	41
020	Термічна	-	-	-	-	-	41
025	Токарна	40,30	229	0,5	1420	2	41
030	Фрезерувальна	40	175	2	720	18	41
035	Напилувальна	40,30	54	1,583/1,188	1	8	41
040	Термічна	-	-	-	-	-	41
045	Шліфувальна	40	175	1,8	1	18	41
050	Шліфувальна	30,40	54	1,8	14,13	1	41
055	Контрольна	-	-	-	-	-	41

Таблиця 3.15 – Розрахунок основного часу, хв

№	Розрахунок за формулами*
005	3,6
010	0,99
015	26
020	1,5
025	0,65
030	2,19
035	6,63
040	1,8
045	28,16
050	2,12
055	3,2

*Для контролювання, миття, термообробки норми часу отримані статистичним методом.

Данні по розрахунку допоміжного часу наведені у таблиці 3.16

Таблиця 3.16 – Допоміжний час, хв

№	t _{доп1} (уст і зн)	t _{доп2} (вкл і викл)	t _{доп3}	t _{доп4} (підв)	t _{доп5} (відв)	t _{доп6} (перем шп)	t _{доп7} (контр)	t _{доп8}	Σt _{доп}
005	0,13	0,2	0,5	0	0	0	0,33	0	1,16
010	0,13	0,2	0,5	0	0	0	0	0	0,83
015	0,23	0,2	0	0,01	0,01	0,18	0,33	0	0,96
020	0,13	0,2	0,5	0	0	0	0,01	0	0,84
025	0,13	0,2	0,5	0	0	0	0	0	0,83
030	0,23	0,2	0,5	0,04	0,04	0,16	0,33	0	1,5
035	0,23	0,2	0	0,01	0,01	0,18	0,33	0	0,96
040	0,13	0,2	0,5	0	0	0	0,01	0	0,84
045	0,23	0,2	0	0,06	0,06	0	0,33	0	0,88
050	0,23	0,2	0	0,06	0,06	0	0,33	0	0,88
055	0,13	0	0	0,01	0,01	0	0,33	0	0,48

Розрахунки часу обслуговування розміщені в таблиці 3.17.

Таблиця 3.17 – Час на обслуговування, хв

№	t _{г.обсл}	t _{о.обсл}	t _{обсл}
005	5,80	0,05	5,85
010	2,50	0,02	2,52
015	5,80	0,44	6,24
020	5,80	0,09	5,89
025	2,50	0,01	2,51
030	2,80	0,05	2,85
035	5,80	0,11	5,91
040	5,80	0,09	5,89
045	1,13	0,42	1,55
050	0,04	0,03	0,07
055	0,10	0,01	0,11

Дані з розрахованим підготовчо-заключним часом наведені в таблиці 3.18.

Таблиця 3.18 – Підготовчо-заключний час, хв.

№	T _{п-з(змiна iнстр)}	T _{п-з(вст дод обл-ння)}	T _{п-з(отр i здача iнстр)}	ΣT _{п-з}
005	9	0	5	14
010	7	0	7	14
015	14	3,8	7,2	25
020	9	0	5	14
025	7	0	7	14
030	19	2	10	31
035	14	3,8	7,2	25
040	9	0	5	14
045	8	0	7,2	15,2
050	8	0	7,2	15,2
055	9	0	5	14

Норми часу по всіх операціях обробки наведені в зведеній таблиці 3.19.

Таблиця 3.19 – Зведена таблиця часу

№	Назва операції	t_0	$t_{доп}$	$t_{оп}$	$t_{обсл}$	$t_{відп}$	$T_{шт}$	$T_{п-з}$	$T_{шт-к}$
005	Мийна	3,6	1,16	4,76	5,85	0,24	10,85	14	11,14
010	Токарна	0,99	0,83	1,82	2,52	0,12	4,46	14	4,75
015	Наплавлювальна	26	0,96	26,96	6,24	1,75	34,95	25	35,47
020	Термічна	1,5	0,84	2,34	5,89	0,12	8,35	14	8,64
025	Токарна	0,65	0,83	1,66	2,51	0,11	4,28	14	4,57
030	Фрезерувальна	2,19	1,5	3,69	2,85	0,26	6,80	31	7,44
035	Напилювальна	6,63	0,96	7,59	5,91	0,49	13,99	25	14,51
040	Термічна	1,8	0,84	2,64	5,89	0,13	8,66	14	8,95
045	Шліфувальна	28,16	0,88	28,96	1,55	14,48	44,99	15,2	45,31
050	Шліфувальна	2,12	0,88	3,00	0,07	1,50	4,57	15,2	4,89
055	Контрольна	3,2	0,48	3,68	0,11	0,18	3,97	14	4,27

3.11 Створення конструктивної схеми верстата та її опис

Основними елементами конструктивної схеми є розпилюючий пристрій 1, закріплений на кронштейні 2, що забезпечує можливість при необхідності змінювати відстань між деталлю та розпилюючим пристроєм, кронштейн 2 закріплено на каретці портального приводу 4, що забезпечує можливість переміщення розпилюючого пристрою вздовж деталі 5. Поруч з розпилюючим пристроєм 1 розташований живильник 3, який забезпечує необхідну кількість порошку що подається у розпилюючий пристрій. Відновлювана деталь 5 закріплюється у патроні 6. Патрон 6 закріплено у шпинделі 7 встановленим на підшипниках. Шпиндель 7 через муфту 8 з'єднано з електромотором 9 закріпленим на рамі установки (рисунок 3. 4) [28, 29].

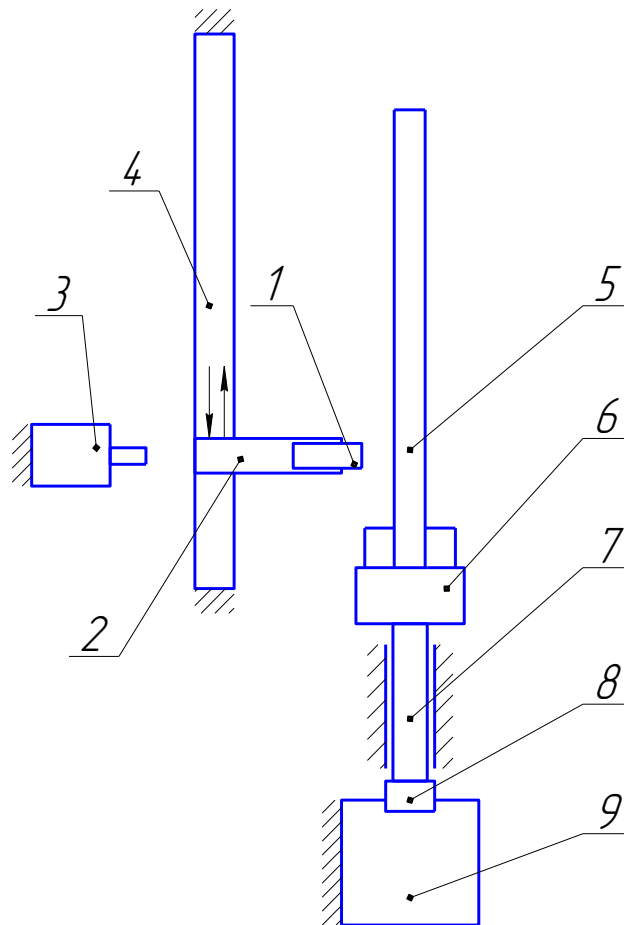


Рисунок 3.4 – Конструктивна схема установки відновлення

3.12 Визначення способу закріплення деталі

Деталь вал має масу 11 кг довжину 520 мм, діаметр вала 96 мм . Розташуємо деталь у вертикальному положенні (рисунок 2.4). Застосуємо закріплюючі пристрої у вигляді втулки 2 (з низу) .

Зворотній центр 2 з'єднано з валом шпинделя 3 через конус Морзе укорочений. Шпиндель обертача обладнано підшипниками 80204 в радіальному напрямку здатні витримати статичне навантаження $C_0 = 1270$ кг Відомо що в радіальному напрямі кулькові радіальні підшипники здатні витримувати навантаження 30% від радіального що складає 420 кг. При масі обертової деталі 11кг цього більш ніж достатньо для нормальної роботи. Підшипник 80204 пилезахищений виконання вибрано з конструктивних міркувань.

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

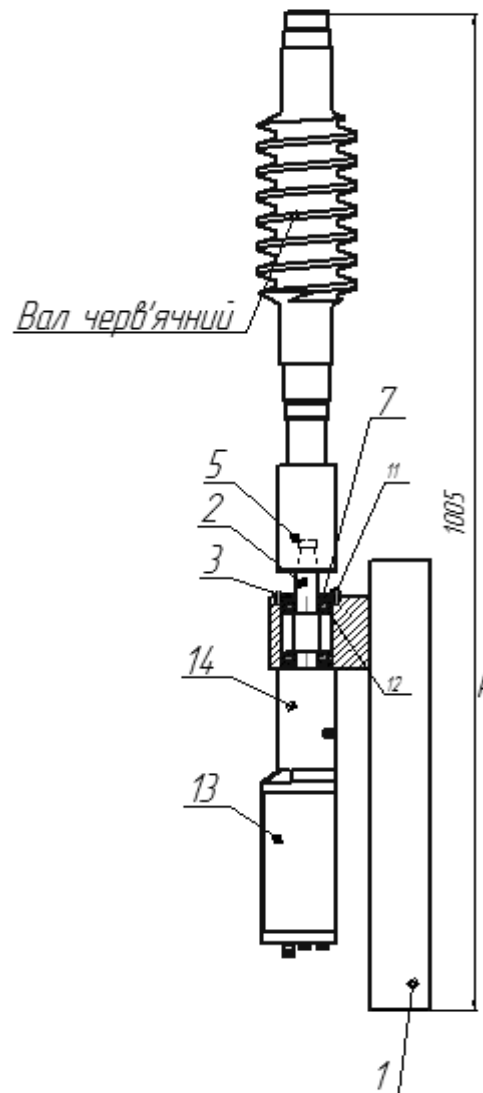


Рисунок 3.5 – Шпindelний вузол

1 – консоль, 2 – центр конічний зворотній, 3 – кришка шпindelля, 14 – осьовий набір, 5 – втулка шпindelля, 7- підшипник, 13 – електромотор.

Для вибору мотору розраховуємо масоцентровочні характеристики всіх тіл які обертаються в процесі відновлення деталі.

3.13 Розрахунок масоцентровочних характеристик (МЦХ) деталі та рухомих частин пристрою її закріплення

Для визначення масоцентровочних характеристик розробимо 3D моделі усіх деталей що обертаються (рисунок 3.6).

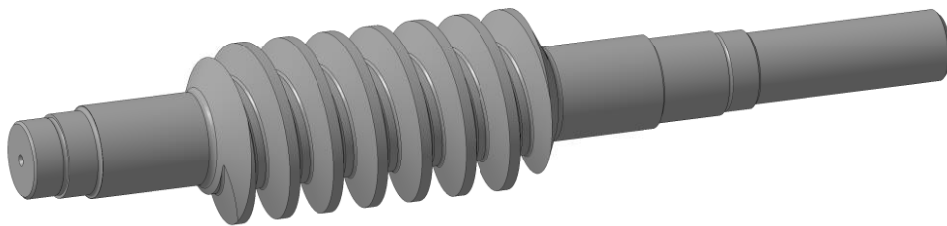


Рисунок 3.6 – 3D модель усіх деталей, що обертаються в процесі відновлення

Розрахунок МЦХ проведемо засобами САПР Компас

Плотность материала	$\rho_0 = 0.007820 \text{ г/мм}^3$
Маса	$M = 11019.159058 \text{ г}$
Площа	$S = 141414.300704 \text{ мм}^2$
Об'єм	$V = 1409099.623725 \text{ мм}^3$
Центр мас	$X_c = 36.538638 \text{ мм}$
	$Y_c = 0.080054 \text{ мм}$
	$Z_c = 0.111822 \text{ мм}$

В центральній системі координат:

Осеві моменти інерції	$J_x = 21747,3 \text{ кг*мм}^2$
	$J_y = 21747,3 \text{ кг*мм}^2$
	$J_z = 524,5 \text{ кг*мм}^2$

Для розрахунку та вибору приводу обертання визначасмо осеві моменти інерції в центральній системі координат відносно тієї осі навколо якої відбувається обертання деталей. [28]

3.14 Розрахунок маси розпилюючого пристрою

Розробимо 3D модель розпилюючого пристрою (рисунок 3.7)

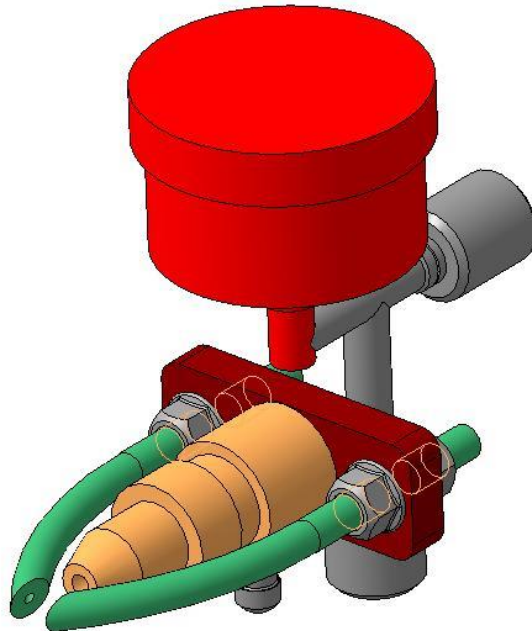


Рисунок 3.7 – 3D модель розпилювального пристрою.

