

Вінницький національний технічний університет

Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра галузевого машинобудування

Пояснювальна записка

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему: ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ
ВАЛУ ЦИЛІНДРИЧНОГО РЕДУКТОРА

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

(шифр і назва спеціальності)

Бондаренко Ірина Олексіївна

(прізвище та ініціали)

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

(прізвище та ініціали)

Рецензент: _____

Вінниця - 2020 р.

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра галузевого машинобудування

Освітньо-кваліфікаційний рівень «магістр»

Спеціальність 132 – «Матеріалознавство»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

завідувач кафедри ГМ

д.т.н., професор Поліщук Л.К.

« 25 » вересня 2020 р.

**ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Бондаренко Гриві Олексіївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення якості відновлення робочих поверхонь валу циліндричного редуктора

керівник роботи Шиліна Олена Павлівна, к.т.н., доцент, каф. ГМ,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від « 25 » вересня 2020 року № 214 .

2. Строк подання студентом проекту (роботи): 30.11.2020 року

3. Вихідні дані до роботи:

Креслення валу циліндричного редуктора

Допустимі параметри зносу. Режим роботи – довготривалий;

Річна програма відновлення деталей N=800 шт.;

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ; Розділ 1. Сучасний стан наукової проблеми і шляхи її вирішення; Розділ 2. Дослідження направлені на підвищення якості відновлення робочих поверхонь; Розділ 3. Розробка та обґрунтування параметрів технологічного процесу відновлення валу циліндричного редуктора; Розділ 4. Розрахунок економічної ефективності інноваційного рішення; Розділ 5. Охорона праці і безпека в надзвичайних ситуаціях; Загальні висновки; Список використаних джерел; Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Робоче креслення деталі; 2. Ремонтне креслення деталі; 3. Технологічний процес; 4. Установка з числовим програмним керуванням; 5. Робоче місце.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

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

7. Дата видачі завдання « 25 » вересня 2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Формування та затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи (МКР)	25.09.20 р.	
2	Виконання спеціальної частини МКР. Перший рубіжний контроль виконання МКР	26.10.2020 р.	
3	Виконання спеціальної частини МКР. Другий рубіжний контроль виконання МКР	30.10.20 р.	
4	Виконання розділу «Економіка виробництва»	24.11.20 р.	
5	Виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»	25.11.20 р.	
6	Попередній захист МКР	30.11.20 р.	
7	Нормоконтроль МКР	07.12.20 р.	
8	Опонування МКР	08.12.2020 р.	
9	Захист МКР	10.12.2020 р.	

Студент

(підпис)

Бондаренко І.О.

Керівник проекту

(підпис)

Шиліна О.П.

РЕФЕРАТ

Дана магістерська кваліфікаційна робота присвячена питанню підвищення якості відновлення робочих поверхонь валу циліндричного редуктора шляхом вибору раціонального способу нанесення покриття з розробкою ефективної технології відновлення та автоматизації робочого процесу.

Магістерська кваліфікаційна робота складається із вступу, 5 розділів, загальних висновків та додатків. Загальний обсяг роботи 90 стор., у тому числі 26 рис., 30 табл., 43 літературних джерел.

Предмет дослідження – закономірності утворення структури поверхневих шарів під впливом карбону в процесі наплавлення.

Робота складається з п'яти розділів.

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

Об'єкт дослідження – процеси, що супроводжують утворення структури поверхневих шарів під впливом карбону в процесі наплавлення.

Головною метою кваліфікаційної роботи є підвищення якості відновлення робочих поверхонь валу циліндричного редуктора шляхом нанесення покриття на поверхні валу карбону в процесі наплавлення.

ABSTRACT

This master's thesis is devoted to increasing the durability of the restoration of the working surfaces of the shaft of the cylindrical gearbox by choosing a rational method of coating with the development of effective technology for restoration and automation of the workflow.

The master's qualification work consists of an introduction, 5 sections, general conclusions and appendices. The total volume of the work is 90 pages, including 26 figures, 30 tables, 43 literary sources.

The subject of research is the regularities of formation of the structure of surface layers under the influence of carbon in the process of surfacing.

The work consists of five sections:

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

The object of study - the processes that accompany the formation of the structure of the surface layers under the influence of carbon during the deposition process.

The main purpose of the qualification work is to increase the durability of the restoration of the working surfaces of the shaft of the cylindrical gearbox by coating the surface of the carbon shaft during surfacing.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 СУЧАСНИЙ СТАН НАУКОВОЇ ПРОБЛЕМИ І ШЛЯХИ ЇЇ ВИРІШЕННЯ....	11
1.1 Аналіз вибору раціонального способу нанесення покриття.....	11
1.2 Висновки. Постановка мети і наукових завдань досліджень.....	15
2 ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРАВЛЕНІ НА ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ.....	16
2.1 Методика, об'єкти і матеріали дослідження.....	16
2.2 Аналіз утворення структури при наплавленні з використанням карбону..	16
2.3 Струмопровідний мундштук.....	22
2.4 Розрахунок розмірів сопла мундштука для наплавлення в CO ₂	24
2.5 Висновки до другого розділу.....	26
3 РОЗРОБКА ТА ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ВАЛУ ЦИЛІНДРИЧНОГО РЕДУКТОРА.....	28
3.1 Аналіз службового призначення циліндричного редуктора транспортера, деталі.....	28
3.2 Конструкторсько-технологічна характеристика валу циліндричного редуктора транспортера.....	29
3.3 Дефектування валу циліндричного редуктора транспортера.....	32
3.4 Визначення кількості переходів та операцій відновлення поверхонь вала	35
3.5 Формування маршруту технологічного процесу відновлення вала циліндричного редуктора транспортера.....	36
3.6 Розрахунок та призначення режимів відновлення поверхонь вала.....	39
3.7 Нормування операцій технологічного процесу.....	45
3.8 Створення конструктивної схеми верстата та її опис.....	45
3.9 Визначення способу закріплення деталі.....	47
3.10 Розрахунок масоцентровочних характеристик (МЦХ) деталі та пристрою її закріплення.....	48
3.11 Розрахунок маси наплавлювальної головки.....	50

3.12 Розрахунок та вибір виконавчих механізмів установки для автоматизованого відновлення деталей.....	50
3.13 Розробка установки з числовим програмним керуванням.....	53
3.14 Розробка робочого місця.....	54
3.15 Висновки до третього розділу.....	55
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	56
4.1 Аналіз комерційного потенціалу розробки.....	56
4.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи.....	58
4.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.....	67
4.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності. .	69
4.5 Висновки до четвертого розділу.....	73
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	74
5.1 Аналіз умов праці.....	74
5.2 Організаційно – технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	74
5.3 Організаційно – технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи. .	78
5.4 Пожежна безпека.....	79
5.5 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	80
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	85
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	87
ДОДАТКИ.....	91
ДОДАТОК А – Технічне завдання.....	92
ДОДАТОК Б – Маршрутні карти.....	98
ДОДАТОК В - Креслення.....	114

ВСТУП

Актуальність проблеми. Розвиток машинобудування вимагає підвищення потужності, надійності та довговічності деталей машин та механізмів за умов їхньої роботи у різноманітних, у тому числі агресивних середовищах при різних температурах. Серед накопичених світовою практикою методів та способів запобігання зносу машин і механізмів на практиці найбільш широке розповсюдження отримали технологічні, зокрема, матеріалознавчі, способи підвищення зносостійкості вузлів тертя, оскільки вони надають можливість керувати властивостями деталей вузлів тертя в широкому діапазоні та повною мірою враховувати особливості зношування виробів в конкретних умовах їхньої роботи.

Оптимальна структура матеріалу та його властивості визначають зносостійкість деталей і є одним з важливих напрямків матеріалознавства, а надійність, довговічність та тривалість експлуатації механізмів в більшості випадків пов'язані з трибологічними характеристиками матеріалів елементів рухомих спряжень. Тому на даний час виняткового значення набувають дослідження в галузі матеріалознавства, одним з найважливіших завдань якого є встановлення взаємозв'язку між закономірностями процесів структуроутворення та між структурним і фазовим складом матеріалів, керуванням структуроутворення та механічними властивостями. Тому для трибологічних властивостей сталей крім механічних характеристик суттєве значення мають мікроструктура та фазовий склад поверхневих шарів.

Оптимізація структури та фазового складу матеріалів при відновленні робочих поверхонь деталей в наш час є актуальною проблемою.

Метою роботи є підвищення якості відновлення робочих поверхонь валу циліндричного редуктора шляхом нанесення покриття на поверхні валу карбоном в процесі наплавлення.

Задачі дослідження:

1. Оцінити спосіб відновлення «Вал циліндричного редуктора» за основними трьома критеріями: технологічним критерієм, довговічності та економічної доцільності;

2. Дослідити вплив карбону на утворення структури при наплавленні деталі наплавочним дротом Нп-30ХГСА та його вплив на мікроструктуру перехідної зони наплавленого шару та структуру поверхневих шарів;

3. Спроектувати мундштук для наплавлення в CO_2 з метою стабілізації параметрів наплавлених валиків та створення ламінарного потоку захисного газу.

Об'єкт дослідження – процеси, що супроводжують утворення структури поверхневих шарів під впливом карбону в процесі наплавлення.

Предмет дослідження – закономірності утворення структури поверхневих шарів під впливом карбону в процесі наплавлення.

Методи дослідження.

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

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

1. Обґрунтована оцінка за основними трьома критеріями: технологічним критерієм, довговічності та економічної доцільності способу відновлення «Вал циліндричного редуктора»;

2. Отримали продовження дослідження впливу карбону на утворення структури при напавленні сталі 40X наплавлювальним дротом Нп-30ХГСА та його вплив на мікроструктуру перехідної зони напавленого шару і структуру поверхневих шарів.

Практичне значення отриманих результатів полягає у:

1. Проектуванні мундштука для наплавлення в CO_2 з метою стабілізації параметрів зварних швів та створення ламінарного потоку захисного газу.

2. Розробленні технологічного процесу відновлення з використанням електродугового наплавлення, який забезпечує відновлення експлуатаційних характеристик робочих поверхонь валу.

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

4. Розробленні робочого місця для реалізації технологічного процесу відновлення деталі.

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

Апробація результатів наукової роботи.

Основні положення та результати наукової роботи доповідалися й обговорювалися на XLIX Науково-технічній конференції факультету машинобудування та транспорту 2020 року.

Публікації.

1. Шиліна О. П. Аналіз вибору раціонального способу відновлення. [Електронний ресурс] /Шиліна О.П., Бондаренко І.О.// Матеріали тез доповідей КОНФЕРЕНЦІЇ ВНТУ електронні наукові видання, XLIX Науково-технічна конференція факультету машинобудування та транспорту (2020) URL:

<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2020/paper/view/9126/7952>

2. Янченко О. Б. Графітізована сталь та перспективи її впровадження у виробництво. [Електронний ресурс] /Янченко О. Б., Бондаренко І.О. // Матеріали тез доповідей КОНФЕРЕНЦІЇ ВНТУ електронні наукові видання, XLIX Науково-технічна конференція факультету машинобудування та транспорту (2020) URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2020/paper/view/9422/7961>.

1 СУЧАСНИЙ СТАН НАУКОВОЇ ПРОБЛЕМИ І ШЛЯХИ ЇЇ ВИРІШЕННЯ

1.1 Аналіз вибору раціонального способу нанесення покриття

Вибір методу нанесення покриття у конкретному випадку носить неоднозначний характер. Він лежить у площині вибору серед кількох альтернативних методів, які забезпечують приблизно однакові якісні характеристики покриття та мають близькі економічні показники.

Тому часто виникають додаткові суб'єктивні параметри, за якими обирається метод: особисті уподобання, наявність необхідного обладнання, доступність матеріалів, що використовуються у процесі, та ін.

Найбільш раціональними являються способи з мінімальними затратами на відновлення з врахуванням довговічності та інших показників, що характеризують строк служби деталі в порівнянні з новою [2, 36].

Оцінка способу відновлення проводиться за трьома критеріями: технологічним критерієм, довговічності та економічної доцільності.

Технологічний критерій визначає принципову можливість застосування різних способів відновлення до конкретної деталі – «Вал циліндричного редуктора». Цей критерій не може бути виражений числом і є попереднім, оскільки з його допомогою не можна вирішити питання вибору раціонального способу відновлення деталі, як що таких способів декілька.

За першим критерієм на основі аналізу роботи деталі у вузлі та технологічності деталі виявили, що «Вал циліндричного редуктора» можна відновлювати плазмовим напилюванням, газополуменевим напилюванням, наплавленням порошковим дротом, наплавленням в середовищі вуглекислого газу.

Критерій довговічності та економічності є найбільш раціональний, який визначає працездатність відновлених деталей і визначається коефіцієнтом довговічності k_a , що чисельно являє собою добуток коефіцієнтів зносостійкості, витривалості і зчеплення нанесеного покриття з основою [24]:

$$k_a = f(k_c; k_e; k_{зч}), \quad (1.1)$$

де - k_c – коефіцієнт стійкості проти спрацювання; k_e – коефіцієнт витривалості; $k_{зч}$ – коефіцієнт зчеплення.

Для забезпечення найбільшої працездатності деталі приймається той спосіб відновлення, при якому k_a вище.

Коефіцієнт зчеплення визначається за залежністю $k_{зч} = \frac{i_d}{i_e}$,

де i_d – фактичне (дослідне) значення міцності зчеплення нанесеного шару покриття з основним металом, МПа; i_e – еталонні значення зчеплення, МПа.

Критерій економічності визначає вартість відновлення деталі. Для вибору раціонального способу за цим критерієм проводились порівняння вартості декількох варіантів. При цьому перевага віддається варіантові з більш низьким значенням показника вартості. Як показник вартості приймали собівартість відновлення з урахуванням оптимальної товщини матеріалу, що наноситься та глибина дефектного шару.

Еталонні значення міцності зчеплення нанесеного шару з поверхнею деталі визначаються за даними таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Еталонні значення міцності зчеплення.

Матеріал і характер роботи спряжень	i_e , МПа
Зовнішні поверхні сталевих деталей, які сприймають значні ударні чи знакозмінні навантаження.	500
Зовнішні поверхні сталевих або чавунних деталей, які не сприймають значних ударних чи знакозмінних навантажень.	200
Внутрішні посадочні поверхні під підшипники, які не сприймають знакозмінні та значні ударні навантаження та деталі із чавунних чи з алюмінієвих сплавів.	50
Зовнішні та внутрішні поверхні сталевих і чавунних деталей, які не сприймають значних ударних чи знакозмінних навантажень	40

За літературними джерелами [2,17] межа міцності зчеплення з основою при:

– плазмовому напиленні 150 МПа:

$$k_{зч} = \frac{i_d}{i_e} = 150/40 = 3,75 \text{ МПа};$$

– газополуменевому напиленні 40 МПа:

$$k_{зч} = \frac{i_d}{i_e} = 40/40 = 1 \text{ МПа};$$

– наплавленні порошковим дротом 250 Мпа:

$$k_{\text{зп}} = \frac{i_{\text{д}}}{i_{\text{е}}} = 250/40 = 6,25 \text{ Мпа};$$

– наплавленні в середовищі вуглекислого газу 250 Мпа:

$$k_{\text{зп}} = \frac{i_{\text{д}}}{i_{\text{е}}} = 250/40 = 6,25 \text{ Мпа}.$$

Для забезпечення найбільшої працездатності деталі приймається той спосіб відновлення, при якому k_a вище.

Критерій економічності визначає вартість відновлення деталі. Для вибору раціонального способу за даним критерієм проводиться порівняння вартості декількох варіантів. При цьому перевага віддається варіанту з більш низьким значенням показника вартості.

Як показник вартості приймаємо собівартість відновлення з урахуванням оптимальної товщини матеріалу, що наноситься та глибини дефектного шару [3].

Вибір раціонального способу відновлення деталі може бути представлений у формі таблиці 1.2.

Таблиця 1. 2. – Оцінка способів відновлення

Спосіб відновлення	Оцінка способів відновлення за критеріями		
	технологічний	довговічності	економічності
Плазмове напилення	+	3,75	3,99 грн
Газополуменеве напилення	+	1	5,39 грн
Наплавлення порошковим дротом	+	6,25	7,98 грн
Наплавлення в середовищі CO ₂	+	6,25	3,57 грн

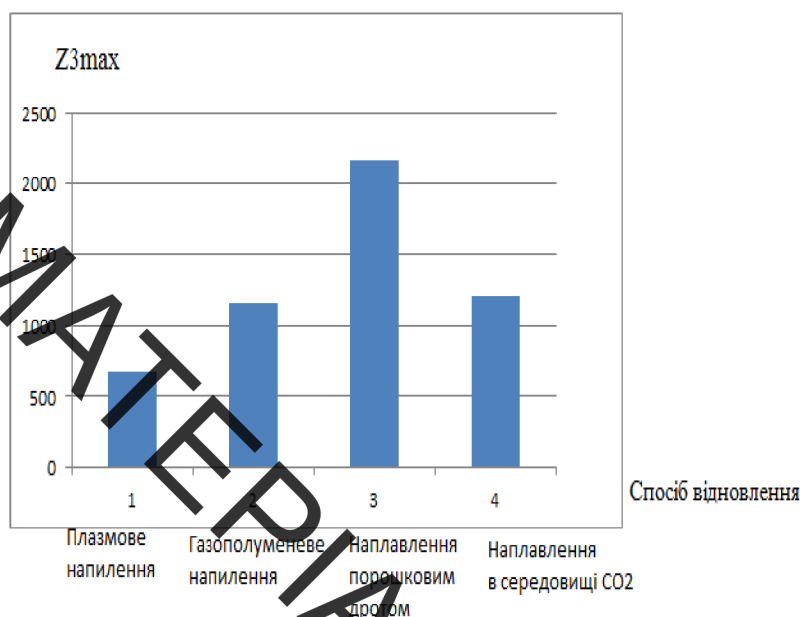


Рисунок 1.1 – Величина шару нанесення покриття при max значенні припуску

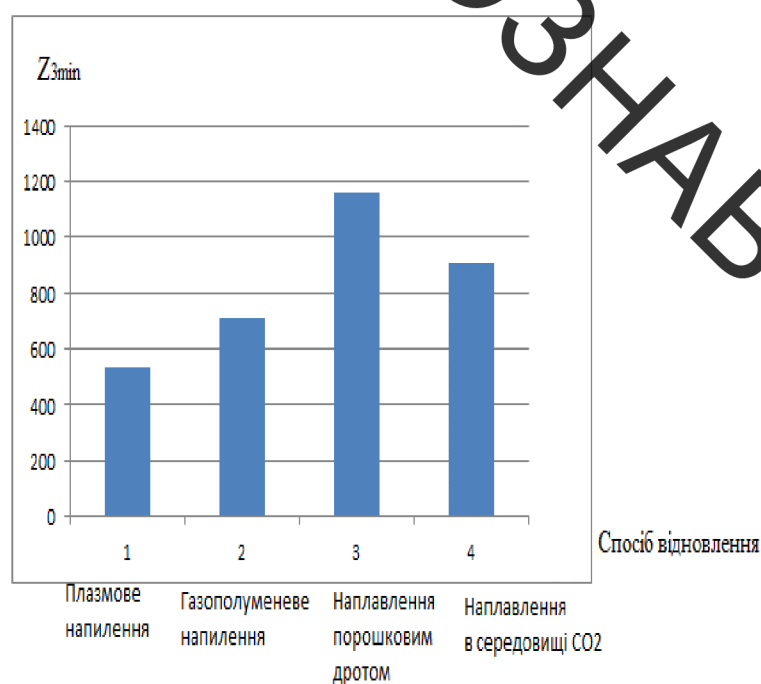


Рисунок 1.2 – Величина шару нанесення покриття при min значенні припуску

Отже, проведений аналіз показав, що наплавлення в середовищі CO₂ «Вал циліндричного редуктора» за визначеним критерієм є економічно доцільним та раціональним способом відновлення.

1.2 Висновки. Постановка мети і наукових завдань досліджень

Метою роботи є підвищення якості відновлення робочих поверхонь валу циліндричного редуктора шляхом нанесення покриття на поверхні валу карбону в процесі наплавлення.

Задачі дослідження:

1. Оцінити спосіб відновлення «Вал циліндричного редуктора» за основними трьома критеріями: технологічним критерієм, довговічністю та економічної доцільності.
2. Дослідити вплив карбону на утворення структури при наплавленні деталі наплавочним дротом Нп-30ХГСА та його вплив на мікроструктуру перехідної зони наплавленого шару та структуру поверхневих шарів;
3. Спроекувати мундштук для наплавлення в CO_2 з метою стабілізації параметрів наплавлених валиків та створення ламінарного потоку захисного газу.
4. Розробити технологічний процес відновлення з використанням електродугового наплавлення, який забезпечує відновлення експлуатаційних характеристик робочих поверхонь.
5. Спроекувати устаткування з числовим програмним керуванням на базі вузлів компанії Festo що дозволяє проводити відновлення поверхонь деталей типу «вал»;
6. Розробити робоче місце для реалізації технологічного процесу відновлення деталі.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРАВЛЕНІ НА ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ

2.1 Методика, об'єкти і матеріали дослідження

Об'єктом дослідження вибрано поверхневі шари зі сталі 40Х.

Обробка здійснювалась на вдосконаленій установці УД-209М. Наплавлення виконували на постійному струмі, полярність – зворотна (плюс – електрод, мінус – деталь), наплавочним дротом Нп-30ХГСА. Перед наплавленням на поверхню досліджуваної сталі рівномірним шаром наносили вуглевмісний матеріал у вигляді нитки марки УК-30 ТУ6-06-И78-85, забезпечували обертання деталі та поступальне переміщення наплавлювальної головки.

Дослідження зміни структури та фазового складу поверхневих шарів після наплавлення [7,14, 38], оцінювали за допомогою оптичного мікроскопу МИМ-8 за стандартними методиками. Труїння шліфів проводили розчином хлористого заліза ($\text{FeCl}_3 + 6\text{H}_2\text{O}$) та ніталем.

ДюрOMETричні випробування проводились на приладі ПМТ-3 методом вдавлення алмазної пірамідки під навантаженням від 0,5 до 2 Н. Як інструмент для вдавлення використовувалась алмазна пірамідка з квадратною основою та кутом при вершині між протилежними гранями 136° .

2.2 Аналіз утворення структури при напавленні з використанням карбону

На зразки зі сталі 40Х наплавляли дріт Нп-30ХГСА діаметром 1,2 мм в середовищі CO_2 на установці УД-209М, з додаванням у зону сплавлення карбону, який є основним елементом утворення високовуглецевих шарів. Наявність хрому у дроті та основному металі підвищує твердість напавленого шару, а кремній і марганець запобігають процесу окислення заліза, вони вступають в реакцію з киснем та інтенсивно розкислюють розплавлений метал валка [21,17].

Для збільшення вмісту вуглецю у покритті, як карбюризатор використовувався вуглевмісний матеріал у вигляді нитки марки УК-30 ТУ6-06-И78-85. При його вмісті в напавленому шарі до 0.6% в сполученні з іншими карбідотвірними елементами утворюються сплави із доевтектоїдною

структурою, що відрізняються високою ударною міцністю при порівняно високій зносостійкості [39]. Внесення карбону відбувалось наступним чином: на поверхню, що наплавляється, намотувалась вуглецева нитка, яка під впливом високої температури електричної дуги розчиняється і карбон пермішується у зварювальній ванні з основним та наплавляємим металом [25].

В табл. 2.1 наведені режими наплавлення.

Таблиця 2.1 – Режими наплавлювання:

Діаметр дроту d_e мм	1,2
Напруга на дузі U В	26
Сила струму I А	120
Швидкість подачі дроту $V_{тп}$ м/год	129
Швидкість наплавлення $V_{нап}$ м/год	36,3
Частота обертання наплавляємої деталі n об/хв	9,3
Крок наплавлення t мм	2,4
Зміщення дроту від zenіту l мм	5

На попередньо підготовлений вал рівномірно намотується вуглецева нитка, що забезпечується обертанням деталі та поступальним переміщенням системи подачі нитки (рис. 2.1). Кількість шарів нитки прямопропорційно впливає на кількість вуглецю у нанесеному покритті (нитка намотана одним шаром) [22, 32].

Мікроструктурний аналіз наплавленого покриття вглиб від поверхні показав шарувату будову структури. Наплавлений шар поділяється на три чітко визначені підшари.

Твердість наплавленого шару після наплавлення складає HB 310.

