

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

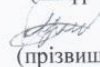
Кафедра галузевого машинобудування
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему:

**«Структурування поверхневих шарів вісі опорного котка під час
відновлення»**

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

(шифр і назва спеціальності)

 Артур КОРЖ
(прізвище та ініціали)

« 12 » 12 2024 р.

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

« 12 » 12 2024 р.

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

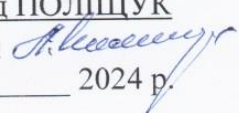
 « 16 » 12 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ГМ

д.т.н., проф. Леонід ПОЛІЩУК

(прізвище та ініціали)

 « 16 » 12 2024 р.

Вінниця ВНТУ – 2024 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 2024 року

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Артуру КОРЖУ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи. СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ ВІСІ
ОПОРНОГО КОТКА ПІД ЧАС ВІДНОВЛЕННЯ

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

Затверджені наказом вищого навчального закладу від
“ 17 ” вересня 2024 року № 310

2. Строк подання студентом роботи «12» грудня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи:

Креслення вісь опорного котка;

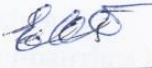
Режим навантаження – довготривалий;

Річна програма відновлення деталей N=1500 шт.;

4. Зміст текстової частини:

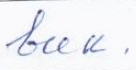
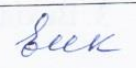
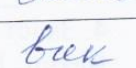
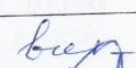
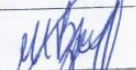
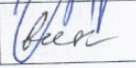
Вступ. Розділ 1. Аналітичний огляд сучасного стану відновлення деталей типу вісь та шляхи вирішення. Розділ 2. Структурутворення зносостійкої поверхні при відновленні вісі опорного котка танку Розділ 3.обґрунтування технологічного процесу відновлення вісі котка та його параметрів. Розділ 4. Економічна частина. Загальні висновки; Список використаних джерел; Додатки.
 5. Перелік графічної частини (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Ведений коток танка Т-72 –1 л. ф. А1; Вісь опорного котка – 1 л. ф. А2; Вісь опорного котка (ремонтне) –1л. ф. А2 ; 3D модель вісі опрного котка – 1л.ф.А2; Технологічний процес відновлення – 1 л. ф. А1; Установка з числовим програмним керуванням для відновлення деталей (складальне креслення)–1 л. ф. А1; 3D модель установки з ЧПК–1 л. ф. А1. 10. Робочемісце

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	О.П. ШИЛІНА, к.т.н., доц., кафедри ГМ	19.09.2024р. 	10.12.2024р. 
Економіка виробництва	Н. В. БУРЄННІКОВА, д.е.н., проф., кафедри ЕПВМ	16.10.2024р. 	6.12.2024р. 

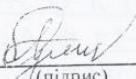
7. Дата видачі завдання « 17 » вересня 2024 р.

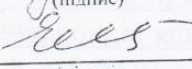
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Формування та затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи (МКР)	17.09.24 р.	
2	Виконання спеціальної частини МКР. Перший рубіжний контроль виконання МКР	26.10.2024 р.	
3	Виконання спеціальної частини МКР. Другий рубіжний контроль виконання МКР	30.10.24 р.	
4	Виконання розділу «Економіка виробництва»	06.12.24 р.	
5	Попередній захист МКР	12.12.24 р.	
6	Нормоконтроль МКР	12.12.24 р.	
7	Опонування МКР	16.12.2024 р.	
8	Захист МКР	18.12.2024 р.	

Студент

Керівник проекту


(підпис)


(підпис)

Артур КОРЖ

Олена ШИЛІНА

АНОТАЦІЯ

УДК 621.669

Артур КОРЖ. Структурування поверхневих шарів вісі опорного котка під час відновлення

Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 132 – Матеріалознавство, освітня програма – Інтелектуальні технологічні системи в інженерії поверхні. Вінниця: ВНТУ, 2024. 103 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 35 назв; рис.: 15; табл. 26.

У магістерській кваліфікаційній роботі досліджено вплив порошку графіту з нанопластинами графену на утворення структури при наплавленні деталі наплавочним дротом Нп-30ХГСА та на мікроструктуру перехідної зони наплавленого шару. Обґрунтована модель використання методу кінцево-елементного аналізу для розрахунку температурних полів процесу наплавлення покриття.

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

У технологічній частині розроблений технологічний процес відновлення вісі опорного котка з використанням плазмодугового наплавлення, який забезпечує відновлення експлуатаційних характеристик робочих поверхонь вісі.

Графічна частина складається з 8 плакатів.

Результати здійсненого технологічного аудиту вказують на високий рівень комерційного потенціалу. У порівнянні з аналогічним виробом виявлено, що нова розробка вищої якості і більш конкурентоспроможна, як з технічних, так і економічних позначень.

Ключові слова: мартенситного перетворення, електродугове наплавлення, деформації стиску, мікроструктура, твердість.

ABSTRACT

UDC 621.669

Artur KORZH. Structural formation of surface layers of the support roller axis during restoration

Master's qualification work in the specialty 132 - Materials Science, educational program - Intelligent technological systems in surface engineering. Vinnytsia: VNTU, 2024. 103 p.

In Ukrainian. Bibliography: 35 titles; Fig.: 15; Table. 26.

The master's qualification work investigated the influence of graphite powder with graphene nanoplatelets on the formation of a structure during surfacing of a part with a surfacing wire NP-30KhGSA and on the microstructure of the transition zone of the surfacing layer. A model for using the finite element analysis method to calculate the temperature fields of the surfacing process is substantiated.

In the design and calculation part, a numerically controlled installation based on Festo components has been developed.

In the technological part, a technological process for restoring the axis of the support roller using plasma arc surfacing has been developed, which ensures the restoration of the operational characteristics of the axis' working surfaces.ж

The graphic part consists of 8 posters.

The results of the technological audit indicate a high level of commercial potential. Compared to a similar product, it was found that the new development is of higher quality and more competitive, both in technical and economic terms

Keywords: martensitic transformation, electric arc surfacing, compression deformation, microstructure, hardness.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СУЧАСНОГО СТАНУ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛИЙ ТИПУ ВІСЬ ТА ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ	11
1.1 Конструкції, матеріали та обробка осей та валів.....	11
1.2 Загальні відомості про ремонт валів та осей.....	14
1.3 Аналіз сучасного стану ТП відновлення деталей типу «вісь» наплавленням.....	16
1.4 Висновки. Постановка мети і наукових завдань досліджень.....	20
2 СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОЇ ПОВЕРХНІ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ВІСІ ОПОРНОГО КОТКА ТАНКУ	21
2.1 Експериментальні дослідження властивостей наплавленого металу.....	21
2.2 Вдосконалення конструкції плазмового напилювального пристрою.....	24
Висновки до розділу 2.....	25
3 ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ВІСІ КОТКА ТА ЙОГО ПАРАМЕТРІВ.....	27
3.1 Загальний огляд конструкції та постановка задачі.....	27
3.2 Аналіз конструкції деталі та її технологічність для відновлення і виготовлення.....	28
3.3 Якісна характеристика технологічності.....	30
3.4 Кількісна характеристика технологічності.....	31
3.5 Дефектування та технічний контроль якості відновленої деталі	32
3.6 Вибір та технічне обґрунтування методів та матеріалів для відновлення поверхонь.....	35
3.7 Переваги та недоліки основних методів нанесення покриття.	36
3.8 Визначення кількості переходів та операцій відновлення поверхонь.....	39
3.9 Розрахунок припусків на механічну обробку, товщину шару, що зрізається на попередній обробці.....	41
3.10 Формування маршруту технологічного процесу відновлення поверхонь вісі котка танку Т-72.....	43
3.11 Створення конструктивної схеми установки автоматизованого відновлення.....	49
3.12 Механізм обертання деталі.....	51
3.13 Привід переміщення плазмового напилювального пристрою та розробка установки з числовим програмним керуванням.....	53
Висновки до розділу 3.....	55

РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	56
4.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки	56
4.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи	62
4.3 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки.	71
4.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності.....	72
4.5 Висновки до економічного розділу.....	74
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	77
ДОДАТКИ	
Додток А (ообов'язковий): ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	81
Додаток Б (обов'язковий): ГРАФІЧНА ЧАСТИНА.....	88
Додаток В (обов'язковий): СПЕЦІФІКАЦІЯ.....	98
Додаток Г (обов'язковий): ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ.....	102

ВСТУП

Актуальність проблеми. Процес переходу до нових ринкових відносин вимагає ефективного використання машин і устаткування, яке забезпечується високим рівнем їхнього технічного обслуговування і ремонту, наявністю необхідного числа запасних частин. В зв'язку зі спеціалізацією і концентрацією ремонтного виробництва виникає потреба в удосконаленні технологічних процесів для підвищення якості продукції.

Сучасна тенденція росту експлуатаційних навантажень на деталі, які працюють в умовах інтенсивного ударно-абразивного зношування зі значними контактними навантаженнями, є причиною того, що вони не мають достатньої експлуатаційної стійкості [2].

Існуючі наплавочні матеріали для відновлення вісей опорного катка транспортної техніки у багатьох випадках не задовільняють вимогам підвищення експлуатаційної стійкості цих деталей, мають складну систему легування дефіцитними елементами, що обумовлює їх високу вартість, і, як наслідок, обмежене застосування на практиці. Через це велика кількість виробів продовжує експлуатуватися з критичним або надкритичним ступенем зносу, що взагалі є неприпустимим фактом [11].

Наявність великої кількості одночасно діючих факторів у сукупності приводить до ситуації, коли властивості відновленої деталі часто не досягають по показниках властивостей нових деталей. Тому дослідження в межах розв'язання означеної науково-технічної задачі є актуальними.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Основні етапи роботи визначалися та виконувалися відповідно до завдання на магістерську кваліфікаційну роботу та положення про магістерську кваліфікаційну роботу кафедри Галузевого машинобудування Вінницького національного технічного університету. Рівень участі в роботах – відповідальний виконавець.

Мета і завдання роботи. Метою даної роботи є підвищення якості

відновлення робочих поверхонь вісі котка танку плазмово-дуговим наплавленням та дослідити вплив пластичного деформування на перетворення в поверхневому шарі.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

1. Провести експериментальні дослідження впливу контактних навантажень на перетворення в наплавленному металі
2. Визначити оптимальні методи нанесення зносостійких (функціональних) покриттів, що призводять до зміцнення поверхневого шару.
3. Розробити технологічний процес відновлення, вісі котка танку Т-72, який забезпечить підвищенню експлуатаційну стійкість в умовах ударно-абразивного зношування.
5. Модернізувати обладнання для нанесення функціональних покриттів під час відновлення вісі котка танку Т-72.
6. Розробка установки з числовим програмним керуванням на базі вузлів компанії «Festo», що дозволяє проводити відновлення поверхонь деталей.

Об’єкт дослідження – технологічний процес відновлення зношених робочих поверхонь деталей типу вісі.

Предмет досліджень – методи та засоби підвищення якості відновлення робочих поверхонь вісі котка танку Т-72 плазмово-дуговим наплавленням.

Новизна одержаних результатів. У роботі отримано ряд результатів, що мають наукову новизну.

1. Доведена можливість використання деформаційного мартенситного перетворення як додаткового механізму зміцнення наплавленого металу.
2. Виявлено, що плазмово-дугове наплавлення з наступним пластичним деформуванням дозволяє збільшити поверхневу твердість відновлюваної деталі, що в свою чергу мінімізує кількість поверхневих дефектів, сприяє зменшенню пористості поверхні валів під час нанесення зносостійких покриттів.

Практичне значення отриманих результатів. На основі проведених досліджень розроблено:

- рекомендації щодо плазмово-дугового наплавлення покриттів з

використанням деформаційного перетворення як додаткового механізму зміцнення наплавленого металу.

- значно зменшена вартість відновлення завдяки відсутності дефіцитних та коштовних компонентів у складі наплавочного матеріала;

- проведена автоматизація процесу відновлення деталей типу вісь, що призводить до кращої якості нанесення покриттів за рахунок оптимізації регулювання режимів нанесення покриттів;

- вдосконалено конструкцію плазмового напилювального пристрою, що призводить до підвищення довговічності та продуктивності пристрою.

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-2025)»**.

Публікації результатів магістерської кваліфікаційної роботи

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

1. Шиліна О.П. Огляд сучасного стану відновлення деталей типу вісь.//Шиліна О.П, Корж А.С. – [Електронний ресурс] // 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-2025)»**.

<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2025/paper/viewFile/22873/18873>

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СУЧАСНОГО СТАНУ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛИЙ ТИПУ ВІСЬ ТА ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ

1.1 Конструкції, матеріали та обробка осей та валів

Вісь – деталь видовженої циліндричної форми, що служить для підтримування різноманітних деталей машин і механізмів, що обертаються разом з ними чи на них. Вісі не передають обертового моменту. До цього типу деталей відносяться вали та осі різноманітного призначення. На цих деталях розміщуються зубчасті колеса, шків, зірочки, барабани, муфти та інші елементи машин, які здійснюють обертовий рух. Вали та осі забезпечують для цих елементів постійне положення геометричної осі обертання [17, 22].

При виборі матеріалу для виготовлення валів та осей перш за все звертають увагу у яких умовах працюватиме деталь. Тому знаючі фізико – механічні властивості матеріалу осей та валів обирають матеріал деталі.

Основними матеріалами для валів та осей є вуглецеві та леговані сталі. Заготовками для валів діаметром до 150 мм переважно є круглий прокат, а для валів більшого діаметра та фасонних валів – поковки. Поверхні валів, що призначені для спряження з іншими деталями, повинні бути точно і чисто оброблені. Параметри шорсткості поверхонь: під підшипники кочення $R_a = (3,2 \dots 0,80)$ мкм, а під підшипники ковзання $R_a = (0,40 \dots 0,1)$ мкм.

В основному використовують вуглецеві сталі марок 20, 30, 40, 45 та 50, а також леговані сталі марок 20Х, 40Х, 40ХН, 30ХГСА, 40ХН2МА, 18Х2Н4МА, та ін. Сталі 40ХН, 40ХН2МА, 30ХГТ, 30ХГСА та ін. застосовують для високонапружених валів відповідальних машин. Вали з цих сталей піддають, як правило, поліпшенню – загартуванню з високим відпуском або поверхневому гартуванню з нагріванням СВЧ і низьким відпуском (шліцеві вали) [16].

Швидкохідні вали, які обертаються у підшипниках ковзання, вимагають досить високої твердості цапф, а тому їх виготовляють із цементованих сталей 20Х, 12ХН3А, 18ХГТ або азотованих сталей типу 38Х2МЮА. Хромовані вали мають високу стійкість проти спрацювання. Наприклад, в автомобільній промисловості покриття хромом шийок колінчастих валів збільшує ресурс до перешліфування у 3...5 разів [11,16].

Конструктивно осі можуть бути виконані з можливістю обертання (рис. 1.1, а) або нерухомими (рис. 1.1, б). Осі, що обертаються навіть під час постійного за модулем та напрямом навантаження, працюють у гірших умовах

циклічно змінних напружень, але зручніші в експлуатації, бо допускають використання виносних підшипників. Нерухомі осі працюють у більш сприятливих умовах під час постійних навантажень (за модулем та напрямом), але для них потрібні більш складні та менш зручні в експлуатації підшипники, які встановлюються в насаджених на вісь деталях [1, 8].

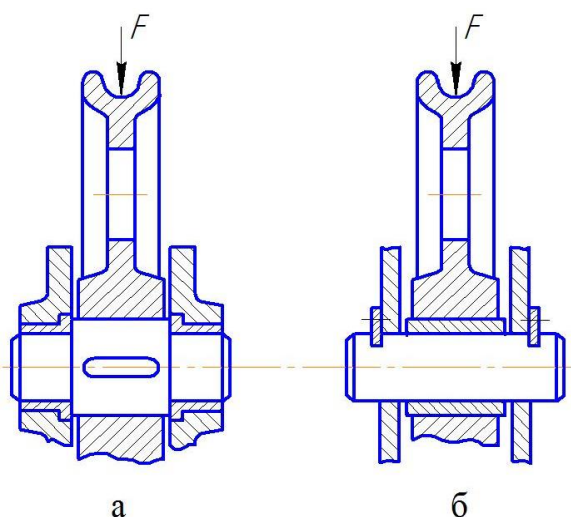


Рисунок 1.1 – Конструкції осей: а – вісь з можливістю обертання;
б – вісь нерухома

Вал – деталь, яка, на відміну від осей, призначена для передавання крутного моменту та підтримування елементів машини у їхньому обертальному русі. Існують деякі види валів, наприклад гнучкі дротяні та торсіонні, які не підтримують деталей, а лише передають крутний момент [8,9].

За геометричною формою вали поділяються на прямі, колінчасті (вісь – просторова ламана лінія) і гнучкі (змінювана просторова геометрична вісь) (рис. 1.2, а, г, є).

Найпоширеніші вали за конструкцією можуть бути циліндричними постійного діаметра, ступінчастими, із нарізаними на них зубчастими вінцями або шліцами, карданно-телескопічні та кулачкові. Ступінчасті вали і вали з нарізаними зубчастими вінцями більш складні за конструкцією та у виготовленні, але дають змогу простіше здійснити різні посадки деталей на окремих ділянках, забезпечують створення упорів та буртиків для осьової фіксації встановлених на валах деталей. Крім того, змінюючи розміри перерізів, можна наблизити форму вала до найвигіднішої форми бруса рівного опору, що

особливо важливо для валів, навантажених змінними за довжиною згинальними та крутними моментами.

За видом поперечного перерізу вали можуть бути суцільними або порожнистими а за обрисом перерізу гладкими циліндричними, із шпонковим пазом, шліцевими або прямокутними (рис. 1.2). У разі використання порожнистих валів значно зменшується їхня маса. Наприклад, якщо відношення $d_0/d = 0,5 \dots 0,6$, то маса зменшується на 22-30 %.

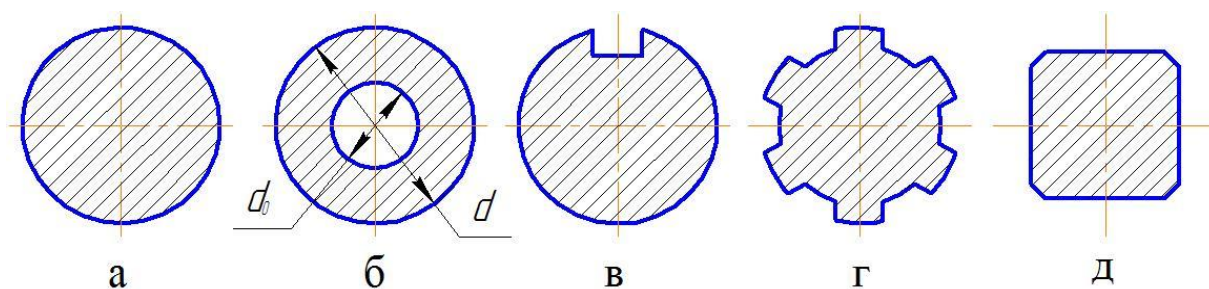


Рисунок 1.2 – Форми поперечних перерізів валів: а – суцільний поперечний переріз; б – порожнистий всередині; в – гладкий циліндричний, із шпонковим пазом; г – шліцевий; д – прямокутний суцільний поперечний переріз

Усі ці типи та різновиди деталей, які наведені вище об'єднує одне, те, що їхні основні та допоміжні конструкторські бази під час експлуатації піддаються такому негативному процесові як зношуванню. Який в свою чергу призводить до виходу з ладу деталі – далі вузла та машини чи техніки в цілому.

Деталі даного типу піддаються таким процесам зношення, як: механічне зношування, абразивне зношення, гідро абразивне і газо абразивне зношення, кавітаційне зношування, втомне зношування, адгезійне зношування, механічно-хімічне зношування, окислювальне зношування, зношування при фретинг корозії, електроерозійне зношування[12,14].

Найбільший знос валів та осей припадає на абразивне зношування це характеризується тим, що абразивне зношування виникає внаслідок різальної або дряпальної дії твердих тіл або частин, яке є найпоширенішим видом зношування техніки. Абразивне зношування відбувається за рахунок тертя спряжених деталей і має місце під час руху тіла в абразивному середовищі.[22]

Абразивні частинки можуть потрапляти на поверхні тертя ззовні (наприклад, з пилом ґрунтового походження, із забрудненим мастилом),

знаходиться у металі тертьових деталей (тверді структурні складові) або утворюватися у процесі тертя (металеві продукти зношування).[22]

В абразивному середовищі процес зношування характеризується мікрорізнанням і багаторазовим пластичним деформуванням одних і тих же мікрооб'ємів металу, в результаті якого виникає втомлюване руйнування поверхневого шару.

При абразивному зношуванні лінійний знос пропорційний питомому навантаженню і шляху тертя і значно залежить від твердості матеріалу, а також твердості та розміру зерен абразиву.

1.2 Загальні відомості про ремонт валів та осей

У процесі експлуатації машин і механізмів на поверхнях валів можуть з'являтися різні дефекти: вигин і скручування, знос і зминання опорних і посадочних шийок і буртів; знос шпонкових пазів і шліців; знос і ушкодження різьби і центрових отворів; тріщини і поломки в різних місцях.

При ремонті валів і осей спочатку виконують зварювальні та слюсарні роботи, так як при їх здійсненні можливі деформації деталі і можуть бути пошкоджені чисто оброблені поверхні. Після зварювальних та наплавлювальних робіт вали і осі піддають правці і попередньої механічної обробці. Чистова обробка робочих поверхонь вала повинна проводитися в останню чергу [5,7,14].

Ремонт вигнутих валів і осей. Незначні прогини валів (менше 0,5 мм) усувають проточкою або шліфуванням. Вали діаметром до 50 мм, прогин яких не перевищує 0,01мм довжини вала, правлять в холодному стані за допомогою преса або гвинтовими скобами. У випрямленій без нагріву валу з плином часу частково відновлюється стріла прогину (Рисунок 1.3).