Порахуємо засобами САПР Компас масу розпилюючого пристрою

Площа	$S = 48615 \text{ мм}^2$
Об'єм	$V = 211925 \text{ мм}^3$
Маса	$M = 1,6 \text{ г}$
Центр мас	$X_c = -3,78 \text{ мм}, Y_c = 0 \text{ мм}, Z_c = 38 \text{ мм}$

3.15 Розрахунок та вибір виконавчих механізмів установки для автоматизованого відновлення деталей

3.15.1 Механізм обертання деталі.

Для розрахунку приводу обертання застосуємо програму Positioning drives компанії Festo

Вихідними даними для розрахунку приводу обертання є момент інерції тіл які треба обертати (в нашому випадку становить $J_x = 8461 \text{ кг*мм}^2$) додаткові сили які є гальмівними або прискорюючими (в нашому випадку відсутні). Відстань від центру тяжіння деталей що обертаються – приймається нульовою тому, що застосовано додатковий проміжний шпиндель який сприймає всі навантаження від маси тіл, що обертаються. Максимальна частота обертання – розрахункова $0,34*60=20,4$ об/хв приймаємо – 20. Час розгону приймаємо 1с. Тип приводу - сервопривід змінного струму. Включно з вбудованими гальмами та варіантами з вбудованим редуктором. Монтажне розташування вертикальне. [29]

Замовимо на сайті FESTO.COM.UA комплектуючі консольного приводу обертання в форматі sat 3 який розпізнає програма Компас 3D.

Таблиця 3.21 – Комплектуючі консольного приводу

• Найменування	• Код
• Серводвигун	• MTR-DCI-42S-VCSC-EG14
• Осьовий набір	• EAMM_A_E32_42C_3_0
• Контролер	• CMMP-AS-C2-3A-Mx
Муфта	• EAMC-30-35-20-12

Розроблена 3D модель приводу обертання показана на рисунку 2.6.

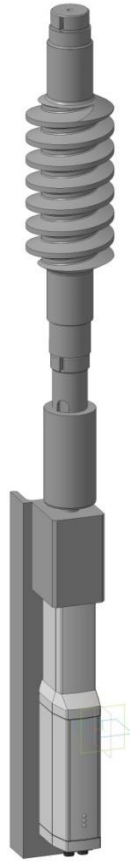


Рисунок 3.8 – Вузол обертання деталі

3.15.2 Привід горизонтального переміщення.

Привід переміщення складається з двох частин. Перша це привід консольного переміщення розпилюючого пристрою і друга портальний привід вертикального переміщення розпилюючого пристрою разом з консольним приводом та розпилюючим пристроєм.

Вихідними даними для вибору привода консольного переміщення розпилюючого пристрою є маса яку необхідно переміщувати це маса розпилюючого пристрою 1,6 кг плюс маса кронштейна за допомогою який плазмовий розпилюючий пристрій кріпиться до каретки, та приєднаних комунікації, яка приблизно становить до 1,4 кг. Разом ця маса становить $1,6+1,4=3$ кг. Ще однією величиною для вибору привода є величина переміщення каретки яка дорівнює довжині перепадів діаметрів відновлюваного вала становить 100мм.

Комплектуючі вертикального приводу замовленого на сайті FESTO.COM.UA наведені в табл.3.20.

Таблиця 3.20 – Комплектуючі вертикального приводу

• Найменування	• Код
• Серводвигун	• EMMS_AS_40
• Лінійний привід	• EGSA_50_100_3_0
• Осьовий набір	• EAMM_A_F37_70A_3_0
• Редуктор	• EMMS_AS_70_S_LS_RMB_3_0.
• Контролер	• CMMP-AS-C5-3A

Поєднаємо усі механізми згідно їх функціонального призначення та отримаємо функціональний вузол вертикального переміщень розпилюючого пристрою та обертання деталі.

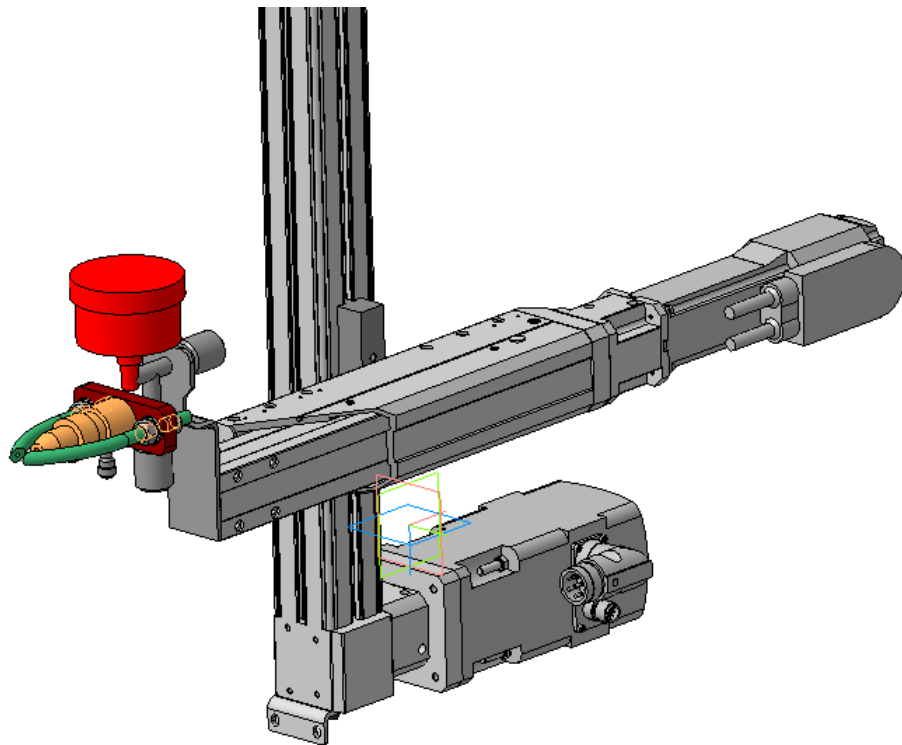


Рисунок 3.9 – Механізм вертикального і горизонтального переміщення в зборі з розпилюючим пристроєм (3D модель).

3.15.3 Установка ЧПК.

Наступним кроком є створення рамної конструкції яка забезпечить задане взаємне розташування всіх механізмів. Для створення рамної конструкції використаємо профільний металопрокат, а саме швелер ГОСТ 8240-93 №8 та кутники ГОСТ 8509-93 №4. Додатково встановимо косинки для забезпечення жорсткості конструкції рами. Конструкція рами зварна. Зварювання електродугове за ГОСТ 5264-80.

Керування електродвигунами здійснюємо за допомогою контроллерів.

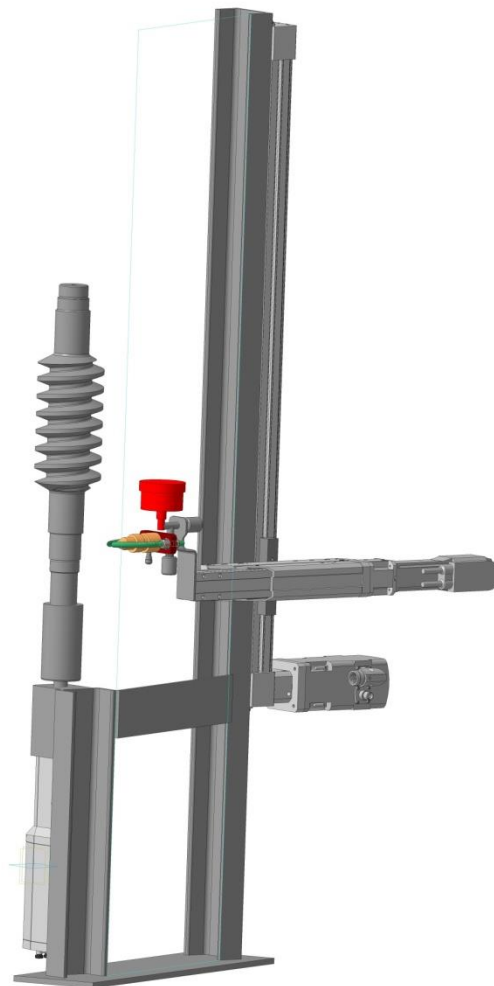


Рисунок 3.10 – Установка з ЧПК для відновлення деталей напиленням (3D модель).

3.15.4 Розробка робочого місця

Виробничі приміщення цеху, в яких розміщуються напилювальні 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 та охорони праці [29].

Для забезпечення пилезахисту персоналу і навколишнього середовища при роботі з устаткуванням у закритих приміщеннях необхідна організація робочого місця з відтисом запиленого повітря з робочої зони, де відбувається напилювання покриттів, і наступним його очищенням. Схема організації робочого місця представлена на рисунку 3.11.

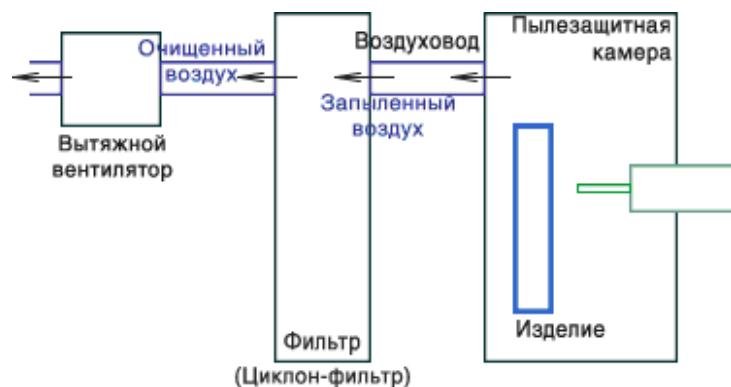


Рисунок 3.11- Схема організації робочого місця

Пилезащитна 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). Витяжний вентилятор повинний забезпечувати ефективний відсос запиленого повітря із системи “пилезащитна камера - фільтр – повітропроводи”. Продуктивність вентилятора, навантаженого на фільтр, повинна бути не менш 2 куб.м\хв.

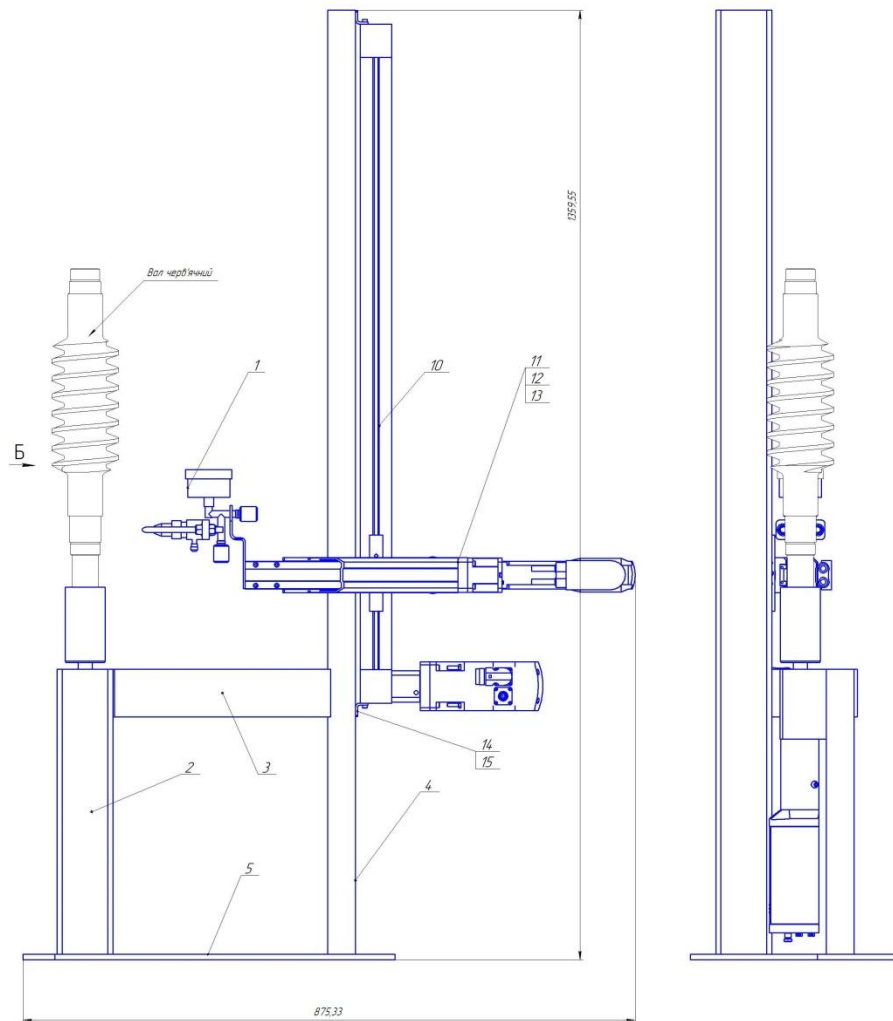


Рисунок 3.12 – Робоче місце

Робоче місце складається з установки з числовим програмним керуванням 1, яка встановлена у захистному боксі 3, в боксі встановлено живильник 5 який подає розпилювальний матеріал в плазмотрон. Бокс 3 оснащено приточновитяжною вентиляцією 2. Електроживлення плазмотрона здійснюється від джерела живлення 6. Керування установкою здійснюється від комп'ютера 7 та контролерів вбудованих в електропривода. Розпилюючий газ подається від балона 8. 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 "Підвищення якості відновлення робочих поверхонь валу черв'ячного редуктора РЧН-180М", 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 "Підвищення якості відновлення робочих поверхонь валу черв'ячного

редуктора РЧН-180М" є удосконалення технології відновлення валу черв'ячного редуктора електродуговим напилюванням в присутності рідкого вуглеводного палива шляхом керування технологічними параметрами на всіх етапах процесу відновлення та вдосконаленням конструкції обладнання для напилювання.