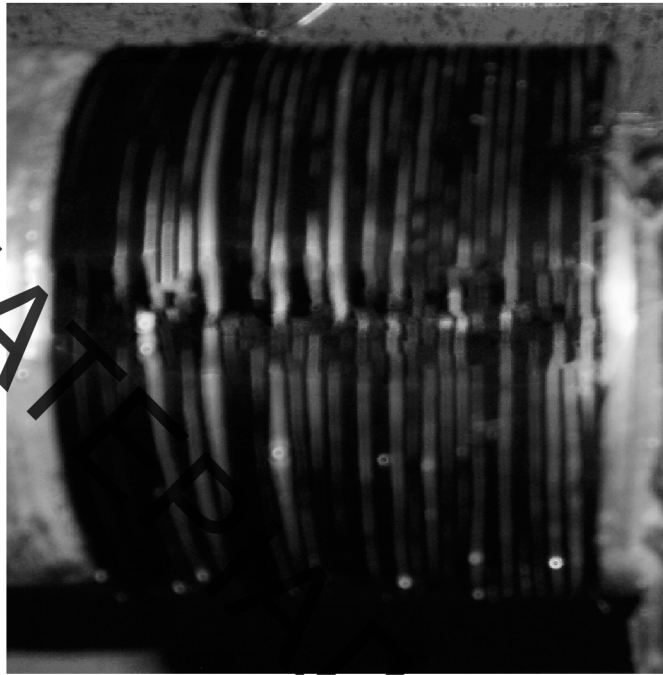


Рисунок 2.1 – Намотка вуглецевої нитки на вал

Нижній підшар (рис. 2.2), що межує із матеріалом підкладки, переважно утворений з дрібнозернистого ферито-перлітної суміші та включеннями ледебуриту.

Ледебурит

Ферит

Перліт

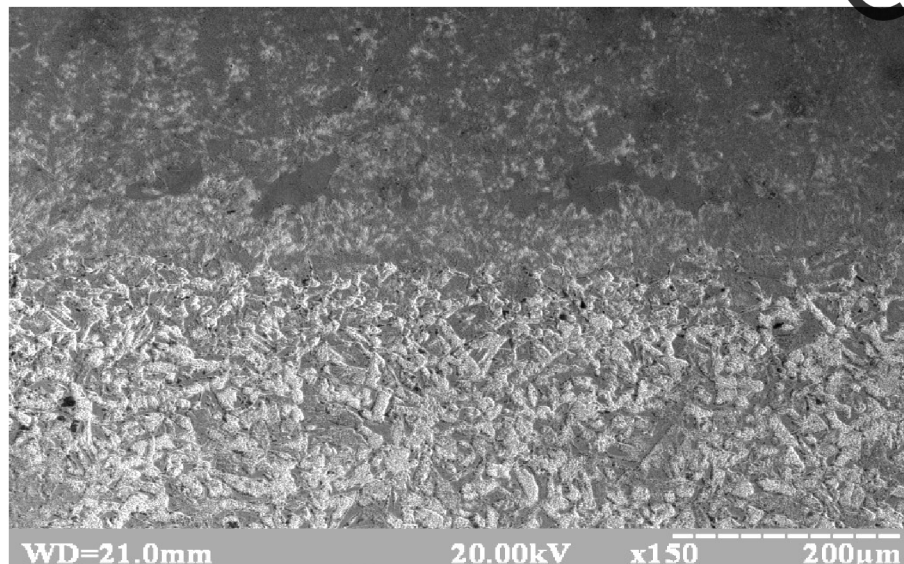


Рисунок 2.2 – Нижній підшар наплавленого покриття

Утворення ледебуритних включень можна пояснити великою швидкістю охолодження ванни розплаву внаслідок тепловідведення в метал заготовки та підвищеним вмістом вуглецю у цій зоні, що є наслідком розчинення вуглецевої нитки. Висота підшару становить $\sim 0,64 - 0,75$ мм.

Середній підшар (рис. 2.3) має структуру відносно дрібної ледебурито-цементитної сітки з перлітними зернами у своїх комірках. Середній розмір перлітних зерен становить $\sim 20 - 30$ мкм. Тобто в даній зоні вуглецева нитка встигла майже повністю розчинитися внаслідок більш повільного охолодження. Висота підшару становить $\sim 0,85-1,0$ мм.

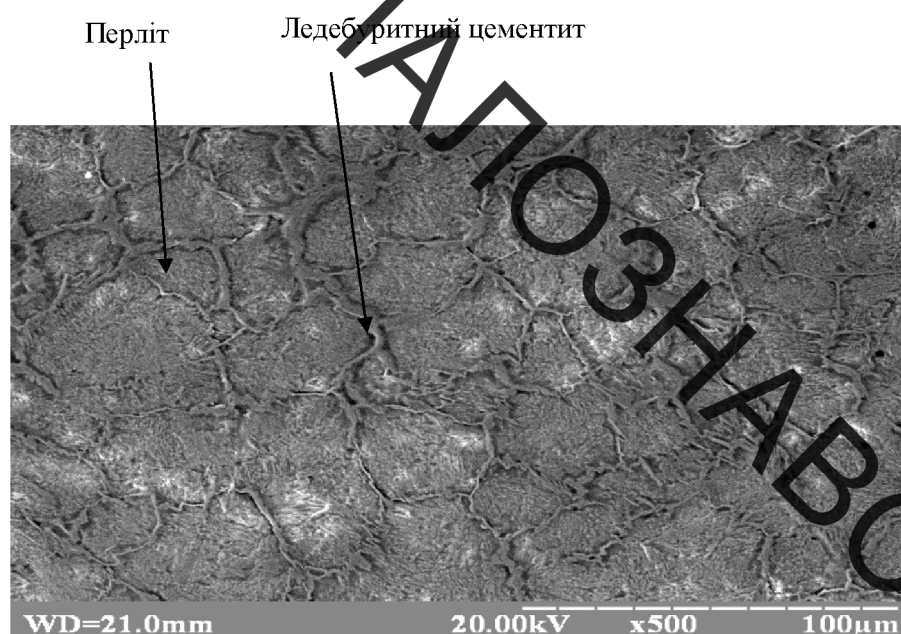


Рисунок 2.3 – Середній підшар наплавленого високовуглецевого покриття

Верхній підшар (рис.2.4) має схожу із середнім підшаром структуру, але з більшим середнім розміром перлітних зерен, що становлять $\sim 80-100$ мкм. В цій зоні також спостерігається утворення включень ледебуриту. Механізм утворення ледебуриту протікає за схемою подібно, як і в нижньому підшарі, але прискорене охолодження зони відбувається внаслідок відведення тепла у навколишнє середовище. Висота підшару становить $\sim 1,0-1,15$ мм.

Отриманий наплавлений шар досліджувався методом дюрOMETричного аналізу.

Вимірювання мікротвердості наплавленого шару та навколошовної зони проводили у радіальному напрямі від границі підложка – наплавлений шар мікротвердоміром ПМТ-3. Для обробки отриманих Результати вимірів

представлені у табл. 2.2, створених в Excel-2007, за допомогою якої був побудований графік мікротвердість – відстань від границі підложка – наплавлений шар (див. рис. 2.5).

Ледебуритний цементит Перліт Ледебурит

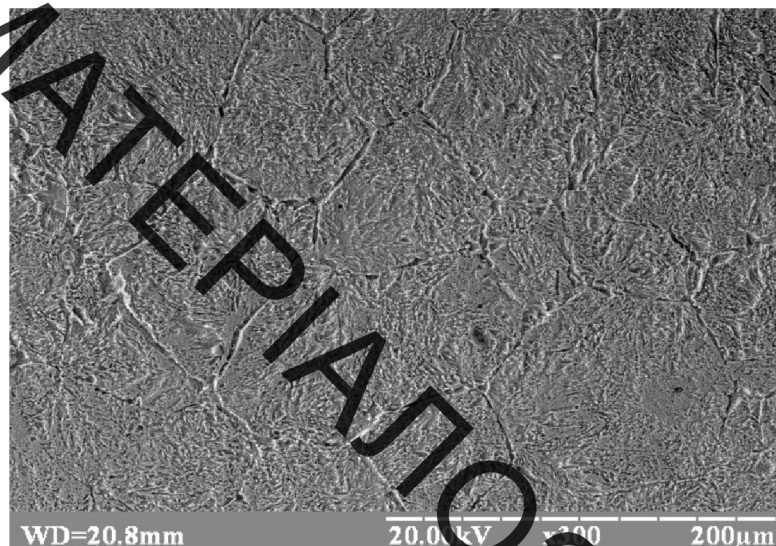


Рисунок 2.4 – Верхній підшар наплавленого високовуглецевого покриття

Наплавлений шар високовуглецевого покриття, має досить значну твердість: HRC -52.

Під час наплавлення відбулося науглецювання поверхні зразка на глибину 0,2...0,4 мм, що підтверджують діаметричні дослідження. На відстані ~ 0,6 мм від зони сплавлення, мікротвердість в наплавленому шарі сягає 6,4032 ГПа. І далі незначне зниження мікротвердості.

Що є результатом наступних явищ:

В поверхневому шарі утворюється ледебуритна структура з максимальною твердістю. В структурі спостерігаються Перліт + Ледебуритний цементит + Ледебурит.

В наступному шарі із-за неповного розчинення графітної фази (вуглецевої нитки) утворюється структура, в якій поряд з перлітом існує ледебуритний цементит, як результат твердість наплавленого шару дещо понижується.

Наступні шари – зона термічного впливу неоплавленого металу з невеликою кількістю фериту.

У наплавленому шарі спостерігаються ділянки ледебуриту, перліту та ледебуритного цементиту.

На поверхні спостерігається зменшення мікротвердості у зв'язку з виборанням, як вуглецю, так и легувальних елементів.

Відбулось розчинення вуглецевої нитки у зварювальній ванні, до якого увійшов металелектродного дроту Нп-30ХГСА.

Таблиця 2.2 – Мікротвердість основного металу та наплавленого шару залежно відстані від границі підложка – наплавлений шар

№	$m, \text{г}$	P, H	$\alpha, \text{рад}$	$d, \text{мкм}$	$H_{\mu}, \text{ГПа}$
	відстань, мм	$d1, \text{мкм}$	$d2, \text{мкм}$		
	50	0,4005	2,3737		
1	-0,8	41	40	40,5	1,1285
2	-0,6	35	35	35	1,5106
3	-0,4	22	22	22	3,8234
4	-0,2	23	22	22,5	3,6554
5	0	20	19	19,5	4,8666
6	0,2	18	19	18,5	5,4070
7	0,4	18	18	18,0	5,7115
8	0,6	17	17	17,0	6,4032
9	0,8	17	18	17,5	6,0425
10	1	17	17	17,0	6,0432
11	1,2	17	18	17,5	6,2045
12	1,4	18	18	18,0	5,7115
13	1,6	18	18	18,0	5,7115
14	1,8	18	18	18,0	5,7115
15	2	18	19	18,5	5,4070
16	2,2	19	19	19,0	5,1261
17	2,4	19	19	19,0	5,1261
18	2,6	19	19	19,0	5,1261

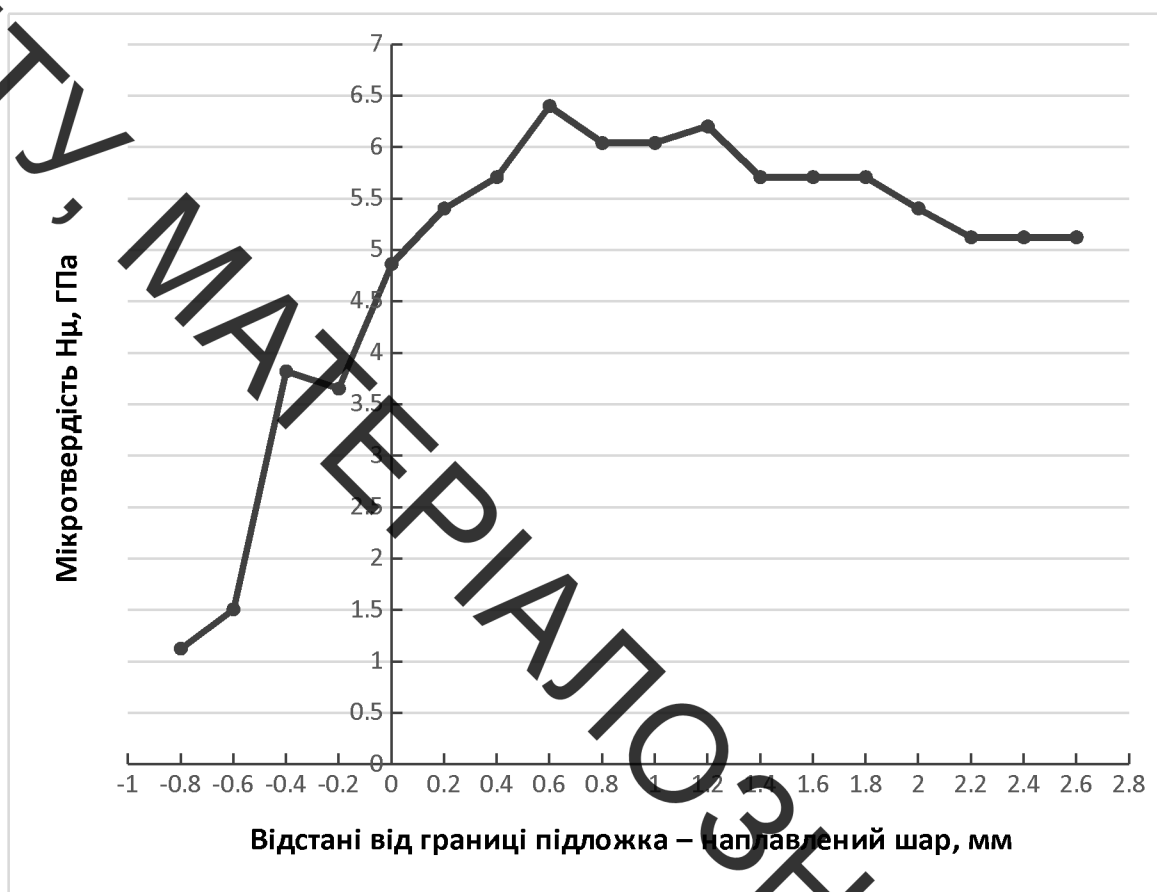


Рисунок 2.5 – Розподіл мікротвердості у навколошовній зоні та наплавленому шарі

2.3 Струмопровідний мундштук

Призначений для автоматичної дугового зварювання і наплавлення плавким електродом в захисних газах [17, 21].

Мундштук (рис.2.6) має корпус 4, контактний наконечник 1, сопло 3. В середині корпусу мундштука є шість отворів 9 для проходження захисного газу, котрий подається через патрубок 8, втулку 6, гумову втулку 5 і кріплення 7.

Мундштук забезпечує підвищення ефективності захисту шва, оскільки газ при проходженні через корпус мундштука нагрівається, що призводить до підвищення активності захисного середовища та створює ламінарний характер захисту зони наплавлення.

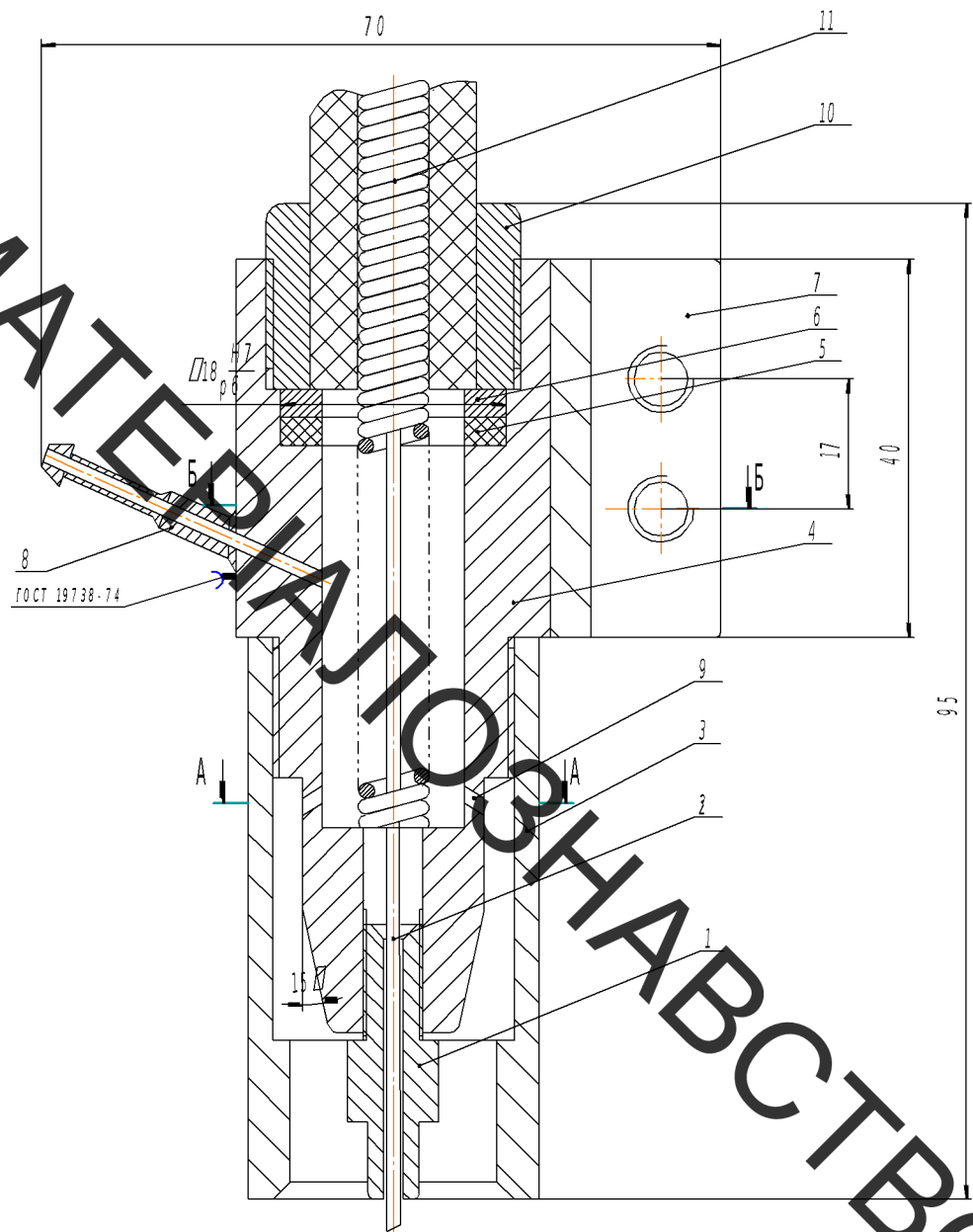


Рисунок 2.6 – Струмопровідний мундштук

Розроблений мундштук знижує втрати потужності та нагріву обладнання за рахунок відсутності шунтування зварного струму крізь елементи мундштука, що не призначені безпосередньо для проходження струму. Для наплавлення у захисних газах нагрів обладнання зменшується подачею захисного газу всередину мундштука. Захисний газ нагрівається елементами мундштука; при цьому самі ці елементи охолоджуються.

Мундштук стабілізує параметри зварних швів та понижуює розбрикування металу із зварної ванни шляхом стабілізації струму, що подається на електрод в процесі наплавлення.

Збільшення ресурсу контактного наконечника за рахунок багаторазової заміни упору, положення контактуючої з направляючими елементами поверхні визначають напрям відхилення направляючого елемента від осі контактного наконечника і як наслідок, місце контакту плавкого електроду з контактним наконечником.

2.4 Розрахунок розмірів сопла мундштука для наплавлення в CO_2

Розрахунок діаметра сопла

При витоку газу із сопла пальника не повинно бути макровихрів, тобто потік повинен бути ламінарним. Для цього повинна виконуватись умова:

$$R_e = \frac{v(D_c d_n)}{\nu} < R_{e\text{кр}} \quad (2.1)$$

де R_e – число Рейнольдса ;

D_c – внутрішній діаметр сопла, м ;

D_m - діаметр наконечника пальника, м;

ν - кінематична в'язкість газу CO_2 , $\text{м}^2/\text{с}$;

v – швидкість потоку $\text{м}/\text{с}$;

$R_{e\text{кр}}$ – критичне значення коефіцієнта Рейнольда, якщо для даного потоку

$R_e < R_{e\text{кр}}$ – то потік ламінарний, в іншому випадку турбулентний.

Для газу CO_2 $R_{e\text{кр}} = 1600$ [ТГ]. Слід уникати значень 1500-1700 через непостійність режиму, в наслідок чого можуть бути коливальні процеси.

Швидкість потоку:

$$v = \frac{Q}{S} \quad (2.2)$$

де Q – витрати газу, $\text{м}^3/\text{с}$;

S – площа перерізу.

Тоді:

$$R_e = \frac{v \cdot (D_c - d_H)}{v} = \frac{Q}{S} \cdot \frac{(D_c - d_H)}{v} = \frac{Q \cdot 4}{\pi \cdot (D_H^2 - d_H^2)} \cdot \frac{(D_c - d_H)}{v}$$

$$Q = 900 \text{ л/год} = 0,25 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с};$$

$$v = 7,42 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с};$$

$$R_{\text{кр}} = 1600;$$

$$D_c + d_H \geq \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v \cdot R_{\text{кр}}} = \frac{4 \cdot 0,25 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 7,42 \cdot 10^{-6} \cdot 1600} \approx 0,027 \quad (2.3)$$

Тобто повинна виконуватись умова:

$$D_c + d_H \geq 0,027 \quad (2.4)$$

Приймаємо $D_c = 0,02$;

$$d_H = 0,01 \text{ ;}$$

$$D_c + d_H = 0,02 + 0,01 = 0,03 > 0,027 \quad D_c + d_H = 0,02$$

Розраховуємо число Рейнольда для даного потоку:

$$R_e = \frac{Q \cdot 4}{\pi \cdot (D_c + d_H)} \cdot \frac{1}{v} = \frac{0,25 \cdot 4 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 7,42 \cdot 10^{-6} \cdot (0,02 + 0,01)} = 1430 \text{ ;}$$

$$R_e < R_{\text{кр}} .$$

Розрахунок перепаду тиску на втулці пальника:

Для отримання необхідної подачі газу $Q = 900 \text{ л/год} = 0,25 \cdot 10^{-3}$ потрібно забезпечити відповідний перепад тиску на втулці

$$Q = \mu \cdot f \sqrt{\frac{2 \Delta p_1}{\rho}} \quad \text{звідки} \quad \Delta p_1 = \left(\frac{Q}{\mu \cdot f} \right)^2 \cdot \frac{\rho}{2} \text{ ;} \quad (2.5)$$

де: $Q = 0,25 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с};$

μ - коефіцієнт втрат = 0,95;

f - площа отворів;

$$f_i = \frac{\pi d_i^2}{4} ; d_i = 0,0015 \text{ м. Тоді } f = \frac{4}{4} \cdot \pi d_i^2 = 1 \pi (0,0015)^2 = 7,065 \cdot 10^{-6} ; \quad (2.6)$$

Δp_1 - перепад тиску на втулці.

$$\Delta p_1 = \left(\frac{Q}{\mu \cdot f} \right)^2 \cdot \frac{\rho}{2} = \left(\frac{0,25 \cdot 10^{-3}}{0,95 \cdot 7,065 \cdot 10^{-6}} \right)^2 \cdot \frac{1,98}{2} = 610 ; \quad (2.7)$$

$$\Delta p_1 = 0,61 \text{ кПа} = 0,006 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

Розрахунок перепаду тиску в гумових шлангах

$$\Delta p_2 = 0,0246 \cdot \frac{\rho \cdot v^{0,25} \cdot Q^{1,75} \cdot l}{d^{4,75}} \quad (2.8)$$

$l = 4 \text{ м.}$ – довжина шлангів

$d = 0,003 \text{ м.}$ – діаметр внутрішньої поверхні шлангів

$$\Delta p_2 = 0,0246 \cdot \frac{1,98 (7,42 \cdot 10^{-6})^{0,25} \cdot (0,25 \cdot 10^{-3})^{1,75} \cdot 4}{0,003^{4,75}} = 48680 , \quad (2.9)$$

$$\Delta p_2 = 0,49 \cdot 10^5 \text{ Па} ,$$

Необхідний перепад тиску в системі

$$\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2 + p_0 ; \quad (2.10)$$

$$p_0 = 0,2 \cdot 10^5 \text{ Па} \text{ – атмосферний тиск}$$

$$\Delta p = (0,006 + 0,49 + 0,2) \cdot 10^5 = 0,7 \cdot 10^5 \quad (2.11)$$

Отже при використанні мундштука необхідний перепад тиску в системі дорівнюється $0,7 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

2.5 Висновки до другого розділу

1. Під час наплавлення зразків зі сталі 40Х електродним дротом Нп-30ХГСА діаметром 1,2 мм в середовищі CO₂, додавали у зону сплавлення вуглецю у вигляді нитки марки УК-30 ТУ6-06-И78-85, відбулося науглецювання поверхні зразка на глибину 0,2...0,4 мм, що підтверджують дюрOMETричні дослідження та утворення високовуглецевого наплавленого шару, що є результатом наступних явищ:

- в поверхневому шарі утворюється ледебуритна структура з максимальною твердістю. В структурі спостерігаються Перліт + Ледебуритний цементит + Ледебурит;

- в наступному шарі із-за неповного розчинення графітної фази (вуглецевої нитки) утворюється структура, в якій поряд з перлітом існує ледебуритний цементит, як результат твердість наплавленого шару дещо знижується;

- наступні шари – зона термічного впливу неоплавленого металу з не великою кількістю фериту.