Для забезпечення незмінності форми валу і зняття внутрішніх напружень після правки виконують термічну обробку, суть якої полягає у витримці вала при температурі 400-500 ° С протягом 0,5-1 год.

Значні прогини валів усувають гарячою правкою під пресом, для чого місце вигину валу нагрівають до 600° С в горні або полум'ям газового пальника. Після виправлення необхідно повторно перевірити вал на биття і, якщо вигин повністю не усунений, повторити операцію правки. [53]

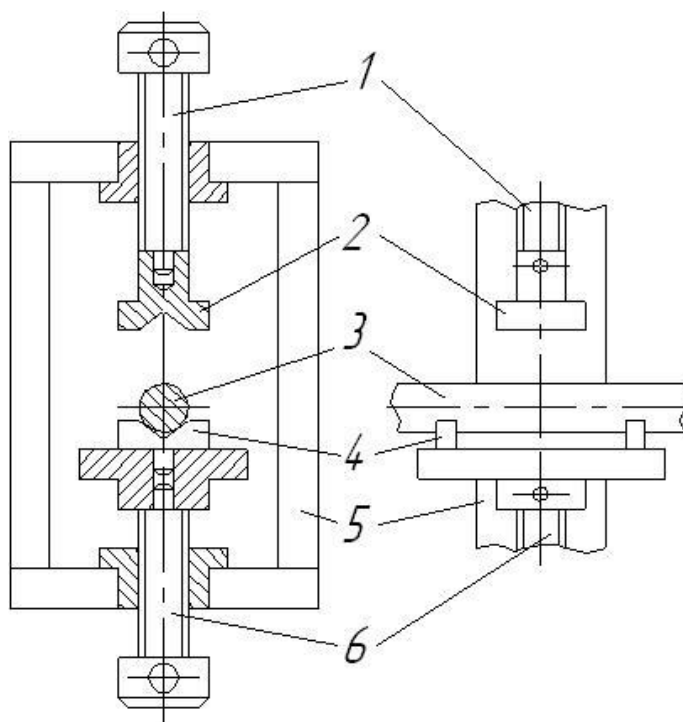


Рисунок 1.3 – Пресс для правки валів: 1, 6 – Рухомі гвинти; 2, 4 – призми; 3 – вісь, що рівняють; 5 - рама

Ремонт посадочних місць під підшипники та інші зношені поверхні відновлюють різними способами. Незначні пошкодження поверхонь тертя у вигляді зносів усувають доведенням спеціальними пастами або шліфуванням.

При великих зносах, а також за наявності конусності і овальності відновлення посадочних місць проводять обробкою під ремонтний розмір, а за відсутності такої можливості-наплавленням, напиленням, металізацією або гальванічним способом [14].

Найбільш простим способом відновлення є обробка посадочних місць під ремонтний розмір. Однак ремонтні розміри встановлені на обмежене число деталей машин. Тому часто обробку ведуть під найбільший можливий розмір.

При зносах поверхонь більше 2 мм відновлення валів і осей засобів транспорту проводять наплавленням[23].

Нарощування шийок валів хромуванням, настилюванням і металізацією при ремонті засобів транспорту виконують на спеціалізованих ремонтних підприємствах, так як це пов'язано з застосуванням спеціального обладнання. Після нарощування одним із зазначених способів посадочні місця проточують, шліфують, а для одержання особливо чистих і гладких поверхонь полірують [14].

Ремонт шпонкових пазів і шліців. Несправності шпонкових пазів і шліців можуть виявлятися у вигляді зносу і зминання їх поверхонь, викришування металу на робочих поверхнях [23].

При ремонті зношених шпонкових з'єднань пошкоджену шпонку замінюють новою нормального або збільшеного розміру. У зв'язку з цим ремонт шпонкових пазів на валу рекомендується проводити: розширенням зношеного шпоночного паза (на 10-15%) під шпонку збільшеного розміру; фрезеруванням шпонкового паза під шпонку нормального розміру в іншому місці, зміщеному на 90 або 120 ° відносно пошкодженого паза; наплавленням стінок зношених пазів з подальшим фрезеруванням їх під нормальний розмір.

1.3 Сучасний стан ТП відновлення деталей типу «вісь» наплавленням

Доцільним є дослідження ефективності ремонту зношених деталей машин та механізмів із забезпеченням їх якості, працездатності, що дозволяє одержати економію матеріальних ресурсів. Це відзначається у роботі [11,]. Авторами проведено дослідження доцільності виконання відновлювальних робіт для деталей типу «Вісь». У наведеному дослідженні говориться, що собівартість відновлення деталі складає 75 % від виготовлення і дає змогу зберегти кошти. Дослідження, виконані в роботі, показали ефективність способу відновлення зношених поверхонь деталі, завдяки чому не тільки зберігається ресурс матеріалу, а й кошти.

Отже, якість відремонтованих або відновлених деталей не повина бути гіршою нових, а навіть кращою. Тобто під час ремонту функціональних поверхонь потрібно забезпечувати підвищення якості за рахунок введення нових елементів, використання точного і автоматизованого обладнання та використання спеціальних методів чи технологій відновлення, які у свою чергу продовжать або навіть збільшують ресурс відновленої деталі і будуть економічно вигіднішими ніж виготовлення нової деталі [12].

Собівартість відновлення зазвичай становить 30...70% ціни нових деталей, а ресурс відновлених деталей найчастіше значно вище завдяки використанню ефективних способів відновлення й поліпшенню властивостей зміцнених поверхонь [4].

Спосіб відновлення вісей та валів засобів транспорту є дуже важливим фактором, який впливає на подальшу роботу деталі у вузлі, тобто від вибраного

методу відновлення будуть суттєво залежати фізичні властивості та зносостійкість відновлених деталей.

У роботі [7,14] проаналізовано способи і технології відновлення розподільчих валів транспортних двигунів внутрішнього згоряння. На думку авторів на сьогодні немає універсального способу відновлення, який поєднує в собі високу продуктивність, економічність та забезпечує високу зносостійкість пари кулачок – штовхач.

Авторами у праці [7] наведені критерії вибору способу відновлення деталей машин. Відзначається, що для вибору способу відновлення найбільш раціональними та вживаними є критерії довговічності та економічності. Критерій довговічності визначає працездатність відновлених деталей і виражається коефіцієнтом довговічності, що чисельно являє собою добуток коефіцієнтів зносостійкості, витривалості і зчеплення нанесеного покриття із основним металом. А критерій економічності визначає вартість відновлення деталі. Як показник вартості приймається собівартість відновлення з урахуванням оптимальної товщини матеріалу, що наноситься та глибину дефектного шару. Дослідження авторів показує, що автоматичне наплавлення за визначеними критеріями є економічно доцільним способом відновлення [32, 34].

Найбільш розповсюджені методи компенсації зношеного шару металу деталі, їх переваги та недоліки показані у [14]. Показаний аналіз таких методів, як: наплавлення, металізація, гальванопокриття, пластичне деформування, електроерозійне легування та полімерні покриття. Посилаючись на аналіз авторів методів відновлення, що проведений на підставі літературних джерел і досвіду ремонтних підприємств (табл. 1.1), автори роблять висновок про те, що в останні роки в загальному обсязі робіт по відновленню деталей провідне місце займає дугове наплавлення (зварювання).

Таблиця 1.1 – Частота застосування методів відновлення деталей від загального обсягу

Методи відновлення деталей	Відношення до загального обсягу, %
Дугове наплавлення	74
Контактна наварка металевих шарів	7
Газотермічне напилювання	6
Нанесення гальванічних покриттів	3
Пластична деформація	3
Нанесення полімерних покриттів	5
Електроерозійне легування	2

Дугове наплавлення (зварювання) є найпоширенішим методом відновлення деталей у ремонтному виробництві не тільки в Україні, але й за кордоном. В умовах ремонтних підприємств широке поширення одержало механізоване дугове зварювання й наплавлення (автоматичне й напівавтоматичне зварювання й наплавлення під флюсами, у середовищі захисних газів, вібродугове наплавлення в різних середовищах), так і ручне зварювання різними електродами. Спосіб застосовується для зварювання сталі, чавуну, алюмінієвих сплавів та ін. Механізованими способами виконується близько 80% зварювально-наплавлювальних робіт. Разом з тим дугове наплавлення та ряд інших перерахованих методів відновлення деталей мають як переваги, так і недоліки. Основними недоліками, які негативно впливають на кінцевий результат або значно підвищують собівартість ремонту є: [5,18].

- наявність внутрішніх напружень та жолоблень;
- наявність пор, тріщин та шлакових включень;
- слабка адгезія нанесеного шару з основою, відшарування;
- зниження втомлювальної міцності;
- підвищена екологічна небезпека.

Тому потрібно провести детальний аналіз методів нанесення шарів металу, що наплавляється. Детальний аналіз дасть змогу виявити ті фактори які найбільше впливають на той чи інший недолік, який негативно впливає на кінцевий результат.

У літературі [24] розглядається питання модифікування мікроструктури наплавлених шарів на основі порошкового дроту із додаванням Al, Mg. Відзначається, що наплавлення виконувалось у флюсі ОСЦ45м, автоматичною головкою АБС порошковими дротами ПД Cr5B3, ПД Cr5B3Al2, ПД Cr5B3AlMg діаметром 1,6мм., матеріал оболонки сталь 08кп, коефіцієнт заповнення 18%. Абразивна зносостійкість досліджувалась за різних умов зношування.

Авторами встановлено, що при додаванні ПА та порошку ПАМ у шихту ПД Cr5B3 відбувається модифікування мікроструктури, пластинчасті осі 1...2 – ого порядку змінюють геометрію стають круглими. Додавання Al+Mg сприяють підвищенню гомогенності твердого розчину завдяки екзотермічним реакціям, що проходять під час наплавлювання. Автори також зазначають, що зносостійкість наплавлених шарів з ПД Cr5B3AlMg підвищується у 1,5 рази за умови зношування закріпленим абразивом та у 3,5 рази при зношуванні за умов ударних навантажень.

Велика кількість робіт присвячена покращенню фізико – механічних властивостей одержаних покриттів внаслідок використання комбінованих магнітних полів під час електродугового наплавлення [2,30].

У цих роботах наведені теоретичні узагальнення та нові рішення підвищення ефективності процесу електродугового наплавлення дротом під флюсом у комбінованому магнітному полі за рахунок утворення асиметричного наплавленого валика, зменшення глибини та площі проплавлення основного металу, зменшення частки участі основного металу в наплавленому та зменшення припусків на механічну обробку наплавленої поверхні. Використання КМП дає змогу зменшити до 30% показники глибини проплавлення та показники ширини та висоти валика підвищити до 20% та 15% у порівнянні із процесом наплавлення без дії КМП.

При наплавленні асиметричних валиків з використанням КМП величина частки участі основного металу в металі наступного валика менша значення валиків наплавлених без КМП у середньому на 20...40%. Застосування КМП при наплавленні дротом 30ХГСА під флюсом АН-348А призводить до утворення дрібної розорієнтованої та рівномірної структури по всьому перетині валика в зоні перекриття суміжних валиків, не збільшує в ньому кількість неметалевих включень, вміст кисню, азоту, дифузійного та залишкового водню і підвищує твердість на 10 %, межу міцності на 120МПа та межу текучості на 150 МПа.

Про перспективність отримання високовуглецевих покриттів наплавленням із використанням вуглецевих волокнистих матеріалів свідчить велика кількість робіт присвячених отриманню зносостійких покриттів з керованими триботехнічними та фізико-механічними властивостями [2, 30,26].

Авторами доведена можливість отримання для компенсації зношування та покращення триботехнічних характеристик на сталевих деталях, наплавлених з використанням вуглецевих тканин, покриттів типу високовуглецева сталь або чавун з керованими структурами. Керування структурою та властивостями покриття можливе за рахунок використання вуглецевих волокнистих матеріалів різної щільності та способу укладення, змінами режимів наплавлення та охолодження зварювальної ванни, вибором наплавних дрітів.

Твердість наплавленого шару збільшується від поверхні вглиб і досягає максимальних значень в місцях, де розташовувалась вуглецева тканина або волокно. Твердість наплавлених високовуглецевих покриттів може складати HRC 54 ... 60 одиниць без додаткової термообробки після наплавлення [26].

Існуючі наплавочні матеріали для відновлення зношених валів та інших деталей промисловості у багатьох випадках не задовольняють вимогам підвищення експлуатаційної стійкості цих деталей, мають складну систему легування дефіцитними елементами, що обумовлює їх високу вартість, і, як наслідок, обмежене застосування на практиці

По закінченню дослідження автори зробили наступні висновки: в процесі нанесення покриття твердість та якість поверхневого шару суттєво залежать від режимів та розмірів поверхні, що наплавляється; наслідком зміни твердості є зміна структури уже сформованого покриття; при розробці технологій в режимах відновлення або зміцнення поверхонь деталей необхідно враховувати реальні розміри деталей та параметри твердості і хімічного складу покриття, що наноситься.

1.4 Висновки. Постановка мети і наукових завдань досліджень

При відновленні та зміцненні вісей та валів засобів транспорту найбільш широко застосовують способи дугового наплавлення, частка яких в загальному обсязі ремонтних робіт складає близько 70 %. Частка контактного наварювання металевого шару складає близько 7 %, газотермічного напилення – близько 6 % та гальванічного нанесення – близько 3 %. Інші способи відновлення та зміцнення стосовно деталей нерухомих спряжень засобів транспорту не знайшли широкого застосування в ремонтному виробництві, і якщо використовуються, то на окремих підприємствах для обмеженої номенклатури деталей.

Таким чином аналіз показує на необхідність розробки перспективних технологій та обладнання для відновлення вісей та валів засобів транспорту, при цьому необхідно прагнути до максимального зниження затрат виробництва, тобто, зниження собівартості відновлення деталей.

2. СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОЇ ПОВЕРХНІ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ВІСІ ОПОРНОГО КОТКА ТАНКУ

2.1 Експериментальні дослідження властивостей наплавленого металу

Мікроструктура наплавленого металу у вихідному стані являє собою аустенітну матрицю з включенням дисперсних карбідів хрому у середині аустенітних зерен. Карбідні включення зміцнюють аустенітну матрицю і дозволяють одержати твердість наплавленого металу в межах 22- 24 HRC₃ (240-250 HB) без термічної обробки.

Висновок про те, що зміцнення наплавленого металу під впливом контактних навантажень здійснюється в результаті наклепу і додатково за рахунок деформаційного мартенситного перетворення зроблено на підставі дослідження мікроструктури наплавленого металу методами оптичної мікроструктури [19].

Під впливом контактних навантажень (деформація стиску) найбільш інтенсивні зміни (виділення карбідів, утворення пакетів ліній ковзання) зафіксоване при $\varepsilon = 10-25 \%$. Початок деформаційного мартенситного перетворення зафіксоване при $\varepsilon = 20-25 \%$.

З погляду здатності металу до деформаційного зміцнення і його зносостійкості оцінювалися службові властивості наплавленого металу.

Наплавлення проводили дротом Нп-30ХГСА та наплавочним дротом Нп-Г13Л на сталь 50В ГОСТ 2590–88. Твердість наплавленого металу для дроту Нп-30ХГСА становила HB220...300, а для дроту Нп-Г13Л становила HB 220...280. Здібність наплавленого металу до деформаційного зміцнення визначалася з використанням твердомірів Бринелля і Роквелла [19].

Встановлено, що максимальна твердість HRC₃, у лунці відбитка досягається після другого вдавнення кульки в поверхню наплавленого металу дротом Нп-30ХГСА, у той час як для наплавочного дроту Нп-Г13Л її максимальне значення досягається після третього вдавнення, що говорить про

інтенсивну сприятливість до деформаційного зміцнення, наплавленого металу.
(Рис. 2.1)

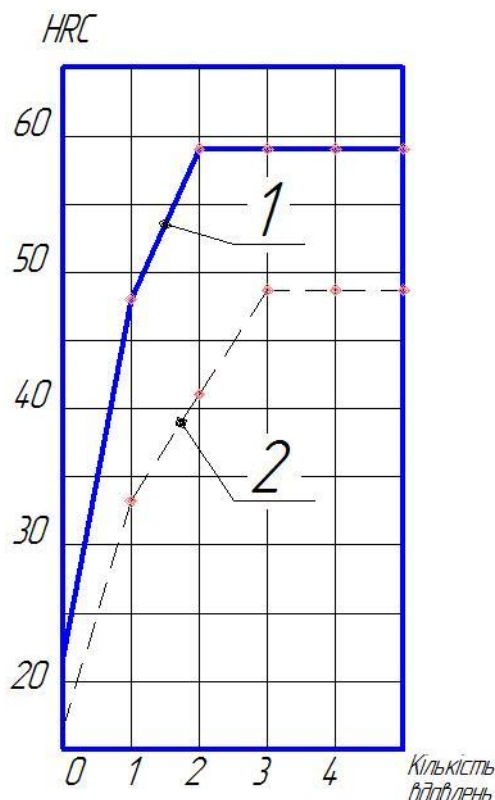


Рисунок 2.1 – Зміна твердості HRC₃ залежно від кількості вдавлень сталеві кульки:

1 – наплавка дротом Нп-30ХГСА; 2 – наплавка дротом Нп-Г13Л;

При вивченні за цією методикою здатності до деформаційного зміцнення наплавленого металу з високим вмістом хрому встановлено, що значення максимальної твердості в лунці відбитку практично збігаються.

Внаслідок розвитку деформаційного мартенситного перетворення в наплавленому металі, досягнуто показників здатності до зміцнення на рівні сплавів, у яких цей показник отримано за рахунок рівня легування карбідоутворюючим елементом (марганцем), а також максимальний показник ступеню зміцнення Δ .

При прикладенні деформації стиску на машині УИМ-50 зміцнення наплавленого металу дротом Нп-30ХГСА у 1,5 рази вище, у порівнянні із

наплавленим металом дротом Нп-Г13Л (рис. 2.2), що близько даним отриманим за попередньою методикою.

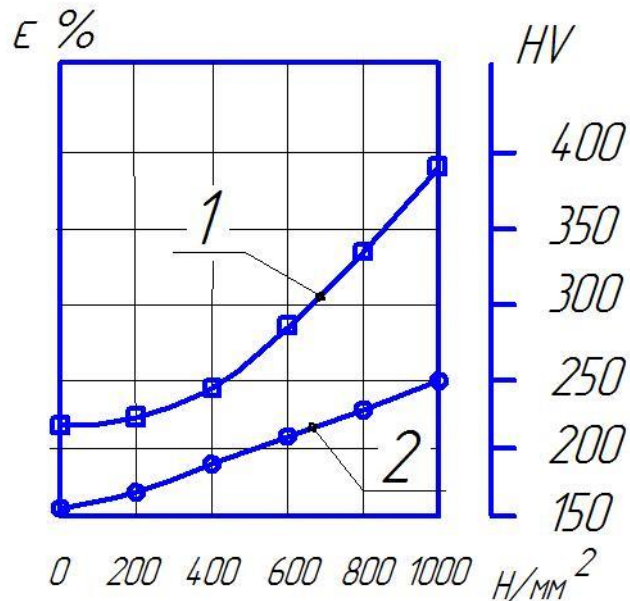


Рисунок 2.2 – Вплив деформації стиску на твердість HV:
1 – Нп-30ХГСА; 2 - дріт Нп-Г13Л;

Проведенні дослідження зносостійкості наплавленого металу підтвердили існуюче положення про те, що знос цих матеріалів обернено пропорційний твердості від деформаційного зміцнення (рис. 2.2).

Таким чином, одержала експериментальне підтвердження основна ідея роботи про можливість сполучення декількох механізмів зміцнення в наплавленому металі. За рахунок цього зменшений вміст хрому й марганцю. При цьому показано, що службові властивості матеріалу знаходяться на рівні сплавів з вмістом марганці в межах 13-20%.

Зменшення легувальних елементів у наплавленому металі значно спрощує технологію його одержання.

2.2 Вдосконалення конструкції плазмового напилювального пристрою

Враховуючи поставлені задачі, було розроблено та запропоновано наступну конструкцію розпилювального пристрою [15].

Плазмотрон складається з корпусу 1, виконаного з діелектрика, усередині якого розташований порожнистий мідний електрод 2, на зовнішній поверхні якого виконані канавки 3. Електрод 2 розміщений у середині водоохолоджувального соленоїда 4. Соленоїд 4 розташований у середині сталевій циліндричній різьби 5, один торець якої примикає до клеми-вставки 6, у якій виконані наскрізні отвори 7, що зв'язують порожнину 8, утворену зовнішніми стінками електрода 2 і внутрішніми стінками гільзи 5, з кільцевим водяним колектором 9. Осі суміжних наскрізних отворів 7 розташовані під кутом $60-70^{\circ}$ одна до одної в проекції на площину, що проходить через поздовжню вісь плазмотрона. Інший торець гільзи 5 сполучений з діелектричним корпусом 1. Соленоїд 4 виконаний з декількох паралельних витків мідного ізоляованого проводу однакового перетину й зв'язаний, з одного боку, спільною скруткою з струмопроводом 10, а з іншого боку – з електродом 2 через клему-вставку 6, причому кожний окремий провід соленоїда припаяний через рівні відстані по окружності клеми-вставки 6 [15].

Порожнистий електрод 2 і сопло 11 закріплені в діелектричному корпусі 1 за допомогою циліндричного кожуха 12 з конічним звуженням і осьовим отвором у нижній його частині. У діелектричному корпусі виконаний канал 13 для підведення, канал 14 для відводу охолоджувальної рідини й канал 15 подачі газу.