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 [34].

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»: професор Савуляк Валерій Іванович, доцент Шиліна Олена Павлівна, доцент Бакалець Дмитро

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

Критерії	Експерт (ПБ, посада)		
	Савуляк В. І.	Шиліна О. П.	Бакалець Д. В.
	Бали, виставлені експертами:		
1	3	4	3
2	4	2	3
3	3	3	2
4	3	4	3
5	2	4	3
6	2	2	3
7	3	4	3
8	3	3	4
9	3	3	3
10	3	4	3
11	3	3	3
12	4	4	4
Сума балів	СБ ₁ =36	СБ ₂ =41	СБ ₃ =37
Середньоарифметична сума балів $СБ_c$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_1^3 СБ_i}{3} = \frac{36 + 41 + 37}{3} = 38$		

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 [34].

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 "Підвищення якості відновлення робочих поверхонь валу черв'ячного редуктора РЧН-180М" становить 38 бали, що, відповідно до таблиці 4.3 рівень

комерційного потенціалу розробки вище середнього, що свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень.

Магістерська кваліфікаційна робота "Підвищення якості відновлення робочих поверхонь валу черв'ячного редуктора РЧН-180М" 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.

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

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 технологічний процес наплавлення_ валу черв'ячного редуктора РЧН-180М в середовищі вглекислого газу.

Основними недоліками аналога є: перегрів, окислення і вигорання легуючих елементів матеріалу, що напилюється, недостатня міцність зчеплення напиленого матеріалу з підложкою. Порівняння плазмового напилення та електродугової металізації показує, що за критеріями собівартості та продуктивності, переваги має електродугова металізація. Також до недоліків можна віднести надмірний перегрів деталі під час відновлення, як результат жолоблення деталі та необхідність наступної термічної обробки і це значно збільшую енергоємність процесу відновлення.

У розробці дана проблема вирішується модернізацією технологічного процесу. У порівнянні з базовим методом модернізований відрізняється способом відновлення. У даному процесі основними способами відновлення було обрано електродугове напилювання для відновлення черв'ячного вінця, який є дуже складним при виготовленні та потребує спеціального обладнання, яке забезпечує необхідну міцність та не призведе до жолоблення, наплавлення посадкових поверхонь під підшипники – в середовищі вуглекислого газу. Застосування даних способів дозволяє зменшити кількість витратного матеріалу, а також значно зміцнити робочі поверхні.

Одиничний параметричний індекс розраховуємо за формулою [34]:

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

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
Продуктивність відновлення, кг/год	8	12	1,5	30%
Зносостійкість, %	90	100	1,1	30%
Твердість поверхневого шару, HRC	48	55	1,15	20%
Напрацювання на відмову, год	3000	5000	1,7	20%

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 [34]:

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

де $I_{\text{нп}}$ – 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 $I_{\text{нп}} = 1$.

Значення групового параметричного індексу за технічними параметрами визначаємо з урахуванням вагомості (частки) кожного параметра [34]:

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

де $I_{\text{тп}}$ – 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.

$$I_{\text{тп}} = 1,5 \cdot 0,3 + 1,1 \cdot 0,3 + 1,15 \cdot 0,2 + 1,7 \cdot 0,2 = 1,35.$$

Груповий параметричний індекс за економічними параметрами розраховуємо за формулою [34]:

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

де $I_{EП}$ – 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 .

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

На основі групових параметричних індексів за нормативними, технічними та економічними показниками розрахуємо інтегральний показник конкурентоспроможності за формулою [34]:

$$K_{ИТ} = I_{ИП} \cdot \frac{I_{ТП}}{I_{EП}}, \quad (4.5)$$

$$K_{ИТ} = 1 \cdot 1,35 / 0,70 = 1,93.$$

Інтегральний показник конкурентоспроможності $K_{ИТ} > 1$, 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 «Підвищення якості відновлення робочих поверхонь валу черв'ячного редуктора РЧН-180М», 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 [34]:

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

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.

$$Z_o = 12750 \cdot 5 / 21 = 2898 \text{ грн.}$$

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	12750	579,5	5	2898
2. Інженер	9000	409,1	35	14318
3. Технік	7500	340,9	28	9545
Всього				26761

Основна заробітна плата робітників

Витрати на основну заробітну плату робітників (Z_p) за відповідними найменуваннями робіт НДР на тему "Підвищення якості відновлення робочих поверхонь валу черв'ячного редуктора РЧН-180М" 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) [34];

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.

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

$$Z_{p1} = 65,8 \cdot 0,19 = 12,5 \text{ грн.}$$

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 UNIX1-20-2В	0,19	1	65,8	12,5
Токарна верстат: 16К20Ф3	0,08	3	88,8	7,1
Наплавлювальна Установа з ЧПК	0,6	5	111,9	67,1
Термічна індукційна піч ЧВГ-3-160/0,066	0,144	2	72,4	10,4
Токарна верстат: 16К20Ф3	0,077	4	98,7	7,6
Фрезерувальна верстат: різьбофрезерувальний 5Б65	0,124	4	98,7	12,2
Напилювальна Установа ЧПУ	0,241	5	111,9	27,0
Термічна індукційна печ ВЧГ-3-160/0,066	0,149	2	72,4	10,8
Шліфувальна верстат 3М153; круг 63С40П5Т1К6	0,76	4	98,7	75,0
Шліфувальна Верстат черв'ячно-шліфувальний 5П822, корундовий круг 24А16СМ18К	0,0815	4	98,7	8,0
Контрольна Дефектоскоп УД-12	0,072	3	88,8	6,4
Всього				244,2

Додаткова заробітна плата дослідників та робітників

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

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

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

$$Z_{\text{дод}} = (26761 + 244,2) \cdot 11 / 100\% = 2970,61 \text{ грн.}$$

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:

$$Z_n = (Z_o + Z_p + Z_{од}) \cdot \frac{H_{zn}}{100\%} \quad (4.10)$$

де H_{zn} – норма нарахування на заробітну плату. Приймаємо 22%.

$$Z_n = (26761 + 244,2 + 2970,61) \cdot 22 / 100\% = 6594,76 \text{ грн.}$$

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 "Підвищення якості відновлення робочих поверхонь валу черв'ячного редуктора РЧН-180М" .

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

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

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
Електродний дріт Нп-30ХГСА	95	0,45	42,75
Лобомід	35	0,2	7
Ганчір'я	7	0,1	0,7
Бензин	45	0,35	15,75
Всього			66,2
З врахуванням коефіцієнта транспортування			72,82

4.3.4 Розрахунок витрат на комплектуючі

Витрати на комплектуючі (K_e), які використовують при проведенні НДР на тему "Підвищення якості відновлення робочих поверхонь валу черв'ячного редуктора РЧН-180М".

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

$$K = \sum_1^n N_i \cdot C_i \cdot K_i \quad \text{грн.}, \quad (4.12)$$

- де N_i – кількість комплектуючих i -го виду, шт.;
- C_i – ціна комплектуючих i -го виду, грн.;
- K_i – коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = (1,1 \dots 1,15)$;
- n – кількість видів комплектуючих.

Зроблені розрахунки бажано звести до таблиці:

Таблиця 4.8 – Витрати на комплектуючі

Найменування комплектувальних	Кількість	Ціна за штуку, грн.	Сума, грн.
Серводвигун	2	1480	2960
Осьовий набір	2	500	1000
Контролер	2	175	350
Муфта	1	40	40
Лінійний привід	1	450	450
Редуктор	1	5000	5000
Всього з врахування коефіцієнта транспортних витрат			10780,00

4.3.5 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:

$$B_{\text{спец}} = \sum_{i=1}^k C_i \cdot C_{\text{пр.}i} \cdot K_i, \quad (4.13)$$

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

$C_{\text{пр.}i}$ – 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.

$$B_{\text{спец}} = 245000,00 \cdot 1 \cdot 1,11 = 269500 \text{ грн.}$$

Отримані результати зведемо до таблиці:

Таблиця 4.9 – Витрати на придбання спецустаткування по кожному виду

Найменування устаткування	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Напилювальна Установка ЧПУ	1	245000	269500
1.Обертач	1	6800	7480
2.Електродуговий металізатор	1	3540	3894
Всього			280874

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:

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

де $C_{\text{обл}}$ – балансова вартість обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, які використовувались для проведення досліджень, грн;

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

T_e – строк корисного використання обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, років.

$$A_{обл} = (27500 \cdot 2) / (2 \cdot 12) = 2291,67 \text{ грн.}$$

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
Комп'ютер	27500	2	2	2291,67
Електрометалізатор	4600	4	1	95,83
Силові приводи	3800	4	1	79,17
Всього				2466,67

4.3.6 Паливо та енергія для науково-виробничих цілей

Витрати на силову електроенергію (B_e) розраховуємо за формулою:

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

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

t_i – тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год;

C_e – вартість 1 кВт-години електроенергії, грн; (вартість електроенергії визначається за даними енергопостачальної компанії), прийmemo $C_e = 7,5$ грн;

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

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

$$B_e = 0,25 \cdot 280 \cdot 7,5 \cdot 0,5 / 0,8 = 328,13 \text{ грн.}$$

4.3.7 Службові відрядження

До статті "Підвищення якості відновлення робочих поверхонь валу черв'ячного редуктора РЧН-180М" 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:

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

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

$$B_{cb} = (26761+244,2) \cdot 20 / 100\% = 5401,11 \text{ грн.}$$

4.3.8 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:

$$I_b = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{ib}}{100\%}, \quad (4.17)$$

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

$$I_b = (26761+244,2) \cdot 50 / 100\% = 13502,78 \text{ грн.}$$

4.3.9 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:

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

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

$$B_{нзв} = (26761+244,2) \cdot 100 / 100\% = 27005,56 \text{ грн.}$$

Витрати на проведення науково-дослідної роботи на тему "Підвищення якості відновлення робочих поверхонь валу черв'ячного редуктора РЧН-180М" розраховуємо як суму всіх попередніх статей витрат за формулою:

$$B_{заг} = Z_o + Z_p + Z_{дод} + Z_n + M + K_e + B_{спец} + B_{прз} + A_{обл} + B_e + B_{св} + B_{сн} + I_e + B_{нзв}. \quad (4.19)$$

$$B_{заг} = 26761 + 244,2 + 2970,61 + 6594,76 + 72,82 + 10780,00 + 280874 + 2466,67 + 328,13 + 5401,11 + 13502,78 + 27005,56 = 377001,99 \text{ грн.}$$

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 $\eta = 0,5$.

$$ZB = 377001,99 / 0,5 = 754003,97 \text{ грн.}$$

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 "Підвищення якості відновлення робочих поверхонь валу черв'ячного редуктора РЧН-180М" 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_o – вартість послуги у році до впровадження інформаційної системи, прийmemo 1870,00 грн;

$\pm \Delta C_o$ – зміна вартості послуги від впровадження результатів, прийmemo зростання на 350,00 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 [34]:

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

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:

$$\Delta\Pi_1 = (1 \cdot 350 + 1870 \cdot 2200) \cdot 0,83 \cdot 0,4 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 834376,42 \text{ грн.}$$

Збільшення чистого прибутку 2-го року:

$$\Delta\Pi_2 = (1 \cdot 350 + 1870 \cdot (2200 + 1400)) \cdot 0,83 \cdot 0,4 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 1365595,4 \text{ грн.}$$

Збільшення чистого прибутку 3-го року:

$$\Delta\Pi_3 = (1 \cdot 350 + 1870 \cdot (2200 + 1400 + 1300)) \cdot 0,83 \cdot 0,4 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 1858600,7 \text{ грн.}$$

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

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

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.

$$\begin{aligned} ПП &= 834376,42 / (1 + 0,18)^1 + 1365595,4 / (1 + 0,18)^2 + 1858600,7 / (1 + 0,18)^3 = \\ &= 2724225,59 \text{ грн.} \end{aligned}$$

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 $k_{инв}=2$;

$ЗВ$ – загальні витрати на проведення науково-технічної розробки та оформлення її результатів, приймаємо 754003,97 грн.

$$PV = k_{инв} \cdot ЗВ = 2 * 754003,97 = 1508007,94 \text{ грн.}$$

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

$$E_{абс} = ПП - PV \quad (4.24)$$

де $ПП$ – приведена вартість зростання всіх чистих прибутків від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, 2724225,59 грн;

PV – теперішня вартість початкових інвестицій, 1508007,94 грн.

$$E_{абс} = ПП - PV = 2724225,59 - 1508007,94 = 1216217,65 \text{ грн.}$$

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

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

де $E_{абс}$ – 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.

$$E_г = T_{ж} \sqrt[3]{1 + \frac{E_{абс}}{PV}} - 1 = (1 + 1216217,65 / 1508007,94)^{1/3} - 1 = 0,38.$$

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.