2. Розроблений мундштук для наплавлення в CO₂:

- знижує втрати потужності та нагріву обладнання за рахунок відсутності шунтування зварного струму крізь елементи мундштука;

- стабілізує параметри зварних швів та знижує розбрикування металу із зварної ванни шляхом стабілізації струму, що подається на електрод в процесі наплавлення;

- створює ламінарний потік захисного газу при перепаді тиску в системі $0,7 \cdot 10^5$ Па.

3 РОЗРОБКА ТА ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ВАЛУ ЦИЛІНДРИЧНОГО РЕДУКТОРА

3.1 Аналіз службового призначення циліндричного редуктора транспортера, деталі.

Циліндричний редуктор є механізмом, який виконаний у вигляді окремого агрегату, та використовується для пониження кутової швидкості і відповідно підвищення крутного моменту. Редуктор, останні декілька десятиліть є невід'ємною частиною сучасного обладнання [13,6].

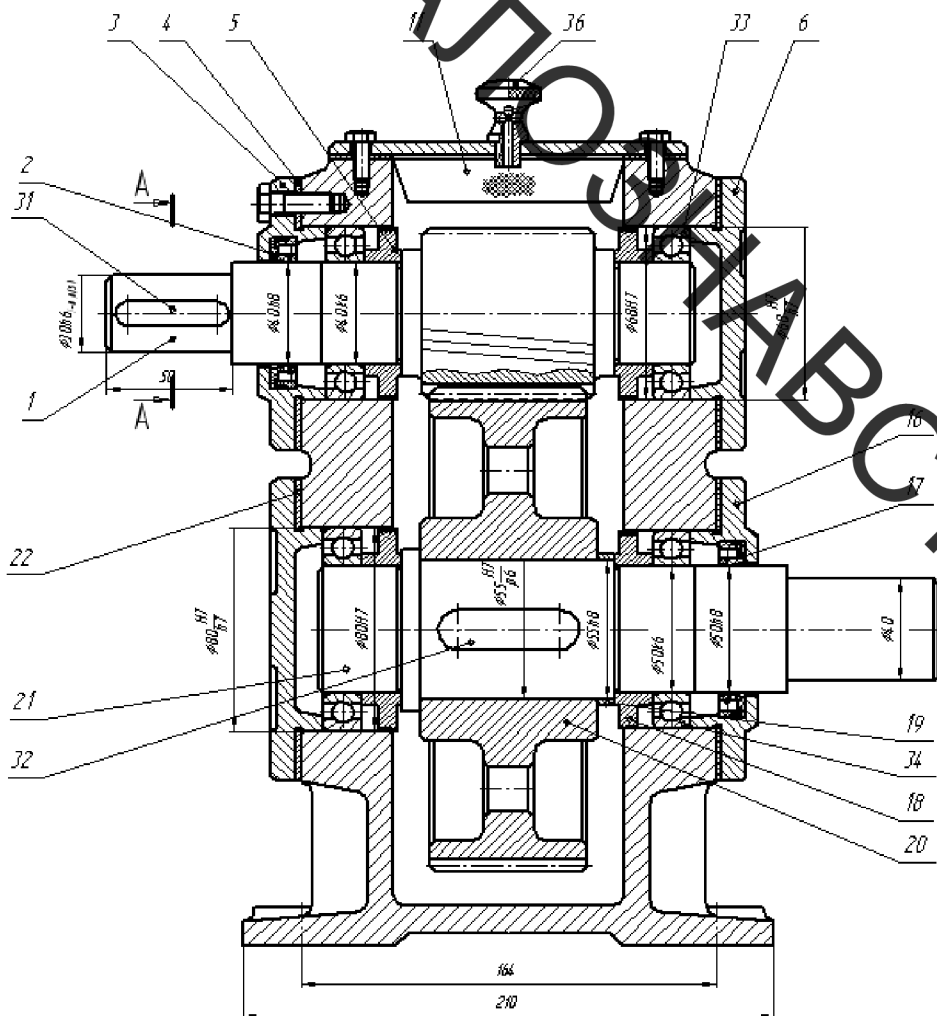


Рисунок 3.1 – Циліндричний редуктор транспортера

Циліндричний редуктор (рис. 3.1) призначено для передачі обертального руху валів, що розташовані в одній площині. Дана компоновальна схема відноситься до редукторів із нижнім розташуванням колеса.

Таке компоновання використовується при невеликих швидкостях обертання вихідного валу ($v \leq 6$ м/с). Основні частини циліндричного редуктора: ведучий вал-шестерня, ведений вал, зубчате колесо, картер та опори валів.

В циліндричному редукторі (рис. 3.1) передача та зміна крутного моменту досягається за допомогою косозубої циліндричної передачі, вал-шестерні 1 та зубчатого колеса 20, що закріплюється на валу 21. Зубчате колесо 20 насаджено на вал 21 шпонкою 32. Обертання на вал-шестерню 1 передається шківом, що встановлений за допомогою шпонки 31. Вали 1 та 21 обертаються в підшипниках кочення 33 та 34 відповідно. Підшипники запресовані в корпусі. Змащується редуктор крізь маслянку 36.

3.2 Конструкторсько-технологічна характеристика валу циліндричного редуктора транспортера

Вал циліндричного редуктора – одна із деталей редуктора транспортера, службове призначення якого полягає в забезпеченні передачі обертального руху між елементами редуктора.

Основні конструктивні елементи валу: опорні шийки, шийки під встановлення зубчатого колеса та приводної зірочки транспортера, пази під шпонку для кріплення зубчатого колеса та приводної зірочки, центрові отвори.

Вал переважно виготовляють із сталі 40Х. Поверхні опорних шийок і шийок під зубчате колесо та приводну зірочку загартовують на глибину $2 \div 3$ мм до твердості $HRC = 43-45$ [4, 5, 6].

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

Габаритні розміри вала 245x60 мм. Конструкція валу та 3D модель показана на рисунку 3.2 та 3.3 відповідно.

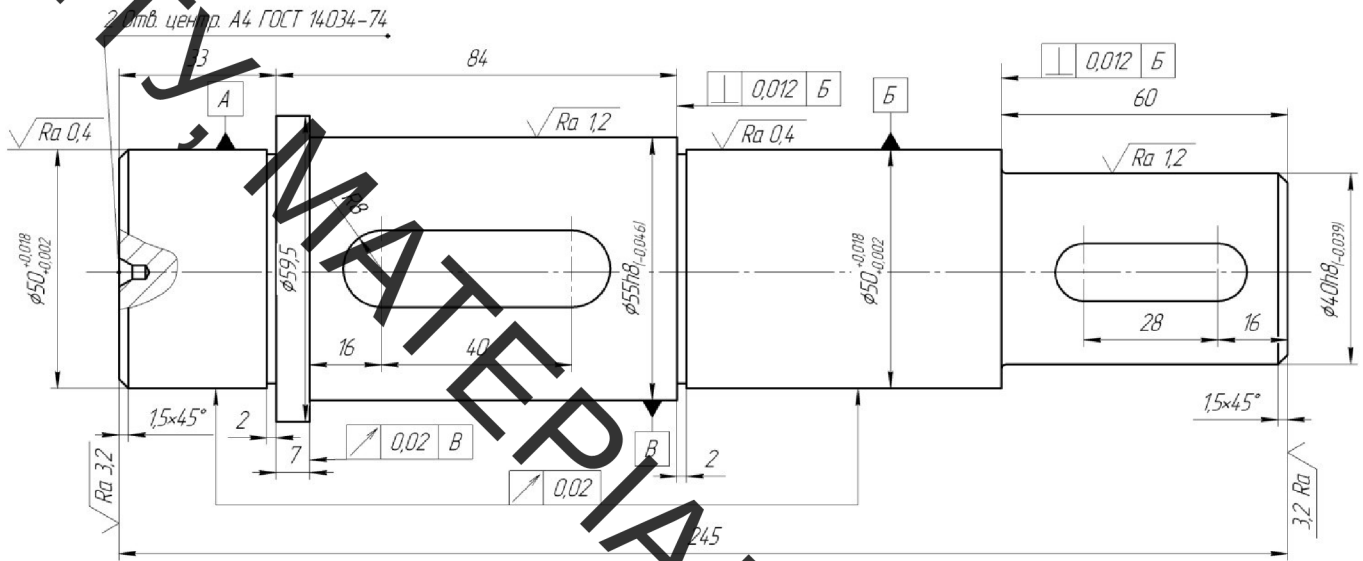


Рисунок 3.2 – Робоче креслення валу

Даний вал виготовлено з матеріалу Сталь 40Х ГОСТ 4543-71 яка має наступні властивості.

Сталь 40Х характеризується доброю придатністю до обробки різанням, задовільною пластичністю при обробці. Особливості структурних перетворень цієї сталі дозволяють отримати необхідні властивості широко застосовувати термічну обробку, що особливо важливо для таких деталей, як вали, тяги, шестерні.

Хімічні властивості матеріалу наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Вміст хімічних елементів в сталі 40Х

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

Твердість матеріалу сталь 40Х після відпуску HB=248

При наплавленні сталі вуглецевий еквівалент використовують як показник здатності до наплавлення і якості наплавленого шару. Вуглецевий еквівалент для сталей становить [18]:

$$C_e = C + Mn/6 + Si/24 + Ni/40 + Cr/5 + Mo/4 + V/14; \quad (3.1)$$

Обрахуємо вуглецевий еквівалент для матеріалу сталь 40X:

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

Оскільки вуглецевий еквівалент більший за 0,25 то перед наплавленням вал необхідно нагріти до температури, розрахованою за формулою:

$$T_H = 350 \cdot \sqrt{C_{екв} - 0,25}; \quad (3.2)$$

$$T_H = 350 \cdot \sqrt{0,6138 - 0,25} = 211, C$$

Температура попереднього нагріву становить 200–220 °С для покращення процесу сплавлення між основним і наплавленим металом, а також для запобігання появи мікротріщин.

Показник H.C.S – оцінює чутливість матеріалу до гарячих тріщин [7].

$$H.C.S. = \frac{C \cdot \left(S + P + \frac{Si}{25} + \frac{Ni}{100} \right)}{3Mn + Cr + Mo + V} \cdot 10^3$$

$$H.C.S. = \frac{0,36 \cdot \left(0,034 + 0,033 + \frac{0,25}{25} + \frac{0,25}{100} \right)}{3 \cdot 0,6 + 0,95} \cdot 10^3 = 10,4.$$

При H.C.S.<1.7 тріщини не виникають, при H.C.S.>2, то тріщини виникнуть при наплавленні.

При звичайному зварюванні низьколегованої сталі тріщини виникають при H.C.S.=4.

Отже, при наплавленні сталі 40X, гарячі тріщини виникають, тому необхідний попередній підігрів.

За кресленням деталі бачимо, що вал – жорстка деталь, і це знижує ймовірність спотворення її при термічній обробці, під час нанесення покриття.

Співвідношення: $\frac{l}{d_{\text{нп}}} = \frac{245}{60} = 4$, що знаходиться в межах 3...6.

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

Основними базами валу є шийки під підшипники ковзання діаметром $\text{Ø}50^{(+0,018)}_{(+0,002)}$ мм. Допоміжними базами є поверхня під шестерню $\text{Ø}55$ мм та $\text{Ø}40$ під зірочку.

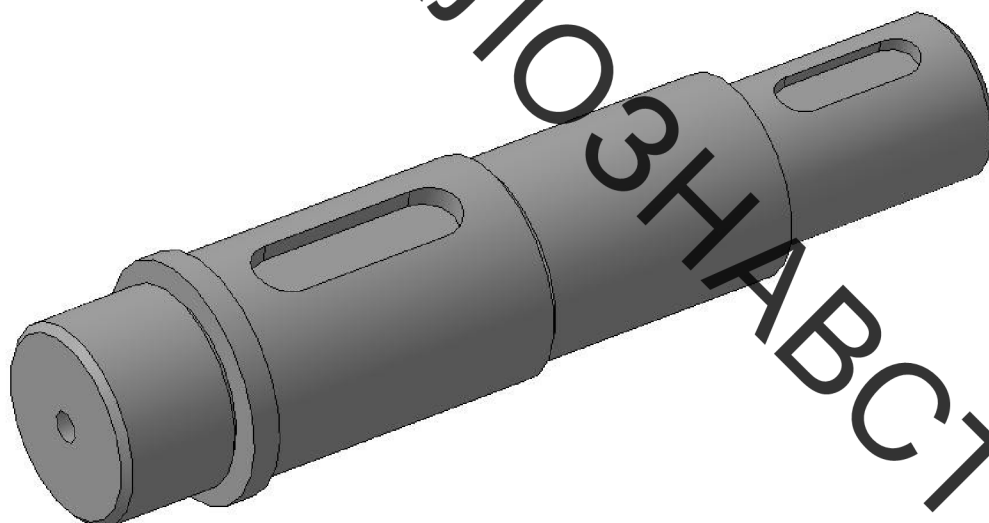


Рисунок 3.3 – 3D модель валу

Кількість деталей що підлягають відновленню: $P_v = 800$ шт/рік.

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

3.3 Дефектування валу циліндричного редуктора транспортера

Дефекти, що виявлені в процесі дефектування валу циліндричного редуктора відносяться до першої, другої та четвертої групи пошкоджень і є такими, що відновлюються.

Виявлені дефекти (поверхні, що мають сліди зношування) позначаємо потовщеними лініями на ремонтному кресленні валу (рис. 3.4).

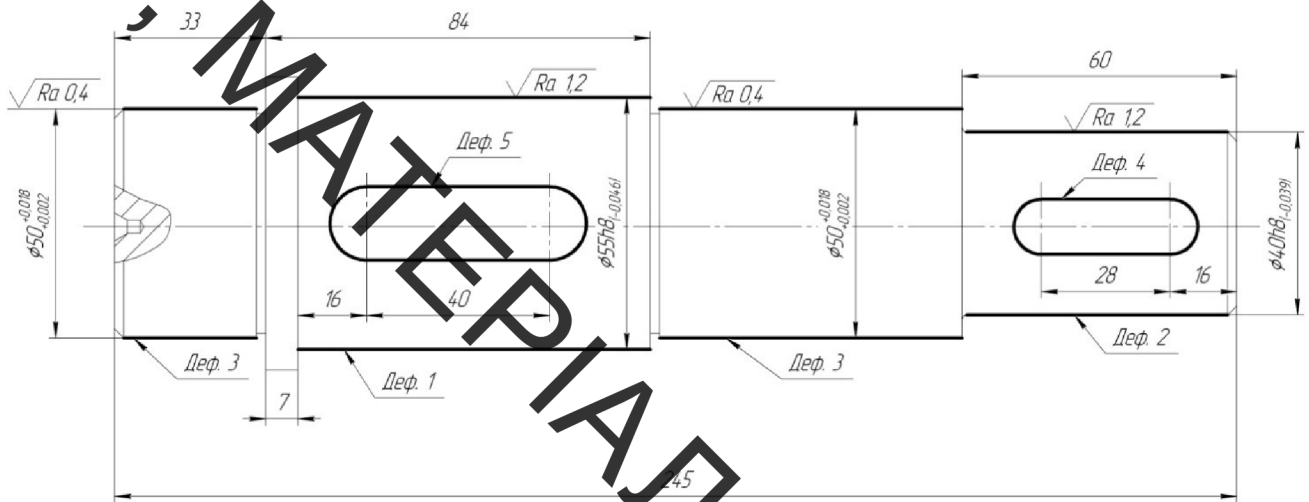


Рисунок 3.4 – Ремонтне креслення з дефектами поверхонь валу циліндричного редуктора

Опорні шийки під підшипники ковзання зношуються в наслідок абразивного тертя між поверхнями валу та втулки (деф. 3). Зношування прискорюється у випадку відсутності подачі мастила в зону тертя, та у випадку збільшення зазорів між спряженими поверхнями, в які можуть потрапляти бруд, продукти корозії та виступати в ролі третього тіла [15, 31].

Місця посадки зірочки, зубчатого колеса та шпонок для їх фіксації мають подібний механізм зношування (деф.1, деф.2, деф. 4 та деф. 5 відповідно). Так як місця сполучення цих деталей та валу знаходяться в дуже малому відносному переміщенні, то вал піддається особливому виду зношування, яке називається фретинг-процесом. Ушкодження поверхні мають вид ямок і виразок, які істотно знижують опір утоми деталей.

Причин виникнення даного виду зносу є декілька. Визначальним служить механічна взаємодія контактуючих поверхонь. Вона викликає руйнування оксидних плівок, частки яких не віддаляються за межі контакту і діють як абразив. Також має місце адгезійна взаємодія в поєднанні з корозією. Внаслідок адгезії частки металу спочатку відокремлюються від поверхні, потім окисляються киснем середовища і перетворюються в абразив. Тому такий процес іноді називають фретинг-корозією [30, 31].

За результатами вимірювань складаємо карту дефектування.

Таблиця 3.2 – Дефектування валу циліндричного редуктора

№ п/п	Дефект	Вимірювальний інструмент	Розміри, мм		K _{пов}
			За кресленням	Допустим.	
1	Спрацювання поверхні під зубчате колесо	Мікрометр гладкий МК 50-75 ГОСТ 6507-78	Ø 55 ^{-0.046}	Ø 54,6	0,5
2	Спрацювання посадочної поверхні під зірочку	Мікрометр гладкий МК 25-50 ГОСТ 6507-78	Ø 40 ^{-0.039}	Ø 39,6	0,5
3	Спрацювання посадочних поверхонь під підшипник ковзання	Мікрометр гладкий МК 25-50 ГОСТ 6507-78	Ø 50 ^{+0.018} _{+0.002}	Ø 50,002	0,95
4	Спрацювання поверхонь шпонкового пазу	Штангенциркуль ШЦ I-160 Нутромір НИ-50 Мікрометр гладкий МК 25-50 ГОСТ 6507-78	12x6x40	12,2x6,2x40	0,45
5	Спрацювання поверхонь шпонкового пазу	Штангенциркуль ШЦ I-160 Нутромір НИ-75 Мікрометр гладкий МК 25-50 ГОСТ 6507-78	16x6x56	16,2x6,2x56	0,35

Відповідно до вихідних даних призначаємо середньо-серійний тип виробництва. Величина партії запуску в ремонт дорівнюється:
 $P_{\text{зап}} = (800/251) \cdot 5 = 17(\text{шт.})$.

Висновки: за результатами дефектування поверхонь валу циліндричного редуктора видно, що найбільш повторюваним дефектом є спрацювання опорних поверхонь під підшипники ковзання $\text{Ø}50^{(+0,018)}_{(+0,002)}$. Інші дефекти зустрічаються значно рідше, що необхідно врахувати під час проектування технології відновлення валу.

Вал циліндричного редуктора не буде прийматися до відновлення в разі наявності на його поверхнях сколів, тріщин та значної деформації у вигляді прогину.

3.4 Визначення кількості переходів та операцій відновлення поверхонь вала

Дефект 4 та 5 (див. рис. 3.4) доцільно усувати шляхом заплавлення зношених шпонкових пазів та фрезерування їх в місцях протилежних до попередніх. Операція фрезерування повинна виконуватися перед операцією шліфування циліндричних поверхонь на яких виконано паз [5, 31].

Основним способом відновлення зношених робочих поверхонь валу циліндричного редуктора (деф. 1,2,3) обрано наплавлення в середовищі захисних газів. Для проведення відновлення за обраним способом необхідно виконати наступні операції: підготовка поверхні під наплавлення; екранування суміжних поверхонь із відновлюваними; нанесення покриття наплавленням в середовищі захисних газів; механічна обробка нанесеного покриття; контроль якості відновленої поверхні.

Нанесення покриття наплавленням в середовищі захисних газів дає можливість отримати покриття товщиною до 5 мм. Отже товщину відновлюваного шару (2...3 мм) можна отримати за один прохід. Усунення дефектів 1, 2 та 3 необхідно здійснити за 1 прохід, що зумовлено особливостями кріплення деталі під час наплавлення.

Механічна обробка нанесеного покриття забезпечує формування поверхонь деталі із розмірами та параметрами, що відповідають робочому кресленню.

Вихідні данні: $\delta_{\text{заг.}} = 1500 \text{ мкм}$ (поле допуску заготовки)

$\delta_{\text{дет.}} = 16 \text{ мкм}$ (поле допуску деталі)

Загальне уточнення:

$$K_{\text{заг.}} = \delta_{\text{заг.}} / \delta_{\text{дет.}} = 1500 / 16 = 90 \quad (3.4)$$

Для попереднього точіння: $E_1 = 5$, остаточного точіння: $E_2 = 3$, для чорнового шліфування: $E_3 = 3$, для чистового шліфування: $E_4 = 2$.

Допуски кожної ступені механічної обробки:

$$\delta_1 = \delta_{\text{заг.}} / E_1 = 1500 / 5 = 300 \text{ мкм (IT14)}$$

$$\delta_2 = \delta_1 / E_2 = 300 / 3 = 100 \text{ мкм (IT12)}$$

$$\delta_3 = \delta_2 / E_3 = 100 / 3 = 33,3 \text{ мкм (IT9)}$$

$$\delta_4 = \delta_3 / E_4 = 33,3 / 2 = 16,7 \text{ мкм (IT8)}$$

3.5 Формування маршруту технологічного процесу відновлення вала циліндричного редуктора транспортера

Згідно результатів дефектування і технології відновлення дефектів складаємо план технологічного процесу відновлення вала циліндричного редуктора. Схема розробленого технологічного процесу показано на рис. 2.1. виконується у наступній послідовності:

- 05 – Миття: помити деталь;
- 10 – Очисна: очистити пікоструменевою обробкою зношені шпонкові пази валу;
- 15 – Дефектувальна: виміряти відповідність розмірів поверхонь 1-5 за ескізом;
- 20 – Наплавлення: заплавити зношені шпонкові пази;
- 25 – Токарна: проточити поверхню 1,2,3 до розміру $\varnothing 54^{(-0,05)}_{(-0,1)}$ мм, $\varnothing 39^{(-0,05)}_{(-0,1)}$ мм, $\varnothing 49^{(-0,05)}_{(-0,1)}$ мм відповідно;
- 30 – Наплавлення: наплавити поверхні 1,2,3 до розмірів $\varnothing 57^{(+0,8)}_{(-0,6)}$ мм, $\varnothing 42^{(+0,8)}_{(-0,6)}$ мм, $\varnothing 52^{(+0,8)}_{(-0,6)}$ мм відповідно;
- 35 – Термічна: відпустити наплавлені поверхні валу СВЧ;
- 35 – Токарна: проточити поверхню 1,2,3 до розміру $\varnothing 55^{(+0,4)}_{(+0,3)}$ мм, $\varnothing 40^{(+0,4)}_{(+0,3)}$ мм, $\varnothing 50^{(+0,4)}_{(+0,3)}$ мм відповідно начорно та начисто;
- 40 – Фрезерна: фрезерувати шпонкові пази;
- 45 – Термічна: гартувати робочі поверхні валу СВЧ;
- 50 – Шліфувальна: шліфувати попередньо поверхню 1,2,3 до розміру $\varnothing 55^{(+0,07)}_{(+0,04)}$ мм, $\varnothing 40^{(+0,07)}_{(+0,04)}$ мм, $\varnothing 50^{(+0,07)}_{(+0,04)}$ мм відповідно ;
- шліфувати остаточно поверхню 1,2,3 до розміру $\varnothing 55^{(-0,046)}$ мм, $\varnothing 40^{(-0,039)}$ мм, $\varnothing 50^{(+0,018)}_{(+0,002)}$ відповідно ;
- 55 – контрольна: провести визначення відповідності розмірів до робочого креслення.

Маршрут відновлення валу циліндричного редуктора наведено на рисунку 3.5.