Осьовий завихрювач 18 і торцевий завихрювач 16 зв'язані через золотники 19 і 20 перерозподілу витрати газу з каналом 15 подачі газу.

Штуцер каналу подачі газу слугує для під'єднання трубопроводу подачі газу – 21. Канал подачі дроту – 22. 23 – напилювальний дріт.

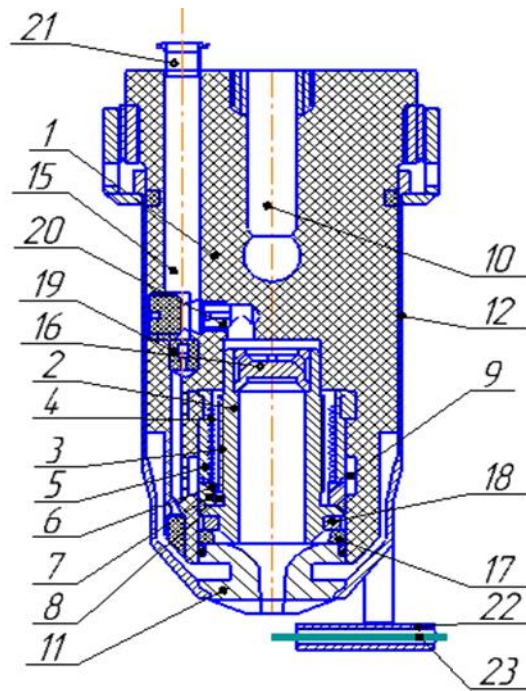


Рисунок 2.3 – Електродуговий плазмотрон

1 – корпус, 2 – мідний діелектрик, 3 – повздовжні канавки, 4 – соленоїд, 5 – циліндрична гільза, 6 – клеми-вставки, 7 – наскрізні отвори, 8 – порожнина, 9 – водяний колектор, 10 – струмопровід, 11 – сопло, 12 – циліндричний кожух, 13 – канал для підведення охолоджуваної рідини, 14 – канал для відведення охолоджуваної рідини, 15 – канал подачі газу, 16 – торцевий завихрювач, 17 – кільцевий ізолятор, 18 – осьовий завихрювач, 19 і 20 – золотники.

Висновки до розділу 2

В ході виконання даного розділу магістерської кваліфікаційної роботи показано:

1. Експериментально показана наявність фазових змін під впливом пластичної деформації у наплавленому металі, з утворенням мартенситу деформації. Поєднання наклепу з деформаційним мартенситним перетворенням ефективно зміцнює його аутенітну основу. При цьому твердість наплавленого металу після 25 % деформації складає 400HV, у той час як для наплавленої поверхні дротом Нп-Г13Л тільки 250 HV. Внаслідок цього зносостійкість наплавленого металу Нп-30ХГСА в 1,5 рази вище зносостійкості поверхні наплавленої дротом Нп-Г13Л.

2. При дослідженні деформаційного зміцнення висока твердість (58-62 HRC₃) може бути досягнута не тільки за рахунок легування наплавленого металу карбідоутворюючими елементами, але і за рахунок розвитку деформаційного матенситного перетворення.

3. Удосконалено електродуговий плазмотрон для напилювання покриттів, який дозволяє підвищити довговічність, продуктивність пристрою та можливість регулювання режимів нанесення покриттів. Встановили, що конструкція має суттєві резерви по зменшенню маси та розмірів, що буде виконано під час модернізації.

З ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ВІСІ КОТКА ТА ЙОГО ПАРАМЕТРІВ

3.1 Загальний огляд конструкції та постановка задачі

Закріплення коліс котка у вузлі «Ведений коток танка Т-72» відбувається віссю опорного котка танка Т-72 в механізмі переміщення танку. На рис. 3.1 показанв 3-D модель механізму переміщення опорних котків машини спеціального призначення. Опорний коток танка (рисунок 3.1) передає рух колесам, які переміщують машину.

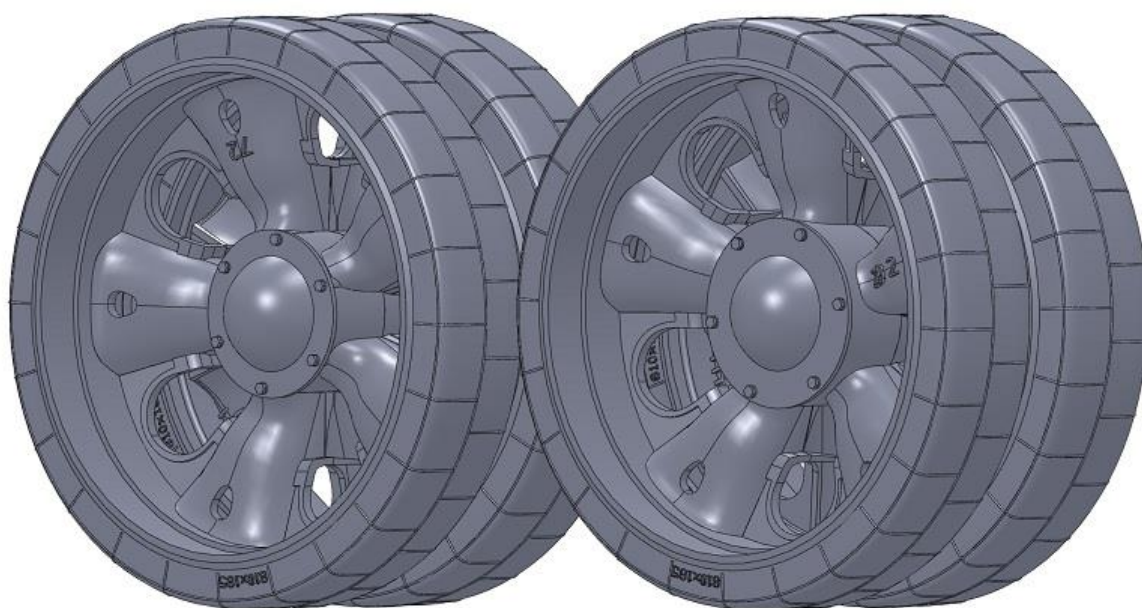


Рисунок 3.1 - 3D модель опорного котка танку Т-72.

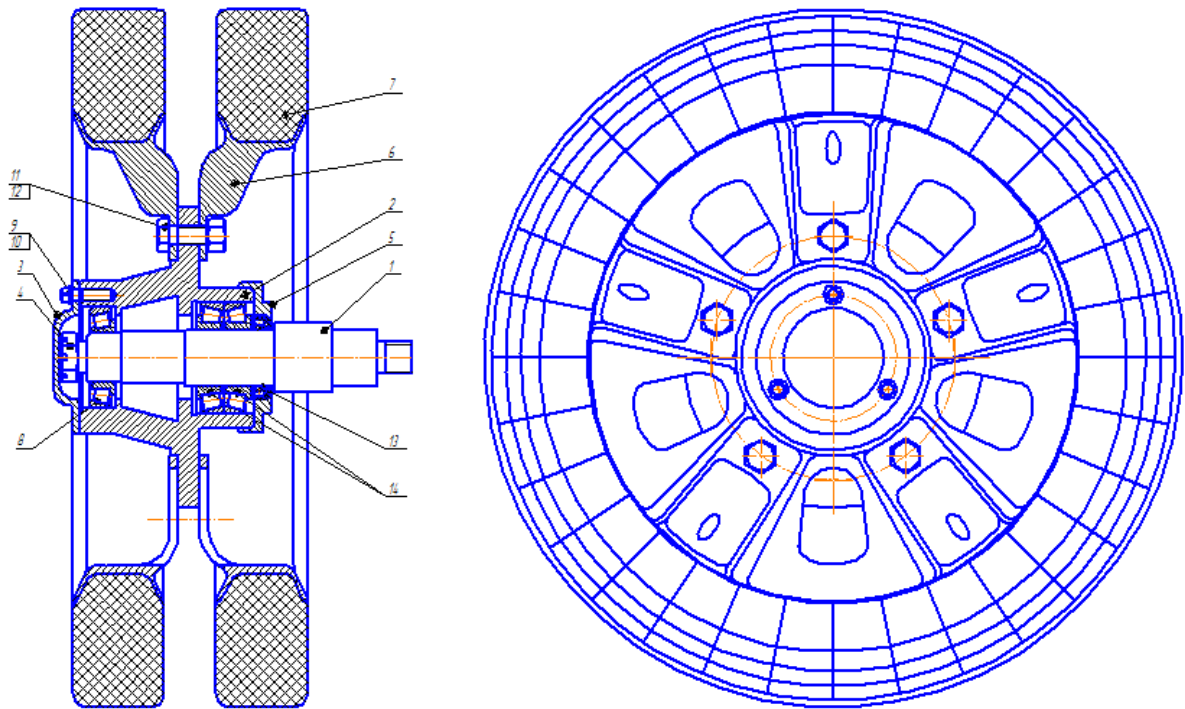


Рисунок 3.2 – Креслення котка танку Т-72.

Деталь «Вісь опорного котка танку» (рисунок 3.2) виготовлена із сталі 50В ГОСТ 2590–88 і є ланкою, яка закріплює коток у танку та передає рух.

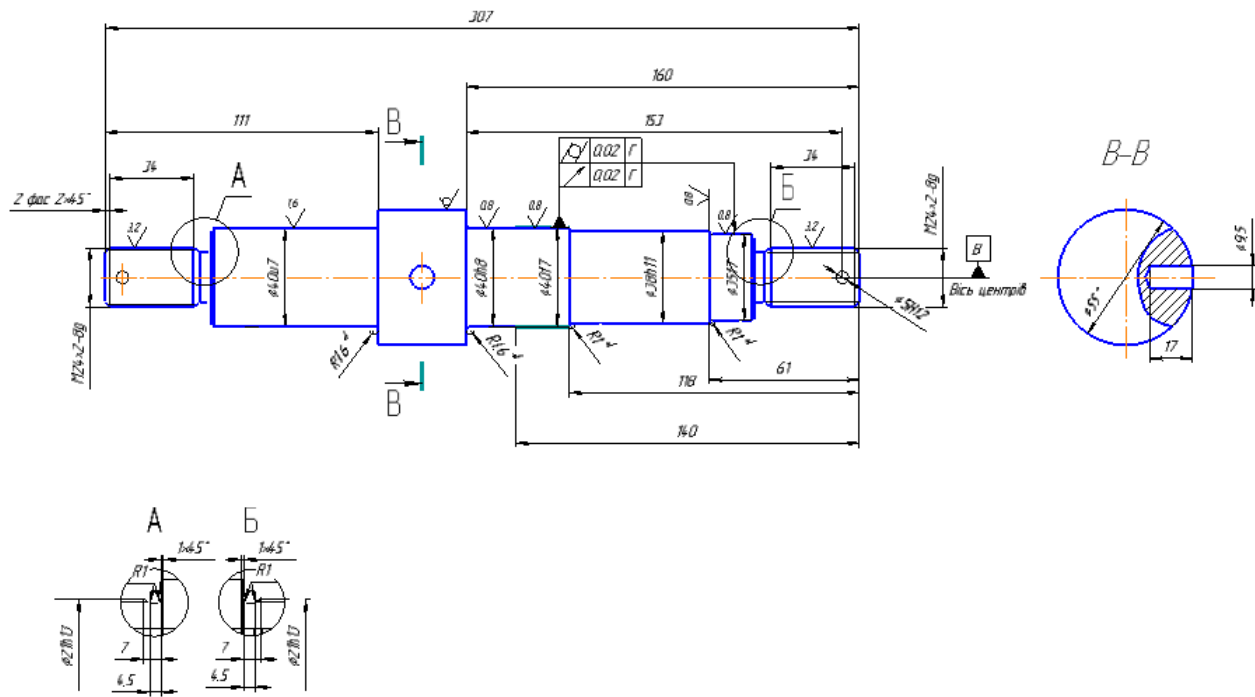


Рисунок 3.3 – Робоче креслення вісі котка танку Т-72.

Має ступінчасту зовнішню поверхню, яка є поєднанням восьми поверхонь обертання.

Для закріплення деталі у вузлі передбаченні поверхні встановлення підшипників та різьбові поверхні. На рис 3.3 наведено робоче креслення вісі котка танку Т-72 [21].

3.2 Аналіз конструкції деталі та її технологічності для виготовлення і відновлення

Матеріал деталі та його властивості.

Вісь котка танку виготовлена із сталі сталь 50В ГОСТ 2590-88. В табл. 3.1 наведено хімічний склад сталі 50В ГОСТ 2590–88

Таблиця 3.1 - Хімічний склад сталі 50В ГОСТ 2590–88

C	Mn	Cr	Mo	Не більше			
				P	S	Cu	Ni
0,45 – 0,5	0,90– 1,2	0,90 – 1,2	0,20 – 0,30	0,035	0,035	0,30	0,30

Таблиця 3.2 Механічні властивості Сталі 50В ГОСТ 2590-88

Найменування	Значення	Контекст
Відносне звуження , %	4,5	гартування 860°C (масло) + відпуск 500°C (вода)
Відносне подовження після розриву , %	10	гартування 860°C (масло) + відпуск 500°C (вода)
Густина , кг/м ³	7850	
Межа міцності , МПа	980	гартування (масло) + відпуск 500°C (вода)
Межа текучості , МПа	785	гартування 860°C (масло) + відпуск 500°C (вода)
Зварюваність	Важкозварна	
Твердість по Бріннелю , НВ	217	відпал
Температура кування ,С	1250..800	
Флокеночутливість	чутлива	

Для визначення здатності до наплавлення сталі використовують вуглецевий еквівалент, якій є показником зварюваності і якості наплавленого шару [11]. Вуглецевий еквівалент для сталей становить:

$$C_e = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{V}{14}, \quad (3.1)$$

Для сталі Сталь 50В вуглецевий еквівалент становить:

$$C_e = 0,5 + \frac{1,0}{6} + \frac{0,37}{24} + \frac{0,3}{40} + \frac{0,8}{5} = 0,706\%.$$

Таким чином, $C_e = 0,706$, а це означає що перед процесом наплавлення вал потрібно підігріти до температури $200^{\circ}\text{C} - 250^{\circ}\text{C}$ для покращення структури перехідної зони та уникнення тріщин між основним і наплавленим металом, а також для запобігання появи мікротріщин.

3.3 Якісна характеристика технологічності деталі

Конструкція деталі є досить простою. Тіло обертання з шийками для посадки підшипників. Тому необхідності в зміні її конструкції немає. Матеріал деталі сталь 50В ГОСТ 2590-88, тому можна запропонувати замінити сталь на сталь 50Х.

Можливе застосування високопродуктивних методів оброблення.

Нетехнологічними елементами є глухі отвори $\varnothing 9,5\text{H}12$ і $\varnothing 5\text{H}12$. Важкодоступних місць немає.

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.

Заданні на кресленні розміри можуть використовуватись для безпосереднього вимірювання на деталі.

В якості чистових технологічних баз використовується центрові гнізда. У введенні штучних баз необхідності немає.

На кресленні деталі не має специфічних вимог і тому не має необхідності змінювати вимоги. В якості заготівлі вісі котка можливе використання пластичного деформування або штампування. Так як деталь не є корпусом, необхідності введення термічної обробки та додаткових ребер жорсткості немає.

3.4. Кількісна характеристика технологічності деталі.

Кількісна характеристика технологічності деталі проводилась згідно методики представленій в [1,8].

Таблиця 3.3 – Визначення коефіцієнту уніфікації

Лінійні розміри	Діаметральні розміри	Кутові розміри	Шорсткість	Різь метрична
307	40 (2 поз)*	45 ⁰ (8 поз)*	0.8 (3 поз)*	M24 (2 поз)*
111	55*		1.6 (2 поз)*	
34*	38*		3.2 (2 поз)*	
160*	R1 (6 поз)*			
153	R 1.6 (2 поз)*			
117	35*			
34*	36*			
118	9,5*			
140*				
61				
7*				
4.5*				
$\sum_{заг} = 13$	$\sum_{заг} = 14$	$\sum_{заг} = 8$	$\sum_{заг} = 7$	$\sum_{заг} = 2$
$\sum_{уніф} = 6$	$\sum_{уніф} = 14$	$\sum_{уніф} = 8$	$\sum_{уніф} = 7$	$\sum_{уніф} = 2$

Примітка: позначення «*» мають уніфіковані розміри.

$$K_{ye} = \frac{Q_{ey}}{Q_e} = \frac{37}{44} = 0.84$$

Q_{ye} – кількість уніфікованих елементів;

Q_e – загальна кількість елементів.

Таблиця 3.4 – Визначення коефіцієнта точності обробки.

Квалітет (розміри)	Кількість поверхонь	Розрахунок
7(Ø40 f7; Ø35f7)	2	7*2=14
8(Ø40u8; Ø40h8; M24x2-8g – 2 поверхні)	4	4*8=32
11(Ø38h11)	1	11*1=11
Сума	7	57

$$K_{mч.} = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{1}{8.1} = 0.88$$

де

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{57}{7} = 8.1$$

де T_i – квалітет точності оброблюваних поверхонь даної деталі;

n_i – кількість поверхонь деталі з точністю відповідно за 0..17 квалітетами.

Отже за даним показником деталь є технологічною [1].

За параметрами точності деталь є також технологічною. Враховуючи значення всіх приведених коефіцієнтів деталь є технологічною (уніфікованою) тому, що має багато уніфікованих розмірів. Слід зазначити, що конфігурація деталі «Вісь опорного котка танка Т-72» не поступається заводському варіанту і після відновлення не впливає на якісну роботу вузла.

3.5 Дефектування та технічний контроль якості відновленої деталі

Класифікація дефектів дозволяє правильно вибрати технологічні процеси відновлення деталей, особливо типові; обґрунтувати раціональну спеціалізацію підрозділів, зайнятих відновленням; робити укрупнені розрахунки трудових і

матеріальних витрат, пов'язаних з відновленням; планувати виробництво [14,22, 27].

На рис. 3.4 показано ремонтне креслення вісі опорного котка звизначеними дефектами.

Стадії дефектування:

1) Зовнішній огляд, який дозволяє виявити значну кількість дефектів: пробоїни, вм'ятини, явні тріщини, значні вигини і перекоси, порушення з'єднань, викришування в даній деталі підшипник.

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

3) Гасова проба здійснюється з метою виявлення тріщини та її кінців. Деталь або занурюють на 15-20 хв. до гасу, або гасом змащують передбачуване дефектне місце, ретельно потім протирають і покривають крейдою. Гас, що виступає з тріщини, зволожує крейду і чітко виявляє межі тріщини.

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

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

6) Магнітний спосіб заснований на зміні значення і напрямку магнітного потоку, який проходить через деталь у місцях з дефектами. Ця зміна визначається нанесенням на випробовувану деталь сухого чи завислого в гасові (трансформаторному мастилi) феромагнітного порошку: порошок обсідає по кромці тріщини. Спосіб використовується для виявлення тріщин і раковин у сталевих деталях за допомогою стаціонарних і переносних (для великих деталей) магнітних дефектоскопів. [22]

Спостереження за зносом і пошкодженнями опорної вісі при експлуатації дозволяє виділити основні види їх руйнування:

- Деформація і злом (крихкий, в'язкий, втомлений, остаточна деформація, контактне втомлене пошкодження);

- Механічний знос (знос металевих пар, абразивний знос);
- Ерозійно-кавітаційне пошкодження (рідинна ерозія, кавітація, газова ерозія);
- Корозійне пошкодження (атмосферна корозія, корозія в електролітах, газова корозія);
- Корозійно-механічне пошкодження (корозійна втома, корозійне розтріскування, корозія при терті).

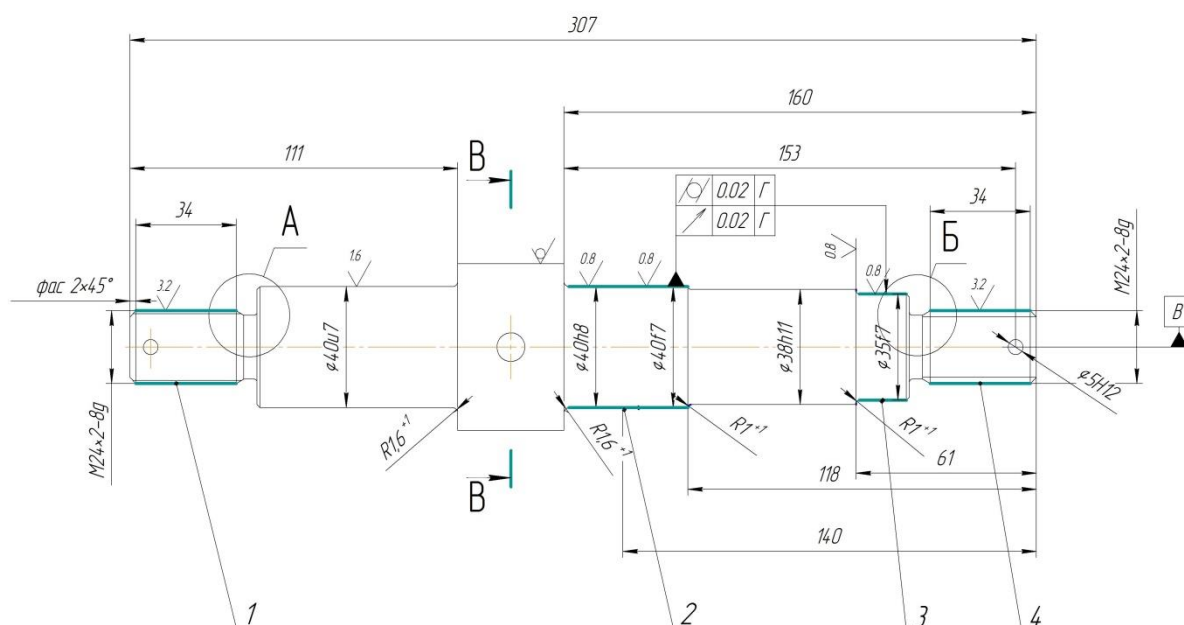


Рисунок 3.4 – Ремонтне реслення вісі котла

Дефект 1 та 4. Виникає при зношуванні різбової поверхні під час встановлення та закріплення вісі у маточині.