$\tau_{\min} = 0,1 + 0,25 = 0,35 < 0,38$ свідчить про те, що внутрішня економічна дохідність інвестицій E_g , 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:

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

де E_g – внутрішня економічна дохідність вкладених інвестицій.

$$T_{ок} = 1 / 0,38 = 2,6 \text{ р.}$$

$T_{ок} < 3$ -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 "Підвищення якості відновлення робочих поверхонь валу черв'ячного редуктора РЧН-180М" становить 38 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 1,93 разів.

Також термін окупності становить 2,6 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 "Підвищення якості відновлення робочих поверхонь валу черв'ячного редуктора РЧН-180М".

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Питання безпечних умов праці завжди було важливим. Перші закони про охорону праці з'явилися у Великобританії ще у ХІХ столітті в результаті Індустріальної революції. З того часу, правила та стандарти безпеки постійно вдосконалюються, а країни зміцнюють міжнародну співпрацю для захисту прав працівників.

Проте, за статистикою, у світі щороку внаслідок нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань гине понад 2 мільйони працівників, а близько 160 мільйонів – зазнають ушкоджень.

Підвищення якості відновлення робочих поверхонь валу черв'ячного редуктора РЧН-180М відбувалася в приміщені, яке обладнане комп'ютеризованими робочими місцями. На працівника могли мати 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 розробляємо рішення щодо безпечного виконання роботи під час проектування.

5.1. Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

5.1.1. Обладнання робочого місця

Робоче місце дослідника обладнане великою кількістю технічних пристроїв. Це перш за все персональний комп'ютер, принтер, сканер, ксерокс, і різноманітні засоби телефонного зв'язку.

Організація робочого місця проектувальника забезпечує відповідність усіх елементів робочого місця та їх розташування ергономічним вимогам характеру та особливостями трудової діяльності.

При розміщенні робочих місць з ПК було дотримано таких вимог:

- відстань між бічними поверхнями ПК менша за 1,2 м;
- відстань між тильною поверхнею однієї ПК та екраном іншої не менша 2,5 м;
- прохід між рядами робочих місць не менший 1 м. Вимоги цього пункту щодо відстані між бічними поверхнями ПК та відстані між тильною поверхнею однієї ПК та екраном іншого враховуються також при розміщенні робочих місць з ПК в суміжних приміщеннях, з урахуванням особливостей стін та перегородок.

Організація робочого місця, яке передбачає використання ПК для управління технологічним обладнанням повинна передбачати:

- достатній простір для працівника;
- вільну досяжність органів ручного управління в зоні моніторного поля: відстань по висоті – 900-1330 мм, по глибині – 400-500 мм;
- розташування екрану ПК в робочій зоні, яке забезпечувало б зручність зорового спостереження, а також зручність використання ПК під час коригування керуючих програм одночасно з використанням основних виробничих операцій;
- можливість повертання екрана ПК навколо горизонтальної та вертикальної осі.

Конструкція робочого місця проектувальника (при роботі сидячи) забезпечує підтримання оптимальної робочої пози з такими ергономічними характеристиками:

- ступні ніг – на підлозі або на підставці для ніг;
- стегна – в горизонтальній площині;
- передпліччя – вертикально;
- лікті – під кутом 70° - 90° до вертикальної площини;
- зап'ястя зігнуті під кутом не більше 20° відносно горизонтальної площини;
- нахил голови - 20° відносно вертикальної площини.

Розміщення принтера на робочому місці забезпечує добру видимість екрану ПК, зручність ручного керування пристроєм введення-виведення інформації в зоні досяжності моторного поля: по висоті 900-1300 мм, по глибині 400-500 мм.

Висота робочої поверхні столу для ПК має бути в межах 680-800 мм, а ширина – забезпечувати можливість виконання операцій в зоні досяжності моторного поля. Рекомендовані розміри столу: висота – 725 мм, ширина – 600-1400мм, глибина – 800-1000 мм.

При приміщеннях з 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.

Щодо вимог до режимів праці і відпочинку при роботі з ПК то під час роботи з ПК для збереження здоров'я працівників, запобігання профзахворюванням і підтримки працездатності встановлюються внутрішньо змінні регламентовані перерви для відпочинку.

У випадках, коли виробничі обставини не дозволяють застосовувати регламентовані перерви, тривалість безперервної роботи з ВДТ не повинна перевищувати 4 годин.

Усю будівлю, в тому числі і досліджуване приміщення, електрифіковано згідно з усіма відповідними нормами.

Лінії електромережі ПК, у приміщенні, де відбувалася проектування і виконані як окрема групова трипровідна мережа шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників (заземлення або занулення), причому площі перерізу нульового робочого і нульового захисного провідника повинні не менші за площу перерізу фазового провідника.

Заборонено під'єднувати обладнання до звичайної двопровідної електричної мережі, зокрема з використанням перехідних пристроїв. Електромережі штепсельних з'єднань та електричних розеток виконані за магістральною схемою, по 3-6 в одному колі. Оскільки вони розташовані уздовж стін, то провідники прокладені по підлозі в металевих трубах і гнучких металевих рукавах. Металеві трубки і гнучкі металеві рукави заземлені.

5.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

5.2.1. Мікроклімат

Мікроклімат виробничих приміщень – умови внутрішнього середовища цих приміщень, що впливають на тепловий обмін працюючих з оточенням шляхом конвекції, кондукції, теплового випромінювання та випаровування вологи. Ці умови визначаються поєднанням температури, відносної вологості та швидкості руху повітря, температури оточуючих людину поверхонь та інтенсивністю теплового (інфрачервоного) опромінення.

Показниками, що характеризують мікроклімат, є: температура повітря (°C), відносна вологість повітря (%), швидкість руху повітря (м/сек.), інтенсивність теплового випромінювання (Вт/м²).

Робота з дослідження підвищення якості відновлення робочих поверхонь валу черв'ячного редуктора РЧН-180М за енерговитратами

відноситься до категорії 1а [37]. Допустимі параметри мікроклімату для категорії 1а (згідно ДСН 3.3.6.042-99 [39]) наведені в табл.5.1.

Таблиця 5.1 – 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 забезпечення встановлених норм мікрокліматичних параметрів і чистоти повітря застосовують вентиляцію. Загальнообмінна вентиляція використовується для забезпечення в приміщеннях відповідного мікроклімату; місцеві вентилятори – для охолодження ПК і допоміжних пристроїв. У холодну пору року передбачається система опалення. Для опалення приміщення використовується водяна система центрального опалення.

5.2.2. Склад повітря робочої зони

В приміщенні, де здійснюється дослідження з підвищення якості відновлення робочих поверхонь валу черв'ячного редуктора РЧН-180М, можливими забруднювачами повітря може бути офісна техніка та пил, який потрапляє ззовні.

Загазованість – це наявність різноманітних газів у повітрі робочої зони, які, потрапляючи в організм людини через органи дихання, шкіряний покрив, шлунково-кишковий тракт, можуть спричинити отруєння й враження органів і систем життєзабезпечення. У зв'язку з цим сучасні методи виявлення отруйних речовин у повітрі й захист від них мають велике значення для забезпечення сприятливих умов для роботи. Для цього відбирають проби повітря на основних робочих місцях. За результатами аналізу взятих проб повітря судять про ступені шкідливості повітряного середовища.

ГДК шкідливих речовин, які знаходяться в досліджуваному приміщенні, наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Фенол	0,01	0,01	3
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Озон	0,16	0,03	1

Окрім хімічного складу, важливо також, щоб повітря мало певний іонний склад. У повітрі містяться негативні й позитивні іони. У закритих приміщеннях легкі іони поглинаються в процесі дихання, а також пилом, одягом тощо. Тому ступінь іонізації вважається досить добрим індикатором чистоти повітря. Експериментально підтверджено негативну дію деіонізованого повітря. У людей з'являються сонливість, головний біль, підвищується артеріальний тиск тощо. Параметри іонного складу повітря на робочому місці, що обладнане ПК, повинні відповідати допустимим нормам (табл.5.3).

Таблиця 5.3 – 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

Забезпечення складу повітря робочої зони здійснюється за допомогою системи кондиціонування повітря, регулярного провітрювання, та вологого прибирання.

5.2.3. Виробниче освітлення

Виробниче освітлення нормується на робочих поверхнях.

Обираючи систему освітлення, виходять з погляду економічності або гігієнічності. Система комбінованого освітлення більш економічна і дозволяє на робочих місцях створювати високу освітленість. Система загального освітлення з погляду гігієни праці краща, тому що вона дозволяє створити рівномірний розподіл освітленості у всьому приміщенні, усунути різкі тіні й контрасти.

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату) при природному та сумісному освітленні під час проектування автоматизованої системи адаптивно рухової реабілітації (згідно ДБН В.2.5-28-2018 [40]) зазначені у таблиці 5.4:

Таблиця 5.4 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	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
Високої точності	0,3 -0,5	III	г	великий	світлий	700	300	5	2	3	1,2

Для забезпечення достатнього освітлення передбачені такі заходи:

- 1) Максимально можливе бічне природне освітлення.
- 2) Штучне освітлення в приміщеннях з робочим місцем, обладнаним ВДТ, має здійснюватись системою загального рівномірного освітлення.
- 3) Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють прямі та відбиті відблиски з поверхні екранів ПК і клавіатури повинні бути передбачені сонцезахисні пристрої, вікна повинні мати жалюзі або штори.

5.2.4. Виробничий шум

Шум – це найпоширеніше явище у промисловому виробництві. Не становить великих труднощів виявити наявність підвищених шумів і провести необхідні заміри, але зниження рівня шумів може вимагати істотних витрат.

Нормування шуму для робочих місць регламентується санітарними нормами ДСН 3.3.6.037-99 [41] та державним стандартом. Для постійних шумів нормування ведеться по граничному спектру шуму.

Під час проектування автоматизованої системи адаптивно рухової реабілітації допустимі рівні звукового тиску повинні відповідати ГС, а рівні звуку L_A не повинні перевищувати 50 дБА (таблиця 5.5).

Таблиця 5.5 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного широкополосного шуму

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньгеометричними частинами (Гц)									Допустимий рівень звуку, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Наукова і творча діяльність	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

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 підвищення якості відновлення робочих поверхонь валу черв'ячного редуктора РЧН-180М проводилася за допомогою ПК, то на робочому місці проектувальника можливий підвищений рівень електромагнітного випромінювання.

Сучасні наукові теорії не мають єдності щодо обґрунтування механізму впливу ЕМП на людину, особливо у випадку слабких електромагнітних випромінювань. Ступінь і характер впливу ЕМП на організм людини залежать: від інтенсивності випромінювання; частоти коливань; площі поверхні тіла, що опромінюється; індивідуальних особливостей організму; режиму опромінення (безперервний чи переривчастий); тривалості впливу; комбінованої дії інших факторів виробничого середовища. У діапазонах промислової частоти, радіочастот, інфрачервоного і частково ультрафіолетового світла електромагнітні поля чинять тепловий вплив,

Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних

випромінювань від монітору комп'ютера представлені в табл. 5.6.

Таблиця 5.6 – 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

Захист персоналу від впливу електромагнітних полів здійснюється шляхом проведення організаційних та інженерно-технічних, лікувально-профілактичних заходів, а також використання засобів індивідуального захисту.

Таким чином, умови праці проектувальника в цілому відповідають існуючим санітарно-гігієнічним нормам.