ВНТУ, МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

№пер	Операційні переходи	Ескізи обробки	Моделі верстатів
005	Мийна		
010	<p>Очисна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити зняти заготовку. 2. Очистити поверхні 1-5 піскаструменевою обробкою. 		<p>Установка піскаструменевою УПС-021</p>
015	<p>Дефектувальна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Виміряти поверхні 1,2,3,4,5 за ескізом 		<p>Штангенциркуль ШЦ I 0-200 Микрометр гладкий МК25-50 ГОСТ 6507-78</p>
020	<p>Наплавлення</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити зняти заготовку. 2. Заплавити поверхні 4, 5 		<p>Головка наплавлявальна У-651</p>
025	<p>Токарна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити, зняти заготовку. 2. Точити поверхні 1,2,3 до розмір за ескізом. 3. Встановити заготовку, закріпити, зняти заготовку. 4. Точити поверхню 3 до розмір за ескізом. 		<p>Токарно-гвинтаризний верстат 16К20;</p>
030	<p>Наплавлення</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити зняти заготовку. 2. Наплавити поверхні 1,2,3 до розмір за ескізом. 		<p>Головка наплавлявальна У-651</p>

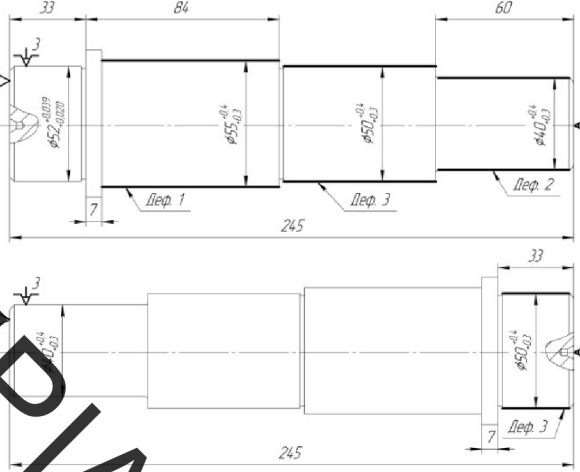
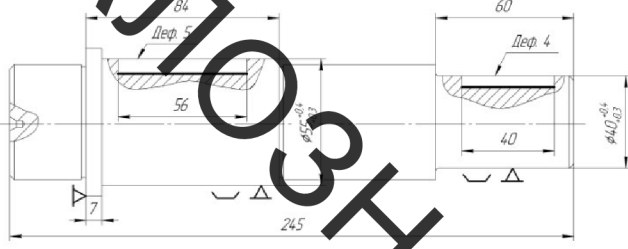
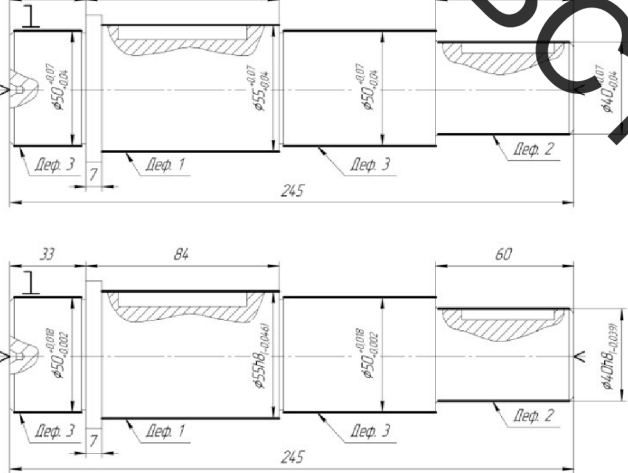
№ операції	Операційні переходи	Ескізи обробки	Моделі верстатів
035	<p><i>Токарна</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити, зняти заготовку. 2. Точити поверхні 1,2 до розмірів за ескізом. 3. Встановити заготовку, закріпити, зняти заготовку. 4. Точити поверхню 3 до розмірів за ескізом. 		<p><i>Токарно-гвин-тарізний верстат 16К20;</i></p>
040	<p><i>Фрезерна</i></p> <p>Фрезерувати шпандові пази 4,5</p>		<p><i>Верстат фрезерний</i></p>
045	<p><i>Термічна</i></p> <p>Гартувати поверхні 1,2,3</p>		<p><i>Індуктор Праметр</i></p>
050	<p><i>Шліфувальна</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити, закріпити, зняти заготовку. 2. Шліфувати поверхні 1,2,3 попередньо до розмірів за ескізом. <p><i>Шліфувальна</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити, закріпити, зняти заготовку. 2. Шліфувати поверхні 1,2,3 остаточно до розмірів за ескізом. 		<p><i>ШР200 шліфувальний верстат 3М1518</i></p>
055	<p><i>Контрольна</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Виміряти розміри та якість відновлених поверхонь 		<p><i>Штангенциркуль ШЦ 1 0-200 Мікрометр гладкий ММ 25-50 ГОСТ 6507-78</i></p>

Рисунок 3.5 – Маршрут відновлення валу редуктора

Данні визначення припусків та граничних розмірів виконано за стандартними методиками та занесено до таблиці 3.5 [29, 31].

Таблиця 3.3 – Дані визначення припусків і граничних розмірів

Технологічні переходи обробки поверхні валу $\varnothing 50_{+0.018}^{+0.002}$	Елементи припуску, мкм				Розр припуск 2Z	Розр. Діам. d_p , мм	До-пуск g, мкм	Граничний розмір		Граничне значення припуску	
	Rz	r	R	ϵ				Dmin	Dmax	$2z_{\text{max}}^{\text{TP}}$	$2z_{\text{min}}^{\text{TP}}$
Заготовка (наплавл.)	20 0	150	150	-	-	51,313	1500	51,313	52,813	-	-
точіння поп.	40	60	7,5	-	1000	50,313	300	50,313	50,613	2.2	1,0
точіння ост.	16	20	-	-	215	50,098	100	50,098	50,198	0,415	0,215
Шліфування чорнове	4	20	-	-	72	50,026	33,3	50,026	50,060	0.138	0.072
шліфування чистове	2	10	-	-	24	50,002	16,0	50,002	50,018	0.042	0,024

3.6 Розрахунок та призначення режимів відновлення поверхонь вала

3.6.1 Вибір витратного матеріалу

Для наплавлення вала циліндричного редуктора, який виготовляється із сталі 40X, ми використовуємо наплавочний дріт Нп-20X14 ГОСТ 10543-98 (табл. 3.6), який вміщує легуючі елементи марганець, хром та кремній, діаметр дроту 1,2 мм, та відповідає рекомендаціям експертних даних.

Таблиця 3.4 – Хімічний склад наплавочного дроту Нп-20X14 ГОСТ 10543-98

Марка дроту	C	Mn	Si	Cr
Нп-20X14	0,16-0,25	0,8	0,8	13,0-15,0

Хром підвищує твердість наплавленого шару, а кремній і марганець запобігає процесу окислення заліза, вони вступають в реакцію з киснем та інтенсивно розкислюють розплавлений метал валика.

3.6.2 Розрахунок та призначення режимів нанесення покриття

Розрахунок та призначення режимів нанесення покриття виконували згідно стандартних методик [5, 6, 16, 31].

Таблиця 3.5 – Параметри режимів обробки поверхонь

№	Назва операції	d, мм	L, мм	S, мм/об (v_r , мм/ с; $Y_{пр}$, м/хв)	n , хв ⁻¹ ($\omega_{дет}$, с ⁻¹ ; $Y_{об}$, м/ хв)	i (n)	$n_{дет}$
020	Наплавлювальна Установка з ЧПК	Ø 55; Ø40	56; 30	145 А; 26,8 В	6,4 м/ГОД	1	17
025	Токарна верстат: 16К20Ф3	Ø 55; Ø50; Ø40	77: 60; 70: 30	0,5	720; 680; 560	1	17
030	Наплавлювальна Установка з ЧПК	Ø 55; Ø50; Ø40	77: 60; 70: 30	145 А; 26,8 В	7,9 м/ГОД	1	17
035	Термічна індукційна печ ВЧГ-3-160/0,066	Ø 55; Ø50; Ø40	77: 60; 70: 30	-	-	-	17
040	Токарна верстат: 16К20Ф3	Ø 55; Ø50; Ø40	77: 60; 70: 30	0,5	84,37 м/хв	1	17
045	Фрезерувальна верстат: 6Т104 Шпонкова двоперова фреза Р6М5 ГОСТ 6637-80 z – число зубців фрези = 2.	56x12x6 40x8x4	56; 40	0,07 мм/зуб;	250	1,4	17
050	Термічна індукційна печ ВЧГ-3-160/0,066	Ø 55; Ø50; Ø40	77: 60; 70: 30	-	-	1	17
055	Шліфувальна попередня верстат 3М151Е; круг 63С40П5Т1К6	Ø 55; Ø50; Ø40	77: 60; 70: 30	0,015	8	-	17
	Шліфувальна остаточна верстат 3М151Е, корундовий круг 24А16СМ18К	Ø 55; Ø50; Ø40	77: 60; 70: 30	0,005	4	-	17
060	Слюсарна	-	-	-	-	-	17
065	Контрольна	-	-	-	-	-	17

3.6.3 Розрахунок параметрів наплавлення

Розрахуємо режими наплавлення поверхні 1 та 2, згідно [18, 13, 26, 28].

Данні розрахунку наведені у таблиці 3.8.

Таблиця 3.6 – Параметри режимів наплавлення поверхонь

Поверхні	Розрахункові значення	Прийняті значення
1	2	3
	Поверхня: $\varnothing 55^{(+0,07)}_{(+0,04)}$ мм, $\varnothing 50^{(+0,07)}_{(+0,04)}$, $\varnothing 40^{(+0,07)}_{(+0,04)}$ мм,	
діаметр, електродного дроту	$d_e = 1,2$ мм;	1,2 мм
величина струму наплавлення	$I_H = 40 \cdot \sqrt[3]{D_{\text{д}}}, = 40 \cdot \sqrt[3]{50} = 145$ (А)	145 А
напруга	$U = 21 + 0,004 \cdot I_H = 21 + 0,004 \cdot 145 = 26,8$ В	U=27В
коефіцієнт наплавлення	$\alpha_H = 2,3 + 0,065 \frac{I_H}{d_e} = 2,3 + 0,065 \frac{145}{1,2} = 10,2$	10,2 г/А×год.
швидкість подачі електродного дроту	$v_e = \frac{4 \cdot 12,7 \cdot 145}{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot 7,85} = 207,5$ (м/год)	207,5 м/год.
коефіцієнт розплавлення	$\alpha_p = \frac{\alpha_H}{\eta} = \frac{10,2}{0,8} = 12,7$	12,7 г/А×год.
виліт електродного дроту	$H = (10 - 15) d_e = (10 - 15) 1,2 = 12$ мм	12 мм
зміщення електроду від zenіту	$a = (0,05 - 0,07) D_{\text{д}} = (0,05 \dots 0,07) 50 = 2,5$ мм	2,5 мм
крок наплавлення	$S_H = (2 - 2,5) d_e = (2 \dots 2,5) 1,2 = 2,5$ мм	2,5 мм
швидкість наплавлення	$v_H = \frac{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot 207,5}{4 \cdot 2,5 \cdot 12} = 6,4$ (м/год).	6,4 м/год
товщина наплавленого шару:	$h_n = 2$ мм,	2 мм
частоту обертання деталі	$n = 5,31 \frac{v_H}{D_{\text{д}}}, = 5,31 \frac{6,4}{50} = 0,7$ хв ⁻¹ .	0,7 хв ⁻¹
кількість проходів	$n = \frac{h_H}{S_H} = \frac{2}{2} = 1$	1 прохід
Продовження таблиці 3.8.		
Наплавлення поверхні 2(D16×6×56×h7 _{-0,022})		

діаметр електродного дроту	$d_e=1,2\text{мм};$	
величина струму, наплавлення	$I_H = 40 \cdot \sqrt[3]{D_D} = 40 \cdot \sqrt[3]{50} = 145 (A)$	145 A
напруга	$U=21+0,004 \cdot I_H=21+0,004 \cdot 145=26,8$	$U=27B$
коефіцієнт наплавлення	$\alpha_H = 2,3 + 0,065 \frac{I_H}{d_e} = 2,3 + 0,065 \frac{145}{1,2} = 10,2$	10,2 г/А×год.
швидкість подачі електродного дроту	$v_e = \frac{4 \cdot 12,7 \cdot 145}{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot 7,85} = 207,5 (м / год)$	207,5 м/год,
коефіцієнт розплавлення дроту	$\alpha_p = \frac{\alpha_H}{\eta} = \frac{10,2}{0,8} = 12,7$	12,7 г/А×год.
виліт електродного дроту	$H = (10 - 15) d_e = (10 - 15) 1,2 = 12\text{мм}$	12 мм
швидкість наплавлення	$v_H = \frac{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot 207,5}{4 \cdot 2,5 \cdot 12} 0,85 = 6,4 (м / год)$	6,4 м/год
товщина наплавленого шару:	$h_n = 2 \cdot 2 + 6 = 10 \text{ мм}$	10 мм
кількість проходів	$n = \frac{h_H}{S_H} = \frac{6}{2} = 3$	3
тривалість процесу наплавлення	$t_{зв} = \frac{G_{н.м.}}{a_H \cdot J_{зв}}$	8,3 хв
витрати наплавочного дроту	$G_{np} = 0,785 \cdot d_e^2 \cdot V_e \cdot T_m \cdot \gamma_e$	947 г
Витрати вуглекислого газу	$G_{CO_2} = q \cdot T_m \cdot K_g$	19,4 л

3.6.4 Експертне визначення режимів наплавлення

Для експертного визначення режимів наплавлення використовується експертна програма «Наплавка», яка запропонована експертами інституту електрозварювання ім. Ю.Є. Патона.

Для реалізації цієї програми на першому етапі задаємо форму наплавляємої деталі на рисунку 3.6 показано скріншот програми з групою деталей, що наплавляються.

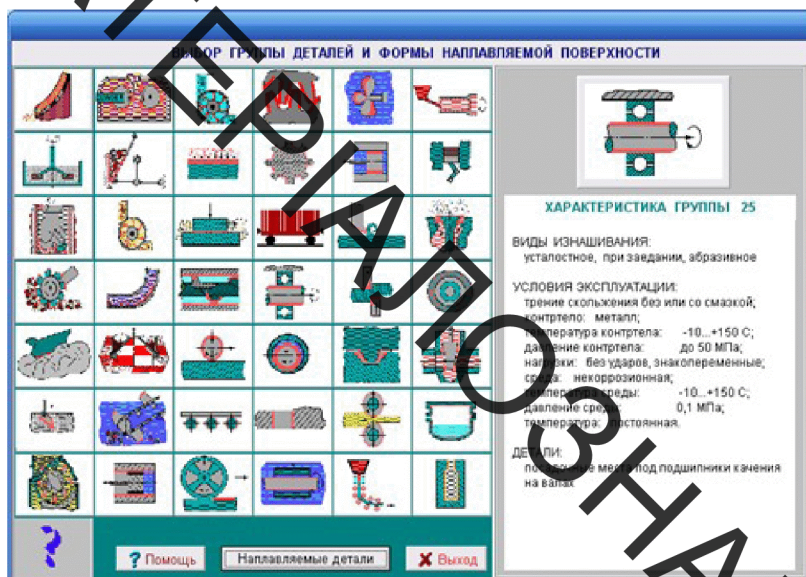


Рисунок 3.6 – Вибір групи деталей і форми наплавляємої поверхні

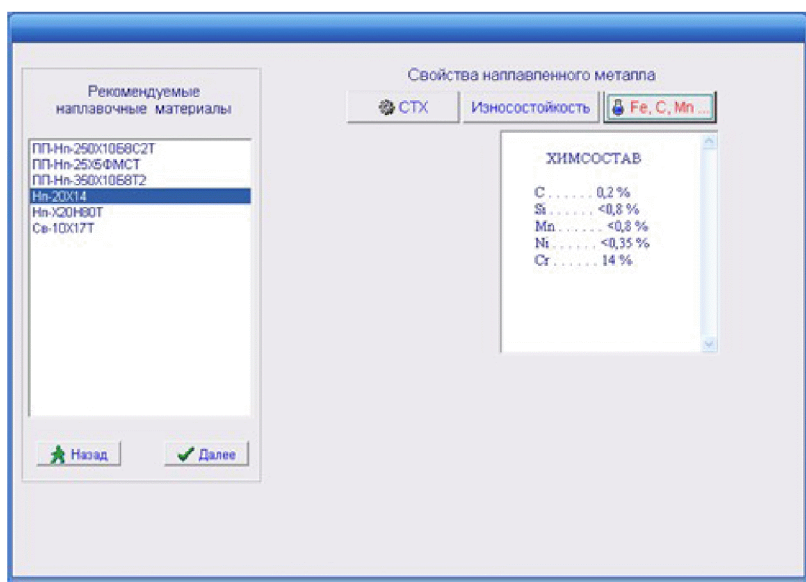


Рисунок 3.7 – Рекомендований матеріал програмою «Наплавка»

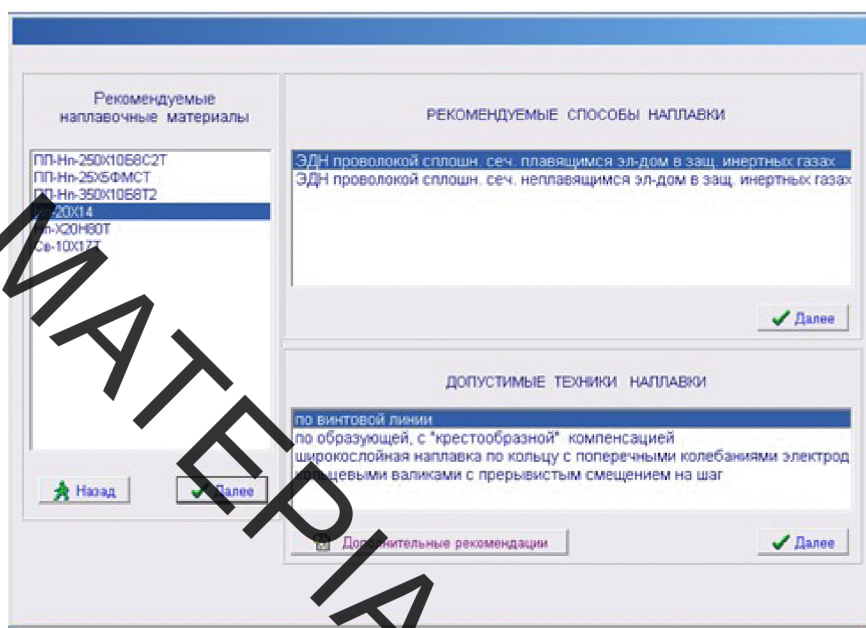


Рисунок 3.8 – Рекомендовані способи наплавлення

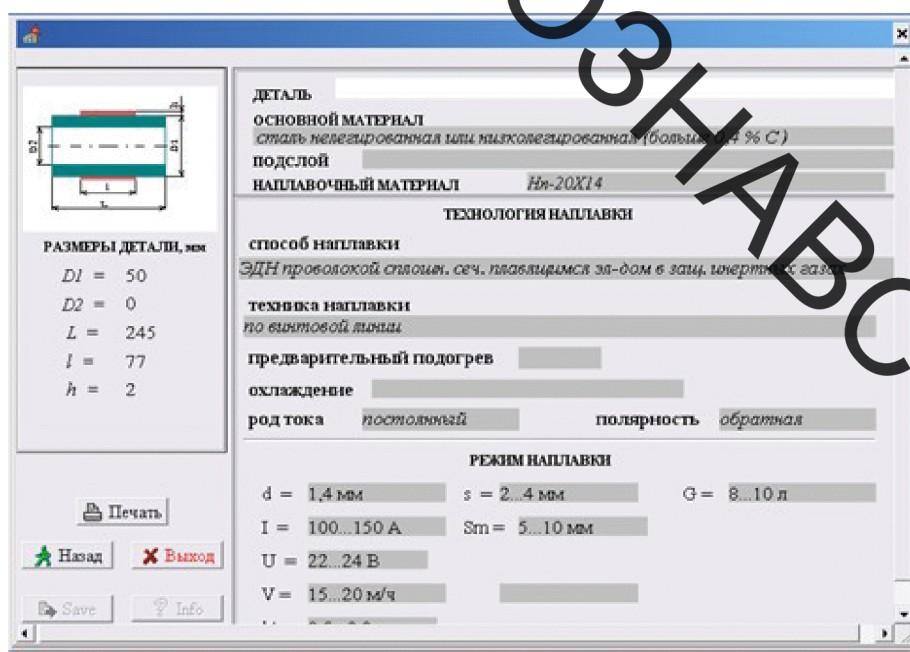


Рисунок 3.9 – Рекомендовані режими наплавлення програмою «Наплавка»

Проведені розрахунки за допомогою експертної програми «Наплавка» підтвердили вибір наплавлювального дроту та розрахунки режимів наплавки, що забезпечуть високу продуктивність відновлення і зменшать трудомісткість та витрати часу на відновлення валу.

3.7 Нормування операцій технологічного процесу

Норми часу за розрахунково-аналітичним методом визначаються за методикою наведеною: [8, 30]. Результати розрахунків наведені в таблиці 3.9.

Таблиця 3.7 – Нормування операцій

Номер і назва операції	T_o	$T_{доп}$	$T_{оп}$	$T_{обс}+T_{відп}$	$T_{шт}$	$T_{п-з}$	$T_{шт-к}$
05 Миття	2.2	0.880	3.080	0.185	3.265	10	3.865
10 Дефектувальна	3.45	1.380	4.830	0.290	5.120	15	6.020
15 Очисна	0.78	0.312	1.092	0.066	1.158	3	1.338
20 Наплавочна	1.9	0.760	2.660	0.160	2.820	5	3.120
25 Токарна	2.6	1.040	3.640	0.218	3.858	10	4.458
30 Наплавочна	6.4	2.560	8.960	0.538	9.498	8	9.978
035 Термічна	8	3.200	11.2	0.672	11.872	15	12.772
040 Токарна чорнова	2.6	1.040	3.640	0.218	3.858	10	4.458
045 Токарна чистова	2.4	0.960	3.360	0.202	3.562	15	4.462
050 Фрезерна	4.2	1.680	5.880	0.253	6.233	15	7.133
055 Термічна	8	3.200	11.200	0.672	11.872	15	12.772
060 Шліфувальна	2.7	1.080	3.780	0.227	4.007	15	4.907
065 Шліф. остаточна	2.6	1.040	3.640	0.218	3.858	5	4.158
070 Контрольна	3.55	1.420	4.970	0.298	5.268	5	5.568

3.8 Створення конструктивної схеми верстата та її опис

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

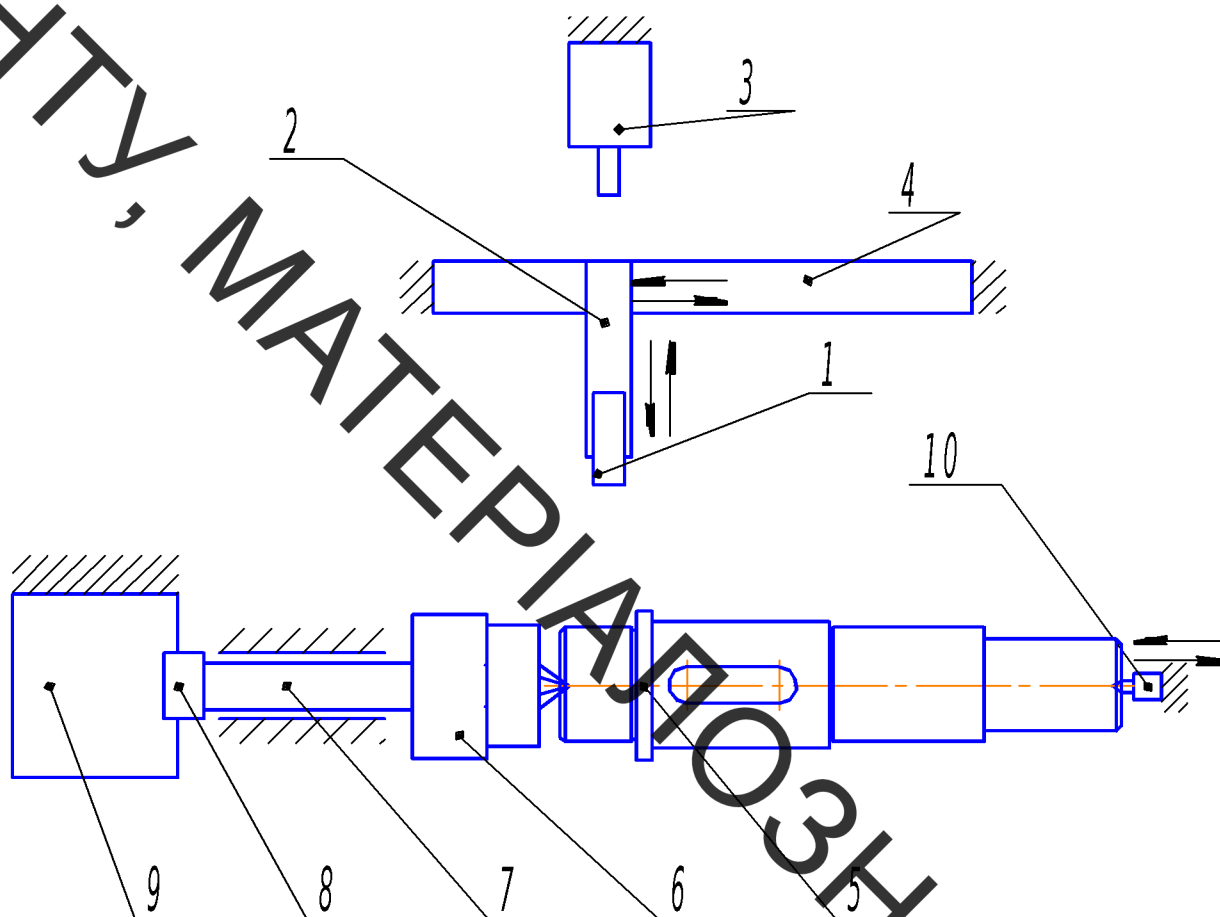


Рисунок 3.10 – Конструктивна схема установки відновлення

Основними елементами конструктивної схеми є наплавлювальна головка 1, закріплена на приводі вертикального переміщення 2, що забезпечує можливість при необхідності змінювати відстань між деталлю та наплавлювальною головкою. Вертикальний привід 2 закріплено на каретці портального приводу 4, що забезпечує можливість переміщення наплавлювальної головки вздовж деталі 5. Поруч з наплавлювальною головкою 1 розташовано касету 3, яка забезпечує необхідну подачу дроту у зону плавлення. Відновлювана деталь 5 закріплюється у рефленому центрі 6, центр 6 закріплено у шпинделі 7 встановленим на підшипниках. Шпиндель 7 через муфту 8 з'єднано з електромотором 9 закріпленим на рамі установки. З правого боку деталь 5 підтримує пневматичний рухомий центр 10.