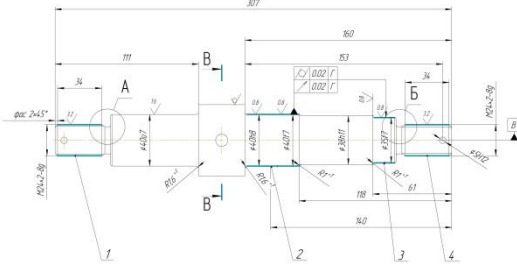
Дефект 2. Виникає при зношуванні поверхні під встановлення підшипника, що виходить за межі допустимого розміру $\varnothing 35 f 7 \begin{pmatrix} -0,025 \\ -0,050 \end{pmatrix}$. Дефект визначаємо за допомогою мікрометра М50-1 ГОСТ 166-90.

Дефект 3. Знос поверхні під підшипник, що виходить за межі допустимого розміру $\varnothing 40 f 7 \begin{pmatrix} -0,025 \\ -0,050 \end{pmatrix}$. Наявність дефекту зумовлюється фретигом

та зношування тертям. Дефект визначаємо неозброєним оком, або за допомогою мікрометра М75-1 ГОСТ166-90.

В таблиці 3.4 показані дефекти вісі опорного котка.

Таблиця 3.4 – Дефектування вала

			Найменування деталі або складальної одиниці		Позначення
			Вісь опорного котка		08-62. МКР.003.00.000 Р
			Матеріал		Твердість
			Сталь 50В		235...262 НВ.
Позиція на ескізі	Можливий дефект	Спосіб вивчення дефекту і засоби контролю	Розмір, мм		Висновок
			по робочому кресленню	вимірян	
1,4	Зношення різбової поверхні		$\varnothing 24g8^{(-0,007)}_{(-0,040)}$ M24x2-8g	$\varnothing 23,9$	Відновлювати
2	Зношення поверхні під підшипник	Мікромет р МПІ 0-25 ГОСТ 4381-80	$\varnothing 35 f7^{(-0,025)}_{(-0,050)}$	$\varnothing 34,9$	Відновлювати
3	Зношення поверхні під підшипник	Мікромет р МПІ 0-25 ГОСТ 4381-80	$\varnothing 40 f7^{(-0,025)}_{(-0,050)}$	$\varnothing 39,9$	Відновлювати

3.6 Вибір та технічне обґрунтування методів та матеріалів для відновлення поверхонь.

Основні конструкторські бази деталі – це зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 35 f7^{(-0,025)}_{(-0,050)}$, та торець $\varnothing 38h11$ що слугує закріпленню підшипника. Також зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 40 f7^{(-0,025)}_{(-0,050)}$, що слугує для закріплення підшипника.

Допоміжні конструкторські бази деталі – це зовнішня різьба M24×2–8g. і зовнішня циліндрична поверхня Ø40u8.

Вільні поверхні – це циліндрична зовнішня поверхня Ø55.

Вільні поверхні водночас є і виконавчими.

У відповідності з призначенням поверхонь до них ставляться такі вимоги: найбільш точними є основні та допоміжні бази (Ø35, Ø40). До них ставляться вимоги обробки за 7 квалітетом з шорсткістю $Ra=0.8$. Інші поверхні допоміжні конструкторські бази повинні мати такі характеристики [8, 31]:

- торцеві поверхні Ø 38 (правий торець) та Ø35 повинні бути оброблені згідно 10 квалітету з шорсткістю $Ra = 0.8$ та $Ra = 0.8$ відповідно.
- стопорні отвори після обробки повинні мати 12 квалітет з шорсткістю $Ra = 6.3$.
- основні конструкторські бази деталі – це зовнішні циліндричні поверхні: $\text{Ø}35 f7 \begin{pmatrix} -0,025 \\ -0,050 \end{pmatrix}$ та $\text{Ø}40 f7 \begin{pmatrix} -0,025 \\ -0,050 \end{pmatrix}$, які орієнтують вал у вузлі. У осьовому напрямку вал орієнтують лівий та правий тореці Ø39,5 витримуючи розмір $42 \pm \frac{IT10}{2}$ і лівий Ø 35h9 (-0.074) витримуючи розмір $18 \pm \frac{IT10}{2}$.

3.7 Переваги та недоліки основних методів нанесення покриття

Всі дефекти, що розглядаємо відносяться до поправних. Тобто дані дефекти можливо і доцільно ремонтувати.

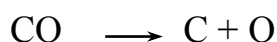
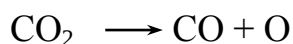
Дефекти 1 та 2 розташовані на зовнішній циліндричній поверхні Ø40 та 35 мм. Дефекти виникають при зношуванні зовнішніх поверхонь вісі у зв'язку із спрацюванням спряження вал – підшипник. Данні дефекти плануємо усувати методом наплавлення з подальшою механічною обробкою до номінального розміру $\text{Ø}40 f7 \begin{pmatrix} -0,025 \\ -0,050 \end{pmatrix}$.

Дефекти 3 та 4 розташовані на зовнішніх різьбових поверхнях M24*2 і являють собою різьбові поверхні під гайки. Дефекти 3 та 4 будемо усувати методом наплавлення з подальшим нарізанням нової різьби.

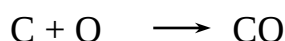
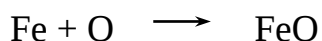
Розглянемо ряд переваг та недоліків основних методів нанесення покриття[11,14, 24]:

Наплавлення в середовищі вуглекислого газу [6,7,22,24]. Суть методу: дуга горить між електродом та поверхнею деталі в потоці вуглекислого газу. Захисний газ витісняє повітря, тобто кисень та азот.

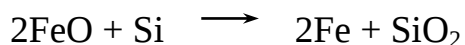
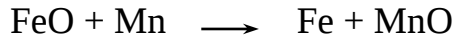
Вуглекислий газ дисоціює з утворенням атомарного кисню:



Кисень в свою чергу окислює залізо і легуючі елементи:



В результаті цих реакцій на поверхні утворюються газові бульбашки:



Завдяки елементам Mn (марганцю) і Si (кремнію) ми розкислюємо розплавлений шов, а сполуки MnO і SiO₂ утворюються у вигляді шлаку. При цьому методі отримується високоякісний шар наплавленого металу з невеликою зоною термічного впливу. Це досить важливо при наплавленні деталей, які мають невелику товщину, а також для деталей з низьколегованих сталей.

Переваги методу:

1) В 1,2-1,5 разів економніше та на 20–80% продуктивніше від інших методів наплавлення;

2) Відсутність шкідливого впливу на наплавлений шар металу.

Недоліки методу:

1) Наплавлення доречно використовувати для циліндричних деталей не більш 50 мм;

2) Вуглекислий газ належить до активних газів і в процесі наплавлення в зоні дуги виникають реакції розпаду вуглекислого газу на його складові.

Наплавлення під шаром флюсу [22]. Суть методу: Електрична дуга горить між кінцем електродного дроту і деталлю. З бункера у зону горіння дуги надходить флюс, де частина його плавиться, утворюючи еластичну оболонку, що захищає розплавлений метал від взаємодії з киснем і азотом повітря. Під тиском газів, що виділяються при зварюванні, ця оболонка відтискується, утворюючи газовий міхур, у якому і горить дуга.

Як спосіб відновлення деталей наплавленням під шаром флюсу мають ряд переваг: висока продуктивність і стабільність процесу; гарна якість наплавленого шару (однорідність, щільність, рівномірність); гарне сплєння наплавленого шару з основним металом; можливість одержання шарів значної товщини до 6 – 8 мм і більш); великі можливості одержання наплавленої поверхні з заданим хімічним складом і властивостями [24].

Разом з тим наплавлення під шаром флюсу має і ряд недоліків: швидке і глибоке нагрівання веде до зміни фізико-механічних властивостей і до деформації деталей, особливо деталей малого перетину; необхідність і труднощі (особливо при наплавленні) відділення жувільної кірки; труднощі утримання флюсу і ванни розплавленого металу на поверхні деталей малого діаметра менш 50—60 мм), неможливість одержання шару малої товщини (менш 1,5—2,0 мм) [22].

Вібродугове наплавлення. Суть вібродугового наплавлення: електродний дріт подається до поверхні деталі, яка знаходиться під струмом з коливаннями, за рахунок яких відбувається періодичне замикання і розмикання електричної дуги між електродом і поверхнею деталі.. Вібрація електрода зменшує тепловий вплив на деталь. Процес вібродугового наплавлення відбувається в середовищі захисного газу, охолоджувальної рідини, під шаром флюсу і без захисту.

Вібродугове наплавлення забезпечує малу зону термічного впливу, покриття різної товщини з високою твердістю, зносостійкістю і незначними деформаціями поверхні деталі.

Недоліком способу є неоднорідність структури, нещільність і пористість металу шва, які зменшують міцність і спричиняють втомленість деталі. Вібродуговим наплавленням відновлюють циліндричні поверхні деталей із сталі і чавуну діаметром 15 мм і більше, які мають спрацювання не більш як 2 мм на сторону.

Для усунення Дефекту 3 та 4, що являє собою різьбові поверхні ми вибираємо метод наплавлення в середовищі захисного газу, який використовуємо також і для відновлення

В якості матеріалу для наплавки в середовищі захисного газу вибираємо проволку Нп-30ХГСА, що дасть не меншу якість наплавленого шару і значно зменшить собівартість відновлення деталі [22,24].

Використовуємо дріт діаметром 1,2 мм.

Таблиця 3.6 - Хімічний склад дроту Нп-30ХГСА

C, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	P, %	S, %
0,28-0,32	0.80-1.10	0.90-1.20	0.80-1.10	0.30	0.30	0.025	0.025

Фізичні властивості:

- Модуль нормальної упругості, $E = 215 \text{ ГПа}$;
- Плотность, $\rho = 7850 \text{ кг/см}^3$;
- Коэффициент теплопроводности $38 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$;
- Коэффициент линейного расширения 11.7 .

3.8 Визначення кількості переходів та операцій відновлення поверхонь.

3.9.1 Визначення кількості переходів операцій відновлення поверхні 1 та 2.

1. Кількість переходів механічної обробки при підготовці до відновлення залежить ввід виду поверхні та способу відновлення.[1,8,9]

Верстат з ЧПУ NL635S має достатню потужність і швидкість обертання вала, щоб зрізати шар металу 0,5 мм за 1 прохід.

2. Кількість проходів при нанесенні покриття .

$$K_{перех.принпл.} = \frac{h}{h_1} \quad (3.6)$$

h_1 – це величина шару металу що наноситься за 1 прохід відновлення 2...3мм. Для $\varnothing 40 f 7 \begin{pmatrix} -0,025 \\ -0,050 \end{pmatrix}$. $\varnothing 35 f 7 \begin{pmatrix} -0,025 \\ -0,050 \end{pmatrix}$.

3. Кількість переходів механічної обробки після нанесення покриття.

$$\Sigma = \frac{T_{заг}}{T_{дет}} = \frac{1000}{25} = 40, \quad (3.7)$$

де $T_{заг}$ - допуск на відновлення поверхні після нанесення покриття.
Приймаємо 1200 мкм.

$T_{дет}$ - допуск на деталі згідно креслення = 25мкм.

$$\Sigma = \frac{1200}{25} = 48 \text{ мкм},$$

Чорнова $\Sigma = 5 \dots 6$

Напівчистова $\Sigma = 3 \dots 4$

Чистова $\Sigma = 1,5 \dots 2$

$$\Sigma = 5 \cdot 4 \cdot 2,4 = 48$$

Відповідно до величини Σ встановлено, що кількість ступенів механічної обробки буде 3. Тобто в технологічному процесі відновлення виконуються обробка: точіння попереднє; точіння остаточне; шліфування остаточне.

3.9. Розрахунок припусків на переходи механічної обробки

Припуск повинен бути достатній для усунення погрішностей обробки і дефектів поверхневого шару, отриманих на попередньому переході або операції та компенсації погрішностей, що виникають в процесі встановлення деталі [1,8]. Відповідно заданим умовам, розробляємо маршрут обробки поверхні для дефектів Д1 та Д2: $\varnothing 40 f 7 \begin{pmatrix} -0,025 \\ -0,050 \end{pmatrix}$, $\varnothing 35 f 7 \begin{pmatrix} -0,025 \\ -0,050 \end{pmatrix}$, які відновлюються плазмодуговим наплавленням.

3.9.1 Поверхня з дефектом Д1: $\varnothing 40 f 7 \begin{pmatrix} -0,025 \\ -0,050 \end{pmatrix}$.

Таблиця 3.7 – Припуски та граничні розміри. Розрахунковий мінімальний припуск на обробку:

Маршрут обробки поверхні діаметром $\varnothing 40 f 7 \begin{pmatrix} -0,025 \\ -0,05 \end{pmatrix}$	Елементи припуску, мкм				Розрахункові величини		Допуск на виконувані розміри, мкм	Прийняті розміри заготовки по переходах, мм		Граничний припуск	
	Rz	h	$\Delta \Sigma$	ϵ	Припуску $Z_i, \text{мкм}$	Мінімального діаметра, мм		найбільші	Найменші	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Наплавка	150	250	631,7	0	-	42,349	1200	43,549	42,349	-	-
Точіння											
Чорнове	60	60	31.6		2063,4	40.286	240	40.526	40.286	3,023	2,063
Напівчистове	30	30	1.3		303.2	39.983	60	40.043	39.983	0,483	0,303
Остаточне	5	10			32.6	39.95	25	39.975	39.95	0,068	0,033

Перевірку правильності розрахунків проводимо за рівнянням:

$$Z_{0_{\max}} - Z_{0_{\max}} = T_z - T_d \text{ (мм);}$$

$$4,174 - 2,999 = 1,175$$

$$1,200 - 0,025 = 1,175$$

Припуск на наплавлення складає 3,59 мм, або на сторону 1,8 + 0,5 = 2,3 мм.

Аналогічно розраховуємо припуски та граничні розміри для $\varnothing 35f7_{-0.05}^{-0.025}$.

Таблиця 3.8 – Припуски та граничні розміри. Розрахунковий мінімальний припуск на обробку:

Маршрут обробки поверхні діаметром $\varnothing 35f7_{-0.05}^{-0.025}$	Елементи припуску, мкм				Розрахункові величини		Допуск на виконуваних розміри, мкм	Прийняті розміри заготовки по переходах, мм		Граничний припуск	
	Rz	h	$\Delta\Sigma$	ε	Припуску Z_i , мкм	Мінімального діаметра, мм		найбільші	Найменші	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Наплавка	150	250	631,7	0	-	37,349	1200	38.549	37.349	-	-
Точіння											
Чорнове	60	60	31.6		2063,4	35.286	240	35.526	35.286	3,023	2,063
Напівчистове	30	30	1.3		303.2	34.983	60	35.043	34.983	0,483	0,303
Остаточне	5	10			32.6	34.95	25	34.975	34.95	0,068	0,033

Припуски заносимо до таблиці 3. 9 на поверхні М-24х2-8g та $\varnothing 24g8_{-0.040}^{-0.007}$

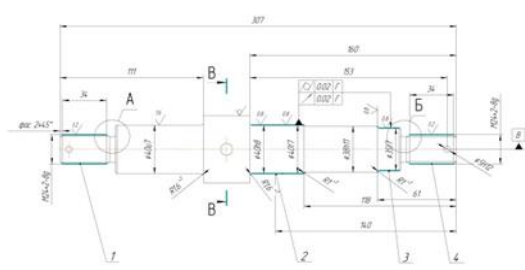
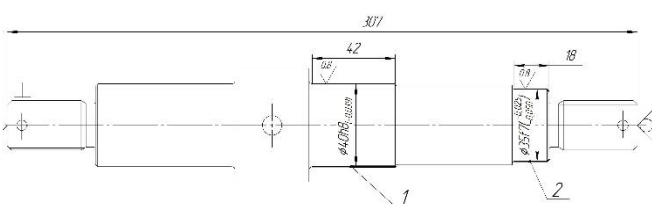
Таблиця 3.9 – Припуски та граничні розміри. Розрахунковий мінімальний припуск на обробку:

Маршрут обробки поверхні діаметром М-24х2-8g $\varnothing 24g8_{-0.040}^{-0.007}$	Елементи припуску, мкм				Розрахункові величини		Допуск на виконуваних розміри, мкм	Прийняті (округлені) розміри заготовки по переходах, мм		Граничний припуск, мкм	
	Rz	h	$\Delta\Sigma$	ε	припуску $2Z_i$, мкм	мінімального діаметра, мм		найбільші	найменші	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Заготовка	10	150	42	-	-	24,89	1000	25,89	24,89	-	-
Наплавлення (h14)	0										
Точіння:											
попереднє (чорнове)(h11)	50	50	16,8	-	584	24,306	480	24,786	24,306	1,104	0,584
Чистове(h9)	25	30	1	0	234	24,072	150	24,222	24,072	0,564	0,234
Шліфування (остаточне)(g8)	5	10	0		112	23,96	33	23,993	23,96	0,232	0,112

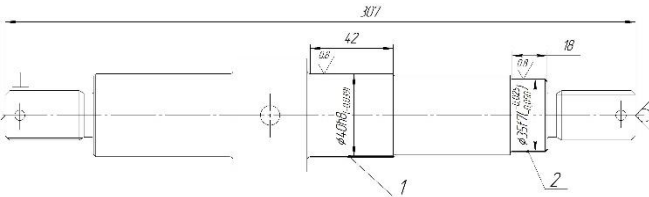
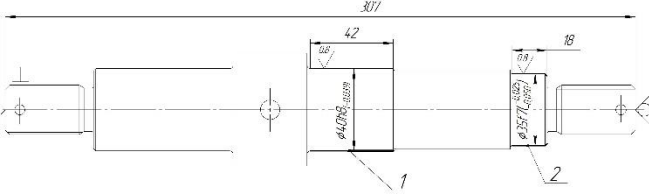
3.10 Формування маршруту технологічного процесу відновлення поверхонь вісі котка танку Т-72

Розробка технологічного процесу включає в себе ряд операцій, починаючи від підготовчих і завершуючи перевіркою правильності виконаних робіт. Так розробка технологічного процесу включає в себе розробку плану операцій, вибір обладнання, розрахунок режимів на кожну операцію, контроль якості процесів відновлення та нормування часу на операції. Згідно результатів дефектування і технології відновлення дефектів складаємо план технологічного процесу відновлення ведучої шестерні з валом.

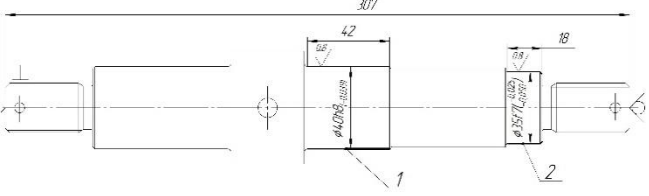
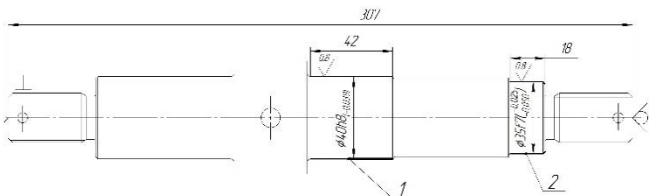
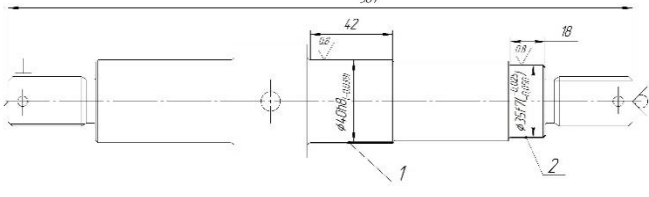
Таблиця 3.10. – Маршрут обробки

№ Оп.	Найменування операції та зміст переходів	Схема установа	Обладнання
1	2	3	4
005	Мийна: 1. Установити деталь; 2. Мити деталь розчином «Лобомид-102»;		Мийна машина ОМ-4610
010	Дефектувальна 1. Дефектувати деталь та визначити всі дефекти які потрібно відновити.		1. Дефектувальний стіл. 2. Штангенциркуль ГОСТ 166-89
015	Токарна: 1. Установити та закріпити; 2. Точити поверхню 1 до $\varnothing 39,7$ мм; 3. Точити поверхню 2 до $\varnothing 34,7$ мм; 6. Зняти деталь.		Токарно-гвинторізний верстат ЧПК NL635S

Продовження таблиці 3.10

1	2	3	4
020	Наплавлювальна 1. Установити та закріпити деталь; 2. Наплавити поверхню 1 до Ø49,3 мм; 3. Наплавити поверхню 2 до Ø44,3 мм; Наплавити поверхню 3 та 4 4. Зняти деталь		Установка плазмово- дугова зЧПК.
025	Термічна: 1. Установити та закріпити; 2. Відпуск поверхонь 1, 2, при t-рі 550⁰С з подальшим охолодженням на повітрі; 3. Зняти деталь.		Установка СНО- 4.8.4/12- И1

Продовження таблиці 3.10

1	2	3	4
030	Токарна: 1. Установити та закріпити деталь; 2. Точити поверхню 1 до $\varnothing 44,7$ мм; 3. Точити поверхню 2 до $\varnothing 39,7$ мм; 4. Точити поверхню 2 до $\varnothing 37,1$ мм; 5. Точити поверхню 1 до $\varnothing 42,1$ мм; 6. Точити поверхню 1 до $\varnothing 40,15$ мм; 7. Точити поверхню 2 до $\varnothing 35,13$ мм;		Токарно - гвинтоварний верстат ЧПК NL635S
035	Термічна: 1. Установити та закріпити деталь 2. Гартувати поверхню 1, 2 при $T = 850^{\circ}\text{C}$ з наступним охолодженням в мастилі; 3. Зняти деталь.		Установка СНО- 4.8.4/12- И1
040	Шліфувальна: 1. Установити та закріпити; 2. Шліфувати поверхню 1 до $\varnothing 40$ мм; 3. Шліфувати поверхню 2 до $\varnothing 35$ мм; 4. Зняти деталь		Шліфувальний верстат ЗМ163В, шліфувальний круг С40П5СМ 1К6

3.10.2 Термічна обробка після наплавлення

В якості обладнання для відпуску приймаємо індукційну піч ВЧГ-3-160/0,066.