5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи в умовах дії загрозливих факторів НС

5.3.1 Дія вогню на живі організми під час пожежі

Токсичні продукти горіння становлять найбільшу загрозу для життя людини, особливо при пожежах у будівлях. Адже в сучасних виробничих, побутових та адміністративних приміщеннях знаходиться значна кількість синтетичних матеріалів, що є основними джерелами токсичних продуктів

горіння. Так, при горінні пінополіуретану та капрону утворюється ціанистий водень (синильна кислота), вініпласту – хлористий водень та оксид вуглецю, лінолеуму – сірководень та сірчистий газ і т. д. Найчастіше при пожежах відзначається високий вміст у повітрі оксиду вуглецю. Так, у підвалах, шахтах, тунелях, складах його вміст може становити від 0,15 до 1,5%, а в приміщеннях – 0,1- 0,6%.

Вогонь – надзвичайно небезпечний чинник пожежі, однак випадки його безпосередньої дії на людей зустрічаються досить рідко. Під час пожежі температура полум'я може досягати 1200-1400 °С і у людей, що знаходяться у зоні пожежі випромінювання полум'я можуть викликати опіки та больові відчуття.

Небезпека підвищеної температури середовища полягає у тому, що вдихання розігрітого повітря разом із продуктами горіння може призвести до ураження органів дихання та смерті. В умовах пожежі підвищення температури середовища до 60 °С вже є життєво небезпечною для людини.

Дим являє собою велику кількість видимих найдрібніших твердих та (або) рідинних часточок незгорівших речовин, що знаходяться в газах у завислому стані. Він викликає інтенсивне подразнення органів дихання та слизових оболонок (сильний кашель, сльозотечу тощо). Крім того, у задимлених приміщеннях внаслідок погіршення видимості сповільнюється евакуація людей, а часом провести її зовсім неможливо. Так, при значній задимленості приміщення видимість предметів, що освітлюються лампочкою потужністю 20 Вт, складає не більше 2,5 м.

Недостатність кисню спричинена тим, що в процесі горіння відбувається хімічна реакція окислення горючих речовин та матеріалів. Небезпечною для життя людини уже вважається ситуація, коли вміст кисню в повітрі знижується до 14% (норма 21 %). При цьому втрачається координація рухів, з'являється кволість, запаморочення, гальмування свідомості. При концентрації кисню 9-11% смерть настає через кілька хвилин.

Паніка, в основному, спричинюється швидкими змінами психічного стану

людини, як правило, депресивного характеру в умовах екстремальної ситуації (пожежі). Більшість людей потрапляють у складні та неординарні умови, якими характеризується пожежа, вперше і не мають відповідної психічної стійкості та достатньої підготовки щодо цього. Коли дія чинників пожежі перевищує межу психофізіологічних можливостей людини, то її може охопити панічний стан. При цьому вона втрачає розсудливість, її дії стають неконтрольованими та неадекватними в ситуації, що виникла. Паніка – це жахливе явище, здатне призвести до масової загибелі людей [42].

5.3.2 Визначення витрат води для гасіння пожежі

Вихідні дані: Розміри приміщення: $12 \times 6 \times 3,2$ м.

Витрати води при пожежі складаються з витрат води на зовнішнє та внутрішнє гасіння пожежі

$$Q_{пож} = Q_{зов} + Q_{вн} \text{ [м}^3\text{]}, \quad (5.1)$$

де $Q_{зов}$, $Q_{вн}$ – витрати води на зовнішнє та внутрішнє гасіння пожежі, м³.

Об'єм приміщення знайдемо за формулою:

$$V = abh \text{ [м}^3\text{]}, \quad (5.2)$$

де a , b , h – довжина, ширина та висота приміщення відповідно, м.

Після підстановки відомих значень у формулу (5.2) одержимо

$$V = 12 \cdot 6 \cdot 3,2 = 230,4 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Витрати води на зовнішнє гасіння пожежі визначаються за формулою

$$Q_{зов} = 3,6g_1T_1 \text{ [м}^3\text{]}, \quad (5.3)$$

де g_1 – витрати води на пожежу (приймається відповідно до

СНиП 2.04.02–84 для ширини будівлі до 60 м і об'єму приміщення до 3 тис.м³
 $g_1 = 10$ л/с);

T_1 – розрахункова тривалість зовнішнього гасіння пожежі ($T_1 = 3$ год).

Витрати води на внутрішнє гасіння пожежі:

$$Q_{\text{вн}} = 3,6ng_2T_2 [\text{м}^3], \quad (5.5)$$

де n – кількість струменів відповідно СНиП 2.04.01-85 ($n = 2$);

g_2 – мінімальні витрати води на один струмінь ($g_2 = 5$ л/с);

T_2 – розрахунковий час роботи пожежних кранів ($T_2 = 3$ год).

Після підстановки відомих значень у формули (5.2, 5.3, 5.1) одержимо

$$Q_{\text{зов}} = 3,6 \cdot 10 \cdot 3 = 108 (\text{м}^3);$$

$$Q_{\text{вн}} = 3,6 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 3 = 108 (\text{м}^3);$$

$$Q_{\text{пож}} = 108 + 108 = 216 (\text{м}^3).$$

5.3.3 Розробка превентивних заходів по підвищенню безпеки роботи в умовах дії надзвичайних ситуацій

З метою попередження пожежі проводяться організаційні, технічні, експлуатаційні і режимні заходи.

До організаційних заходів відносяться: навчання працюючих правилам пожежної безпеки, проведення інструктажів, бесід, лекцій тощо.

До технічних – дотримування протипожежних правил та норм при встановленні опалення, вентиляційного обладнання.

До експлуатаційних – заходи, що передбачають правильну експлуатацію машин, обладнання, транспорту, правильне утримання будинків і території.

Висновки

Визначено витрати води для гасіння пожежі. Розроблено превентивні заходи по підвищенню безпеки роботи в умовах дії надзвичайних ситуацій.

ВИСНОВКИ

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

- експериментально досліджено, що під дією теплових процесів при електрометалізації в присутності рідкого вуглеводного палива відбуваються перетворення в зоні термічної дії, які суттєво впливають на мікроструктуру, а отже і на властивості наплавленого шару;

- показано позитивний результат, який полягає в тому, що процес згоряння рідкого вуглеводного палива – бензину або гасу, відбувається в безкамерній зоні, безпосередньо в електричній дузі в результаті дисоціації вуглеводного палива утворюються атоми вуглецю, які дифундують в поверхневі шари металу і створюють зміцнений шар на молекулярному рівні, як наслідок, зміцнення поверхневого шару металу;

- дослідження мікроструктури на зразках, які вирізали з наплавленого вала циліндричного, після наплавлення в середовищі вуглекислого газу, показали, що особливістю структури наплавленого металу є відсутність орієнтованих стовпчастих кристалітів в області сплавлення двох валків і це пов'язано із малими габаритам деталі, а отже і малим тепловідводом. Така структура доводить якість отриманої поверхні, а саме велику твердість і зносостійкість отриманої поверхні.

- модернізовано конструкцію електрометалізатора для нанесення покриттів, яка дозволяє створювати зміцнений шар поверхні деталі;

- розроблено маршрут відновлення вала черв'ячного редуктора РЧН-180М завдяки якому значно підвищується ресурс роботи відновлених поверхонь при зниженні собівартості;

- розраховані режими відновлення та механічної обробки деталі з розрахунками припусків та кількості переходів механічного обробки;

- розроблена установка з числовим програмним керуванням на базі вузлів компанії «Festo» для відновлення поверхонь деталей типу «вал», яка значно підвищує якість процесу відновлення;

– При оцінюванні рівня конкурентоспроможності, згідно узагальненого коефіцієнту конкурентоспроможності розробки, науково-технічна розробка переважає існуючі аналоги приблизно в 1,93 разів.

Також термін окупності становить 2,6 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.

– технологічний процес відновлення відповідає вимогам охорони праці та безпеки в надзвичайній ситуації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Большаков В.І. Прикладне матеріалознавство: Підручник для студентів вищих технічних навчальних закладів. 2-е вид., доп. і перероб./ Большаков В.І., Береза О.Ю., Харченко В.І. Під ред. д-ра техн. наук, проф. В.І. Большакова. – РВА «Дніпро-VAL»: 2000. – 290 с.
2. Василик А.В. Теплові розрахунки при зварюванні / А.В. Василик, Я.А. Дрогомирецький, Я.А. Криль. – Івано-Франківськ: Факел, 2004. – 209с.
3. Восстановление и повышение износостойкости и срока службы деталей машин / Под ред. д.т.н., проф. В.С. Попова. – Мотор Сич, 2004. – 394 с.
4. Носов Д. Г. Алгоритм оптимізації технологічних параметрів режиму наплавлення деталей типу «вал» та його реалізація / Д. Г. Носов, В. В. Перемітько // Математичне моделювання. – 2009. – №1(20). – С. 33–36.
5. Гайдамак О. Л. Вузли та деталі ремонтного виробництва автотракторної техніки. – Навчальний посібник / О.Л. Гайдамак, В.І. Савуляк – Вінниця: УНІВЕРСУМ. 2005. – 92 с.
6. Гругурко І.О. Технологія машинобудування (дипломне проектування. Навчальний посібник./І.О. Григурко, М.Ф. Брендюля, С.М. Доценко – 2007р. –768 с.
7. ГОСТ 4543-88. Металлы. Методы испытаний на растяжение, – М.:Издательство стандартов, 1987 – 52с.
8. Дубинин Е.А. Совершенствование методов нормирования ремонтпригодности автотракторной техники/ Дубинин Е.А., Полянский А.С. // Автомобильный транспорт: Сб. науч. трудов, ХНАДУ, Вып. 16. – Харьков, 2005. – С. 103-105.
9. Козловський В. О. Інноваційний менеджмент. Практикум. / В. О. Козловський, О. Й. Лесько. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 166 с.
10. Куплун А.Б. ANSYS в руках інженера./ А.Б. Куплун, Е.М. Морозов, М.А. Олферьева – М.: Едиториал УРСС, 2003 – 272 с.

11. Металознавство: Підручник / О.М.Бялік, В.С.Черненко та ін. – 2-ге вид., перероб. і доп. – К.: ІВЦ ”Видавництво <<Політехніка>>”, 2002. – 384 с.
12. Мірошник В.О. Ремонт меліоративних, будівельних машин. Практикум.: навч. посібник/ За ред. В.О.Мірошника – К.: Вища школа, 1995р.
13. Нанесення покриття : [навчальний посібник] / [В. М. Корж, В. Д. Кузнецов, Ю. С. Борисов, К. А. Ющенко] ; за редакцією академіка НАН України К. А. Ющенка – К. : Аристей, 2005. – 204 с.
14. Наплавлення: навч. посібник // Власов А.Ф., Кузнецов В.Д., Макаренко Н.О., Богуцький О.А. – Краматорськ, ДДМА, 2010. – 336с.
15. Оснач О. Ф. Промисловий маркетинг: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / О. Ф. Оснач, В. П. Пилипчук, Л. П. Коваленко – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 364 с.
16. Павлов О. Г. Аналіз технологій компенсації зношеного шару металевих поверхонь / О. Г. Павлов, К. А. Мірошніченко // Вісник Сумського національного аграрного університету, випуск №10. – 2013. – С. 22 –23.
17. Патон Б.Е. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением /Под ред. Б.Е.Патона . - М.: Машиностроение , 1974, - 768 с./
18. Проектування технологічних процесів відновлення поверхонь : лабораторний практикум / Савуляк В. І., Шенфельд В. Й., Дусанюк Ж. П. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – 51 с.
19. Полянський А.С., Дубінін Е.А., Плетнев В.Н. Аналіз та класифікація показників ремонтпридатності транспорту // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Тракторна енергетика в рослинництві: Зб. наук. праць, Вип. 60. – Харків, 2007. – С. 165- 169.
20. Савуляк В.І., Ремонт та відновлення деталей машин та апаратів. Методичні вказівки до виконання курсових проектів / В.І. Савуляк. - Вінниця: ВНТУ [Електронний ресурс], 2009.
21. Савуляк В.І. Відновлення деталей автомобілів. Навчальний посібник / В.І. Савуляк, В.Т. Івацько. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 104 с.