3.9 Визначення способу закріплення деталі

Для визначення способу закріплення з'ясуємо масу вала яку можна отримати розробивши 3D модель вала (рис. 3.11) та застосувавши функцію Компаса яка називається МЦХ (масоцентровочні характеристики).

Рисунок 3.11 – Вал редуктора транспортера

МЦХ

Деталь – вал циліндричного редуктора.

Задані параметри:

матеріал – Сталь 40Х ГОСТ 1050-88;

щільність матеріалу – $R_o = 0.007820$ г/мм³;

Розрахункові параметри:

Маса – $M = 3626.357077$ г.

Площа – $S = 45643.447374$ мм².

Об'єм – $V = 461137.548171$ мм³.

Центр мас – $X_c = -58.515593$ мм.

$Y_c = 0.000000$ мм.

$Z_c = -0.045113$ мм.

Деталь вал має масу 3,9 кг довжину 245 мм, діаметр вала 40-59,5 мм . Розташуємо деталь у горизонтальному положенні (рис. 3.12). Застосуємо закріплюючі пристрої у вигляді центрів 10 та 6. Центр 6 з'єднано з валом шпинделя 8 через конус Морзе укорочений. На центрі 6 зроблено ріфлення, що

забезпечуть передачу крутного моменту на відновлювану деталь, яка з правого боку підтримується центром змонтованим на штоці пневматичного циліндра 10.

Шпиндель обертача обладнано підшипниками 80204 в радіальному напрямку здатні витримати статичне навантаження $C_0 = 1270$ кг. Відомо що в радіальному напрямі кулькові радіальні підшипники здатні витримувати навантаження 30% від радіального що складає 420 кг. При масі обертової деталі 3,9 кг цього більш ніж достатньо для нормальної роботи. Підшипник 80204 пилезахищеного виконання вибрано з конструктивних міркувань.

Знаючи конструкцію шпиндельного вузла та способу закріплення деталі можна визначити мотор який буде здатний обертати рухомі деталі шпиндельного вузла з пристосуванням та відновлюваною деталлю [40].

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

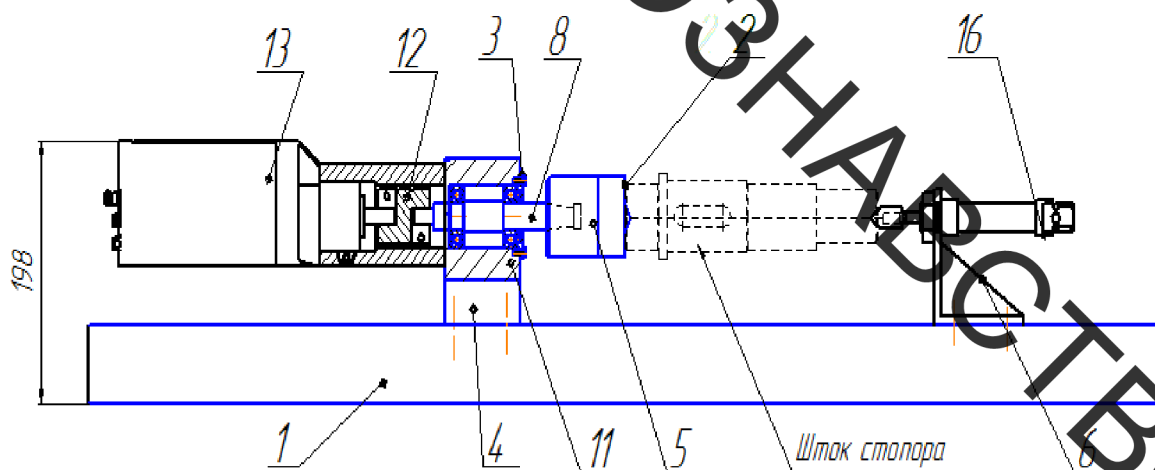


Рисунок 3.12 – Обертач

1- швелер, 2 – рифлений центр, 3 – кришка, 4 – корпус шпинделя, 5 – оправка-цент, 6 – кронштейн, 8 – вал шпинделя, 10-пневматичний циліндр з фіксатором штока, 11 - підшипник, 12 – муфта, 13- електродвигун.

3.10 Розрахунок масоцентровочних характеристик (МЦХ) деталі та пристрою її закріплення

Для визначення масоцентровочних характеристик розробимо 3D моделі усіх деталей що обертаються (рис. 3.13)

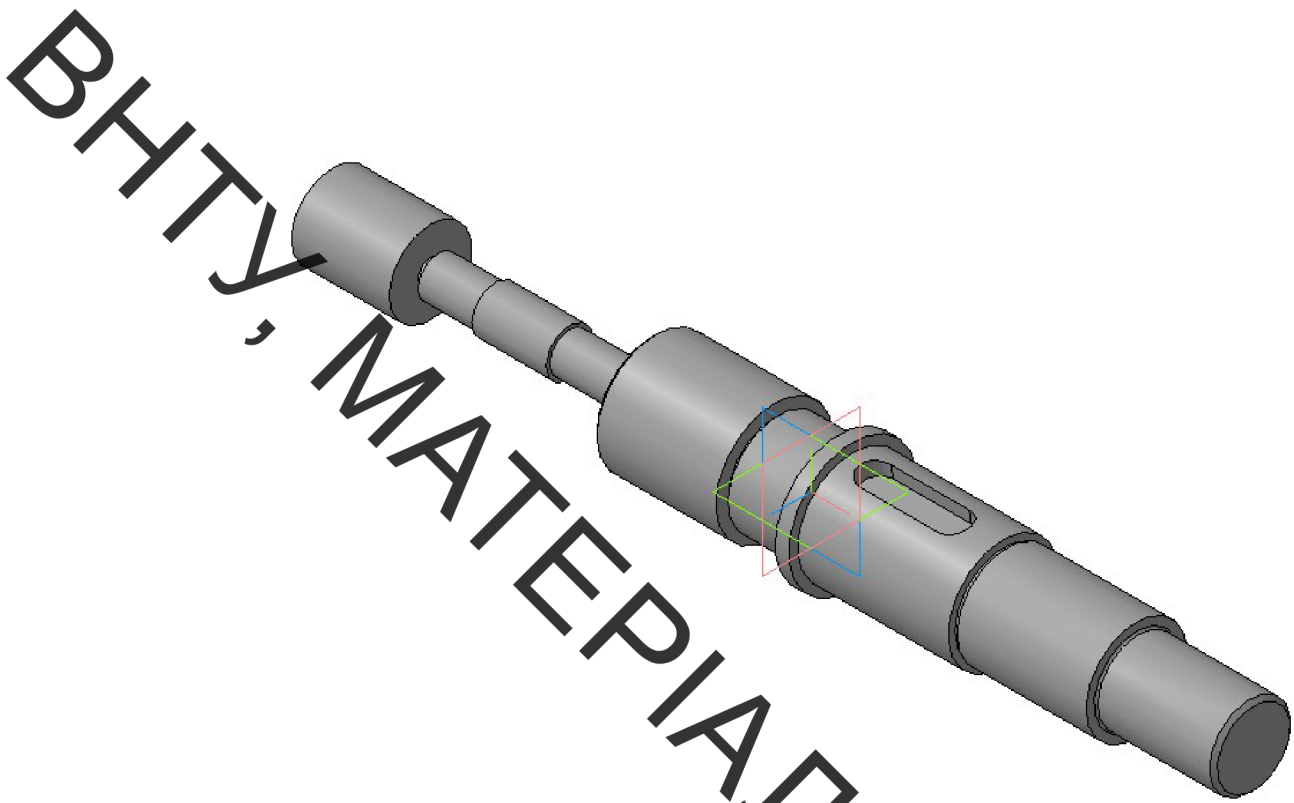


Рисунок 3.13 – 3D модель усіх деталей, що обертаються в процесі відновлення

Розрахунок МЦХ проведемо засобами САПР Компас:

Маса	$M = 6,1 \text{ кг}$
Площа	$S = 82420 \text{ мм}^2$
Об'єм	$V = 788144 \text{ мм}^3$
Центр мас	$X_c = 20 \text{ мм}$
	$Y_c = 0 \text{ мм}$
	$Z_c = 0 \text{ мм}$

Моменти інерції

В глобальній системі координат:

Осьові моменти інерції:	$J_x = 2101 \text{ кг*мм}^2$
	$J_y = 87620 \text{ кг*мм}^2$
	$J_z = 87620 \text{ кг*мм}^2$

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

$$J_x = 2101 \text{ кг*мм}^2$$

3.11 Розрахунок маси наплавлювальної головки

Розробимо схему наплавлювальної головки (рис. 3.14).

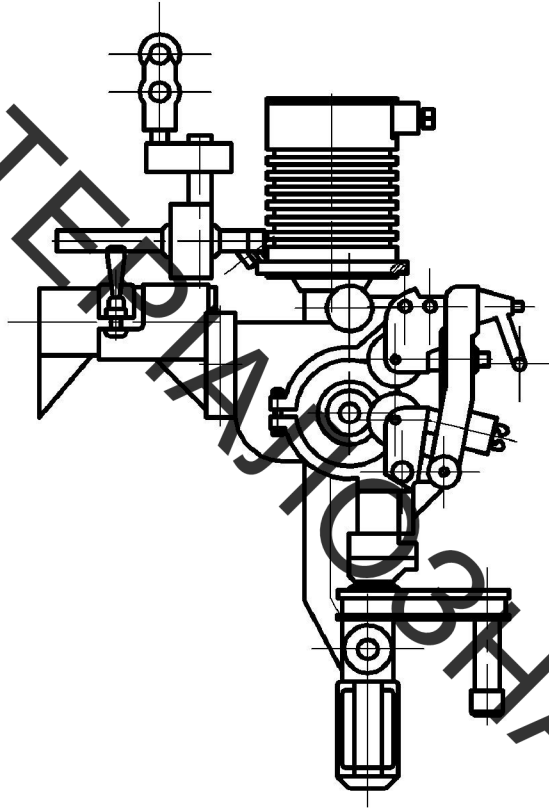


Рисунок 3.14 – Схема наплавлювальної головки.

Порахуємо засобами САПР Компас масу наплавлювальної головки.

Площа $S = 130267 \text{ мм}^2$

Об'єм $V = 1256178 \text{ мм}^3$

Маса $M = 9,8 \text{ кг}$

Центр мас $X_c = 3 \text{ мм}, Y_c = 0 \text{ мм}, Z_c = 0 \text{ мм}$

3.12 Розрахунок та вибір виконавчих механізмів установки для автоматизованого відновлення деталей

Знаючи момент інерції усіх деталей що обертаються в процесі відновлення і який складає $J_y = 10240 \text{ кг*мм}^2$ застосуємо програму Positioning Drives і підберемо виконавчі двигуни для обертача.

Обираємо серводвигун постійного струму MTR-DCI-52S-VCSC-EG13 з вбудованим редуктором та контролером.

Для поєднання валу електродвигуна з валом шпинделя та монтажу електродвигуна на шпинделі використаємо осьовий набір 556994_EAMM_A_E48_52B_3_0, який знайдемо на сайті Festo.com.ua у розділі приналежності до відповідного електродвигуна.

Складемо двигун, осьовий набір, шпиндель, відновлювану деталь з оправкою і отримаємо обертач (рис. 3.15).

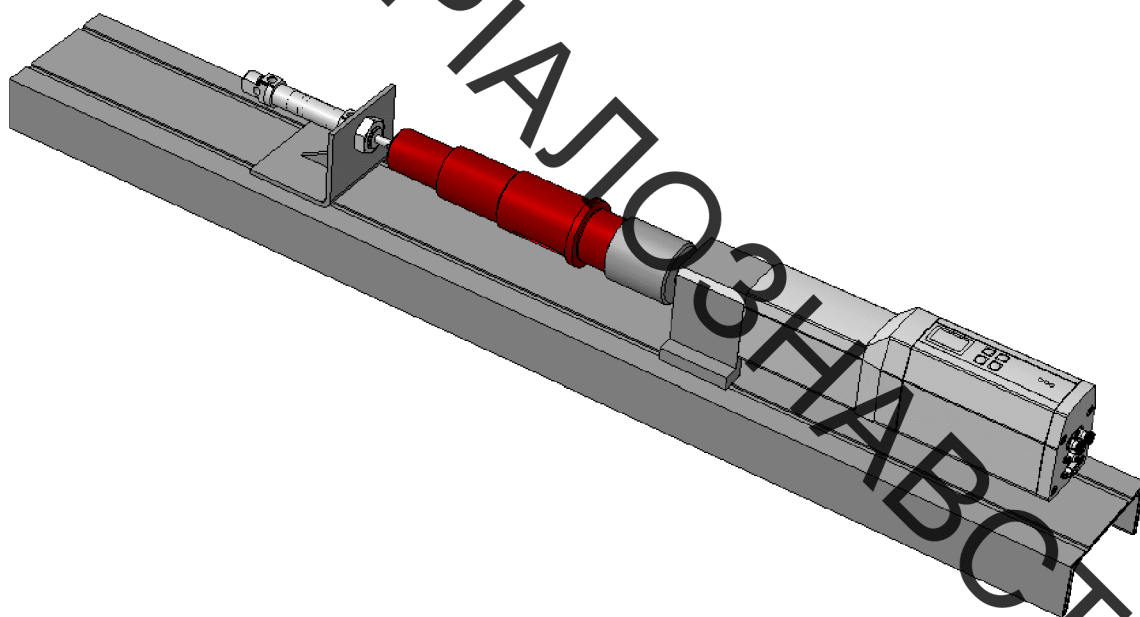


Рисунок 3.15 – Обертач

Вертикальне переміщення наплавлювальної головки дає можливість змінювати відстань до відновлюваної поверхні при відновленні складних поверхонь. Особливо це важливо при відновленні ступінчастих поверхонь та валів різних діаметрів де зміна відстані є технологічно необхідною. Таке регулювання можна здійснити спеціальним консольним приводом переміщення на якому закріплюється наплавлювальна головка.

Вихідними даними для розрахунку і вибору консольного привода є маса наплавлювальної головки, яка становить 9,8 кг, маса приєднаних комунікацій, яка становить приблизно 0,5 кг, відстань на яку необхідно переміщувати наплавлювальну головку - 100 мм з запасом для можливості відновлення

більшої номенклатури деталей. Для вибору консольного двигуна застосуємо програму FESTO Positioning drives (рис. 3.16).

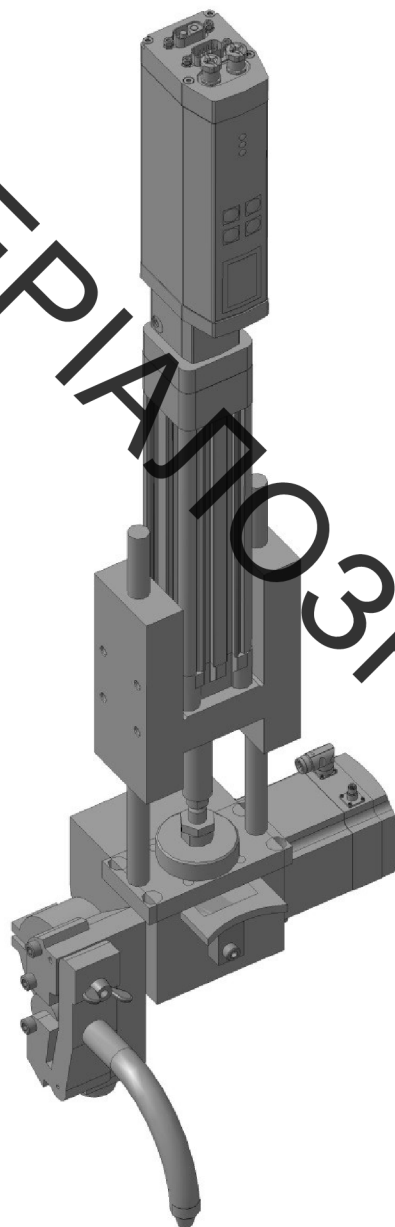


Рисунок 3.16 – Консольний привід в зборі з наплавлювальною головкою.

Привід горизонтального переміщення вибирається з урахуванням маси консольного приводу в зборі (11 кг) та відстані на яку необхідно перемістити головку (вибираємо відстань з певним запасом 600 мм) За допомогою програми Festo positioning drives вибираємо відповідний лінійний двигун та додаткові

вузли які входять у комплект лінійного приводу та скачаємо 3D модель приводу та всіх додаткових компонентів з сайту Festo.

3.13 Розробка установки з числовим програмним керуванням

Поеднаємо обертач, механізм горизонтального і вертикального переміщення в одну функціональну установку (рис. 3.17).

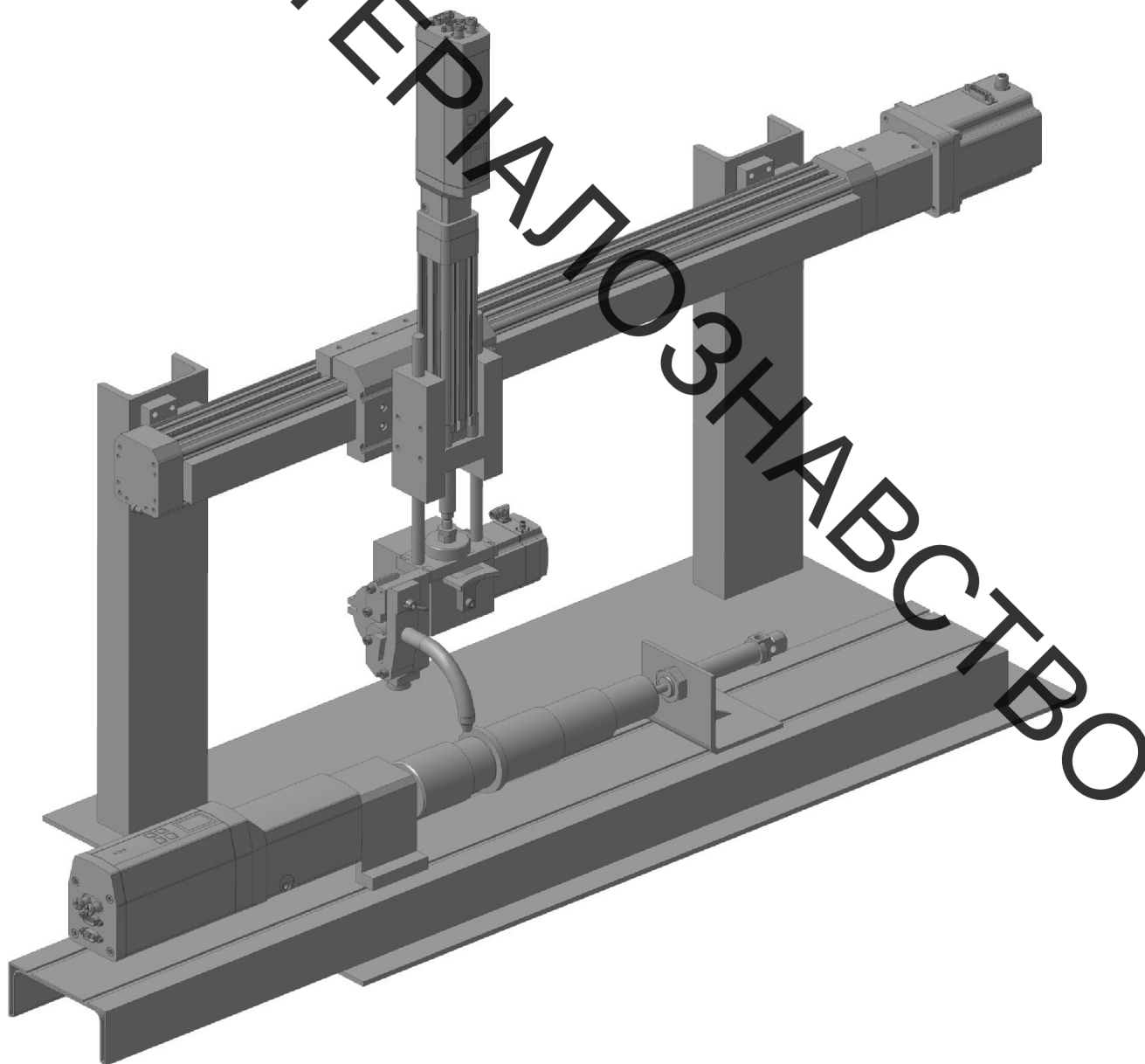


Рисунок 3.17 – 3-D модель установки з числовим програмним керуванням

Наступним кроком є створення рамної конструкції яка забезпечить задане взаємне розташування всіх механізмів. Для створення рамної конструкції використаємо профільний металопрокат, а саме швелер ГОСТ 8240-79 №10 №14. Конструкція рами зварна. Зварювання електродугове за ГОСТ 5264-80. Розроблене складальне креслення установки з числовим програмним керуванням див. додаток В.

3.14 Розробка робочого місця

Виробничі приміщення цеху, в яких розміщуються наплавлювальні дільниці побудовані з вогнестійких матеріалів і розташовані в окремих кабінах або відокремлені ширмами.

Підлога у приміщеннях виконана з негорючих матеріалів. На робочих місцях під ногами дерев'яні ґрати або гумові килимки.

В якості освітлення використовуються газорозрядні лампи. В приміщенні також використовується освітлення через вікна.

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

Для забезпечення пилезахисту персоналу і навколишнього середовища при роботі з устаткуванням у закритих приміщеннях робочі місця з відсосом запиленого повітря з робочої зони, де відбувається відновлення поверхонь, і наступним його очищенням.

Пилезахищена камера забезпечує можливість розміщення в ній оброблюваних виробів за умови доступу до нього мундштука головки для наплавлення. Персонал захищений індивідуальними засобами пилезахисту (окуляри, респіратор).

Витяжний вентилятор забезпечує ефективний відбір запиленого повітря із системи "пилезахищена камера – фільтр – повітрепроводи". Продуктивність вентилятора, навантаженого на фільтр, повинна бути не менш 2 куб.м\хв.

Робоче місце складається з установки з числовим програмним керуванням, яка встановлена у захисному боксі. В боксі встановлено механізм подачі дроту, який подає дріт до головки. Бокс оснащено приточно- витяжною вентиляцією. Електроживлення головки здійснюється від джерела живлення. Керування установкою здійснюється від комп'ютера та контролерів. Захисний

газ подається від балона. Шинопровід забезпечує підвід всіх комунікацій до виконавчих механізмів.

3.15 Висновки до третього розділу

Проведений аналіз існуючих технологічних процесів відновлення деталей типу «вал» показав, що в процесі відновлення в одному технологічному циклі в різній послідовності виконується операції нагріву, деформації і охолодження деталі.

В результаті роботи валу виникає пошкодження шийок під підшипники та зношування шпонкових пазів. Середній знос 0,25-0,45 мм, що вимагає відновлення до номінального або ремонтного розміру.

На основі проведення дефектування деталі розроблено технологічний процес відновлення зношених поверхонь валу, визначено кількість переходів, припуски та розрахунок режимів механічної обробки, режимів наплавлення на робочі поверхні.

Обґрунтовано обладнання для реалізації технологічного процесу;

Проведені розрахунки режимів наплавлення аналітичним методом відповідають рекомендаціям експертної програми «Наплавка» і підтвердили вибір наплавлювального дроту та розрахунки, які забезпечують високу продуктивність відновлення і зменшують трудомісткість та витрати часу.