Проводимо індукційний відпуск:

- температура нагріву $t_n=750\ldots 780\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- тривалість витримки при цій температурі $t_b=10\text{--}15\text{ сек}$;
- охолодження на повітрі. Тривалість витримки $t_b=20\text{ (хв)}$;

311.3 Розрахунок параметрів наплавлення

Розрахуємо режими наплавлення поверхні 1 та 2, згідно [12,22].

Данні розрахунку наведені у таблиці 3.12.

Таблиця 3.12 – Параметри режимів нанесення покриття

Поверхні	Розрахункові значення	Прийняті значення
1	2	3
Поверхня $\varnothing 40 f 7^{+0.025}_{-0.05}$; $\varnothing 35 f 7^{+0.025}_{-0.05}$		
діаметр електродного дроту	$d_e=1,2\text{мм}$;	1,2 мм
величина струму наплавлення	$I_i = \frac{\pi \cdot d_e^2 \cdot a}{4}, A \quad I_i = \frac{3.14 \cdot 1.2^2 \cdot 110}{4} = 125A.$	197 A
напруга	$U= 21+0,004 \cdot I_H$; $U = 21 + 0.04 \cdot 125 = 26B.$	$U=26B$
коефіцієнт наплавлення	$\alpha_H = 2,3 + 0,065 \frac{I_H}{d} = 2,3 + 0,065 \frac{197}{2} = 8,702 \text{ г/А} \cdot \text{год}$	8,7 г/А × год.
швидкість подачі електродного дроту	$V_e = \frac{4 \cdot 0.9 \cdot 125}{3.14 \cdot 1.2^2 \cdot 7.8} = 12.8 \text{ м / год}$	12 ,8 м/год.
коефіцієнт розплавлення	$\alpha_p = \frac{\alpha_H}{\eta} = \frac{8,702}{0,9} = 9,66 \text{ г/А} \cdot \text{год}$	9,66 г/А × год.
виліт електродного дроту	$H = (6 - 10) \cdot d_e = 8 \cdot 1,2 = 9,6\text{мм}$	9,6 мм
зміщення електроду від zenіту	$a = (0,05 - 0,1) \cdot D_d = 0,1 \cdot 40 = 4\text{ мм}$	4 мм

крок наплавлення	$S_H = (2 - 2,5) \cdot d_e = 2,5 \cdot 1,2 = 2 \text{ мм};$	2 мм
швидкість наплавлення	$V_i = \frac{3.14 \cdot 1.2 \cdot 12.8}{4 \cdot 2.4 \cdot 3.703} \cdot 0.9 = 1,22$	1,22 м/год
товщина наплавленого шару:	$h_H = 2 \text{ мм}$	2 мм
частоту обертання деталі	$n = 5.31 \cdot \frac{V_H}{D_o}, n = 5.31 \cdot \frac{1,22}{43} = 0,15$	0,15 хв ⁻¹
кількість проходів	$n = \frac{h_H}{S_H} = \frac{2}{2} = 1$	1 прохід
витрати наплавочного дроту	$G_{\text{н.м.}} = G_{\text{н.м.}} \cdot (1.05 \dots 1.1) (\text{г}).$ $G_{\text{н.м.}} = 85.2 \cdot 2 = 170.4 \text{ г}.$	170 г
Витрати вуглекислого газу	$G_{\text{CO}_2} = q \cdot T_{\text{м}} \cdot K_{\text{г}},$ $G_{\text{CO}_2} = 17 \cdot 11,98 \cdot 1,2 = 244,4 (\text{л}).$	244,4 л

3.10.3 Нормування операцій технологічного процесу

Норми часу за розрахунково-аналітичним методом визначаються за методикою наведеною: [21,24,25]. Результати розрахунків наведені в таблицях: 3.13.

Таблиця 3.13 – Нормування операцій

Номер і назва операції	T _о	T _{доп}	T _{оп}	T _{обс} +T _{від}	T _{п-з}	T _{шт-к}
005 Мийна	3,4	0,6	2,35	0,13	12	5,10
010 Дефектувальна	3,1	1,5	4,3	0,8	11	9,6
015 Токарна	0,84	0,34	1,18	0,077	13	1,63
020 Наплавочна	6,56	3,2	9,7	0,7	15	10,6
025 Термічна	1,7	0,5	2,2	0,18	10,5	4,3
030 Токарна	0,55	5,4	5,95	0,38	15	6,76
035 Термічна	1,8	0,3	2,1	0,20	10,4	4,3
040 Мийна	3,6	0,7	2,33	0,14	12	5,11
045 Шліфування	1,44	5,8	7,24	0,52	7	9,4
050 Контрольна	3,2	1,4	4,6	0,3	2	4,911

3.11 Створення конструктивної схеми установки автоматизованого відновлення

Основними елементами конструктивної схеми установки для автоматизованого відновлення деталі (рис. 3.5) є робочий орган 1, закріплений на кронштейні 2, що забезпечує можливість при необхідності змінювати відстань між деталлю та плазмотроном. Кронштейн 2 закріплено на каретці портального приводу 4, що забезпечує можливість переміщення плазмотрону вздовж деталі 5. Поруч з плазмотроном 1 розташована котушка 3, яка забезпечує подачу дроту до плазмотрону. Відновлювана деталь 5 закріплюється у патроні 6, та центрі 10. Патрон 6 закріплено у шпинделі 7 встановленим на підшипниках. Шпиндель 7 через муфту 8 з'єднано з електромотором 9 закріпленим на рамі установки [35].

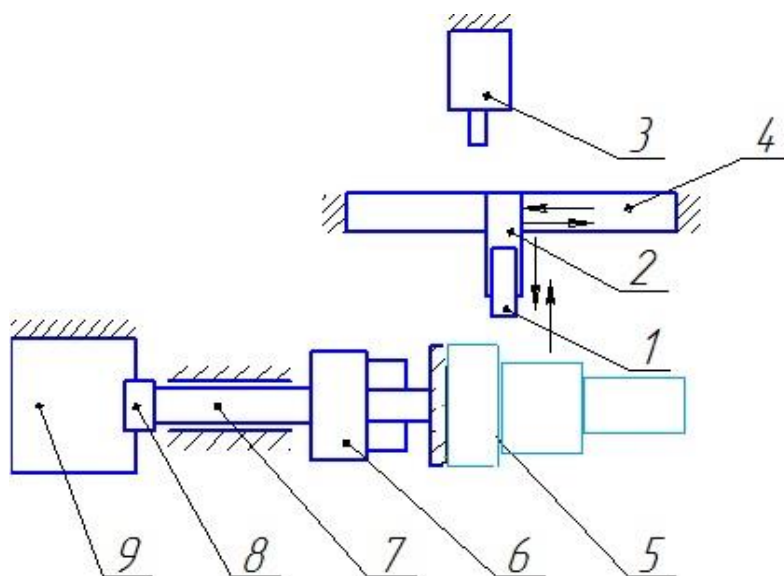


Рисунок 3.5 – Конструктивна схема установки відновлення

1– плазмотрон, блок вертикального переміщення, 3– котушка, 4– блок горизонтального переміщення, 5– відновлювальна деталь, 6– патрон, 7 – вал шпинделя, 8 – муфта, 9 – електромотор.

Шпиндель обертача обладнано підшипниками 80204 в радіальному напрямку здатні витримати статичне навантаження $C_0 = 1270$ кг. При масі обертової частини 3 кг цього більш ніж достатньо для нормальної роботи. Підшипник, 80204 пилезахищеного виконання вибрано з конструктивних міркувань.

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

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

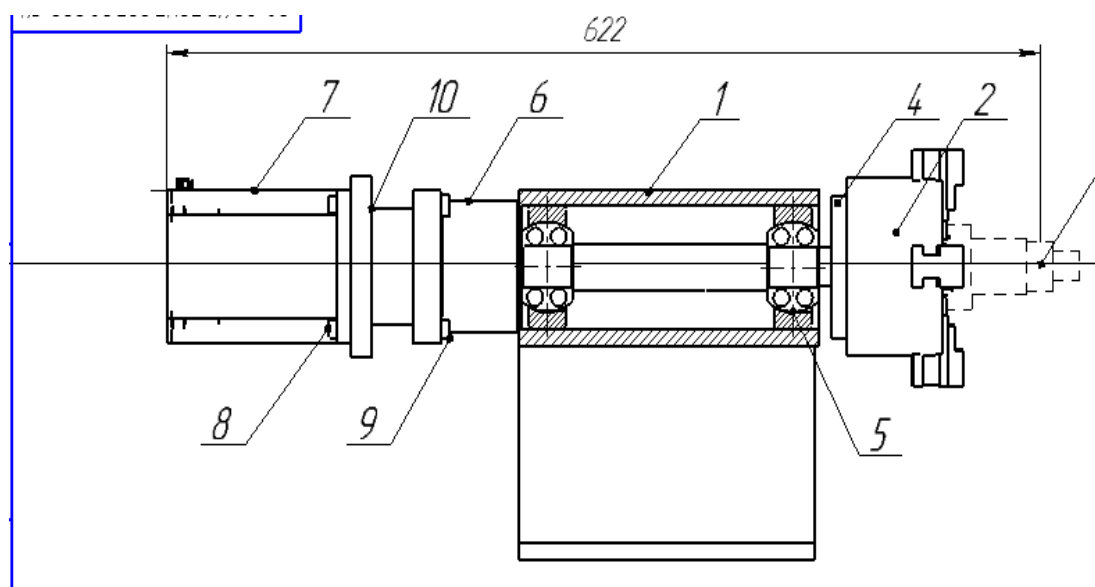


Рисунок 3.6 – Схема закріплення деталі

Для визначення масоцентровочних характеристик розробимо 3D моделі усіх деталей що обертаються (рис. 3.7)

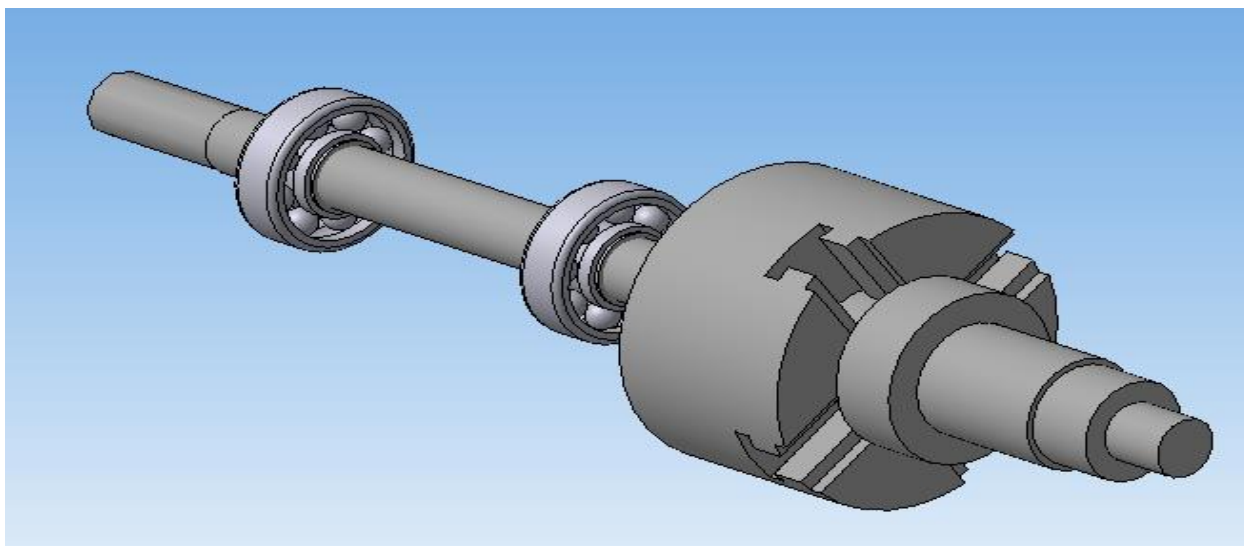


Рисунок 3.7 – 3D модель усіх деталей, що обертаються в процесі відновлення

Матеріал	Сталь 50В ГОСТ 1050-88
Густина матеріалу	$R_o = 0.007820 \text{ г/мм}^3$
Маса	$M = 28.3 \text{ кг}$
Площа	$S = 104028, \text{ мм}^2$.
Об'єм	$V = 1162541 \text{ мм}$

3.12 Механізм обертання деталі

Для розрахунку приводу обертання застосуємо програму Positioning drives компанії Festo [35].

Вихідними даними для розрахунку приводу обертання є момент інерції тіл, які треба обертати (в нашому випадку він становить $J_x = 173 \text{ кг} \cdot \text{мм}^2$ 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. Максимальна частота обертання – розрахункова 2 об/с, що дасть змогу обробляти більшу

номенклатуру деталей. Час розгону приймаємо 1 с. Тип приводу – сервопривід постійного струму.

Монтажне розташування горизонтальне.

В результаті розрахунку запропоновано та обрано на сайті компанії Festo [35] наступне:

1. Сервомотору EMMS-ST-87-L-S-G2;
2. Осьовий набір EAMM-A-D60-87A-S1;
3. Консольний привід позиціонування DNCE-32-LS-1.5 P-Q +FEN;
4. Серводвигун EMMS-AS-100-5-HS-Rx;
5. Осьовий набір EAMM-A-060-100A;
6. Консольний привід EGSL-75-300-85-BS-20P;
7. Портальна вісь EGC-70-85-BS-10P-KF-GP;
8. Кроковий двигун EMMS-AS-40-M-LS-xx;
9. Осьовий набір EAMM-A-G16-40A;
10. Кронштейн кріплення консольного приводу до портального.

Розроблено 3D модель обертача (рис. 3.8). Для чого спочатку розробимо 3D модель шпиндельного вузла та поєднаємо з ним обраний сервомотор і осьовий набір.

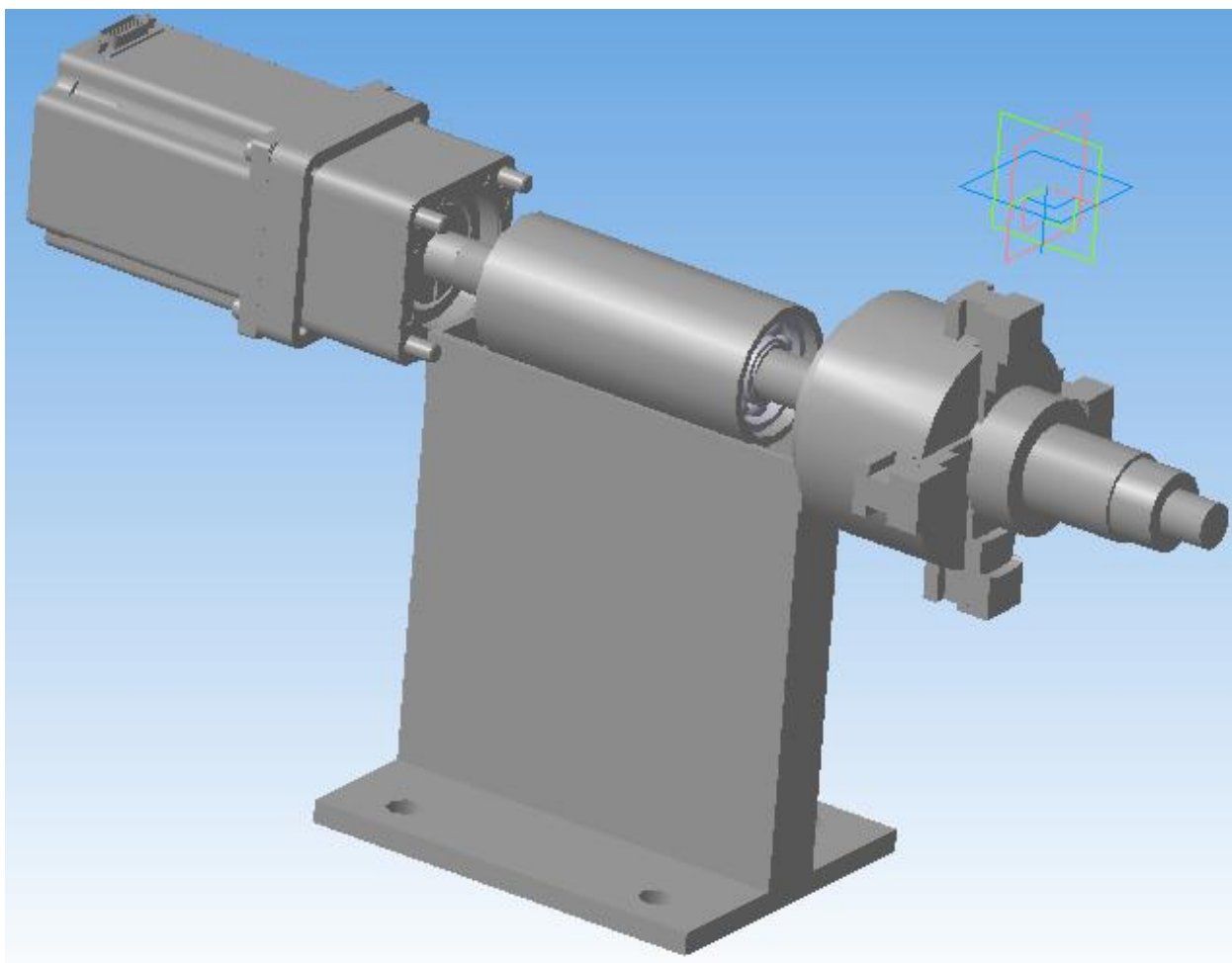


Рисунок 3.8 – 3D - креслення приводу обертання

3.13 Привід переміщення плазмового напилувального пристрою та розробка установки з числовим програмним керуванням.

Вихідними даними для вибору привода переміщення плазмового напилувального пристрою є маса, яку необхідно переміщувати це маса напилувального пристрою 0,8 кг плюс маса кронштейна за допомогою якого плазмовий напилувальний пристрій кріпиться до консольного привода, та приєднаних комунікації, яка приблизно становить до 3 кг. Разом ця маса становить $0,8 + 3 = 3,8$ кг. Ще однією величиною для вибору привода є величина переміщення консолі яка дорівнює перепаду діаметрів відновлюваної деталі і становить 300 мм

Наступним кроком є створення рамної конструкції яка забезпечить задане взаємне розташування всіх механізмів. Для створення рамної

конструкції використаємо профільний металопрокат: швелер ГОСТ 8240-79 №16, конструкція рами зварна. Зварювання електродугове за ГОСТ 5264-80.

Робоче місце складається з установки з числовим програмним керуванням 1, яка встановлюється в захисному боксі 4. Бокс 4 оснащено витяжною вентиляцією 2.

Для здійснення керування установкою застосовуються програма Mach 3.

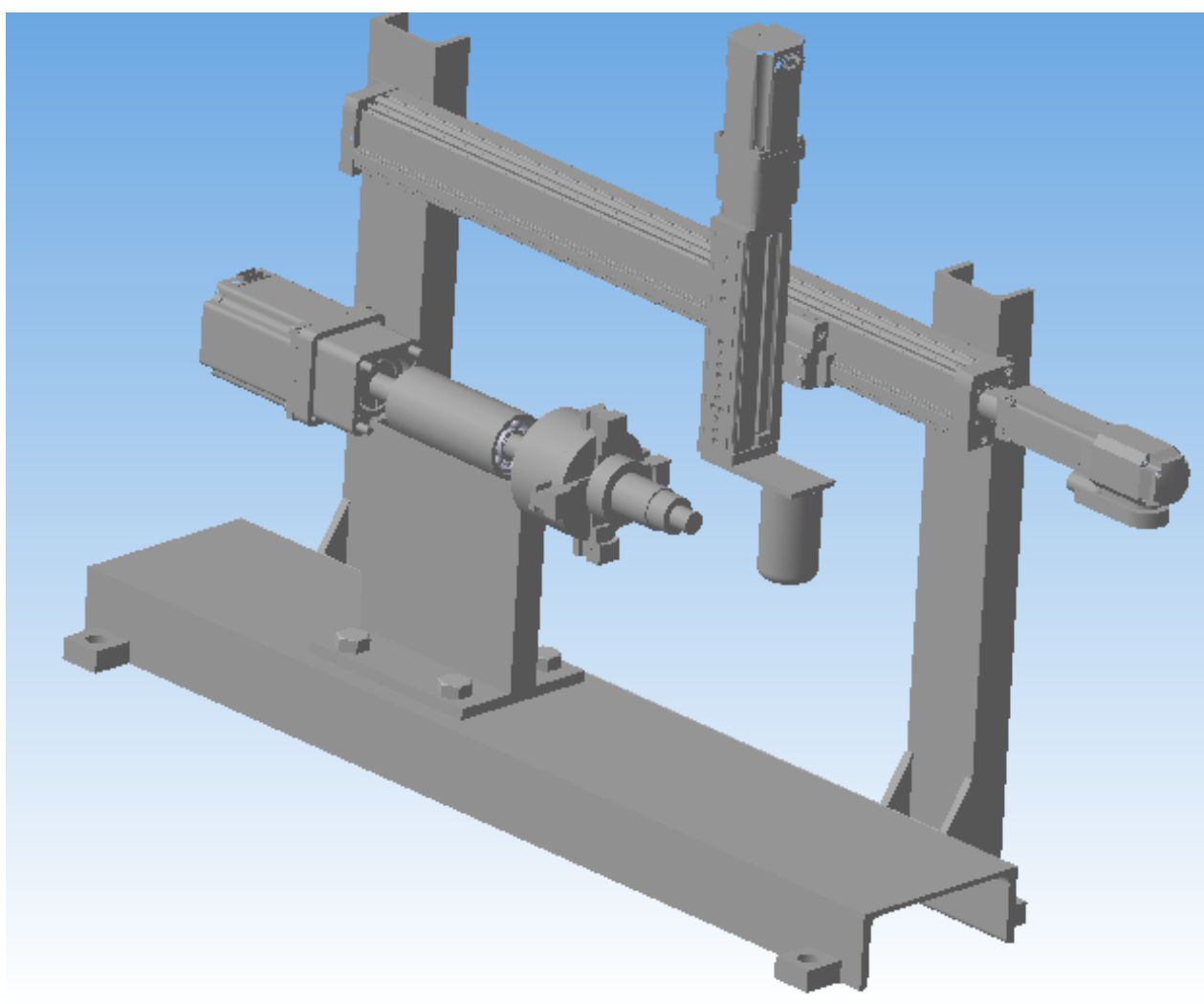


Рисунок 3.9 – Установка з числовим програмним керуванням

Рисунок 3.10 – Робоче місце

Висновки до розділу 3:

В ході виконання даного розділу магістерської кваліфікаційної роботи було розроблено технологічний процес відновлення вісі опорного котка.