22. Савуляк В. І. Магістерська кваліфікаційна робота. Загальні вимоги та рекомендації до її виконання : навчальний посібник. / В. І. Савуляк, О. П. Шиліна – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 64 с.
23. Савуляк В.І. Відновлення деталей автомобілів: Лабораторний практикум. / Савуляк В.І. , Івацько В.Т. – Вінниця : ВНТУ, 2004. – 96 с.
24. Токаренко В.М. Технологія автодорожнього машинобудування та ремонту машин / В.М. Токаренко Київ: Вища школа - 1982. – 342 с.
25. Шиліна О.П. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Наплавлення і напилювання» студентами напряму підготовки 6.050504 – Зварювання /Уклад. О.П. Шиліна. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 34 с.
26. Шиліна О.П. Газотермічні методи напилювання покриттів. Навчальний посібник./ О.П. Шиліна, А.Ю. Осадчук/ ВНТУ, 2006. – 103 с.
27. Савуляк В.І, Технічне нормування в ремонтному виробництві / В.І. Савуляк С.П. Білошицький. - Вінниця: ВНТУ [Електронний ресурс], 2009.
28. Yrafen W., Sdenhofer B. Acetylene low-pressure carburizing – a novel and superior carburizing technology. – Heat treatment progress, 1999, v.26, w. 4.
29. www.festo.com.ua.
30. В. Савуляк. Модифікування робочих поверхонь сталевих деталей з формуванням високовуглецевих структур./ В. Савуляк, В. Шенфельд, М. Дмитрієв.– Вісник машинобудування та транспорту / 9, 1 (Лип 2019), С.115-122.
31. V. Savulyak, V. Shenfeld, O. Shylina, I. Vishtak. Management of morphology and structure besieged coatings. Problems of Tribology, V. 25, No 3/97-2020, s.70-73.
32. Дерябкина, Е.С. Распределение случайной величины прочности сцепления двух технологий газопламенного напыления [Текст] / Е.С. Дерябкина // Машинобудування. – Харків: УПА. – 2011. – № 7. – С. 126–136.
33. Металлизация с целью восстановления деталей / Татаринев Б.П., Пулька Ч.В., Дробышев С.В. // Современ. методы наплавки, упрочняющ. защит.

покрытия и исполъз. матер.: 4 Укр. расп. науч. – техн. конф., 20-22 нояб., 1990: Тез. докл. – Харьков, 1990. – С. 134-135.

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

35. 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.

36. 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.

37. 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_prapor_0_00-7_15-18_01_ua.php.

38. 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>

39. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>

40. ДБН В.2.5-28-2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/prirodne-i-shtuchne-osvitlennja-nor8425.html>

41. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>

42. Методичні вказівки до самостійної та індивідуальної роботи з дисципліни "Цивільний захист та охорона праці в галузі. Частина 1. Цивільний захист" / Уклад. О. В. Поліщук, О. В. Березюк, М. С. Лемешев. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 32 с.

Додаток А
(обов'язковий)

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ
ВАЛУ ЧЕРВ'ЯЧНОГО РЕДУКТОРА РЧН-180М

Додаток А

ПОГОДЖЕНО

Карелін Руслан

Керівник або заступник

Назва підприємства або установи

ГРОТ СЕРВІС

Підпис

Ініціали та прізвище

« 18 » вересня 2023 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ГМ,

д.т.н., проф.

Л. Полщук Леонід ПОЛЩУК

« 18 » вересня 2023 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХПОВЕРХОНЬ ВАЛУ ЧЕРВ'ЯЧНОГО РЕДУКТОРА РЧН-180М

08 – 62.МКР.004.00.000 ТЗ

Керівник: к.т.н., доцент каф. ГМ

Олена ШИЛІНА

Виконав: ст.гр. 13В-22м

Віктор ГОГОЛЬ

Вінниця ВНТУ 2023

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

Підстава для розробки наказ ректора ВНТУ № 247 “18” вересня 2023 року.

1 Назва та об’єкт проектування

Назва: Підвищення якості відновлення робочих поверхонь валу черв’ячного редуктора РЧН-180М.

Умовне позначення: 08-62.МКР.004.00.000 ТЗ.

Черв’ячний вал РЧН-180М є важливою складовою і служить для передачі крутного. Деталь є досить відповідальною, і від якості її механічної обробки залежить робота всього вузла.

Робоче креслення валу має всі необхідні відомості, які дають повну уяву про деталь, тобто всі проекції, розрізи і перерізи, чітко і однозначно пояснюючи її конфігурацію.

Головними конструкторськими базами даної деталі є місця під підшипники $\varnothing 45k6^{(+0,018}_{0,002})$, і зубчаста поверхня - $\varnothing 96h7_{(-0,035)}$, оскільки це є основні поверхні, за якими деталь орієнтується в редукторі.

Поверхні, які працюють в спряженнях: $\varnothing 45k6^{(+0,018}_{0,002})$ і черв’ячна поверхня $\varnothing 96h7_{(-0,035)}$, зазнають найбільші навантаження, та зношуються першими та найбільше в результаті експлуатації.

Найбільш точними є поверхні $\varnothing 45k6^{(+0,021}_{0,002})$ і $\varnothing 96h7_{(-0,035)}$ оскільки вони виконані по 6 та 7 квалітету точності, які забезпечуються при механічній обробці на верстатах з числовим програмним керуванням.

Можливе суміщення технологічних і вимірювальних баз при виконанні розмірів, що мають вказані допустимі відхилення.

Вказані на кресленні допустимі відхилення розмірів, шорсткості та відхилень геометричної форми та відносного розташування поверхонь з геометричними похибками верстатів є відповідними.

В якості чистових технологічних баз використовується центрові гнізда. Вказані на кресленні допустимі відхилення розмірів, шорсткості та відхилень геометричної форми та відносного розташування поверхонь з геометричними похибками верстатів є відповідними.

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

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

2 Мета, завдання, призначення та джерела розробки

Розробка технологічного процесу проводиться на основі завдання на магістерську кваліфікаційну роботу згідно наказу ректора ВНТУ“18” вересня 2023 року № 247, складеного у відповідності до вимог навчального плану підготовки спеціалістів у ВНТУ і затвердженого кафедрою ГМ.

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

Мета і завдання роботи.

Мета роботи є удосконалення технології відновлення валу черв'ячного редуктора електродуговою металізацією в присутності рідкого вуглеводного

палива шляхом керування технологічними параметрами на всіх етапах процесу відновлення та вдосконаленням конструкції обладнання для напилювання.

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

1. Обґрунтувати вибір електродугової металізації в якості оптимального методу відновлення працездатності валу черв'ячного і на основі аналітичного огляду показати ефективність його використання при відновленні.
2. Вивчення можливості застосування рідкого вуглеводного палива при електрометалізації поверхні деталі в процесі формування відновленого шару.
3. Проаналізувати структури поверхневого шару валу черв'ячного під підшипники після наплавлення в углекислому газі;
4. Формування маршруту технологічного процесу відновлення деталі;
5. Розрахунок та призначення режимів механічної обробки до та після нанесення покриття;
6. Проектування електрометалізатора для нанесення зносостійких покриттів;
7. Проектування устаткування з числовим програмним керуванням;

Джерелами розробки є:

- методика проектування технологічного процесу відновлення деталей типу вал;
- методика модернізації та проектування конструкції технологічного обладнання;
- вимоги до комплекту документів “Єдина система конструкторської та технічної документації”;
- загальні правила класифікації, розробки технологічних процесів і вибір засобів технологічного оснащення та процесів Р 50-54-93-88;
- ДЕСТ 14.305-93 – Правила вибору технологічної оснастки;
- технічна література, довідникові видання.

1. Савуляк В.І., Ремонт та відновлення деталей машин та апаратів. Методичні вказівки до виконання курсових проектів / В.І. Савуляк. - Вінниця: ВНТУ [Електронний ресурс], 2009.
2. Шиліна О.П. Газотермічні методи напилювання покриттів. Навчальний посібник./ О.П. Шиліна, А.Ю. Осадчук/ ВНТУ, 2006. – 103 с
3. Гругурко І.О. Технологія машинобудування (дипломне проектування. Навчальний посібник./І.О. Григурко, М.Ф. Брендюля, С.М. Доценко – 2007р. – 768 с.
4. Восстановление и повышение износостойкости и срока службы деталей машин / Под ред. д.т.н., проф. В.С. Попова. – Мотор Сич, 2004. – 394 с.
5. Нанесення покриття : [навчальний посібник] / [В. М. Корж, В. Д. Кузнецов, Ю. С. Борисов, К. А. Ющенко] ; за редакцією академіка НАН України К. А. Ющенко – К. : Аристей, 2005. – 204 с.
6. Наплавлення: навч. посібник // Власов А.Ф., Кузнецов В.Д., Макаренко Н.О., Богущкий О.А. – Краматорськ, ДДМА, 2010. – 336с.
7. Козловський, В. О. Основи підприємництва : навчальний посібник. Видання 3-ге, переробл. та доповн. / В. О. Козловський. Вінниця : 2023. 132 с.
8. Оснач О. Ф. Промисловий маркетинг: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / О. Ф. Оснач, В. П. Пилипчук, Л. П. Коваленко – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 364 с.
9. Савуляк В.І. Відновлення деталей автомобілів. Навчальний посібник / В.І. Савуляк, В.Т. Івацько. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 104 с.
10. Савуляк В. І. Магістерська кваліфікаційна робота. Загальні вимоги та рекомендації до її виконання : навчальний посібник. / В. І. Савуляк, О. П. Шиліна – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 64 с.

3 Технічні вимоги та економічні показники

3.1 Вимоги до загальної структури і послідовності проектування

Зміст розділів магістерської кваліфікаційної роботи та строки їх виконання визначаються завданням на магістерську кваліфікаційну роботу та положенням кафедри за модульно-рейтинговою оцінкою рівня та термінів виконання роботи.

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

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

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

3.2 Вихідні дані для технологічного проектування

Приймаємо наступні вихідні дані для технологічного проектування:

- річний обсяг ремонту валу коробки відбору потужності 800 шт,
- знос поверхонь, що відновлюються менше 0,3 мм, від робочого креслення.

3.3 Вимоги до рівня уніфікації та стандартизації

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

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

3.4 Вимоги до охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

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

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

4 Стадії та етапи розробки

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

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

5 Порядок контролю та приймання

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

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

Додаток Б
(обов'язковий)

ТЕХНІЧНА ДОКУМЕНТАЦІЯ

**ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ВАЛУ
ЧЕРВ'ЯЧНОГО РЕДУКТОРА РЧН-180М**

Дубл.			
Взам.			
Подп.			

08-62 МКР 004.00.002.ТП

ВНТУ

08-62 МКР
004.00.002.ТП

Черв'ячний вал РЧН-180М

М К Р

Вінницький національний технічний університет
Кафедра ГМ

Керівник
к.т.н., доц. Шиліна О. П.

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ
на технологічний процес відновлення
«Черв'ячний вал РЧН-180М»

Студент гр. 13В-22м
Гоголь В.В.

Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
										08-62 МКР 004.00.002.ТП									
Розроб.	Гоголь В.В.					ВНТУ	УК.41.00.						08-62 МКР 004.00.002.002						
Перев.	Шиліна О. П.																		
М.контр.						Черв'ячний вал РЧН-180М													
Н.контр.	Шиліна О. П.																		
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, найменування операції					Позначення документа									
Б	Код, найменування обладнання					СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт			
А 01	005 Миття																		
Б 02	Мийна машина АКТБ-116						Мийна	3		1	1	Шт.	15	8	10	1,38			
Т 03	Мити заготовку в розчині лобоміду -101																		
А 04	010 Токарна																		
Б 05	Токарний верстат 16К20Ф3						Токар	3		1	1	Шт.	15	8	15	2,34			
06																			
А 07	015 Наплавлювальна																		
Б 08	Установка УД 209м						Напл.	3		1	1	Шт.	15	8	16	48,03			
09																			
А 10	020 Термічна відпуск																		
Б 11	ВЧГ-3-160/0.066						Тер.	3		1	1	Шт.	15	8	15	1,19			
12																			
А 13	025 Токарна																		
Б 14	Токарний верстат 16К20Ф3						Токар	3		1	1	Шт.	15	8	15	4,34			
15																			
МК	Маршрутна карта ремонту																		

Дубл.														
Взам.														
Подп.														
										08-62 МКР 004.00.002.ТП				
Розроб.	Гоголь В.В.			ВНТУ		УК.41.00.			08-62 МКР 004.00.002.009					
Перев.	Шиліна О. П.													
Н.контр.	Шиліна О. П.			Черв'ячний вал РЧН-180М										
01	Код, найменування операції					Позначення документа					МИ			
	035 Напилення					НОТ №1875-82								
02						Код, найменування обладнання			Тв	То				
						Установка ПП-21				8,5				
К/М	Найменування деталі, ск. одиниця або матеріал					ОП П	ЕВ	ЕН	КИ	Нрасх.				
Р						І, А	Р, кг/год	В, %	V, л/хв	т, кг				
О 03	1. Установити деталь, закріпити і зняти													
04	2. Напилити поверхню деф. 3 до розміру Ø96,873 мм													
М 05	Порошок ПГ-10Н-04													
06	Аргон першого сорту													
Р 07						90	1,5	5	13	0,07				
08														
09														
10														
11														
12														
13														
14														
ОК	Операційна карта напилення													