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

Для реалізації процесу відновлення розроблено технічну документацію.

Креслення деталі, ремонтне креслення та маршрутна карта технологічного процесу виконані за допомогою програми КОМПАС 3D.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

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

4.1 Аналіз комерційного потенціалу розробки

4.1.1 Визначення рівня комерційного потенціалу розробки

Метою проведення технологічного аудиту є оцінювання комерційного потенціалу розробки, створеної в результаті науково-технічної діяльності. В результаті оцінювання робиться висновок щодо напрямів (особливостей) організації подальшого її впровадження з врахуванням встановленого рейтингу.

Для оцінювання комерційного потенціалу розробки було залучено трьох незалежних експертів. У нашому випадку такими експертами є: д.т.н. проф. Савуляк В.В., к.т.н. доц. Шиліна О.П., к.т.н. доц. Шенфельд В.Й.

Рекомендується здійснювати оцінювання комерційного потенціалу розробки за 12-ю критеріями згідно рекомендацій [10].

Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки потрібно звести в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Прізвище, ініціали, посада експерта		
	1 – Савуляк В.В.	2 – Шиліна О.П.	3 – Шенфельд В.Й.
	Бали, виставлені експертами:		
	Технічна здійсненність концепції		
1	3	4	3
	Ринкові переваги (недоліки)		
2	4	2	3
3	3	3	2
4	3	4	3
5			
	Ринкові перспективи		
6	2	2	3
7	3	4	3

Продовження таблиці 4.1

Практична здійсненність			
8	3	3	4
9	3	3	3
10	3	4	3
11	3	3	3
12	4	4	4
Сума балів	СБ ₁ =34	СБ ₂ =36	СБ ₃ =32
Середньоарифметична сума балів $\bar{СБ}$	34		

За даними таблиці 4.1 можна зробити висновок, щодо рівня комерційного потенціалу розробки. Зважимо на результат й порівняємо його з рівнями комерційного потенціалу розробки, що представлено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Рівні комерційного потенціалу розробки

Середньоарифметична сума балів $\bar{СБ}$, 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

Рівень комерційного потенціалу розробки, становить 34 бали, що відповідає рівню «вище середнього». Отже, дана розробка є реальною для подальшої її реалізації та впровадження.

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

Розробка має новизну, оскільки проблема якості та довговічності поверхонь деталей є актуальною в даний час. Сьогодні дуже багато говориться про те, як захистити поверхні тертя деталей від передчасного зношування, тому новизна розробки полягає у застосуванні карбідотвірного елемента для утворення зносостійкої структури при наплавленні деталі наплавлувальним дротом Нп-30ХГСА та формування поверхневого шару з покращеними властивостями його захисту від зношування у порівнянні з його аналогами. За

вештю показників (зручність у користуванні, швидкодія) розробка не буде поступати конкурентам.

Програмне забезпечення буде універсальним, тому може підходити як і простим користувачам-ремонтникам, так і великим підприємствам у промислових масштабах. Основною конкурентною перевагою даного продукту буде застосування карбідотвірного елемента для утворення структури при наплавленні матеріалу деталі наплавлювальним дротом Нп-30ХГСА та формування поверхневого шару, що дозволяє забезпечити високу надійність та малу вартість. За іншими показниками розробка не буде програвати аналогам на ринку.

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

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

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

4.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи

Проведемо прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи, яке складається з таких етапів [10]:

1-й етап: розрахунок витрат, які безпосередньо стосуються виконавців даного розділу НДР;

2-й етап: розрахунок загальних витрат на виконання НДР;

3-й етап: прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів НДР.

Проведемо перший етап прогнозування.

Витрати на основну заробітну плату розробника-дослідника розраховуємо за формулою 4.1:

$$z_0 = \frac{M \cdot t}{T_p} \quad (\text{грн.}) \quad (4.1)$$

де M - місячний посадовий оклад розробника (інженера, науковця тощо), грн.;

t - число днів роботи конкретного розробника-дослідника;

T_p - середнє число робочих днів в місяці, приблизно $T_p = (22)$ дні;

Розраховуємо основну заробітну плату кожного із розробників чи дослідників за формулами, якщо вони працюють в наукових установах бюджетної сфери, та заносимо дані до таблиці 4.3 [11].

Таблиця 4.3 – Основна заробітна плата дослідника

Найменування посади виконавця	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на оплату праці, грн.
Керівник проекту	10350,00	492,86	21	10350,00
Інженер-технолог	8250,00	392,86	15	5892,86
Технік	7570,00	360,48	7	2523,36
Всього				18766,19

Мінімальна заробітна плата з 01.09.2020 року встановлена на рівні 5000 грн., тоді погодинна ставка робітника 1-го розряду на рівні 29,2 грн/годину.

Міжкваліфікаційні співвідношення для встановлення тарифних ставок робітникам, працюючих на підприємствах промисловості наведено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Міжкваліфікаційні співвідношення для встановлення тарифних ставок робітникам

Розряд	1	2	3	4	5	6	7	8
K_i	1,00	1,1	1,35	1,5	1,7	2,0	2,2	2,4
Мінімальна погодинна	29,2	32,12	39,42	43,8	49,64	58,4	64,24	70,08

ставка								
--------	--	--	--	--	--	--	--	--

Розраховуємо основну заробітну плату робітників, якщо вони беруть участь у виконанні даного етапу роботи і виконують роботи за робочими професіями. Розрахунки заносимо до таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Основна заробітна плата робітників

Найменування робіт	Трудомісткість, н. годин	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн.	Прим.
1. Мийна	0,09	1	29,2	2,63	
2. Дефектувальна	0,1	4	43,8	4,38	
3. Токарна	0,15	4	43,8	6,57	
4. Наплавлювальна	0,22	5	49,64	10,92	
5. Термічна	0,21	4	43,8	9,20	
6. Токарна	0,15	4	43,8	6,57	
7. Фрезерувальна	0,12	4	43,8	5,26	
8. Термічна	0,21	4	43,8	9,20	
9. Шліфувальна	0,08	5	49,64	3,97	
10. Шліфувальна	0,06	5	49,64	2,98	
12. Слюсарна	0,04	4	43,8	1,75	
13. Контрольна	0,1	4	43,8	4,38	
Всього:				67,81	

Розраховуємо додаткову заробітну плату всіх розробників та робітників, які брали участь у виконанні даного етапу роботи. Додаткова заробітна плата розраховується як 10% від суми основної заробітної плати всіх розробників та робітників. Отримані дані заносимо до таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Додаткова заробітна плата всіх розробників та робітників, які брали участь у виконанні даного етапу роботи

Найменування робіт	Основна заробітна плата, грн	Додаткова заробітна плата, грн
Розробники:		

1. Керівник проекту	10350,00	1035,00
2. Інженер-технолог	5892,86	589,29
3. Технік	2523,33	252,33
Всього:	18766,19	1876,62
Робітники:		
1. Мийна	2,63	0,32
2. Дефектувальна	4,38	0,45
3. Токарна	6,57	0,67
4. Наплавлювальна	10,92	1,06
5. Термічна	9,20	0,94
6. Токарна	6,57	0,67
7. Фрезерувальна	5,26	0,54
8. Термічна	9,20	0,94
9. Шліфувальна	3,97	0,39
10. Шліфувальна	2,98	0,29
12. Слюсарна	1,75	0,18
13. Контрольна	4,38	0,45
Всього:	67,81	6,78
Всього:	18834	1883,4

Нарахування на заробітну плату $H_{зп}$ розробників та робітників, які брали участь у виконанні даного етапу роботи, розраховуються за формулою 4.2

$$H_{зп} = (Z_o + Z_p + Z_d) \cdot \frac{\beta}{100}, \quad (4.2)$$

де Z_o – основна заробітна плата розробників, грн.;

Z_p – основна заробітна плата робітників, грн.;

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

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

Ставка єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування встановлена у розмірі 22%.

$$H_{зп} = (18766,19 + 67,81 + 1876,62 + 6,78) \times 0,22 = 4557,83 \text{ грн.}$$

Розрахуємо амортизацію обладнання, комп'ютерів та приміщень, які використовувались під час даного етапу роботи. Дані відрахування розраховують розраховуємо за формулою 4.3 [12]:

$$A = \frac{Ц \cdot T}{12 \cdot T_e} [\text{грн}], \quad (4.3)$$

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

T – фактична тривалість використання, міс;

T_e – термін використання обладнання, приміщень тощо, роки.

Розрахуємо амортизаційні витрати на переобладнання приміщення, балансова вартість якого становить 228600 грн, а термін його використання – 20 років, а фактична тривалість використання 2 місяці:

$$A = \frac{228600 \cdot 1}{12 \cdot 20} = 952,50 \text{ (грн.)}$$

Аналогічно визначаємо амортизаційні витрати на інше обладнання. Всі проведені розрахунки амортизаційних відрахувань заносимо в таблицю 4.7.

Таблиця 4.7 – Амортизація обладнання, комп'ютерів та приміщень

Найменування обладнання, приміщень тощо	Балансова вартість, грн.	Термін використання, роки	Фактична трив. використання, міс	Величина амортизаційних відрахувань, грн.
Переобладнання приміщення	228600	14	1	952,50
Наплавлювальна головка	1600	5	1	26,67
Силові приводи	3800	4	1	79,17
Комп'ютер та інтерфейс	14750	5	1	245,83
Всього				1304,17

Розраховуємо витрати на матеріали, що були використані під час виконання даного етапу роботи, визначаємо по кожному виду матеріалу за формулою 4.4 та заносимо до таблиці 4.8.

$$M = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i - \sum_1^n B_i \cdot C_e \quad \text{грн.,}$$

(4.4)

де H_i – витрати матеріалу i -го найменування, кг;

C_i – вартість матеріалу i -го найменування, грн./кг.;

- K_i – коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = (1,1 \dots 1,15)$;
 V_i – маса відходів матеріалу i -го найменування, кг;
 C_v – ціна відходів матеріалу i -го найменування, грн/кг;
 n – кількість видів матеріалів.

Таблиця 4.8 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, грн.	Витрачено, кг	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Електродний дріт 30ХГСА	65	0,45	32,18
Вуглекислий газ	9	3,0	29,7
Лобомід	35	0,2	7,7
Ганчір'я	7,00	0,1	0,77
Всього			70,35

Визначаємо витрати на оренду комплектуючих K , які були використанні в ході впровадження нового технологічного процесу відновлення валу циліндричного редуктора, можуть бути розраховані за формулою 4.5:

$$O = \frac{C \cdot H_o \cdot T}{12 \cdot 100} [\text{грн}], \quad (4.5)$$

де C – балансова вартість комплектуючих, грн.;

H_o – річна ставка орендної плати для даного виду, %.

Річну ставку орендної плати рекомендується приймати на 10% більше за норму амортизації для даного виду, приймаємо $H_o = 18\%$.

T – термін використання комплектуючих, $T=1$ місяць.

Отримані дані розрахунків заносимо до таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 – Витрати на оренду комплектуючих

Назва	Ціна, грн.	Кількість	Річна ставка орендної плати, %	Термін використання, міс.	Сума, грн.
Наплавлювальна установка з ЧПК	195 000,00	1	18	1	29 25,00

Всього	29 25,00
---------------	---------------------------

Визначаємо витрати на комплектуючі K , що були використані під час виконання даного етапу роботи за формулою 4.6, та заносимо дані до таблиці 4.10.

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

(4.6)

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

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

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

n – кількість видів комплектуючих.

Таблиця 4.10 – Витрати на комплектуючі

Найменування комплектувальних	Кількість	Ціна за штуку, грн.	Сума, грн.	Примітка
Обертач	1	4600,00	5060,00	
Всього			5060,00	

Розраховуємо витрати на силову електроенергію для виконання даного етапу роботи, розраховується за формулою 4.7 та заносимо до таблиці 4.11.

$$V_e = V \cdot P \cdot \Phi \cdot K_n \quad \text{грн.}, \quad (4.7)$$

де V – вартість 1 кВт-год. електроенергії $V = 3,45$ грн./кВт;

P – установлена потужність обладнання, кВт;

Φ – фактична кількість годин роботи обладнання, годин,

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

Таблиця 4.11 – Витрати на електроенергію

Найменування операції	Найменування обладнання	Встановлена потужність, кВт	Тривалість операції, год.	Витрати, кВт	Сума, грн.
Мийна	UNIX1-20-2В	0,6	0,09	0,054	0,19
Дефектувальна	Дефектоскоп УД-12	0,2	0,1	0,02	0,07

Токарна	Токарний станок 16К-20Ф3	11	0,15	1,65	5,70
Наплавлювальна	Наплавлювальна установка з ЧПК	23	0,22	5,06	17,46
Термічна	Індукційна пч ВЧГ-3-160/0,066	2,4	0,21	0,504	1,74
Правильна	Правильний прес	2,3	0,12	0,276	0,95
Токарна	Токарний станок 16К-20Ф3	11	0,15	1,65	5,70
Термічна	Індукційна пч ВЧГ-3-160/0,066	2,4	0,21	0,504	1,74
Фрезерувальна	Фрезерувальний верстат 6Т104	3	0,12	0,36	1,24
Шліфувальна	Круглошліфувальний універсальний станок 3М151Е	2,2	0,08	0,176	0,61
Шліфувальна	Круглошліфувальний універсальний станок 3М151Е	2,2	0,06	0,132	0,46
Контрольна	Дефектоскоп УД-12	0,1	0,1	0,02	0,07
Всього					35,93

Інші витрати $V_{ін}$ охоплюють: витрати на управління організацією, оплата службових відряджень, витрати на утримання, ремонт та експлуатацію основних засобів, витрати на опалення, освітлення, водопостачання, охорону праці тощо.

Інші витрати I_v можна прийняти як (100...300)% від суми основної заробітної плати розробників та робітників, які виконували дану роботу, тобто

$$V_{ін} = (1..3) \cdot (3_o + 3_p). \quad (4.8)$$

$$V_{ін} = 1,2 \cdot (18766,19 + 67,81) = 18834,00 \text{ грн.}$$

Підсумовуємо всі попередні витрати та визначаємо їх загальну суму. Всі дані заносимо до таблиці 4.12.

Таблиця 4.12 – Витрати

Статі витрат	Сума, грн.
Основна заробітна плата розробників	18766,19
Основна заробітна плата робітників	67,81
Додаткова заробітна плата	1883,40
Нарахування на заробітну плату	4557,83

Амортизація обладнання, комп'ютерів та приміщень	1304,17
Витрати на матеріали	70,35
Витрати на комплектуючі	5060,00
Витрати на бренд комплектуючі	2925,00
Витрати на силову електроенергію	35,93
Інші витрати	18834,00
Всього	53504,70

2-й етап. Розрахунок загальних витрат на виконання даної роботи. Загальна вартість всієї наукової роботи $B_{заг}$ визначається за формулою 4.9:

$$B_{заг} = \frac{B}{\alpha} \text{ [грн]},$$

(4.9)

де α – частка витрат, які безпосередньо здійснює виконавець даного етапу роботи, у відносних одиницях.

Підставивши дані у формулу, отримаємо:

$$B_{заг} = \frac{53504,70}{0,8} = 66880,88 \text{ (грн)}.$$

3-й етап. Проведемо прогнозування загальних витрат ЗВ на виконання та впровадження результатів виконаної наукової роботи. Прогнозування здійснюється за формулою 4.10:

$$ЗВ = \frac{B_{заг}}{\beta} \text{ [грн]},$$

(4.10)

де β – коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання даної роботи.

Так, якщо розробка знаходиться:

- на стадії науково-дослідних робіт, то $\beta \approx 0,1$;
- на стадії технічного проектування, то $\beta \approx 0,2$;
- на стадії розробки конструкторської документації, то $\beta \approx 0,3$;
- на стадії розробки технологій, то $\beta \approx 0,4$;
- на стадії розробки дослідного зразка, то $\beta \approx 0,5$;
- на стадії розробки промислового зразка, $\beta \approx 0,7$;
- на стадії впровадження, то $\beta \approx 0,9$.

$$ЗВ = \frac{66880,88}{0,4} = 167202,18 \text{ (грн)}.$$

Отже, прогноз загальних витрат на виконання та впровадження результатів становить 167202,18 грн.

4.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

Спрогнозуємо вигоду яку можна отримати у майбутньому від впровадження результатів виконаної наукової роботи.

Всі зроблені розрахунки будуть приблизними та не передбачають деталізації.

В умовах ринку узагальнюючим позитивним результатом від впровадження результатів тієї чи іншої розробки, є збільшення чистого прибутку підприємства. Зростання чистого прибутку можна оцінити у теперішній вартості грошей.

Зростання чистого прибутку забезпечить підприємству надходження додаткових коштів, які дозволять покращити фінансові результати діяльності.

У даному випадку не можливо прямо оцінити зростання чистого прибутку підприємства від впровадження результатів наукової розробки. Тоді збільшення чистого прибутку підприємства $\Delta\Pi_i$ і для кожного із років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки, розраховується за формулою 4.11:

$$\Delta\Pi_i = \sum_{i=1}^n (\Delta\Pi_o \cdot N + \Pi_o \cdot \Delta N)_n \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\nu}{100}\right) \quad (4.11)$$

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;

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

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

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

λ – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість. У 2020 р. ставка податку на додану вартість складає 20%, а коефіцієнт $\lambda = 0,8333$;

ρ – коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту, рекомендується приймати 0,2 – 0,3;

ν – ставка податку на прибуток. У 2020 році $\nu = 18\%$.

В результаті впровадження зразка наукової розробки покращується якість певного продукту, що дозволяє підвищити ціну його реалізації на 280 грн. Кількість одиниць реалізованої продукції також збільшиться: протягом першого року – на 420 шт., протягом другого року – ще на 270 шт., протягом третього року – ще на 250 шт.

Реалізація продукції до впровадження результатів наукової розробки складала 570 шт., а її ціна – 16800 грн.

Розрахуємо збільшення чистого прибутку підприємства від впровадження результатів наукової розробки у кожному році відносно базового.

Збільшення чистого прибутку підприємства $\Delta \Pi_1$ протягом першого року складе:

$$\Delta \Pi_1 = [570 \cdot 16800 + (16800 + 280) \cdot 420] \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 2861275,54 \text{ грн}$$

н).

Збільшення чистого прибутку підприємства $\Delta \Pi_2$ протягом другого року складе:

$$\Delta \Pi_2 = [570 \cdot 16800 + (16800 + 280) \cdot (420 + 270)] \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 3649059,03 \text{ (грн)}.$$

Збільшення чистого прибутку підприємства $\Delta \Pi_3$ протягом третього року складе:

$$\Delta\Pi_3 = [570 \cdot 16800 + (16800 + 280) \cdot (420 + 270 + 250)] \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 1.4378488,20 \text{ (грн)}.$$

Отже, розрахунки показують, що комерційний ефект від впровадження розробки виражається у щорічному збільшенні чистого прибутку підприємства протягом трьох років.

4.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

Розрахований комерційний ефект від можливого впровадження розробки ще не означає, що ця розробка реально буде впроваджена.

Якщо збільшення прогнозованого прибутку від впровадження результатів наукової розробки є вигідним для підприємства, то це ще не означає, що інвестор погодиться фінансувати дану розробку. Інвестор погодиться вкласти кошти у реалізацію даної наукової розробки тільки за певних умов.

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

Розрахунок ефективності вкладених інвестицій передбачає проведення таких робіт [12]:

1-й крок. Розрахунок теперішньої вартості інвестицій PV , що вкладаються в наукову розробку. Такою вартістю ми можемо вважати прогнозовану величину загальних витрат ZB на виконання та впровадження результатів НДР, розраховану за формулою (4.9), тобто будемо вважати, що $ZB = PV = 167202,18$ (грн).

2-й крок. Розрахунок очікуваного збільшення прибутку $\Delta\Pi_i$, яке отримає підприємство від впровадження результатів наукової розробки, для кожного із років, починаючи з першого року впровадження. Таке збільшення прибутку також було розраховане нами раніше за формулами (4.10).

3-й крок. Для спрощення подальших розрахунків будують вісь часу, на яку наносять всі платежі (інвестиції та прибутки), що мають місце під час виконання науково-дослідної роботи та впровадження її результатів.

Припустимо, що загальні витрати ZB на виконання та впровадження результатів НДР (або теперішня вартість інвестицій PV) дорівнюють

167202,18 грн. Результати вкладених у наукову розробку інвестицій почнуть виявлятися через три роки. У першому році підприємство отримає збільшення чистого прибутку на 2861275,54 грн відносно базового року, в другому році – збільшення чистого прибутку на 3649059,03 грн (відносно базового року), у третьому році – збільшення чистого прибутку на 4378488,20 грн (відносно базового року).

Тоді рух платежів (інвестицій та додаткових прибутків) буде мати вигляд, наведений на рисунку 4.1.



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

4-й крок. Розраховують абсолютну ефективність вкладених інвестицій $E_{\text{абс}}$.

Для цього використовуємо формулу 4.12:

$$E_{\text{абс}} = (\text{ПП} - \text{PV}) \text{ [грн]}, \quad (4.12)$$

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

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

У свою чергу, приведена вартість всіх чистих прибутків ПП розраховується за формулою 4.13:

$$\text{ПП} = \sum_1^m \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^t} \text{ [грн]}, \quad (4.13)$$

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

t – період часу, протягом якого 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 0,1;

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

$$ПП = \frac{2861275,54}{(1+0.1)^4} + \frac{3649059,03}{(1+0.1)^5} + \frac{4378488,20}{(1+0.1)^6} = 6698589,32 \text{ (грн)}.$$

$$E_{\text{абс}} = 6698589,32 - 167102,13 = 6531387,20 \text{ грн}.$$

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

5-й крок. Розраховуємо відносну (щорічну) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій E_v за формулою 4.14:

(4.14)

$$E_v = \sqrt[\tau_{\text{ж}}]{1 + \frac{E_{\text{абс}}}{PV} - 1},$$

де $E_{\text{абс}}$ – абсолютна ефективність вкладених інвестицій, грн;

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

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

Далі, розрахована величина E_v порівнюється з мінімальною (бар'єрною) ставкою дисконтування $\tau_{\text{мін}}$, яка визначає ту мінімальну дохідність, нижче за яку інвестиції вкладатися не будуть. У загальному вигляді мінімальна (бар'єрна) ставка дисконтування $\tau_{\text{мін}}$ визначається за формулою 4.15:

$$\tau = d + f, \quad (4.15)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; $d = (0,14...0,2)$;

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

Якщо величина $E_v > \tau_{\text{мін}}$, то інвестор може бути зацікавлений у фінансуванні даної наукової розробки. В іншому випадку фінансування наукової розробки здійснюватися не буде.

Спрогнозуємо величину $\tau_{\text{мін}}$. Припустимо, що за даних умов

$$\tau_{\text{мін}} = 0,2 + 0,05 = 0,25.$$

Тоді відносна (щорічна) ефективність вкладних інвестицій в проведення наукових досліджень та впровадження їх результатів складе:

$$E_v = \sqrt[3]{1 + \frac{6531387,20}{167202,13}} - 1 = 3,42 - 1 = 2,42 \quad \text{або } 242\%$$

Оскільки величина E_v , що дорівнює 242% більша від $\tau_{\text{мін}}$, яка складає 25%, то інвестор буде зацікавлений у фінансуванні даної наукової розробки.

6-й крок. Розраховуємо термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій. Термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій $T_{\text{ок}}$ можна розрахувати за формулою 4.16:

$$T_{\text{ок}} = \frac{1}{E_v} \quad (4.16)$$

Якщо $T_{\text{ок}} < 3 \dots 5$ -ти років, то фінансування даної наукової розробки в принципі є доцільним. В інших випадках потрібні додаткові розрахунки та обґрунтування.

Для нашої розробки термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій $T_{\text{ок}}$ складе:

$$T_{\text{ок}} = \frac{1}{2,42} = 0,42 \quad (\text{року}).$$

Оскільки, $T_{\text{ок}}$ є меншим трьох років, фінансування даної наукової розробки вважається доцільним.

4.5 Висновки до четвертого розділу

Розглянувши різні методи відновлення та врахувавши їхні позитивні та негативні сторони можна зробити висновок - як метод, що дозволить розв'язати поставлену задачу по відновленню деталі «Вал циліндричного редуктора» можна використовувати метод наплавлення в середовищі захисних газів.

В даному розділі було виконано оцінювання комерційного потенціалу розробки. Проведено технологічний аудит з залученням трьох незалежних експертів. Визначено, що рівень комерційного потенціалу розробки вище середнього. Було розраховані витрати на НДР. До витрат включають: основна та додаткова заробітна плата наукових співробітників та робітників, нарахування на заробітну плату, витрати на амортизацію приміщення та обладнання, витрати на комплектуючі та електроенергію, а також інші витрати. На основі цих статей було отримано загальні витрати на виконання НДР.