Для відновлення вісі опорного котка обрано плазмово-дугове наплавлення з використанням проволоки Нп-30ХГСА. Проведено необхідні розрахунки, що забезпечують високу продуктивність відновлення, що в свою чергу зменшує трудомісткість та витрату часу.

В роботі розроблено та реалізовано методику сучасного проектування технології відновлення та нанесення покриттів різних функціональних призначень на деталі машин та обладнання для її реалізації в автоматичному режимі.

Для автоматизації процесу відновлення спроектовано установку з числовим програмним керуванням, яка дозволяє наносити покриття без участі людини.

Використовувались 3D моделі механізмів та деталей завантажених з сайту FESTO.COM.UA: лінійна вісь EGSL-BS-75-300-85-20P; каретка EGC-70-600-BS-10P-KF-0H-ML-GP; серводвигун лінійної осі EMMS-ST-57-M-S-G2; серводвигун каретки EMMS-AS-40-M-LS-TM; осьовий набір лінійної осі EAMM-A-D40-57A-S1; осьовий набір каретки EAMM-A-G16-40A.

Комплекс автоматизованого нанесення функціональних покриттів розроблений із застосуванням сучасних інформаційних комп'ютерних технологій з використанням комплектуючих фірми Festo – світового лідера в галузі автоматизації та механізації виробничих процесів.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

Основною метою проведення комерційного та технологічного аудиту є підвищення якості відновлення робочих поверхонь вісі котка танку плазмово-дуговим наплавленням що забезпечує високу якість продукції, економічні показники за рахунок впровадження сучасних методів відновлення із врахуванням умов експлуатації та причин появи несправностей.

Для проведення технологічного аудиту було залучено 3-х незалежних експертів Вінницького національного технічного університету: Савуляк Валерій Іванович, професор кафедри галузевого машинобудування (ГМ); Шиліна Олена Павлівна, доцент кафедри ГМ; Бакалець Дмитро Віталійович, доцент кафедри ГМ.

Для проведення технологічного аудиту було використано таблицю 4.1 [4] в якій за п'ятибальною шкалою використовуючи 12 критеріїв здійснено оцінку комерційного потенціалу.

Таблиця 4.1 – Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри-терій	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 роботоздатність 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	Технічні та споживчі	Технічні та споживчі	Технічні та споживчі	Технічні та споживчі

	властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	властивості продукту на рівні аналогів	властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів
--	---	--	--	--	---

Продовження табл. 4.1

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 ринку	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	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

	дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	реалізацію продукту	
--	---	--	---	---------------------	--

Таблиця 4.2 – Рівні комерційного потенціалу розробки

Середньоарифметична сума балів СБ, розрахована на основі висновків експертів	Рівень комерційного потенціалу розробки
0-10	Низький
11-20	Нижче середнього
21-30	Середній
31-40	Вище середнього
41-48	Високий

В таблиці 4.3 наведено результати оцінювання експертами комерційного потенціалу розробки.

Таблиця 4.4 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Прізвище, ініціали, посада експерта		
	Савуляк Валерій Іванович	Шиліна Олена Павлівна	Бакалець Дмитро Віталійович
	Бали, виставлені експертами:		
1	4	3	4
2	3	4	4
3	3	3	3
4	2	3	3
5	4	3	4
6	3	3	3
7	1	2	2
8	4	3	4
9	3	4	3
10	4	4	4
11	4	4	4
12	4	4	4
Сума балів	СБ ₁ =39	СБ ₂ =40	СБ ₃ =42
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_1^3 СБ_i}{3} = \frac{39 + 40 + 42}{3} = 40$		

Середньоарифметична оцінка, отримана на основі експертних висновків, становить 40 балів, і згідно з таблицею 4.3, це вказує на рівень вище середнього комерційного потенціалу результатів проведених досліджень.

Результатом магістерської роботи є підвищення якості відновлення робочих поверхонь вісі опорного котка за рахунок вибору нового методу відновлення, матеріалів для відновлення.

Результати досліджень магістерської роботи можуть бути реалізовані на підприємствах та установах, які займаються ремонтом та відновленням зношених деталей спецтехніки.

Проведемо оцінку якості і конкурентоспроможності нової розробки порівняно з аналогом.

В якості аналога для розробки було обрано базовий технологічний процес відновлення деталі. При застосуванні для відновлення вісі електродугового напилення недоліками є те, що покриття буде не якісним (пори, раковини), шар покриття буде занадто великий, що буде вимагати велику кількість переналаштувань обладнання і це збільшує час на обробку після напилення. У розробці дана проблема вирішується шляхом заміни метода відновлення зношених поверхонь.

Модернізований технологічний процес відновлення даної деталі відрізняється від базового методом відновлення зношених поверхонь. Приймаємо для відновлення вісі опорного котка метод плазмово-дугового наплавлення, що надасть змогу наносити більш якісний та менший шар покриття, що дозволить зменшити кількість проходів механічної обробки, та прискорити обробку вісі опорного котка танку. Також система випереджає аналог за такими параметрами як Зносостійкість відновлених поверхонь збільшується у 2 рази.

Також система випереджає аналог за такими параметрами як відсутність жолоблення яка відпадає потребам наплавляти та обробляти не зношені поверхні.

В таблиці 4.5 наведені основні техніко-економічні показники аналога і нової розробки.

Проведемо оцінку якості продукції, яка є найефективнішим засобом забезпечення вимог споживачів та порівняємо її з аналогом.

Таблиця 4.5 – Основні параметри нової розробки та товару-конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий (товар-конкурент)	Новий (інноваційне рішення)		
1	2	3	4	5
Продуктивність методу кг/год	1,5	2,5	1,7	0,6
Міцність щеплення, МПа	60	480	8	0,4

Визначимо відносні одиничні показники якості по кожному параметру за формулами (4.1) та (4.2) і занесемо їх у відповідну колонку табл. 4.6.

$$q_i = \frac{P_{Hi}}{P_{Bi}} \quad (4.1)$$

або

$$q_i = \frac{P_{Bi}}{P_{Hi}} \quad (4.2)$$

де P_{Hi} , P_{Bi} – числові значення i -го параметру відповідно нового і базового виробів.

$$q_1 = \frac{2,5}{1,5} = 1,2;$$

$$q_2 = \frac{480}{60} = 8.$$

Відносний рівень якості нової розробки визначаємо за формулою:

$$K_{\text{я.в.}} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i, \quad (4.3)$$

$$K_{я.в.} = 1,2 \cdot 0,6 + 8 \cdot 0,4 = 3,92$$

Відносний коефіцієнт показника якості нової розробки більший одиниці, отже нова розробка якісніший базового товару-конкурента.

Наступним кроком є визначення конкурентоспроможності товару. Конкурентоспроможність товару є головною умовою конкурентоспроможності підприємства на ринку і важливою основою прибутковості його діяльності.

Однією із умов вибору товару споживачем є збіг основних ринкових характеристик виробу з умовними характеристиками конкретної потреби покупця. Такими характеристиками найчастіше вважають нормативні та технічні параметри, а також ціну придбання та вартість споживання товару.

В табл. 4.6 наведено технічні та економічні показники для розрахунку конкурентоспроможності нової розробки відносно товару-аналога, технічні дані взяті з попередніх розрахунків.

Таблиця 4.6 – Нормативні, технічні та економічні параметри нової розробки і товару-виробника

Показники	Варіанти	
	Базовий (товар-конкурент)	Новий (інноваційне рішення)
1	2	3
1. Нормативно-технічні показники		
Продуктивність методу кг/год	1,5	2,5
Міцність щеплення, МПа	60	480
2. Економічні показники		
Ціна придбання, грн.	112000	80000

Загальний показник конкурентоспроможності інноваційного рішення (К) з урахуванням вищезазначених груп показників можна визначити за формулою:

$$K = \frac{I_{m.n.}}{I_{e.n.}}, \quad (4.4)$$

де $I_{m.n.}$ – індекс технічних параметрів; $I_{e.n.}$ – індекс економічних параметрів.

Індекс технічних параметрів є відносним рівнем якості інноваційного рішення. Індекс економічних параметрів визначається за формулою (4.5)

$$I_{e.n.} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Hei}}{\sum_{i=1}^n P_{Bei}}, \quad (4.5)$$

де P_{Hei} , P_{Bei} – економічні параметри (ціна придбання та споживання товару) відповідно нового та базового товарів.

$$I_{e.n.} = \frac{80000}{112000} = 0,7;$$

$$K = \frac{3,92}{0,7} = 5,6.$$

Зважаючи на розрахунки, можна зробити висновок, що нова розробка буде конкурентоспроможніша, ніж конкурентний товар.

4.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи

Витрати, пов'язані з проведенням науково-дослідної роботи групуються за такими статтями: витрати на оплату праці, витрати на соціальні заходи, матеріали, паливо та енергія для науково-виробничих цілей, витрати на службові відрядження, програмне забезпечення для наукових робіт, інші витрати, накладні витрати.

1. Основна заробітна плата кожного із дослідників $З_0$, якщо вони працюють в наукових установах бюджетної сфери визначається за формулою:

$$З_0 = \frac{M}{T_p} * t \text{ (грн)} \quad (4.6)$$

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

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

t – число робочих днів роботи дослідника.

Зведемо сумарні розрахунки до таблиця 4.7.

Таблиця 4.7 – Заробітна плата дослідника в науковій установі бюджетної сфери

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату грн.
Керівник	20000	952,4	5	4762
Інженер	25000	1190,5	21	25000
Технік	15000	714,3	21	15000
Всього				44762

2. Витрати на основну заробітну плату робітників ($З_p$) за відповідними найменуваннями робіт розраховують за формулою:

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

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

t_i – час роботи робітника на виконання певної роботи, год.

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

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

де M_M – розмір прожиткового мінімуму працездатної особи або мінімальної місячної заробітної плати (залежно від діючого законодавства), грн;

K_i – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду;

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 – середня кількість робочих днів в місяці, приблизно $T_p = 21 \dots 23$ дні;

$t_{зм}$ – тривалість зміни, год.

Таблиця 4.8 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Тривалість роботи, год	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка, грн	Величина оплати на робітника, грн
1. Мийна	0,1	1	47,6	4,8
2. Дефектувальна	0,16	4	71,4	11,4
3. Токарна	0,03	5	81,0	2,4
4. Наплавлення	0,18	5	81,0	14,6
5. Термічна	0,08	4	71,4	5,7
6. Токарна (чистова)	0,12	5	81,0	9,7
7. Термічна	0,08	4	71,4	5,7
8. Мийна	0,1	1	47,6	4,8
9. Шліфувальна	0,16	5	81,0	13,0
10. Контрольна	0,085	4	71,4	6,1
Всього				78,1

3. Розрахунок додаткової заробітної плати робітників

Додаткова заробітна плата Z_d всіх розробників та робітників, які приймали участь в розробці нового технічного рішення розраховується як 10 - 12 % від основної заробітної плати робітників.

На даному підприємстві додаткова заробітна плата начисляється в розмірі 11% від основної заробітної плати.

$$З_д = (З_о + З_р) * \frac{Н_{дод}}{100\%} \quad (4.9)$$

$$З_д = 0,11 * (44762 + 78,1) = 4932,40 \text{ (грн)}$$

4. Нарахування на заробітну плату $Н_{ЗП}$ дослідників та робітників, які брали участь у виконанні даного етапу роботи, розраховуються за формулою (4.10):

$$Н_{ЗП} = (З_о + З_р + З_д) * \frac{\beta}{100} \text{ (грн)} \quad (4.10)$$

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

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

$З_р$ – основну заробітну плату робітників, грн.;

β – ставка єдиного внеску на загальнообов’язкове державне соціальне страхування, % .

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

$$Н_{ЗП} = (44762 + 78,1 + 4932,40) * \frac{22}{100} = 10949,93 \text{ (грн)}$$

5. Сировина та матеріали.

До статті «Сировина та матеріали» належать витрати на сировину, основні та допоміжні матеріали, інструменти, пристрої та інші засоби й предмети праці, які придбані у сторонніх підприємств, установ і організацій та витрачені на проведення досліджень за прямим призначенням згідно з нормами їх витрачання, а також витрачені придбані напівфабрикати, що підлягають монтажу або виготовленню й додатковій обробці в цій

організації, чи дослідні зразки, що виготовляються виробниками за документацією наукової організації.

Витрати на матеріали (М) у вартісному вираженні розраховуються окремо для кожного виду матеріалів за формулою:

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

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_{Bj} – вартість відходів j -го найменування, грн/кг.

Проведені розрахунки зведені в таблицю 4.9.

Таблиця 4.9 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, грн	Норма витрат, кг	Вартість витраченого матеріалу, грн
1. Електродний дріт Нп 30ХГСА	366	0,71	259,86
2. Аргон	130	5	650
3. Уайт-спіріт	25	0,2	5
4. Ганчір'я	10	0,1	1
Всього			915,86
З врахуванням коефіцієнта транспортування			1007,4

6. Розрахунок витрат на комплектуючі

Витрати на комплектуючі вироби (K_6), які використовують при дослідженні нового технічного рішення, розраховуються, згідно з їхньою номенклатурою, за формулою:

$$K_{\varepsilon} = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j \quad (4.12)$$

де H_j – кількість комплектуючих j -го виду, шт.;

C_j – покупна ціна комплектуючих j -го виду, грн;

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

Проведені розрахунки бажано звести до таблиці.

Таблиця 4.10 – Витрати на комплектуючі

Найменування комплектуючих	Кількість, шт.	Ціна за штуку, грн	Сума, грн
1. Наплавлювальна установка з ЧПК	1	25 000,00	25000
2. Обертач	1	2300	2300
3. Наплавлювальна головка	1	1900	1900
Всього			32120,00

7. Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт.

Балансову вартість спецустаткування розраховують за формулою:

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

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

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

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

k – кількість найменувань устаткування.

Отримані результати необхідно звести до таблиці 4.11.

Таблиця 4.11 – Витрати на придбання спецустаткування по кожному виду

Найменування устаткування	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Мийна. Мийна машина ОМ-4610	1	40000	40000
Дефектувальна. Дефектоскоп УД12	1	10000	10000
Токарна. Токарно-гвинтонарізний верстат з ЧПУ ЧПУ NL635S	1	1200000	1200000
Всього			1375000

8. Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт в роботі не використовується.

9. Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень

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

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

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

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

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

Проведені розрахунки необхідно звести до таблиці 4.12.

Таблиця 4.12 – Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн
Персональний комп'ютер	45000	2	1	1875,00
Всього				1875,00

9. До статті «Паливо та енергія для науково-виробничих цілей» відносяться витрати на всі види палива й енергії, що безпосередньо використовуються з технологічною метою на проведення досліджень.

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

де W_{yt} – встановлена потужність обладнання на певному етапі розробки, кВт;

t_i – тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год;

C_e – вартість 1 кВт-години електроенергії, грн;

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

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

Для написання магістерської роботи використовується персональний комп'ютер для якого розрахуємо витрати на електроенергію.

$$B_e = \frac{1 \cdot 225 \cdot 10,5 \cdot 0,5}{0,8} = 1640,63$$

10. Службові відрядження.

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

$$B_{св} = (3_o + 3_p) * \frac{H_{св}}{100\%}, \quad (4.16)$$

де $H_{св}$ – норма нарахування за статтею «Службові відрядження».

$$B_{CB} = 0,2 * (44762 + 78,1) = 8968$$

11. Накладні (загальновиробничі) витрати B_{H3B} охоплюють: витрати на управління організацією, оплата службових відряджень, витрати на утримання, ремонт та експлуатацію основних засобів, витрати на опалення, освітлення, водопостачання, охорону праці тощо. Накладні (загальновиробничі) витрати B_{H3B} можна прийняти як (100...150)% від суми основної заробітної плати розробників та робітників, які виконували дану МКНР, тобто:

$$B_{H3B} = (3_o + 3_p) \cdot \frac{H_{H3B}}{100\%}, \quad (4.17)$$

де H_{H3B} – норма нарахування за статтею «Інші витрати».

$$B_{H3B} = (44762 + 78,1) \cdot \frac{100}{100\%} = 44840,02 \text{ грн}$$

Сума всіх попередніх статей витрат дає витрати, які безпосередньо стосуються даного розділу МКНР

$$B = 44762 + 78,1 + 4932,4 + 10949,93 + 1007,4 + 32120 + 1375000 + 1875,00 + 1640,63 + 8968 + 44840,02 = 1526173,46$$

Прогнозування загальних втрат $ЗВ$ на виконання та впровадження результатів виконаної МКНР здійснюється за формулою:

$$ЗВ = \frac{B}{\eta}, \quad (4.18)$$

де η – коефіцієнт, який характеризує стадію виконання даної НДР.

Оскільки, робота знаходиться на стадії науково-дослідних робіт, то коефіцієнт $\beta = 0,5$.

Звідси:

$$ЗВ = \frac{1526173,46}{0,7} = 2180247,8 \text{ грн.}$$

4.3 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки

У даному підрозділі кількісно спрогнозуємо, яку вигоду, зиск можна отримати у майбутньому від впровадження результатів виконаної наукової роботи. Розрахуємо збільшення чистого прибутку підприємства $\Delta\Pi_i$, для кожного із років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки, за формулою

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n (\Delta\Pi_o \cdot N + \Pi_o \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\nu}{100}\right) \quad (4.19)$$

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

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

ΔN – покращення основного кількісного показника діяльності підприємства від впровадження результатів розробки:

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

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

λ – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість. Ставка податку на додану вартість дорівнює 20%, а коефіцієнт $\lambda = 0,8333$.

ρ – коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту. $\rho = 0,25$;

x – ставка податку на прибуток. У 2024 році – 18%.

Припустимо, що при впровадженні результатів наукової розробки підвищиться якість відновлення робочих поверхонь прокатних валків та отримання економічного ефекту. Припустимо, що ціна зросте на 2000 грн. Кількість одиниць реалізованої продукції також збільшиться: протягом

першого року на 300 шт., протягом другого року – на 200 шт., протягом третього року на 100 шт. Реалізація продукції до впровадження розробки складала 1 шт., а її ціна до 80000 грн. Розрахуємо прибуток, яке отримає підприємство протягом трьох років.

$$\begin{aligned}\Delta\P_1 &= [2000 \cdot 1 + (80000 + 2000) \cdot 300] \cdot 0,833 \cdot 0,25 \cdot \left(1 + \frac{18}{100}\right) \\ &= 4202673,6 \text{ грн.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta\P_2 &= [2000 \cdot 1 + (80000 + 2000) \cdot (300 + 200)] \cdot 0,833 \cdot 0,25 \cdot \left(1 + \frac{18}{100}\right) \\ &= 7005886,5 \text{ грн.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta\P_3 &= [2000 \cdot 1 + (80000 + 2000) \cdot (300 + 200 + 100)] \cdot 0,833 \cdot 0,25 \\ &\cdot \left(1 + \frac{18}{100}\right) = 8406663,8 \text{ грн.}\end{aligned}$$

4.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

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

Розрахуємо величину початкових інвестицій PV , які потенційний інвестор має вкласти для впровадження і комерціалізації науково-технічної розробки.

$$PV = k_{\text{інв}} \cdot 3B, \quad (4.20)$$

$k_{\text{інв}}$ – коефіцієнт, що враховує витрати інвестора на впровадження науково-технічної розробки та її комерціалізацію. Це можуть бути витрати на підготовку приміщень, розробку технологій, навчання персоналу, маркетингові заходи тощо ($k_{\text{інв}} = 2 \dots 5$).

$$PV = 2 \cdot 2180247,8 = 4360495,6$$

Розрахуємо абсолютну ефективність вкладених інвестицій E_{abc} згідно наступної формули:

$$E_{abc} = (ПП - PV) \quad (4.21)$$

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

$$ПП = \sum_1^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^t}, \quad (4.22)$$

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

T – період часу, протягом якою виявляються результати впровадженої НДДКР, роки;

τ – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні; для України цей показник знаходиться на рівні 0,2;

t – період часу (в роках).

$$ПП = \frac{4202673,6}{(1 + 0,2)^1} + \frac{7005886,5}{(1 + 0,2)^2} + \frac{8406663,8}{(1 + 0,2)^3} = 13255022,15 \text{ грн.}$$

$$E_{abc} = (13255022,15 - 4360495,6) = 8894526,55 \text{ грн.}$$

Оскільки $E_{abc} > 0$ то вкладання коштів на виконання та впровадження результатів НДДКР може бути доцільним.