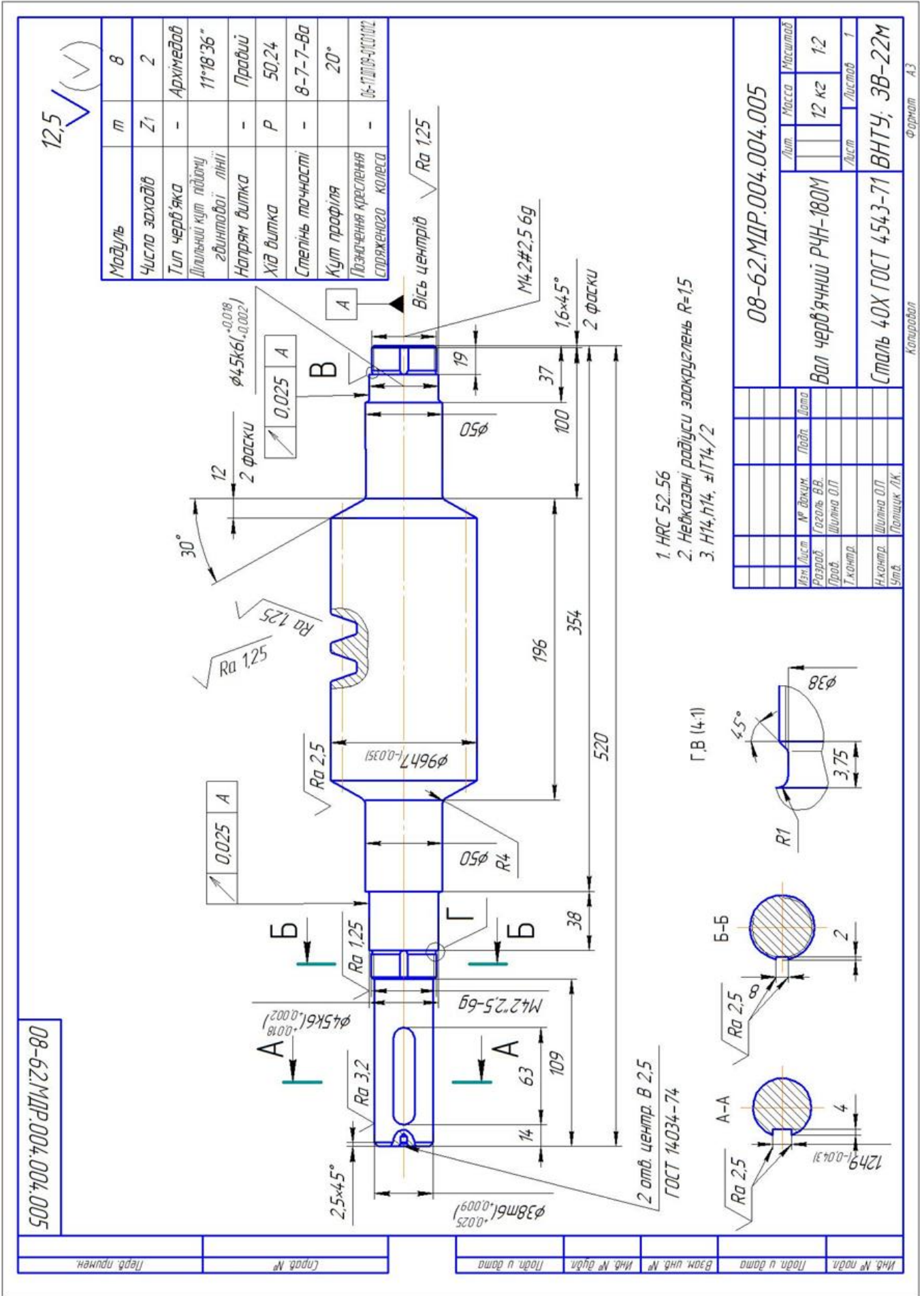
Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
										08-62 МКР 004.00.002.ТП									
Розроб.	Гоголь В.В.			ВНТУ			УК.41.00.			08-62 МКР 004.00.002.010									
Перев.	Шиліна О. П.																		
Н.контр.	Шиліна О. П.			Черв'ячний вал РЧН-180М															
01	Код, назва операції					Позначення документа										МИ			
	040 Термічна гартування					НОТ №1875-82													
02						Код, найменування обладнання					Тв	То							
						Індукційна установка ПЕТРА-ИНУ					0,25	0,79							
К/М	Назва деталі, ск. одиниця або матеріал					Код, позначення			ОП П	ЕВ	ЕН	КИ	Нрасх.						
О 03	1.Установити деталь, закріпити,зняти																		
Р 04	2.Нагріти деталь до температури $t_H=850\dots 860^\circ\text{C}$																		
Р 05	Тривалість витримки при цій температурі $t_B=10-15$ сек																		
06																			
07																			
08																			
09																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
ОК	Операційна карта наплавки																		

Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
										08-62 МКР 004.00.002.ТП									
Розроб.	Гоголь В.В.			ВНТУ			УК.41.00.			08-62 МКР 004.00.002.011									
Перев.	Шиліна О. П.																		
										Черв'ячний вал РЧН-180М									
Н.контр.	Шиліна О. П.																		
01	Код, назва операції						Позначення документа						МИ						
	045 Шліфувальна						НОТ №1875-82												
02							Код, назва обладнання						Тв	То					
													1,7	0,51					
К/М	Назва деталі, ск. одиниця або матеріал						Код, позначення			ОП П	ЕВ	ЕН	КИ	Нрасх.					
Б 03	Верстат 3М153									t,мм	S _{пп} ,мм/об	S _{пв} ,мм/об	n,об/хв	V _{кр} ,м/с					
О 04	1. Установити деталь, закріпити, зняти																		
Т 05	Центр І-5-Н ГОСТ 8742-75, повідок																		
О 06	2. Шліфувати поверхню 1 до Ø45k6(^{+0,018} / _{+0,002}) мм.																		
Б 07	63СМ26К5/ПСС4015																		
Р 08										0,17	40	0.024	95,6	30					
О 09	3. Шліфувати поверхню 2 до Ø45k6(^{+0,018} / _{+0,002}) мм.																		
Б 10	63СМ26К5/ПСС4015 Ø 60																		
Р 11										0,17	40	0.024	147	30					
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
ОК	Операційна карта шліфування																		

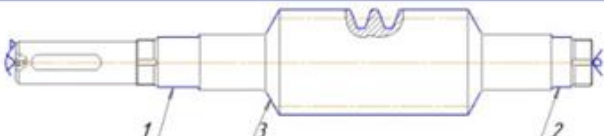
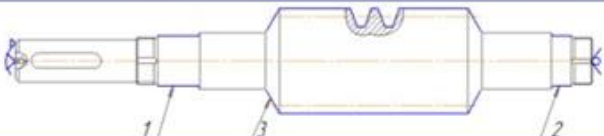
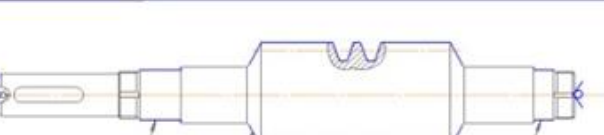
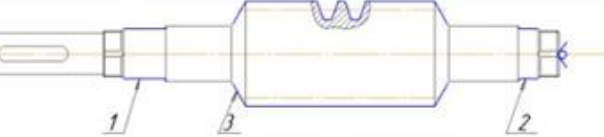
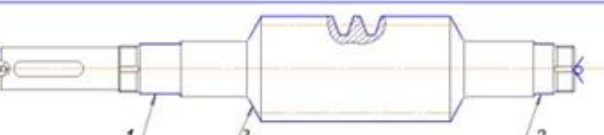
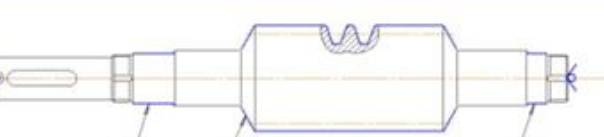

Додаток В
(обов'язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

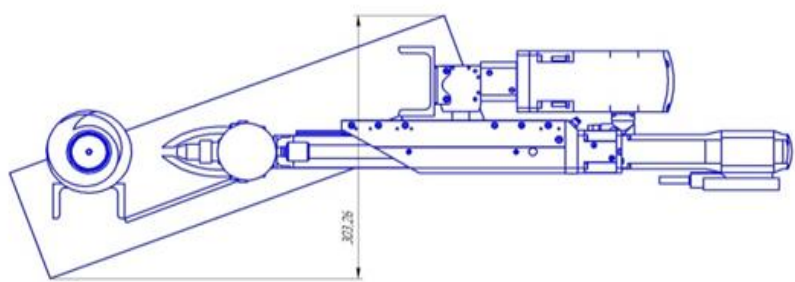
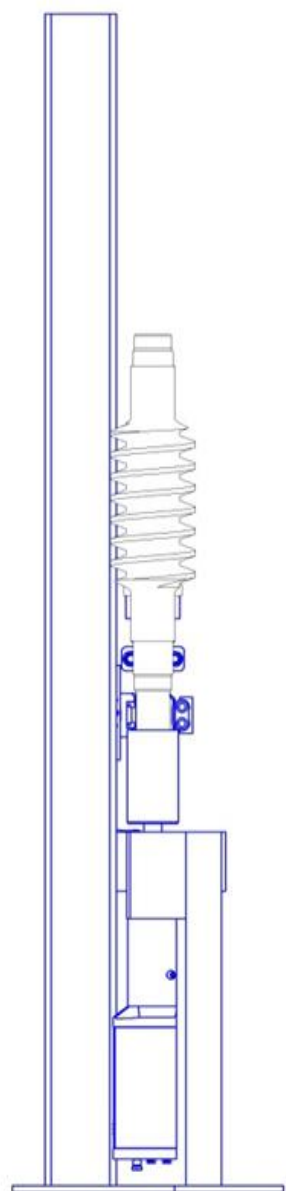
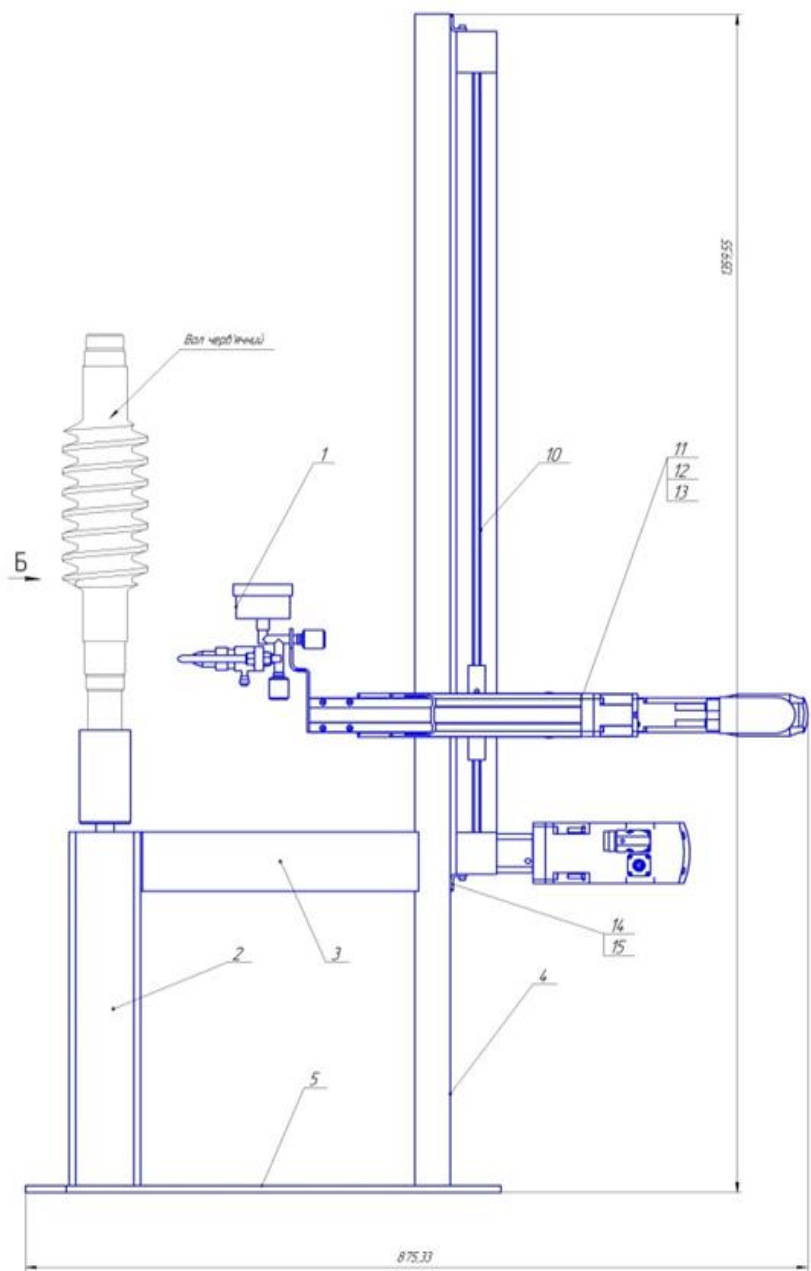
**ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ВАЛУ
ЧЕРВ'ЯЧНОГО РЕДУКТОРА РЧН-180М**