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

Наступним етапом було проведено розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності. Побудована фіксація платежів на осі часу, розраховано абсолютна та відносна ефективність вкладених інвестицій, а також термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій.

За попереднім аналізом та отриманими розрахунками вкладення інвестицій у розробку можна вважати вигідною. Тому продукт може бути конкурентним на ринку, попит на покращений продукт зростає, а завдяки покращенню його характеристик ціна також може бути збільшена. Завдяки цьому підприємство буде мати позитивну динаміку росту прибутку у найближчих роках після впровадження розробки. Абсолютна ефективність вкладених інвестицій перевищує нуль, що вказує на позитивний результат від вкладення інвестицій. Відносна ефективність вкладених інвестицій перевищує мінімальну ставку дисконтування. Окупність даної розробки складає менше року.

Отже, впровадження розробки на підприємстві дозволить отримати позитивний економічний ефект.

Отримані показники свідчать про високий рівень дохідності для інвестора і підтверджують доцільність впровадження технологічного процесу відновлення деталі «Вал циліндричного редуктора».

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Аналіз умов праці

На ділянці відновлення робочих поверхонь валу циліндричного редуктора діють шкідливі і небезпечні фактори фізичної, психофізіологічної груп [20].

Фізичні небезпечні і шкідливі виробничі фактори: рухомі машини і механізми, рухомі частини виробничого обладнання, вироби які переміщуються - заготовки, матеріали, підвищена температура поверхонь обладнання і матеріалів; підвищена або понижена температура повітря робочої зони; підвищений рівень шуму та вібрації на робочому місці; підвищена або понижена вологість повітря; відсутність достатньої кількості природного світла; недостатнє освітлення робочої зони; гострі кромки, заусенці і шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів, обладнання.

Хімічні шкідливі і небезпечні виробничі фактори, що проникають в організм людини через органи дихання, шкіряні покриви та слизисту оболонку: токсичні; подразнюючі.

Психофізіологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори: а) фізичні перевантаження: статичні; динамічні; б) нервово - психічні перевантаження; - монотонність праці.

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

5.2.1. Мікроклімат.

Інтенсивність теплового випромінювання, не повинна перевищувати 100 Вт/м при опроміненні не більше 25% поверхні тіла.

Оптимальні і допустимі показники температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень повинні відповідати значенням вказаним в таблиці 5.1.

Вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони, окисів металу та випарів ЗОР, не повинен перевищувати граничне допустимих концентрацій (ГДК), які використовуються при проектуванні виробничих приміщень (будівель), обладнання, технологічних процесів, вентиляції, для контролю за якістю виробничого осередку і вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони підлягає періодичному контролю, для запобігання можливості перевищення

граничне допустимих концентрацій.

Внаслідок роботи інструменту та обладнання при більшості операцій механічної обробки виникає виробничий пил, який може викликати професійні захворювання. Крім захворювань запиленість викликає підвищення зношування поверхонь тертя. Головним засобом боротьби з пилом та шкідливими речовинами є вентиляція. В нашому цеху використовуємо природну та механічну вентиляцію. При природній вентиляції повітрообмін проходить за рахунок різниці температур повітря в приміщенні і зовні, а також в результаті дії швидкості повітря. В якості природної вентиляції використовуємо неорганізовану вентиляцію, при якій постування і видалення повітря проходить через нещільності і пори зовнішніх огорожень, через вікна. В якості механічної використовуємо приточно-витяжну вентиляцію, яка забезпечує видалення шкідливих речовин і подачу в цех чистого повітря.

Перепад температури повітря по висоті робочої зони при всіх категоріях робіт допускається до 3°C [42].

Таблиця 5.1 – Показники мікроклімату

Період робіт	Категорія робіт	Температура, °C				Відносна вологість %		Швидкість руху повітря, м/хв		
		допуст.				оптим.	допуст.	оптим.	допуст.	
		в.м.	н.м.	в.м.	н.м.					
		На робочих місцях								
оптим.	постійні	не постійні	постійні	не постійні	оптим.	допуст.	оптим.	допуст.		
Холодний	ІІб	17-19	21	23	15	13	40-60	75	0,2	0,4
Теплий	ІІб	20-22	27	29	16	15	40-60	70	0,3	0,2-0,5

5.2.2. Виробниче освітлення

Виробничі приміщення промислових підприємств по задачах зорових робіт відносяться до першої групи приміщень, в яких відбувається розпізнавані об'єктів зорової роботи при фіксованому напрямку лінії зору працюючих і робочу поверхню.

Характеристика зорових робіт - високої точності (розміри об'єкт розпізнавання 0,3-0,5 мм) - розряд зорових робіт – ІІ в;

Природне освітлення (КПО_п, e_n^{III} , %);

при боковому освітленні $e_n^{\text{III}} = 2,5\%$.

Суміщене освітлення - при боковому освітленні, $e_n^{\text{III}} = 1,5\%$.

$$e_n^{\text{IV}} = e_n^{\text{III}} \cdot m \cdot c, \quad (5.1)$$

де e_n^{III} – значення коэф. природного освітлення в III поясі світлового клімату;

m – коефіцієнт світлового клімату;

c – коефіцієнт сонячності клімату.

Природне освітлення: $e_n^{\text{IV}} = 2,5 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 1,68 \%$.

При виконанні робіт IIв розряду слід приймати систему комбінованого освітлення $E=2000$ лк.

Освітлення робочої поверхні, що здійснюється світильниками загального освітлення в системі комбінованого повинно складати 10% від тієї, що нормується для комбінованого освітлення при тих джерелах світла, що використовується для місцевого освітлення (лампи розжарювання).

При цьому найменші і найбільші значення освітленості від світла загального освітлення в системі комбінованого приймаємо для люмінесцентних ламп:

- найбільша 500 лм;
- найменша 150 лм.

Для загального освітлення в системі комбінованого слід передбачити газорозрядні лампи, незалежно від типу джерела світла місцевого освітлення.

Для загального освітлення слід приймати мінімальну нерівномірність освітленості в зоні розташування робочих місць, при цьому відношення максимальної освітленості до мінімальної не повинна перевищувати для робіт II розряду при люмінесцентних лампах – 1,5.

Освітлення проходів і дільниць, де роботи не виконуються повинно складати - 25% освітлення, що створюється світильниками загального освітлення на робочому місці, але не менше 75 лк.

Показник засліпленості для світильників загального освітлення в приміщеннях не повинен перевищувати - 20.

Аварійне освітлення передбачається якщо відключення робочого освітлення може викликати:

- порушення норм обслуговування обладнання;
 - тривале порушення технологічного процесу;
 - порушення роботи установок вентиляції і кондиціонування повітря для виробничих приміщень.

5.2.3. Виробничий шум

Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях в виробничих приміщеннях і на територіях підприємств представлені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Нормування значень рівнів шуму

Рівень звукового тиску, дБ, в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц.									Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку, дБ(А)
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

В якості акустичних засобів захисту від шуму застосовуються:

- звукопоглинаючі обшивки на редукторах приводів - корпус коробки швидкостей;
- звукоізоляція каналів витяжної вентиляції багатошаровими перегородками,
- звукоізолюючі кожухи на клинопасових передачах. Коли ці засоби виявляються не ефективними, потрібно використовувати засоби індивідуального захисту від шуму: шлеми, беруші.

5.2.4. Виробничі вібрації

Санітарні норми одночислових показників вібраційного навантаження оператора для довговічності зміни вісім годин приведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Категорія вібрації по санітарним нормам і критерії оцінки

Категорія вібрації і критерій оцінки	Характеристика умов праці	Приклад джерел вібрації
3 тип "а" границя зниження продуктивності праці	Тех. вібрація, що впливає на операторів стаціонарних машин і обладнання	Верстати, вентилятори, електрообладнання

Таблиця 5.4 – Санітарні норми одночислових показників вібраційного навантаження на оператора для зміни в 8 год.

Вид вібрації	Категорія вібрації по сан нормам	Напрямок дії	Нормативні і кореговані частоти і еквівалентні кореговані значення			
			Віброприскорення		Віброшвидкість	
			мс ²	дБ	мс	дБ
локальна	-	X ₁ Y ₁ Z ₁	2,0	126	2,0	112
загальна	3 тип „а”	Z ₃ Y ₃ X ₃	0,1	100	0,2	90

Якщо вище наведенні норми не забезпечуються то застосовують методи колективного захисту, що знижують параметри вібрації у напрямку її поширення.

5.3 Організаційно – технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи

5.3.1 Електробезпека

В цехах існує небезпека ураження, так як в механічних цехах експлуатується обладнання, з використанням електричного струму високої напруги. В даному приміщенні наявні такі небезпечні фактори: наявність струмопровідних основ; можливість одночасного дотику людини до металоконструкції які мають з'єднання з землею будівель, технологічних апаратів, допоміжних механізмів з одного боку і до металічних корпусів електрообладнання з іншого.

Електрообладнання живиться від трифазних чотири-провідних мереж з заземленою нейтраллю споживчого трансформатора напругою до 1000 В (380/220В).

Виходячи з вище перелічених факторів і згідно [41], це приміщення можна класифікувати як приміщення особливо небезпечні. Тому для захисту обслуговуючого персоналу згідно [19] вибираємо такі спосіб захисту, як занулення та захисне заземлення.

На випадок обриву нульовий провід повторно заземлюється через кожних 2 метрів та перед вводом в будівлю.

5.4 Пожежна безпека

Згідно ОНТП 24-86 виробництво на даній ділянці відноситься до категорії "Д", яка характеризується наявністю тільки негорючих матеріалів і речовин в холодному стані.

По ступеню вогнестійкості дана ділянка відноситься до II-го ступеню вогнестійкості, в якому приміщення з несучими і огорожуючими конструкціями виконано з природного або штучного матеріалу - бетону чи залізобетону.

Таблиця 5.5 – Мінімальні межі вогнестійкості приміщення

Максимальна границя вогнестійкості / максимальна границя							
Стіни				Колони	Ланди балкони	Ланди перекриття	Ланди покриття
Несучі	Самонеучі	Зов. несучі	Внут. несучі				
2/0	1/0	0,25/0	0,25/0	2/0	1/0	1,75/0	0,5/0

При розміщенні в одному будинку технічних процесів з різною вибухопожежонебезпекою слід передбачити засоби по попередженню вибуху і пожежі. Такі приміщення необхідно відділяти одне від одного, а також від коридорів протипожежними перегородками слідує типів: в будівлі I ступеня вогнестійкості - протипожежними перегородками і перекриттями. Відстань до евакуаційних виходів для категорії приміщення I ступеня вогнестійкості не обмежуються густиною людського потоку в загальному проході. Кількість евакуаційних виходів слід приймати не менше 2. при проектуванні виробничого приміщення передбачаємо безпечну евакуацію людей на випадок виникнення пожежі у відповідності з [43]: висота від підлоги до низу виступаючих конструкцій повинна бути не менше 2,2 м, висота від підлоги до низу виступаючих частин комунікацій і обладнання в місцях регулярного знаходження людей і на шляхах евакуації - не менше 2 м.

Для запобігання пожеж в цеху необхідно провести ряд заходів безпеки, а саме:

- встановити пожежні сповісники;
- проводити своєчасні профілактичні огляди і випробування обладнання;

оснащення діляниць засобами пожежегасіння, встановити новий комплект пожежного щита, забезпечити вільний доступ до пожежного інвентаря.

Таблиця 5.6 – Ступінь вогнестійкості, допустиме число поверхів і площа поверху в відсіку

Категорія будівлі або відсіку	Допустиме число поверхів	Ступінь вогнестійкості	Площа поверху		
			одноповерхових	Багатоповерхових	
				На 2 поверхи	3 і більше
Д	6	І	Не обмежується		

Таблиця 5.7 Відстань від найбільш віддаленого робочого місця до виходу з приміщення

Категорія приміщення	Об'єм приміщення	Ступінь вогнестійкості будівлі	Відстань, (м) при щільності людського потоку в загальному проході, чол/м ²		
			До 1	Більше 1 до 3	Більше 3 до 5
Д	Незалежно від об'єму	ІІІ	не обмежується		

5.5 Безпека в надзвичайних ситуаціях

5.5.1 Дія іонізуючих випромінювань на людей

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

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

організму. Це призводить до порушення обмінних процесів, пригніблення ферментних і окремих функціональних систем, тобто порушення життєдіяльності всього організму.

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

5.5.2 Розрахунок режимів радіаційного захисту

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

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

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

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

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

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

забруднення;

$K_{noc}=12$ – коефіцієнт послаблення радіації виробничим приміщенням.

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

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

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

Розрахунок режимів радіаційного захисту проведемо в такій послідовності.

Для кожної зміни визначимо час початку робочої зміни ($t_{п1}$), час кінця робочої зміни ($t_{к1}$), тривалість роботи зміни ($t_{р1}$) та можливу дозу опромінення (D_M).

Визначаємо час початку роботи першої зміни, для цього знаходимо коефіцієнт α :

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

Згідно довідникових даних час початку роботи першої скороченої зміни $t_{п1}=1$ год.

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

Час закінчення роботи зміни

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

Тривалість роботи зміни $t_{р1} = t_{к1} - t_{п1} = 7 - 1 = 6$ год.

Можлива доза опромінення зміни (аналогічно (5.6))

$$D_{п1} = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot (\sqrt[4]{t_{k1}^3} - \sqrt[4]{t_{n1}^3})}{K_{\text{носл}}} = \frac{1,33 \cdot 2 \cdot (\sqrt[4]{7^3} - \sqrt[4]{1^3})}{12} = 0,746 \text{ мР}$$

Для 2-ї зміни: $t_{п2} = t_{п1} + t_{р1} = 1 + 6 = 7$ год.

Час закінчення роботи зміни (аналогічно (5.9))

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

Тривалість роботи зміни $t_{р2} = t_{k2} - t_{п2} = 15 - 7 = 8$ год.

Можлива доза опромінення зміни (аналогічно (5.6))

$$D_{м2} = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot (\sqrt[4]{t_{k2}^3} - \sqrt[4]{t_{п2}^3})}{K_{\text{носл}}} = \frac{1,33 \cdot 2 \cdot (\sqrt[4]{15^3} - \sqrt[4]{7^3})}{12} = 0,75 \text{ мР}$$

Для 3-ї зміни: $t_{п3} = t_{п2} + t_{р2} = 7 + 8 = 15$ год.

Час закінчення роботи зміни (аналогічно (5.5))

$$t_{k3} = \left(\frac{D_{\text{доп}} \cdot K_{\text{носл}} + 1,33 \cdot p_{1\max} \cdot \sqrt[4]{t_{п3}^3}}{1,33 \cdot p_{1\max}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,75 \cdot 12 + 1,33 \cdot 2 \cdot \sqrt[4]{15^3}}{1,33 \cdot 2} \right)^{\frac{4}{3}} = 24,6 \approx 24 \text{ год}$$

Тривалість роботи зміни $t_{р3} = t_{k3} - t_{п3} = 24 - 15 = 9$ год.

Можлива доза опромінення зміни (аналогічно (5.2))

$$D_{м3} = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot (\sqrt[4]{t_{k3}^3} - \sqrt[4]{t_{п3}^3})}{K_{\text{носл}}} = \frac{1,33 \cdot 2 \cdot (\sqrt[4]{24^3} - \sqrt[4]{15^3})}{12} = 0,74 \text{ мР}$$

Для 4-ї зміни: $t_{п4} = t_{п3} + t_{р3} = 15 + 9 = 24$ год.

Час закінчення роботи зміни (аналогічно (5.6))

$$t_{k4} = \left(\frac{D_{\text{доп}} \cdot K_{\text{носл}} + 1,33 \cdot p_{1\max} \cdot \sqrt[4]{t_{п4}^3}}{1,33 \cdot p_{1\max}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,75 \cdot 12 + 1,33 \cdot 2 \cdot \sqrt[4]{24^3}}{1,33 \cdot 2} \right)^{\frac{4}{3}} = 34,16 \approx 34 \text{ год}$$

Тривалість роботи зміни $t_{р4} = t_{k4} - t_{п4} = 34 - 24 = 10$ год.

Можлива доза опромінення зміни (аналогічно (5.6))

$$D_{M4} = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot \left(\sqrt[4]{t_{k4}^3} - \sqrt[4]{t_{n4}^3} \right)}{K_{\text{носл}}} = \frac{1,33 \cdot 2 \cdot \left(\sqrt[4]{34^3} - \sqrt[4]{24^3} \right)}{12} = 0,748 \text{ мР}$$

Для 5-ї зміни: $t_{п5} = t_{п4} + t_{р4} = 24 + 10 = 34$ год.

Час закінчення роботи зміни (аналогічно (5.6))

$$t_{k5} = \left(\frac{D_{\text{дон}} \cdot K_{\text{носл}} + 1,33 \cdot p_{1\max} \cdot \sqrt[4]{t_{п5}^3}}{1,33 \cdot p_{1\max}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,75 \cdot 12 + 1,33 \cdot 2 \cdot \sqrt[4]{34^3}}{1,33 \cdot 2} \right)^{\frac{4}{3}} = 45,37 \approx 45 \text{ год}$$

Тривалість роботи зміни $t_{р5} = t_{к5} - t_{п5} = 45 - 34 = 11$ год.

Можлива доза опромінення зміни (аналогічно (5.2))

$$D_{M5} = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot \left(\sqrt[4]{t_{k5}^3} - \sqrt[4]{t_{п5}^3} \right)}{K_{\text{носл}}} = \frac{1,33 \cdot 2 \cdot \left(\sqrt[4]{45^3} - \sqrt[4]{34^3} \right)}{12} = 0,7494 \text{ мР}$$

Для 6-ї зміни: $t_{п6} = t_{п5} + t_{р5} = 34 + 11 = 45$ год.

Час закінчення роботи зміни (аналогічно (5.10))

$$t_{k6} = \left(\frac{D_{\text{дон}} \cdot K_{\text{носл}} + 1,33 \cdot p_{1\max} \cdot \sqrt[4]{t_{п6}^3}}{1,33 \cdot p_{1\max}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,75 \cdot 12 + 1,33 \cdot 2 \cdot \sqrt[4]{45^3}}{1,33 \cdot 2} \right)^{\frac{4}{3}} = 56,87 \approx 57 \text{ год}$$

Тривалість роботи зміни $t_{р6} = t_{к6} - t_{п6} = 57 - 45 = 12$ год.

Можлива доза опромінення зміни (аналогічно (5.2))

$$D_{M6} = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot \left(\sqrt[4]{t_{k6}^3} - \sqrt[4]{t_{п6}^3} \right)}{K_{\text{носл}}} = \frac{1,33 \cdot 2 \cdot \left(\sqrt[4]{57^3} - \sqrt[4]{45^3} \right)}{12} = 0,768 \text{ мР}$$

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

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Для вибору раціонального способу за критерієм економічності проведено порівняння вартості декількох варіантів відновлення валу. При цьому перевага віддана варіантові з більш низьким значенням показника вартості. За показник вартості прийнято собівартість відновлення з урахуванням оптимальної товщини матеріалу, що наноситься та глибина дефектного шару.

2. Дослідження проведені на зразках зі сталі 40X показали, що при наплавленні їх електродним дротом Нп-30ХГСА діаметром 1,2 мм в середовищі CO_2 , з додаванням у зону сплавлення вуглецю у вигляді нитки марки УК-30 ТУ6-06-И78-85, відбулося науглецювання поверхні зразка на глибину 0,2...0,4 мм, що підтверджують дюрOMETричні дослідження. Відбулося утворення високовуглецевого наплавленого шару з утворенням ледебуритної структури з максимальною твердістю. Мікроскопічні дослідження виявили наступну структуру: Перліт + Ледебуритний цементит + Ледебурит.

2. Розроблений мундштук для наплавлення в CO_2 :

- знижує втрати потужності та нагрів обладнання, стабілізує параметри наплавлених валиків та понижує розбрикування металу із зварної ванни;
- створює ламінарний потік захисного газу при перепаді тиску в системі $0,7 \cdot 10^5$ Па.

3. Проведений аналіз існуючих технологічних процесів відновлення деталей типу «вал» показав, що в результаті роботи валу виникає пошкодження шийок під підшипники та зношування шпонкових пазів. Середній знос 0,25-0,45 мм, що вимагає відновлення до номінального або ремонтного розміру. Як показує досвід, в процесі відновлення в одному технологічному циклі в різній послідовності виконується операції нагріву, деформації і охолодження деталі.

4. На основі проведення дефектування деталі розроблено технологічний процес відновлення зношених поверхонь валу, визначено кількість переходів, припуски та розрахунок режимів механічної обробки; режимів наплавлення на робочі поверхні.

5. Обґрунтовано обладнання для реалізації технологічного процесу;

6. Проведені розрахунки режимів наплавлення аналітичним методом відповідають рекомендаціям експертної програми «Наплавка» та підтвердили вибір наплавлювального дроту і розрахунки, які забезпечують високу продуктивність відновлення і зменшують трудомісткість та витрати часу.

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

8. Для реалізації процесу відновлення розроблено технічну документацію. Креслення деталі, ремонтне креслення та маршрутна карта технологічного процесу виконані за допомогою програми КОМПАС 3D.

9. Впровадження розробки на підприємстві дозволить отримати позитивний економічний ефект.

Отримані показники та термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій Т_о складе: 0,42 роки, що свідчать про високий рівень дохідності для інвестора і підтверджують доцільність впровадження технологічного процесу відновлення деталі «Вал циліндричного редуктора».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Большаков В.І. Прикладне матеріалознавство: Підручник для студентів вищих технічних навчальних закладів. 2-е вид., доп. і перероб./ Большаков В.І., Береза О.Ю., Харченко В.І. Під ред. д-ра техн. наук, проф. В.І. Большакова. – РВА «Дніпро-VAL»: 2000. – 290 с.
2. Борисов Ю.С. Газотермические покрытия из порошковых материалов. / Борисов Ю.С., Харламов Ю.А., Сидорченко С.Л., Ардатовская Е.Н./ - Киев: Наукова думка, 1987, 544 с.
3. Василик А.В. Теплові розрахунки при зварюванні / А.В. Василик, Я.А. Дрогомирецький, Я.А. Криць. – Івано-Франківськ: Факел, 2004. – 209с.
4. Восстановление и повышение износостойкости и срока службы деталей машин / Под ред. д.т.н., проф. В.С. Попова. – Мотор Сич, 2004. – 394 с.
5. Горбачевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А.Ф. Горбачевич, В.А. Шкред. – Минск : Выш. школа, 1983. – 243 с.
6. Гругурко І.О. Технологія машинобудування (дипломне проектування). Навчальний посібник./І.О. Григурко, М.Ф. Брендюля, С.М. Доценко – 2007р. –768 с.
7. ГОСТ 4543-88. Металлы. Методы испытаний на растяжение, – М.:Издательство стандартов, 1987 – 52с.
8. Дубинин Е.А. Совершенствование методов нормирования ремонтпригодности автотракторной техники/ Дубинин Е.А., Полянский А.С. // Автомобильный транспорт: Сб. науч. трудов, ХНАДУ, Вып. 16. – Харьков, 2005. – С. 103-105.
9. Довбыш В. М. Аддитивные технологии и изделия из металла / Довбыш В. М., Забеднов П. В., Зленко М. А. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : nam1.ru/upload/AT_metall.pdf
10. Козловський В. О. Методичні вказівки до виконання студентами-магістрантами економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт. – Вінниця: ВНТУ, 2012.
11. Козловський В. О. Економіка, організація виробництва та менеджмент в дипломних роботах. Навчальний посібник / В. О. Козловський– Вінниця : ВНТУ, 2004. – 94 с.

12. Козловський В. О. Інноваційний менеджмент. Практикум. / В. О. Козловський, О. Й. Лесько. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 166 с.
13. Молодык Н.В. Восстановление деталей машин; Справочник / Н.В. Молодык, А.С.Зенкин – М.: Машиностроение, 1989. – 480 с.
14. Металознавство: Підручник / О.М.Бялік, В.С.Черненко та ін. – 2-ге вид., перероб. і доп. – К.: ІВЦ "Видавництво <<Політехніка>>", 2002. – 384 с.
15. Мірошник В.О. Ремонт меліоративних, будівельних машин. Практикум.: навч. посібник / За ред. В.О.Мірошника – К.: Вища школа, 1995р.
16. Нефедов Н.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: Учеб. пособие для техникумов по предмету «Основы учения о резании металлов и режущий инструмент». 4-е изд., перераб. и доп. – М. Машиностроение, 1984. – 400 с.
17. Нанесення покриття : [навчальний посібник] / [В. М. Корж, В. Д. Кузнецов, Ю. С. Борисов, К. А. Ющенко] ; за редакцією академіка НАН України К. А. Ющенко – К. : Аристей, 2005. – 204 с.
18. Наплавлення: навч. посібник // Власов А.Ф., Кузнецов В.Д., Макаренко Н.О., Богущкий О.А. – Краматорськ, ДДМА, 2010. – 336с.
19. 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.
20. 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
21. Патон Б. Е. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением /Под ред. Б.Е.Патона . – М.: Машиностроение , 1974, 768 с.
22. Педос С. И. Теория формирования покрытий: Методы получения покрытий. учебн. пособ./ Педос С. И., Шугаев В. А. – М: Учеба, 2007. – 64 с.
23. Проектування технологічних процесів відновлення поверхонь : лабораторний практикум / Савуляк В. І., Шенфельд В. Й., Дусанюк Ж. П. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – 51 с.
24. Полянский А.С., Дубинин Е.А., Плетнев В.Н. Анализ и классификация показателей ремонтпригодности средств транспорта // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Тракторна енергетика в рослинництві: Зб. наук. праць, Вип. 60. – Харків, 2007. – С. 165- 169.