Розрахуємо відносну (щорічну) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій E_{ϵ} . Для цього користуються формулою:

$$E_{\epsilon} = \sqrt[T_{жс}]{1 + \frac{E_{abc}}{PV}} - 1, \quad (4.23)$$

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

$$E_B = \sqrt[3]{1 + \frac{1734191,61}{8894526,55}} - 1 = 0,72 = 72\%$$

Визначимо мінімальну ставку дисконтування, яка у загальному вигляді визначається за формулою:

$$\tau = d + f, \quad (4.24)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2024 році в Україні $d = (0,14 \dots 0,2)$;

f – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина $f = (0,05 \dots 0,1)$.

$$\tau_{\min} = 0,18 + 0,05 = 0,23.$$

Так як $E_g > \tau_{\min}$ то інвестор може бути зацікавлений у фінансуванні даної наукової розробки.

Розрахуємо термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій за формулою:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_g} \quad (4.25)$$

$$T_{ок} = \frac{1}{0,72} = 1,4 \text{ роки}$$

Так як $T_{ок} \leq 3 \dots 5$ -ти років, то фінансування даної наукової розробки в принципі є доцільним.

4.5 Висновки до економічного розділу

Результати здійсненого технологічного аудиту вказують на високому рівні комерційного потенціалу. У порівнянні з аналогічним виробом виявлено, що нова розробка вищої якості і більш конкурентоспроможна, як з технічних, так і економічних позначень.

Вкладені інвестиції в структуроутворення поверхневих шарів вісі опорного котка під час відновлення окупляться через 1,4 роки.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

При відновленні та зміцненні деталей типу «вісь» найбільш широко застосовують способи дугового наплавлення, частка яких в загальному обсязі ремонтних робіт складає близько 70%. Частка контактного наварювання металевого шару складає близько 7 %, газотермічного напилення – близько 6% та гальванічного нанесення – близько 3 %. Інші способи відновлення та зміцнення стосовно деталей нерухомих спряжень засобів транспорту не знайшли широкого застосування в ремонтному виробництві, і якщо використовуються, то на окремих підприємствах для обмеженої номенклатури деталей.

1. Експериментально показана наявність фазових змін під впливом пластичної деформації у наплавленному металі, з утворенням мартенситу деформації. Поєднання наклепу з деформаційним мартенситним перетворенням ефективно зміцнює його аутенітну основу. При цьому твердість наплавленого металу після 25 % деформації складає 400HV, у той час як для наплавленої поверхні дротом Нп-Г13Л тільки 250 HV. Внаслідок цього зносостійкість наплавленого металу Нп-30ХГСА в 1,5 рази вище зносостійкості поверхні наплавленої дротом Нп-Г13Л.

2. При дослідженні деформаційного зміцнення висока твердість (58-62 HRC₃) може бути досягнута не тільки за рахунок легування наплавленого металу карбідоутворюючими елементами, але і за рахунок розвитку деформаційного мартенситного перетворення.

3. Удосконалено електродуговий плазмотрон для напилювання покриттів, який дозволяє підвищити довговічність, продуктивність пристрою та можливість регулювання режимів нанесення покриттів. Встановили, що конструкція має суттєві резерви по зменшенню маси та розмірів, що буде виконано під час модернізації.

4. Розроблено технологічний процес відновлення осі опорного котка. Для його відновлення обрано плазово-дугове наплавлення з використанням проволоки Нп-30ХГСА. Проведено необхідні розрахунки, що забезпечують

високу продуктивність відновлення, що в свою чергу зменшує трудомісткість та витрату часу.

5. В роботі розроблено та реалізовано методику сучасного проектування технології відновлення та нанесення покриттів різних функціональних призначень на деталі машин та обладнання для її реалізації в автоматичному режимі.

6. Для автоматизації процесу відновлення спроектовано установку з числовим програмним керуванням, яка дозволяє наносити покриття без участі людини.

7. Розроблено конструкторську документацію на складальне креслення установки з числовим програмним керуванням з використанням виконавчих механізмів із застосуванням сучасних інформаційних комп'ютерних технологій та комплектуючих фірми Festo;

8. Використовувались 3D моделі механізмів та деталей завантажених з сайту FESTO.COM.UA: лінійна вісь EGSL-BS-75-300-85-20P; каретка EGC-70-600-BS-10P-KF-0H-ML-GP; серводвигун лінійної осі EMMS-ST-57-M-S-G2; серводвигун каретки EMMS-AS-40-M-LS-TM; осьовий набір лінійної осі EAMM-A-D40-57A-S1; осьовий набір каретки EAMM-A-G16-40A.

9. Результати здійсненого технологічного аудиту вказують на високий рівень комерційного потенціалу. У порівнянні з аналогічним виробом виявлено, що нова розробка вищої якості і більш конкурентоспроможна, як з технічних, так і економічних позначень.

Вкладені інвестиції в структуроутворення поверхневих шарів вісі опорного котка під час відновлення окупляться через 1,4 роки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Григурко І.О. «Технологія обробки типових деталей. Навчальний посібник.» – Львів : «Новий Світ – 2000», 2006. – 576 с.
2. Інженерія поверхні: Підручник. Ющенко К.А., Борисов Ю.С., Кузнецов В.Д., Корж В.М. – К.: Наукова думка, 2007 – 559 с.3. WWW.FESTO.COM.UA
3. Козловський В. О. Інноваційний менеджмент. Практикум. / В. О. Козловський, О. Й. Лесько. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 166 с.
4. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.
5. Лобанов Л.М. Залишкові напруження в зварних з'єднаннях високоміцних сталей / Л.М. Лобанов, Л.І. Міходуй, О.Л. Міходуй // Праці міжн. конф. "Механіка руйнування матеріалів і міцність конструкцій". Т1, Випуск 2. -Львів.: Каменяр, 1999. – С.21–31.
6. Лебедева В.К. Автоматичне керування електрозварювальними процесами і установками / В.К. Лебедева, В.П. Черниша. – К.: Вища школа, 1994.– 391 с.
7. Ленів Я. Г. Аналіз способів відновлення розподільчих валів транспортних ДВЗ. / Я. Г. Ленів // Технологія металів та матеріалознавство, збірник наукових праць УкрДАЗТ. Вип.145 –2014. – С. 167 – 170.
8. Іванов М. І., Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування Частина 1 / Ж. П. Дусанюк., С. В. Дусанюк., О. М. Іванова., С. А. Шаргородський, -М.: Машиностроение, 2007 – 276с.
9. Іванов М.І. Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування. Частина 2 / М.І. Іванов, Ж.П. Дусанюк., С.В. Дусанюк., О.М. Іванова – Вінниця, ВНАУ 2009. – 148с.
10. Матеріалознавство. Організація самостійної та практичної роботи : навчальний посібник / В. І. Савуляк, О. П. Шиліна, В. Й. Шенфельд. – Вінниця : ВНТУ, 2019. – 123 с.

11. Наплавлення: навч. посібник // Власов А.Ф., Кузнецов В.Д., Макаренко Н.О., Богуцький О.А. – Краматорськ, ДДМА, 2010. – 336с.
12. 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.
13. 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.
14. 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.
15. Патент Україна В23К 10/00 12.03.2012С23С 4/00. Електродуговий плазмотрон Сауніна / В. Н. Саунін. – Заявка 20.12.2005; Опобл. 20.05.2006 Бюл. № 14.
16. Матеріалознавство. Організація самостійної та практичної роботи : навчальний посібник / В. І. Савуляк, О. П. Шиліна, В. Й. Шенфельд. – Вінниця : ВНТУ, 2019. – 123 с.
17. Відновлення та підвищення зносостійкості і терміну експлуатації деталей машин/Под ред. д.т.н., проф. В.С. Попова. – Мотор Січ, 2004. – 394с.
18. Прохоренко В. М. Напруження та деформації у зварних з'єднаннях і конструкціях : навч. посіб. / В. М. Прохоренко, О. В. Прохоренко. – К.: НТУУ «КПІ», 2009. – 268 с.
19. Рюмин В.В. Деформаційне мартенситне перетворення в металі, наплавленому електродами ГР-11 (Є-80Г9Х6С). / Рюмин В.В., Солнцев Л.А., Черников А.И – //Вісник Харківського державного політехнічного університету. – 2000. – № 82. – С. 59 – 61
20. Савуляк В.В. Управління якості продукції: навчальний посібник / В.В. Савуляк – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 91 с.

21. Савуляк В.І., Технічне нормування в ремонтному виробництві / В.І. Савуляк, С.П. Білошицький. – Вінниця: ВНТУ [Електронний ресурс], 2009. – 242 с.
22. Савуляк В.І. Відновлення деталей автомобілів. Навчальний посібник / В.І. Савуляк, В.Т. Івацько. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 104 с.
23. Савуляк В.І. Ремонт та відновлення деталей машин та апаратів. Методичні вказівки до виконання курсових проектів / В.І. Савуляк. – Вінниця: ВНТУ [Електронний ресурс], 2009.
24. Савуляк В.І. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Проектування технологічних процесів відновлення поверхонь» для студентів за напрямком 050504 – Зварювання, спеціальності 7.050504 – Технологія та устаткування відновлення та підвищення зносостійкості машин і конструкцій. / В.І. Савуляк, В.Й. Шенфельд. – Вінниця: ВНТУ [Електронний ресурс], 2009. – 186 с.
25. Савуляк В.І. Відновлення деталей машин. Частина 1 / В.І. Савуляк, В.Т. Івацько. – Вінниця, ВНТУ 2004 – 100 с.
26. Савуляк В. І. Наплавлення високовуглецевих покриттів з використанням вуглецевих волокон / В. І. Савуляк, С.А. Заболотний, В. Й. Шенфельд // Проблеми трибології. – 2010. – №1. – С. 66 – 70.
27. Савуляк В. І. Магістерська кваліфікаційна робота з матеріалознавства. Загальні вимоги та рекомендації до її виконання : електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс]. / В. І. Савуляк, О. П. Шиліна – Вінниця : ВНТУ, 2024. – 64 с.
28. Скібіцький О. М. Інноваційний та інвестиційний менеджмент: навч. посіб. [для студ. вищ. навч. закл.] / О. М. Скібіцький – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 408 с.
29. Шабайкович В.А. Забезпечення якості промислової продукції / В.А. Шабайкович, Н. С. Григор'єва // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки»ю – 2015. – №49. – С.172 – 176.

30. Шиліна О. П. Газотермічні методи напилювання покриття / О. П. Шиліна, А. Ю. Осадчук. – Вінниця: ВНТУ, 2005. – 125 с.
31. 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.
32. Шиліна О.П. Порівняльний аналіз собівартості виготовлення та відновлення деталей типу "вал". /Савуляк В.І., Дусанюк Ж.П., Шиліна О.П., Краковська О.О. // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. Випуск:1(89) Том 2. – 2015. – С. 21 – 25.
33. Шиліна О.П. Вплив контактних навантажень на властивості робочого наплавленого шару молотків зернодробарки. Вісник машинобудування та транспорту 2019. №2 (10). 148-152 с.
34. Шиліна О.П. Критерії вибору способу відновлення деталей машин. / О.П. Шиліна, Г.А. Мельник // Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції "Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту" – Вінниця 2013. – С.81.
35. www.festo.com.ua.

Додаток А
(обов'язковий)

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ ВІСІ ОПОРНОГО
КОТКА ПІД ЧАС ВІДНОВЛЕННЯ

ПОГОДЖЕНО

Керівник або заступник

Назва підприємства або установи

Підпис

Піна та прізвище

2024 р.



ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ГМ,

д.т.н., проф.

Леонід ПОЛІЩУК

“ 17 ” вересня 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

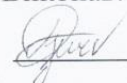
СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ ВІСІОПОРНОГО КОТКА ПІД ЧАС ВІДНОВЛЕННЯ

08 – 62.МКР.003.00.000 ТЗ

Керівник: к.т.н., доцент каф. ГМ

 Олена ШИЛІНА

Виконав: ст.гр. 13В-23м

 Артур КОРЖ

Вінниця ВНТУ 2024

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 № 310 “17” вересня 2024 року.

1 Назва та об’єкт проектування

Назва: СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ ВІСІ
ОПОРНОГО КОТКА ПІД ЧАС ВІДНОВЛЕННЯ

Умове позначення: 08-62.МКР.001.00.000 ТЗ.

Опорний коток танку виконує функцію осі колеса для руху по колісному середовищі.

Деталь «Вісь опорного котка танку» виготовляється із сталі 50В

ГОСТ 2590–88 і є ланкою яка закріплює каток у танку. Має ступінчасту зовнішню поверхню, яка є поєднанням восьми поверхонь обертання. Для закріплення деталі у вузлі передбаченні поверхні встановлення підшипників та різьбові поверхні.

Нетехнологічними елементами є глухі отвори $\varnothing 9.5H12$ і $\varnothing 5H12$. Важкодоступних місць немає.

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. У введенні штучних баз необхідності немає.

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

Задані на кресленні розміри можуть використовуватись для безпосереднього вимірювання на деталі.

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 “17” вересня 2024 року № 310, 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 вісі котка, проведення необхідних розрахунків оптимальних режимів обробки та модернізації, або проектуванням нової конструкції окремого технологічного обладнання.

Мета і завдання роботи.

Мета і завдання досліджень. Метою даної роботи є підвищення якості відновлення робочих поверхонь вісі котка танку плазмово-дуговим наплавленням та дослідити структуроутворення під впливом пластичного деформування в поверхневому шарі.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Провести експериментальні дослідження впливу контактних навантажень на перетворення в наплавленному металі
2. Визначити оптимальні методи нанесення зносостійких (функціональних)

покриттів, що призводять до зміцнення поверхневого шару.

3. Розробити технологічний процес відновлення, вісі котка танку Т-72.

4. Вибрати методи відновлення вісі котка, які забезпечать підвищенню експлуатаційну стійкість в умовах ударно-абразивного зношування.

5. Модернізувати обладнання для нанесення функціональних покриттів під час відновлення вісі котка танку Т-72.

6. Автоматизувати процес відновлення (нанесення покриття) вісі котка.

Об'єкт дослідження – технологічний процес відновлення зношених робочих поверхонь вісі котка.

Джерелами розробки є:

- методика проектування технологічного процесу відновлення деталей типу вал;
- методика модернізації та проектування конструкції технологічного обладнання;
- вимоги до комплексу 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. Магістерська кваліфікаційна робота з матеріалознавства. Загальні вимоги та рекомендації до її виконання : електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс]. / В. І. Савуляк, О. П. Шиліна – Вінниця : ВНТУ, 2024. – 64 с.

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. Відновлення та підвищення зносостійкості і терміну експлуатації деталей машин/Под ред. д.т.н., проф. В.С. Попова. – Мотор Січ, 2004. – 394с.
5. 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.
6. Наплавлення: навч. посібник // Власов А.Ф., Кузнецов В.Д., Макаренко Н.О., Богуцький 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. 132с.
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.

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%.

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.

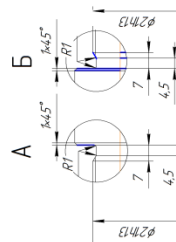
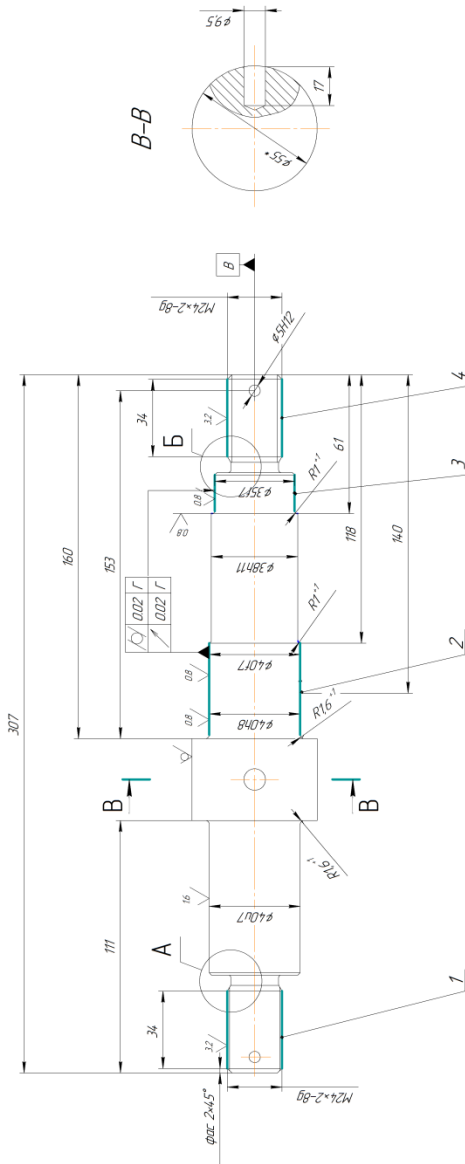
Технічне завдання оформлюється у відповідності з загальними вимогами до текстових конструкторських документів по ГОСТ 2.705-2013, на листах формату А4 по ГОСТ 9327-90.

Додаток В
(обов'язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

**СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ ВІСІ ОПОРНОГО
КОТКА ПІД ЧАС ВІДНОВЛЕННЯ**

100.10.0300-0001 79-80



11В 228.250

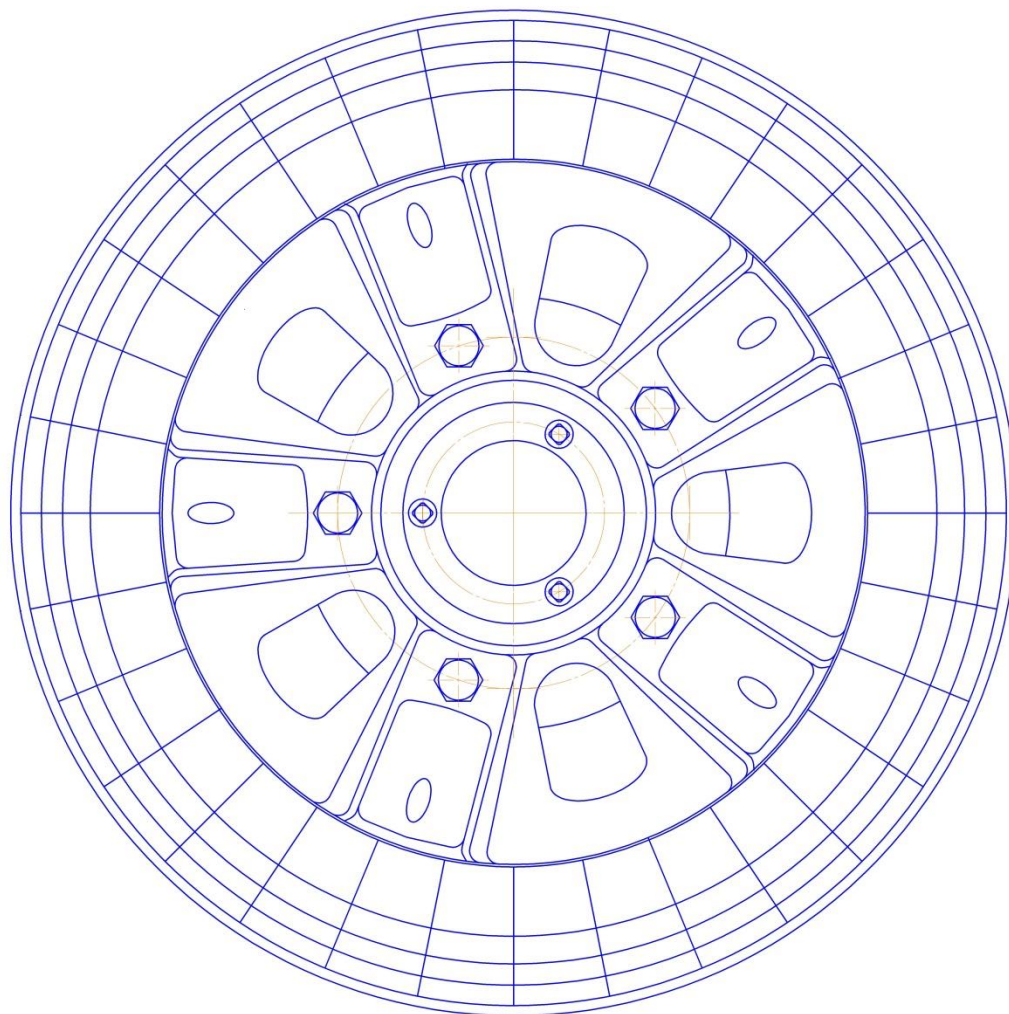
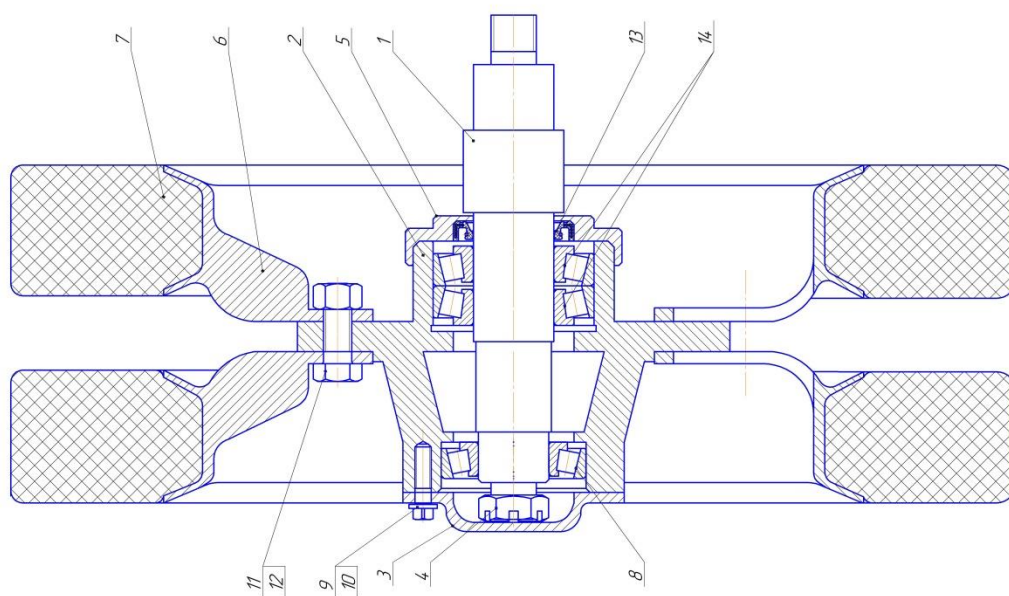
2 Не вказанні граничні відхилення розмірів IT 14/2