№ опер	Операційні переходи	Схема установки	Обладнання
005	<p>Мийна</p> <p>1. Мити деталь в розчині Лобаніду 101</p>		<p>Мийна машина АКБ-116</p>
010	<p>Токарна</p> <p>1. Установити і зняти деталь.</p> <p>2. Точити поверхню 1 $\phi 45$ до $\phi 44,4$.</p> <p>3. Точити поверхню 2 $\phi 45$ до $\phi 44,4$.</p>		16К20Ф3
015	<p>Наплавлявальна</p> <p>1. Установити і зняти деталь.</p> <p>2. Наплавити поверхню 1 до $\phi 51$</p> <p>3. Наплавити поверхню 2 до $\phi 51$</p>		<p>1. Установка ЧМ</p> <p>2. Наплавочна головка</p>
020	<p>Термічна</p> <p>1. Відпустити деталь</p>		<p>ЧВГ-3</p> <p>160/0,066</p>
025	<p>Токарна</p> <p>1. Установити і зняти деталь.</p> <p>2. Точити поверхню 3 до $\phi 96$ черв'яка</p>		<p>16К20Ф3</p> <p>центр</p> <p>1-5-Н</p> <p>ГОСТ-8742-75</p>
030	<p>Фрезерна</p> <p>1. Установити і зняти деталь.</p> <p>2. Фрезерувати поверхню 3 $f=0,2$мм...$0,3$мм</p>		<p>Різьбарезерний</p> <p>5665</p>
035	<p>Наплавлявальна</p> <p>1. Установити і зняти деталь.</p> <p>2. Наплавити поверхню 3 згідно вимог операційного ескізу</p>		<p>1. Установка ЧМ</p> <p>2. Центр 1-5-Н</p> <p>3. Наплавильний паликостан</p>
040	<p>Термічна</p> <p>1. Гартувати деталь</p>		<p>ЧВГ-3</p> <p>160/0,066</p>
045	<p>Шліфувальна</p> <p>1. Установити і зняти деталь</p> <p>2. Шліфувати поверхню 1 в розмір $\phi 45k6$.</p> <p>3. Шліфувати поверхню 2 в розмір $\phi 45k6$.</p>		<p>Круглошліфувальний</p> <p>3М153</p>
050	<p>Шліфувальна</p> <p>1. Установити і зняти деталь</p> <p>2. Шліфувати поверхню 3 до розміру $\phi 96h7$</p>		<p>Черв'ячно-шліфувальний</p> <p>5П822</p>
055	<p>Контрольна</p> <p>1. Порівняти виміри з розмірами на кресленні</p>		<p>ВТК-6</p>

08-62МКР.04.44.000 СК

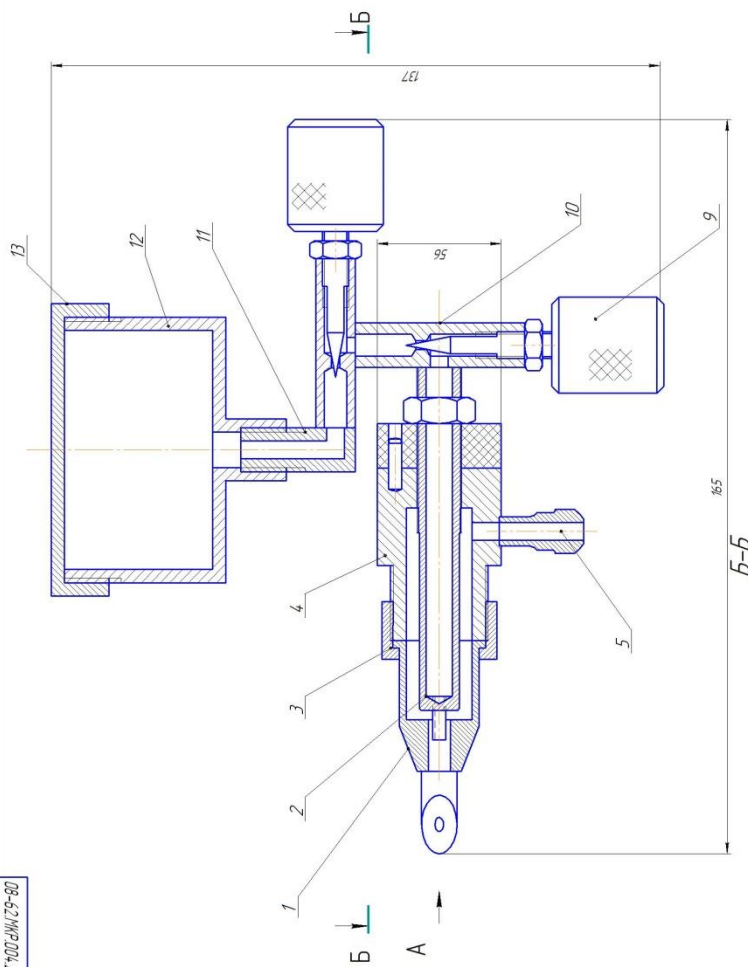


- Техниче характеристики**
- 1 Максимально частота обертання дилуно одертана 300об/хв
 - 2 Час розгану дилуно одертана 1с
 - 3 Точність положення пристрою кінцевий положитте 0,5мм
 - 4 Час положення пристрою кінцевий положитте 7с
 - 5 Максимальна довжина встановлюваної деталі 350мм
 - 6 Минимальний діаметр встановлюваної деталі 30мм
 - 7 Максимальний діаметр встановлюваної деталі 90мм

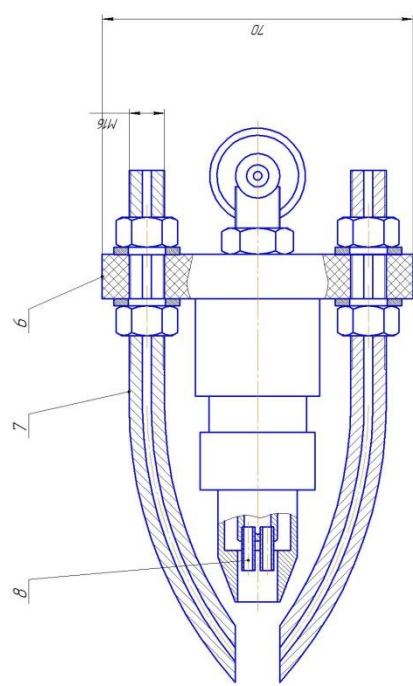
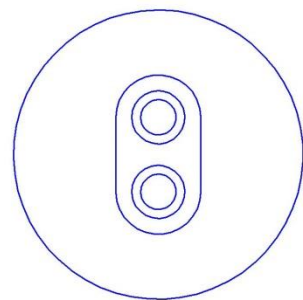
1 *Размери дані додаток

				08-62МКР.04.44.000 СК			
Код	Назва	Матеріал	Кількість	Категорія	Маса	Кількість	Маса
08-62	04.44	000	СК	Знаряддя і часова пристрої кінцевий для встановлення деталі	6,223	11	
08-62	04.44	000	СК	Категорія			
08-62	04.44	000	СК	Категорія	ВН19		
08-62	04.44	000	СК	Категорія	38-22г		

08-62 МКР.004.244.000 СК



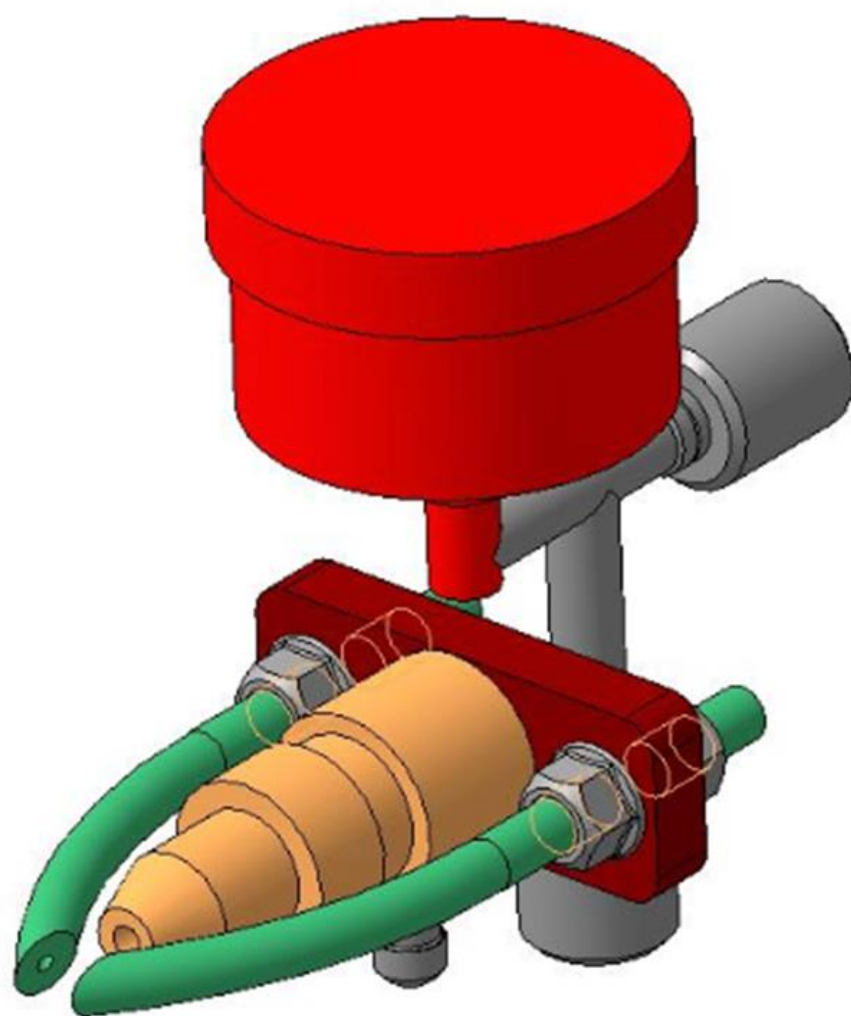
A (4:1)



- 1. Размеры для сборки.
- 2. Тиск ладзіты 0,65-0,85 МПа
- 3. Дыяметр разлічлівага афарту 1,2-2 мм
- 4. Рабочы сіла струны 50-400А
- 5. Рабочы напруда 18-25В

08-62 МКР.004.244.000 СК		Ліст	Колькасць	Масца
Разлішчбач		4,5	11	
(Складальне крэслення)				
		ЗВ-22М		

Масца М паліт. Рахун. у кілограмах. Колькасць М паліт. Рахун. у кілограмах. Маса ліста М паліт. Рахун. у кілограмах. Маса афарту М паліт. Рахун. у кілограмах.



Додаток Г
(обов'язковий)

СПЕЦІФІКАЦІЯ

**ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ВАЛ-
ШЕСТЕРНІ ПОВОРОТНОГО РЕДУКТОРА ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО
КОМБАЙНУ**

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
<i>Документація</i>							
Справ. №	A1		08-62.МКР.004.11.000.000.ВЗ	Вид загальний			
	<i>Складальні одиниці</i>						
		1	08-62.МКР.004.11.100.000	Установка з ЧПК	1		
		2	08-62.МКР.004.11.200.000	Вентиляція	1		
		3	08-62.МКР.004.11.300.000	Захисна камера	1		
		4	08-62.МКР.004.11.400.000	Станина	1		
	5	08-62.МКР.004.11.500.000	Механізм подачі дроту	1			
<i>Стандартні вироби</i>							
	6			Блок живлення ВДУ-506	1		
	7			Комп'ютер	1		
	8			Балон з транспортуючим газом	1		
08-62.МКР.004.11.000.000							
Изм. Лист		№ докум.		Подп.	Дата		
Разрад.		Гоголь В.В.					
Пров.		Шиліна О.П.					
Н.контр.		Шиліна О.П.					
Утв.		Поліщук О.Л.					
Робоче місце				Лит.	Лист	Листов	
				4	1	1	
				ст.гр.3В-22м			

Додаток Д
(обов'язковий)

**ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ
ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ**

**ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ВАЛ-
ШЕСТЕРНІ ПОВОРОТНОГО РЕДУКТОРА ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО
КОМБАЙНУ**

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: «Підвищення якості відновлення робочих поверхонь валу черв'ячного редуктора РЧН-180М»

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

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

Показники звіту подібності Unischek

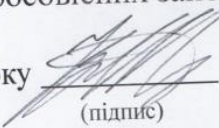
Оригінальність 80,4% Схожість 19,6%

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.

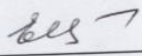
Особа, відповідальна за перевірку 
(підпис)

Шенфельд В. Й.
(прізвище, ініціали)

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

Автор роботи 
(підпис)

Гоголь В.В.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи 
(підпис)

Шиліна О.П.
(прізвище, ініціали)