3 *Розміри для додаток

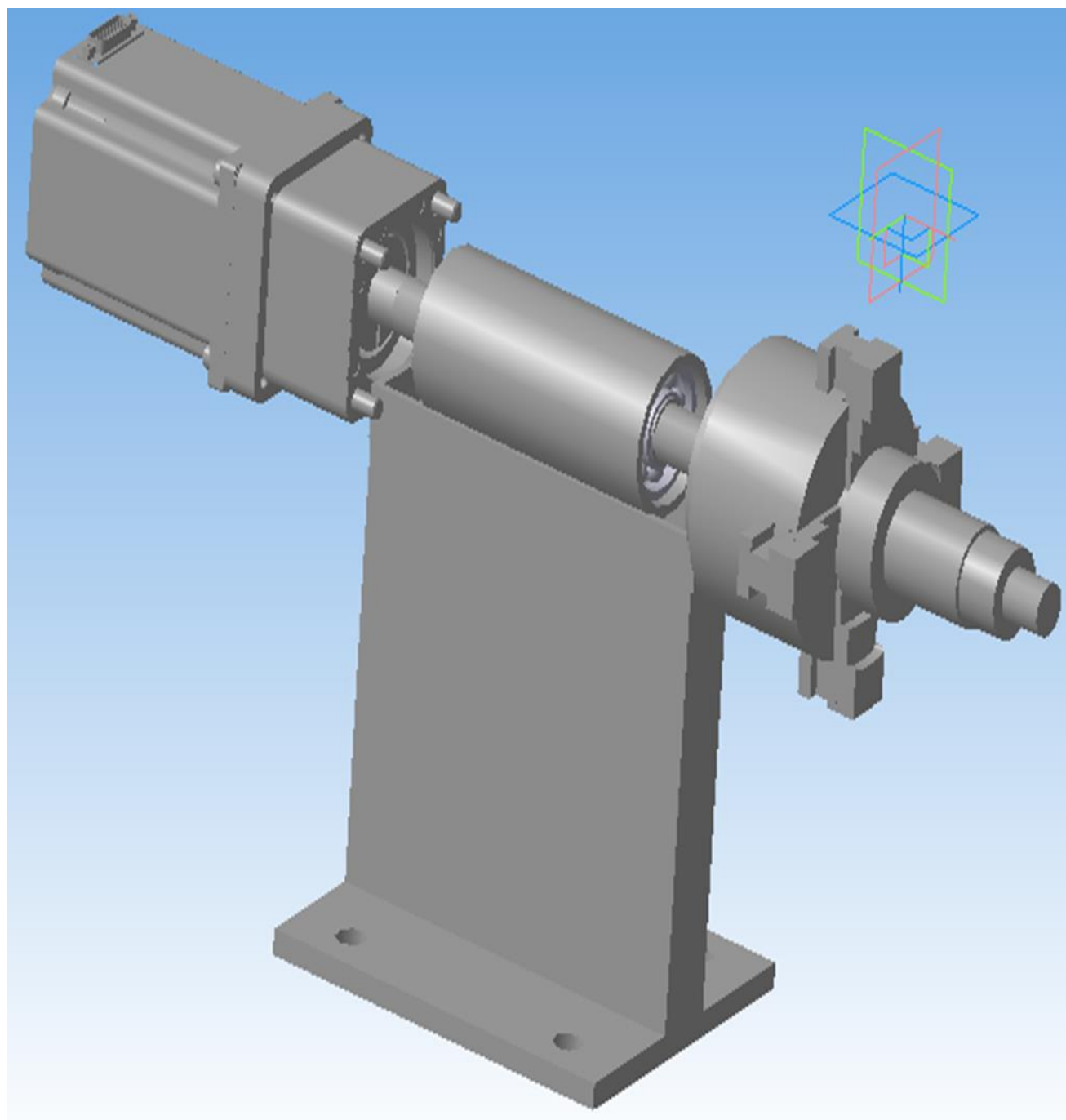
№ вер.	Назва версії	Код	Основний спосіб усунення дефекта	Допустимий спосіб усунення дефекта
1	Знос шийки під роликом	0.8	Позначка- вказує напалвлення	Ручне вказує напалвлення
2	Знос шийки під роликом	0.8	Позначка- вказує напалвлення	Ручне вказує напалвлення
3	Знос різьби під гайку	0.8	Автоматичне вказує напалвлення	Ручне вказує напалвлення
4	Знос різьби під гайку	0.8	Автоматичне вказує напалвлення	Ручне вказує напалвлення

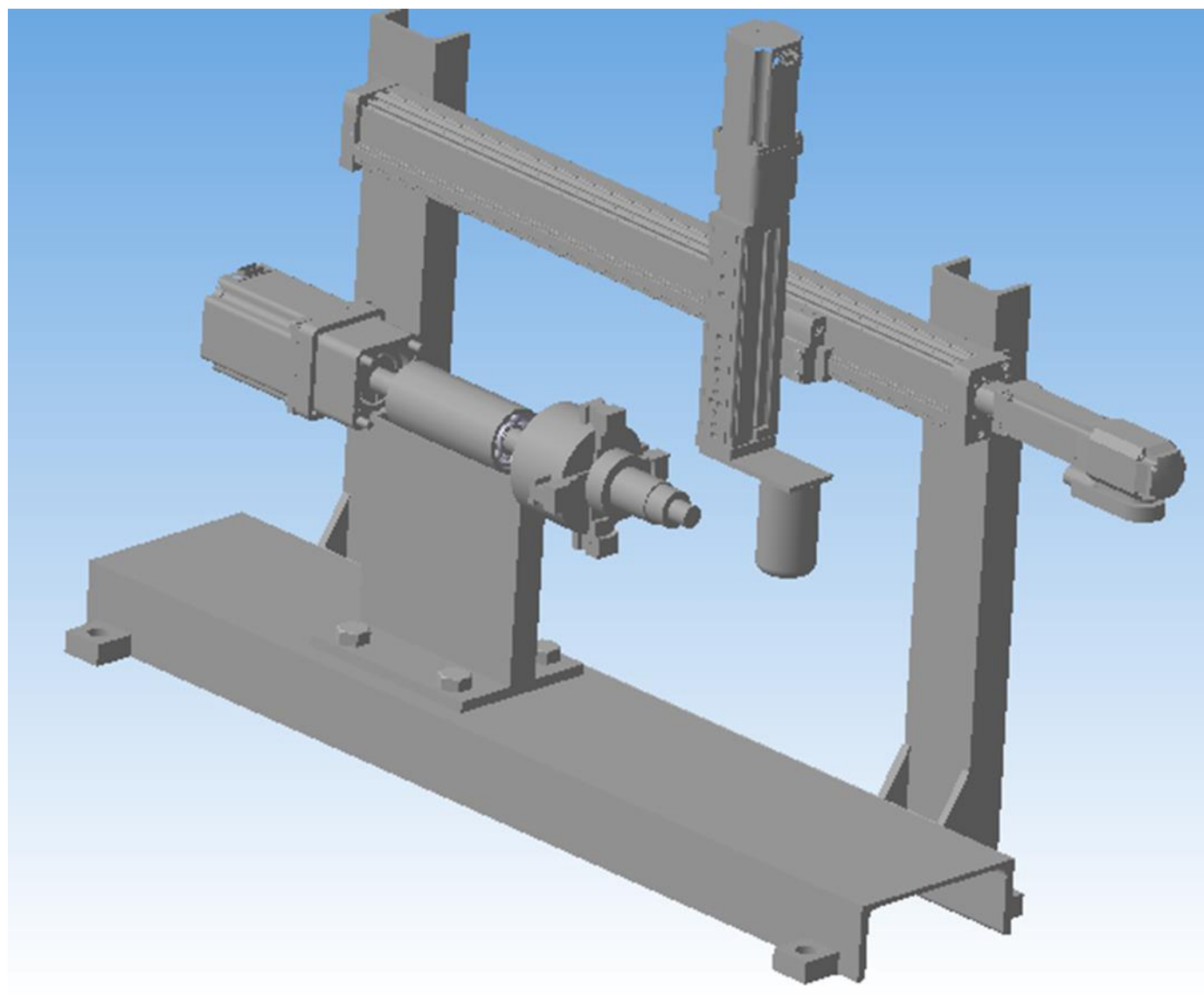
08-62 МКР-003.01 001		Дат.	Висл.	Висл.	Висл.
Вісь		Дат.	Висл.	Висл.	Висл.
Курд 08.07.2016		Дат.	Висл.	Висл.	Висл.
ЗВ-23м ВНУ		Дат.	Висл.	Висл.	Висл.

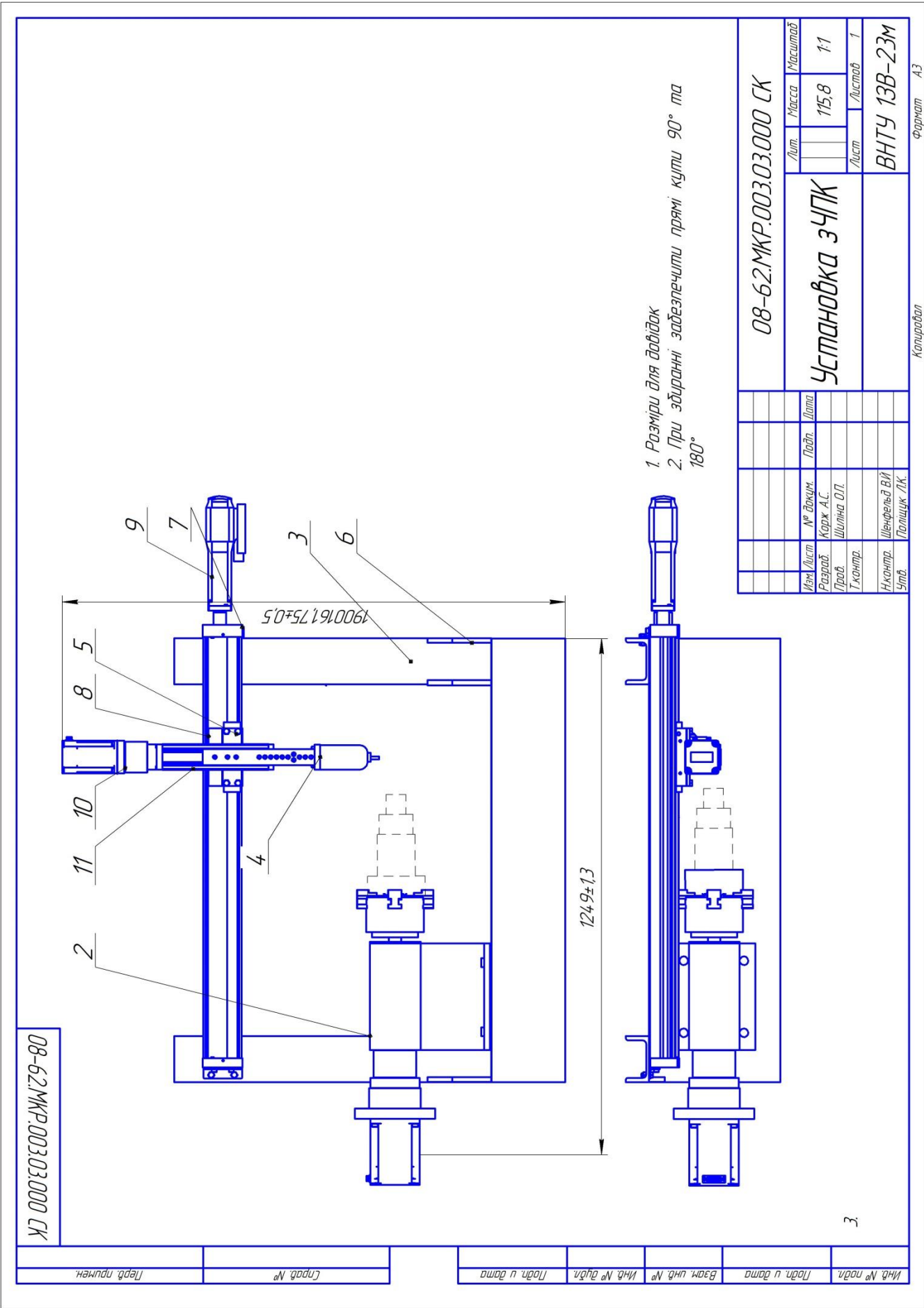
Лист 11

[illegible]

№ Оп	Найменування операції та зміст переходів	Схема базування	Обладнання
1	2	3	4
005	Мийна: 1. Установити деталь; 2. Мити деталь; 3. Вийняти деталь.		Мийна машина ОМ-4610 Разчин "Ладаніс" - 102"
010	Дефектувальна: 1. Дефектувати деталь та визначити всі дефекти які потрібно відновити		1. Дефектувальний стіл 2. Штангенциркуль ГОСТ 166-89
015	Токарна: 1. Установити та закріпити; 2. Точити поверхню 1 М24; 3. Точити поверхню 3 Ø40; 4. Точити поверхню 4 Ø35; 5. Точити поверхню 2 М24; 6. Зняти деталь.		Токарний верстат з ЧПК NL653S Поводковий патрон. Різець упарно-прохідний
020	Наплавлявальна: 1. Установити і закріпити; 2. Наплавити поверхню 1, 2, 3, 4; 3. Зняти деталь.		Установка з ЧПК
025	Термічна: 1. Установити і закріпити; 2. Відпуск поверхні 1, 2, 3, 4, при t-рі 550° C; 3. Зняти деталь.		Установка СВЧ
030	Токарна: 1. Установити і закріпити; 2. Точити поверхню 1, 4; 3. Точити різьбу М24*2 на поверхні 1, 2; 4. Зняти деталь.		Токарний верстат з ЧПК NL635S; Поводковий патрон. Різець упарно-прохідний. Різець різьбовий протий з кроком різьби 2.
035	Термічна: 1. Установити та закріпити; 2. Загардувати поверхні 1, 2, 3, 4 при t-рі 850° C з наступним охолодженням в настилі; 3. Зняти деталь.		Установка СВЧ
040	Мийна: 1. Установити деталь; 2. Мити деталь; 3. зняти деталью		Мийна машина ОМ-4610 Разчин "Ладаніс" - 102"
045	Шліфувальна: 1. Установити та закріпити; 2. Шліфувати поверхню 2, 3		Круглошліфувальний станок з ЧПК G38TH-200CNC
050	Контрольна: 1. Установити деталь; 2. Виконати контрольні виміри поверхонь 1-4 згідно ремонтного креслення; 3. зняти деталь.		Контрольний стіл, інструмент для вимірювання (Микрометр, штангенциркуль)



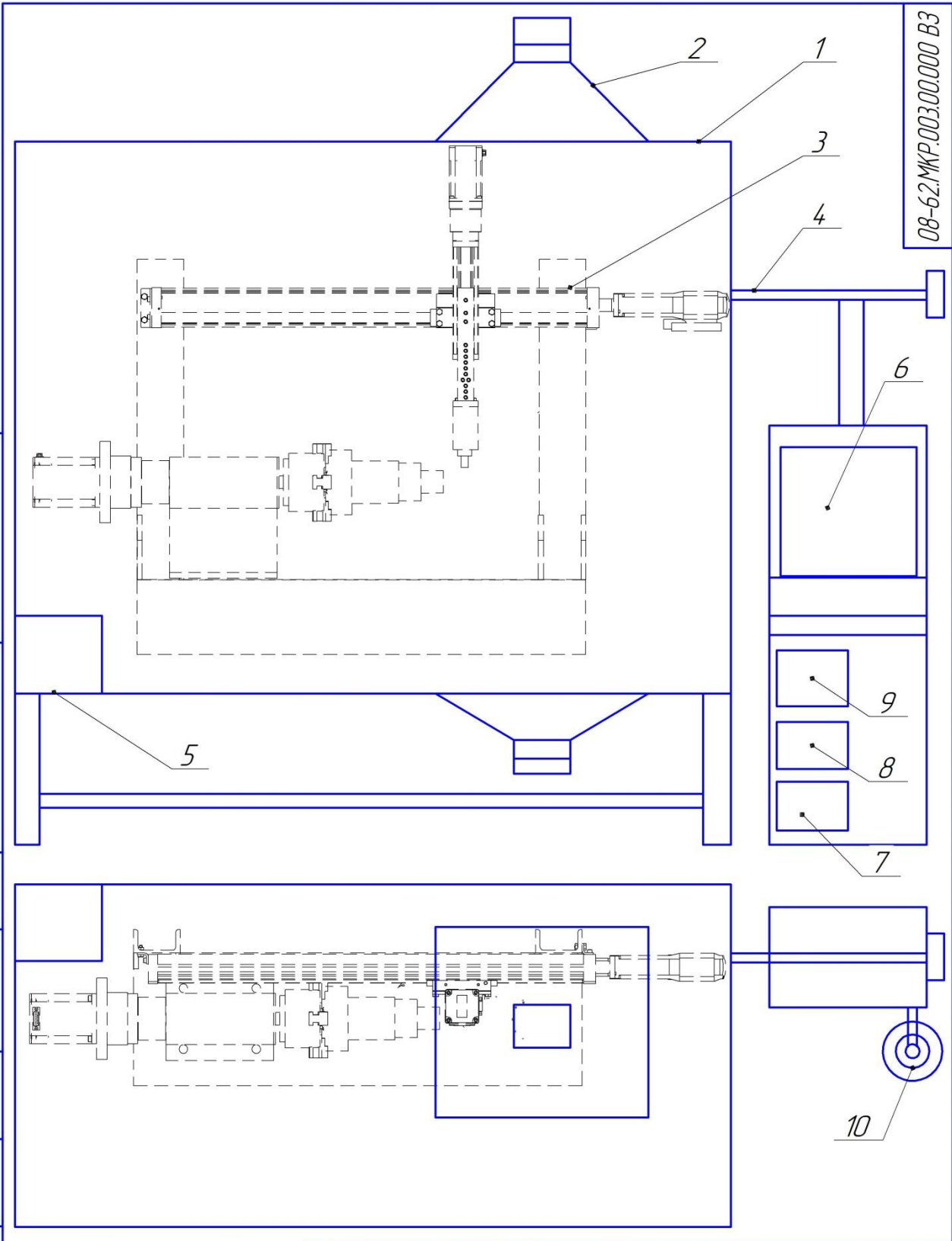




3

Перед. примеч.	
Справ. №	

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инд. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------



08-62.МКР.003.00.000 ВЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Карж А.С.			
Проб.	Шилина О. П.			
Т.контр.				
Н.контр.	шенфельд В.И.			
Утв.	Полещук Л.К.			

08-62.МКР.003.00.000 ВЗ		
Робоче місце		
Лит.	Масса	Масштаб
		1:1
Лист	Листов	1
ВНТУ 13В-15М		

Копировал

Формат А3

Додаток Г
(обов'язковий)

СПЕЦІФІКАЦІЯ

**СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ ВІСІ ОПОРНОГО
КОТКА ПІД ЧАС ВІДНОВЛЕННЯ**

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №					Документація		
	A4			08-30.МКР.006.00.000 ВЗ	Вид загальний		
					Складальні одиниці		
	A4	1	08-30.МКР.006.01.000	Захисний бокс	1		
		2	08-30.МКР.006.02.000	Вентиляція	2		
	3	08-30.МКР.006.03.000	Установка з ЧПК	1			
	4	08-30.МКР.006.04.000	Мережа комунікацій	1			
	5	08-30.МКР.006.06.000	Живильник	1			
Підп. и дата					Стандартні вироби		
		6			Комп'ютер	1	
		7			Контролер CMMS-ST-C8-G2	1	
		8			Контролер CMMO-ST-C5-1-G1	1	
		9			Контролер CMMS-AS-C4-3A-G2	1	
		10			Балон плазмотворючий	1	
Взам. инв. №							
Підп. и дата							
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	08-30.МКР.003.00.000	
	Разраб.	Корж А.С.				Лит.	Лист
	Пров.	Шиліна О.П.				4	1
	Н.контр.	Шефельд В.И.				Листов	
	Утв.	Поліщук Л.К.				1	
Робоче місце						ВНТУ, зр.13В-23м	

Додаток Д
(обов'язковий)

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

**СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ ВІСІ ОПОРНОГО
КОТКА ПІД ЧАС ВІДНОВЛЕННЯ**

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: «Структурування поверхневих шарів вісі опорного котка під час відновлення»

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

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

Показники звіту подібності Turnitin

Оригінальність 87% Схожість 13%

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 є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку

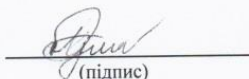

(підпис)

Шенфельд В. Й.

(прізвище, ініціали)

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

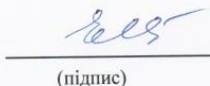
Автор роботи


(підпис)

Корж А. С.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Шиліна О.П.

(прізвище, ініціали)