25. 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.
26. Савуляк В.І. Відновлення деталей автомобілів. Навчальний посібник / В.І. Савуляк, В.Т. Івацько. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 104 с.
27. Савуляк В. І. Магістерська кваліфікаційна робота. Загальні вимоги та рекомендації до її виконання : навчальний посібник. / В. І. Савуляк, О. П. Шиліна – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 64 с.
28. Савуляк В.І. Відновлення деталей автомобілів: Лабораторний практикум. / Савуляк В.І., Івацько В.Т. – Вінниця : ВНТУ, 2004. – 96 с.
29. Справочник технолога-машиностроителя: В 2-х. Т. Под. ред А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. 4-е изд. перераб и доп. – М. : Машиностроение 1985 – 656 с.
30. Техническое обслуживание, ремонт и хранение автотранспортных средств: Учебник: в 3 кн. – К.: Вища шк., 1992. – Кн.3. Ремонт автотранспортных средств // В.Е. Канарчук, А.Д. Чигиринец. – 495 с., ил.
31. Токаренко В.М. Технологія автодорожнього машинобудування та ремонту машин / В.М. Токаренко Київ: Вища школа - 1982 – 342 с.
32. Триботехническое материаловедение и триботехнология [Электронный ресурс]: Учебн. пособие [для студ. высш. учеб. зав.] / Н.Е. Денисова, В.А. Шорин, Н.Н. Гонтарь, Н.И. Волчихина, Н.С. Шорина. – Пенза: Пензенский гос. ун-т, 2006. – Adobe Acrobat 7.0 Document, 3,62 Мб. – Системні вимоги: Windows XP; MS Word 2003. – Назва з титул. екрана.
33. Хасуи А. Наплавка и напыление./ А. Хасуи, О. Моригаки / Пер. с яп. В.Н. Попова; под ред. В.С. Степина, Н.Г. Шестеркина – М. : Машиностроение, 1985 – 240 с.
34. 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.
35. Шиліна О.П. Газотермічні методи напилювання покриттів. Навчальний посібник./ О.П. Шиліна, А.Ю. Осадчук/ ВНТУ, 2006. – 103 с.
36. 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.

37. Yrafen W., Sdenhofer B. Acetylene low-pressure carburizing – a novel and superior carburizing technology. – Heat treatment progress, 1999, v.26, w. 4.

38. Тушинский Л. И. Исследование структуры и физико-механических свойств покрытий./ Л. И. Тушинский, А. В. Плохов -Новосибирск, Наука, 1986.– 216 с.

39. Тейбоши К. Влияние содержания углерода, хрома и термообработки на вязкость и износостойкость высокоуглеродистых легированных сталей/ К. Тейбоши, Дзайре то курсесу, 1989. –2.–№3.–849с.

40. www.festo.com.ua.

41. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. – Київ, 2000.

42. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – Київ, 2000.

43. ДНАОП 0.03-3.30-96. Державні стандартні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань.

ВНТУ, МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

ДОДАТКИ

Додаток А

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

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на магістерську кваліфікаційну роботу
ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ВАЛУ
ЦИЛІНДРИЧНОГО РЕДУКТОРА

08-27.МКР.001.00.090 ГЗ

Керівник: к.т.н., доцент каф. ГМ
_____ О.П. Шипіна
Виконав: ст.гр. 13В-19М
_____ І.О. Бондаренко

Вінниця 2020

Розробка технічного завдання на магістерську кваліфікаційну роботу

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

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

1 Назва та об'єкт проектування

Назва: : Підвищення якості відновлення робочих поверхонь валу циліндричного редуктора

Умовне позначення: 08-27.МКР.001.00.090 ТЗ

Вал циліндричного редуктора – одна із деталей редуктора транспортера, службове призначення якого полягає в забезпеченні передачі обертального руху між елементами пристрою.

Основні конструктивні елементи валу: опорні шийки, шийки під встановлення зубчатого колеса та приводної зірочки транспортера, пази під шпонку для кріплення зубчатого колеса та приводної зірочки, центрові отвори.

Вал переважно виготовляють із сталі 40Х. Поверхні опорних шийок і шийок під зубчате колесо та приводну зірочку загартовують на глибину $2 \div 3$ мм до твердості $HRC = 43-45$.

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

Габаритні розміри вала 245x60 мм. Конструкція валу та 3D модель показана на рисунку 3.2 та 3.3 відповідно.

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

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

2 Мета, завдання, призначення та джерела розробки

Розробка технологічного процесу проводиться на основі завдання на магістерську кваліфікаційну роботу згідно наказу ректора ВНТУ №214 від 25.09.20 р., складеного у відповідності до вимог навчального плану підготовки спеціалістів у ВНТУ, затвердженого кафедрою ГМ.

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

Метою роботи є підвищення якості відновлення робочих поверхонь валу циліндричного редуктора шляхом нанесення покриття на поверхні валу карбону в процесі наплавлення.

Задачі дослідження:

1. Оцінити спосіб відновлення «Вал циліндричного редуктора» за основними трьома критеріями: технологічним критерієм, довговічністю та економічної доцільності;
2. Дослідити вплив карбону на утворення структури при наплавленні деталі наплавочним дротом Нп-30ХГСА та його вплив на мікроструктуру перехідної зони наплавленого шару та структуру поверхневих шарів;
3. Спроекувати мундштук для наплавлення в CO_2 з метою стабілізації параметрів наплавлених валиків та створення ламінарного потоку захисного газу.
4. Розробити технологічний процес відновлення з використанням електродугового наплавлення, який забезпечує відновлення експлуатаційних характеристик робочих поверхонь.
5. Спроекувати устаткування з числовим програмним керуванням на базі вузлів Festo, що дозволяє проводити відновлення поверхонь деталей типу «вал»;
6. Розробити робоче місце для реалізації технологічного процесу відновлення деталі.

Джерелами розробки є:

- методика техніко-економічного обґрунтування роботи;
- методика проектування технологічного процесу відновлення деталей типу вала;
- методика модернізації та проектування конструкції технологічного обладнання;
- вимоги до комплекта документів “Єдина система конструкторської та технічної документації”;
- загальні правила розробки технологічних процесів і вибір засобів технологічного оснащення ГОСТ 14.301-83;
- ДЕСТ 14.305-93 – Правила вибору технологічної оснастки;
- технічна література, довідникові видання:

1. Савуляк В.І., Ремонт та відновлення деталей машин та апаратів. Методичні вказівки до виконання курсових проєктів / В.І. Савуляк. - Вінниця: ВНТУ [Електронний ресурс], 2009.

2. Гайдамак О. Л. Вузли та деталі ремонтного виробництва автотракторної техніки. – Навчальний посібник / О.Л. Гайдамак, В.І. Савуляк – Вінниця: УНІВЕРСУМ. 2005. – 92 с.

3. Горбацевич А.Ф. Курсовое проєктирование по технологии машиностроения / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. – Минск : Выш. школа, 1983. – 243 с.

4. Козловський В. О. Техніко-економічні обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проєктах і роботах. Навчальний посібник / В. О. Козловський – Вінниця: ВДТУ, 2003. – 75 с.

5. Козловський В. О. Інноваційний менеджмент. Практикум / В. О. Козловський, О. Й. Лесько. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 166 с.

6. Оснач О. Ф. Промисловий маркетинг: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / О. Ф. Оснач, В. П. Пилипчук, Л. П. Коваленко – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 364 с.

7. Савуляк В.І. Відновлення деталей автомобілів. Навчальний посібник / В.І. Савуляк, В.Т. Івацько. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 104 с.

8. Савуляк В. І. Магістерська кваліфікаційна робота. Загальні вимоги та рекомендації до її виконання : навчальний посібник. / В. І. Савуляк, О. П. Шиліна – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 64 с.

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

3 Технічні вимоги та економічні показники

3.1 Вимоги до загальної структури і послідовності проектування

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

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

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

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

3.2 Вихідні дані для технологічного проектування

Приймаємо наступні вихідні дані для технологічного проектування:

- річний обсяг ремонту валу циліндричного редуктора 800 шт,
- знос поверхонь, що відновлюються менше 0,5 мм, від робочого креслення.

3.3 Вимоги до рівня уніфікації та стандартизації

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

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

3.4 Вимоги до техніки безпеки та охорони навколишнього середовища

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

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

4 Стадії та етапи розробки

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

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

5 Порядок контролю та приймання

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

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

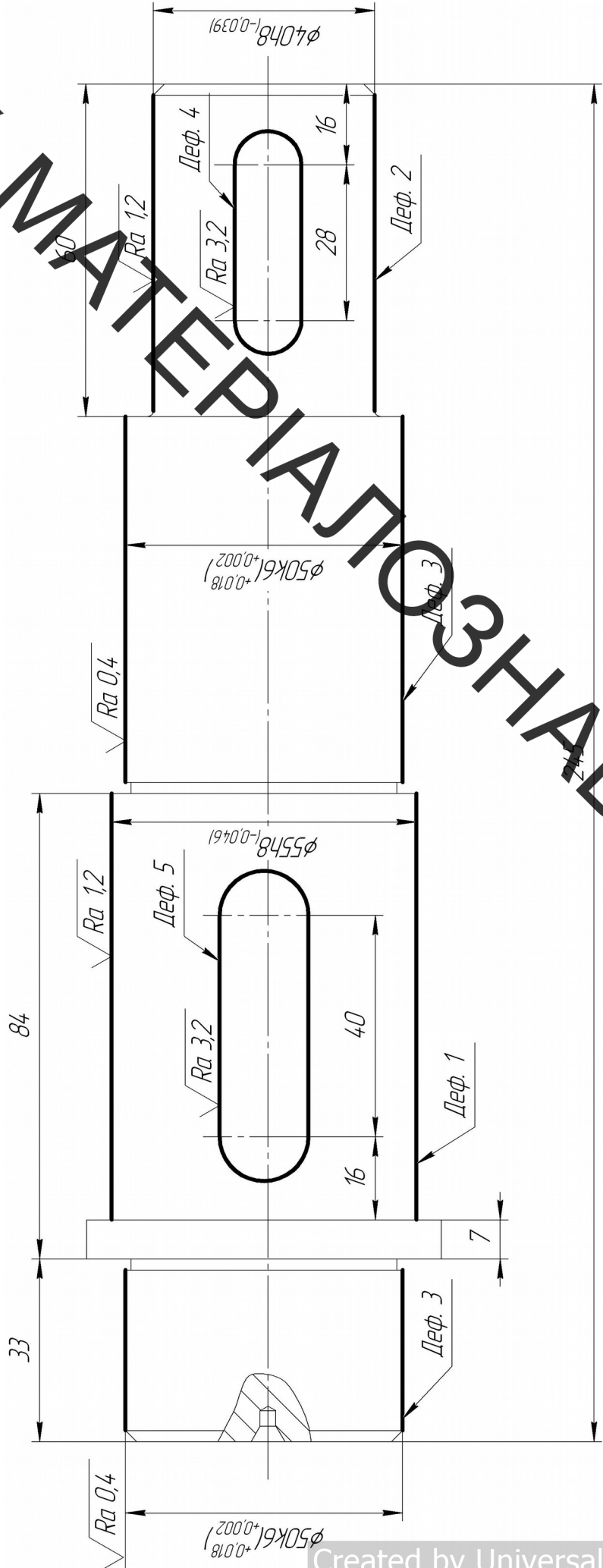
ВНТУ, МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

Додаток В

ВНТУ, МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

Дубл.															
Взам.															
Подп.															
				08-27.МКР.001.00.000											
ВНТУ				08-27.МКР.001.00.000											
				Вал											
				М			К			Р					
<p>Вінницький національний технічний університет Кафедра ГМ</p> <p>Керівник Шиліна О.П.</p> <p>КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ на технологічний процес відновлення робочих поверхонь вала редуктора транспортера</p> <p>Студент гр. ЗВ-19м Бондаренко І.О.</p>															
				08-27.МКР.001.00.000											
<p>Дубл.</p> <p>Взам.</p> <p>Подп.</p>															

08-27.МКР.001.00.000		08-27.МКР.001.00.000	
Розробив	Бондаренко І.О.	ВНТУ	
Перев.	Шиліна О.П.	Вал	
М.контр.			
Н. контр.	Шиліна О.П.		



Ескізна карта

Дубл.	
Взам.	
Подп.	

ГОСТ 3.1118 – 82 Форма 2

08-27.МКР.001.00.000										08-27.МКР.001.00.000									
Розроб. Бондаренко І.О.										ВНТУ									
Перев. Шиліна О.П.																			
М.контр.										Вал									
Н.контр. Шиліна О.П.																			
А Цех Уч. Опер. РМ Опер. Код, найменування операції										Позначення документа									
Б Код, найменування обладнання										СМ Проф Р УТ КР КОИД ЕН ОП К_шт Т_шт Т_шт									
Р Назва документа										Умовне позначення Жест Листів									
К/М Маршрутна карта ремонту										08-27.МКР.001.00.002 МК 2									
02 Операційна карта миття										08-27.МКР.001.00.003 ОК 6 1									
03 Операційна карта очистки										08-27.МКР.001.00.004 ОК 7 1									
04 Операційна карта дефектування										08-27.МКР.001.00.005 ОК 8 1									
05 Операційна карта наплавлювання										08-27.МКР.001.00.006 ОК 9 1									
08 Операційна карта точіння										08-27.МКР.001.00.007 ОК 10 1									
09 Операційна карта наплавлювання										08-27.МКР.001.00.010 ОК 11 1									
10 Операційна карта точіння										08-27.МКР.001.00.009 ОК 12 2									
11 Операційна карта фрезерування										08-27.МКР.001.00.010 ОК 14 1									
12 Операційна карта термічної обробки										08-27.МКР.001.00.011 ОК 15 1									
13 Операційна карта шліфування										08-27.МКР.001.00.012 ОК 16 2									
14 Операційна карта технічного контролю										08-27.МКР.001.00.013 ОК 18 1									
15 Відомість оснастки										08-27.МКР.001.00.014 ВО 19 1									
16																			
17																			
16																			
МК Відомість технологічної документації																			

Дубл.			
Взам.			
Подп.			

08-27.МКР.001.00.000										08-27.МКР.001.00.000												
Розроб.	Бондаренко І.О.										ВНТУ											
Перев.	Шиліна О.П.																					
М.контр.																						
Н.контр.	Шиліна О.П.																					
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, найменування операції					СМ	Проф	Р	УТ	КР	Позначення документа			Т _о	Т _{доп}	Т _{опт}	Т _{шир}	Т _{шик}
Б	Код, найменування обладнання																					
А 01	005 Мийна																					
Б 02	Струменева камерна машина ОМ-4610																					
А 03	010 Очисна																					
Б 04	Піскоструменева установка УПС-021																					
А 05	015 Дефектувальна																					
Б 06	Стіл контрольний																					
А 07	020 Наплавлювальна																					
Б 08	Установка з ЧПУ																					
А 08	025 Токарна																					
Б 09	Токарний верстат 16К20Ф3																					
МК																						

Взам. Подп.												08-27.МКР.001.00.000									
Розроб.		Бондаренко І О																			
ДуФ	Ферв.	Шиліна О.П.																			
Взам.																					
Поміконтр.																					
Н.контр.		Шиліна О.П.																			
А Цех		Уч. РМ				Опер.		Код, найменування операції										Позначення документа			
Розроб.		Бондаренко І О		наймавування обладнання		ВНТУ															
Перев.		Шиліна О.П.		ВНТУ																	
А 01		030 Налаштування																			
Б 02		Установка з цшу																			
Н.контр.		Шиліна О.П.																			
		Код, найменування операції																			
А 001		003 Машарна																			
Б 04		Токарний верстат 16К20Ф3																			
02		Токаря																			
А 01		Найменування деталі		040 Фрезерна чи матеріалу														Код, позначення			
Б 01		1. У стані, з фрезерувальним верстатом 6Т104,																			
Б 02		двигуна, пневматичний патрон																			
М 03		Мийний розчин «Лабомід».																			
А 07		045 Гермічна																			
Б 08		Індуктор, пірометр																			
Б 05																					
А 09		050 Шліфувальна																			
07																					
Р 08		Шліфувальний верстат 3М151Е, Центр 1-5-Н, абразивний круг 63С40ПВТ-ЧТК6,																			
Р 09		мікрометр, повідок звичайний.																			
О 10																					
А 01		055 Контрольна																			
Б 02		Стіл контрольний																			
М 03																					
14																					
ОК		Операційна карта миття																			

Дубл.																	
Взам.																	
Подл.																	
Розроб.	Бондаренко І.О.																08-27.МКР.001.00.000
Перев.	Шиліна О.П.																08-27.МКР.001.00.000
Н.контр.	Шиліна О.П.																
	Вал																
	Найменування операції																
	Наименование, марка материала																
	Сталь 40Х ГОСТ 4543-71																
	Обозначение ИОТ																
	№14-315																
Р	Контролируемые параметры	Код средств ТО	Наименование средств ТО	Объем и ПК	То/Тв												
01	1. $\text{Ø} 50_{+0,002}^{-0,018}$ мм, $\text{Ø} 40_{-0,039}$, $\text{Ø} 55_{-0,039}$		ШЦ-П ГОСТ 166-89, микродметр МК-50, МК-75 ГОСТ 1507-90	3,45	0,312												
02	2. Шорсткість оброб. поверхні		Зразки шорсткості поверхні ГОСТ 2789-73														
03	3. Відхилення від циліндричності		Пристріли контрольний														
04																	
05																	
06																	
07																	
08																	
09																	
10																	
11																	
12																	
14																	

Дубл.													
Взам.													
Подп.													
	08-27.МКР.001.00.000				08-27.МКР.001.00.000								
Розроб.	Бондаренко І.О.												
Перев.	Шиліна О.П.												
Н.контр.	Шиліна О.П.												
	Вал				ВНТУ								
01	Код, найменування операції 020 Наплавлення				Позначення документа НОТ №1875-82				МИ				
02	Обладнання				Код, найменування обладнання				Тд	То			
К/М	Найменування деталі, сб. одиниць чи матеріалу				Установка з ЧПК				0,76	1,9			
Р	Код, означення				ОПЧ				ОН	КИ	Нрасх.		
М03	Нп-30ХГСА				У				У	V	α_n	n	
04	Установ 1.												
О05	1. Установити деталь, закріпити, зняти												
О06	2. Заплавити поверхню 4 до Ø55 ^{-0,046} мм								145	26,8	6,4	12,7	0,7
Р07													
О08	3. Заплавити поверхню 5 до Ø40 ^{-0,039} мм								135	26,4	5,7	9,6	0,8
Р09													
О10													
Р11													
12													
О13													
О14													
Р15													
ОК	Операційна карта наплавлення												

Дубл.															
Взам.															
Подп.															
Розроб.	Бондаренко І.О.										08-27.МКР.001.00.000	1	1		
Перевір.	Шиліна О.П.					ВНТУ					08-27.МКР.001.00.000				
Н.контр.	Шиліна О.П.														
Найменування операції		Вал													
025 Токарна		Матеріал	Твердість	ЕВ	МД	Профіль і розміри	МЗ	КОИД							
		Сталь 40Х ГОСТ 4543-71		кг											

Обладнання	Позначення програми	T _o	T _д	T _{п.з}	T _{шт}					
Токарно-гвинтовий верстак 16К20Ф3		2.6	1.040	10	3,858					
P			ПИ	D	L	t	i	s	n	V
01	Установ 1.									
02	1. Установити деталь, закріпити, зняти									
03	Кулачковий патрон, центр I-5-Н ГОСТ 14034-74									
O 04	2. Точити поверхню 1 до Ø 54 ^(-0,05) _(-0,1) мм									
P 05				55	77	1		0,5	720	88
O 06	3. Точити поверхню 2 до Ø 39 ^(-0,05) _(-0,1) мм									
P 07				40	60	1		0,5	680	85,4
O 08	4. Точити поверхню 3 до Ø 49 ^(-0,05) _(-0,1) мм									
P 09				50	70	1		0,5	560	88
10	Установ 2.									
11										
O 12	4. Точити поверхню 3 до Ø 49 ^(-0,05) _(-0,1) мм									
P 13				50	30	1		0,5	560	88
14										
OK	Операційна карта точіння									

ГОСТ 3.1407-86 Форма 1

Дубл.											
Взам.											
Подп.											
Розроб.	Бондаренко І.О.								08-27.МКР.001.00.000		
Перев.	Шиліна О.П.								08-27.МКР.001.00.000		
Н.контр.	Шиліна О.П.										
01	Код, найменування операції		Позначення документа		МІ						
	030 Наплавлення		НОТ №1875-82								
	Обладнання		Код, найменування обладнання		Тд		То				

02		Установка з ЧПК					2,56	6,4
К/М	Найменування деталі, сб. одиниць чи матеріалу	Код, обозначение	ОПП	ОВ	ОН	КИ	Нрасх	
Р			I	U	V	α_n	μ_n	
М 03	Нп-30ХГСА							
04	Установ 1.							
05	1. Установити деталь, закріпити, зняти							
О 06	2. Наплавити поверхню 1 до $\varnothing 57^{(+0,8)}_{(-0,6)}$ мм							
Р 07			145	26,8	7,9	10,2	0,5	
О 08	3. Наплавити поверхню 2 до $\varnothing 42^{(+0,8)}_{(-0,6)}$ мм							
Р 09			145	26,8	5,9	10,2	0,8	
О 10	3. Наплавити поверхню 3 до $\varnothing 52^{(+0,8)}_{(-0,6)}$ мм							
Р 11			145	26,8	6,4	10,2	0,7	
12	Установ 2.							
О 13	4. Переустановити деталь							
О 14	5. Наплавити поверхню 3 до $\varnothing 52^{(+0,8)}_{(-0,6)}$ мм							
Р 15			145	26,8	6,4	10,2	0,7	
ОК	Операційна карта наплавлення							

ГОСТ 3.1118 - 82 Форма 2

Дубл.									
Взам.									
Подп.									
Розроб.	Бондаренко І.О.					08-27.МКР.001.00.000	1	1	1
Перевір.	Шиліна О.П.					08-27.МКР.001.00.000			
Н.контр.	Шиліна О.П.								
Найменування операції		Матеріал		Твердість		ЕВ		МД	
035 Токарна		Сталь 40Х		ГОСТ 4543-71		кг		Профіль и розміри	
								МЗ	
								КОИД	
								1	

Обладнання	Позначення програми	T _о	T _д	T _{п.з}	T _{шт}					
Токарно-гвинтовий верстак 16К20Ф3		2.6	1.040	10	3.85					
P		ПШ		D	L	t	i	s	n	V
01	Установ 1.									
02	1. Установити деталь, закріпити, зняти									
03	Кулачковий патрон, центр I-5-Н ГОСТ 14034-74									
O 04	2. Точити поверхню 1 до Ø 55 ^(-0,05) _(-0,1) мм									
P 05		57		77	0,5			0,5	525	84,34
O 06	3. Точити поверхню 2 до Ø 40 ^(-0,05) _(-0,1) мм									
P 07		42		60	0,5				560	84,34
O 08	4. Точити поверхню 3 до Ø 50 ^(-0,05) _(-0,1) мм									
P 09		52		70	0,5			0,5	537	84,34
10	Установ 2.									
11										
O 12	4. Точити поверхню 3 до Ø 50 ^(-0,05) _(-0,1) мм									
P 13		52		30	0,5			0,5	537	84,34
14										
OK	Операційна карта точення									

Дубл.												
Взам.												
Подп.												
Розроб.	Бондаренко І.О.								08-27.МКР.001.00.000	1	1	1
Перевір.	Шиліна О.П.								08-27.МКР.001.00.000			
Н.контр.	Шиліна О.П.											
Наименование операции	040 Фрезерування	Матеріал	Сталь 40Х	ГОСТ 4543-71	Твердість	ЕВ	МД	Профіль і розміри	МЗ	КОИД	1	
Вал												

ГОСТ 3.1118 – 82
Форма 2

Обладнання	Позначення програми	T _о	T _д	T _{п-з}	T _{шт}						
Вертикально – фрезерний верстат 6Т104		4.2	1.680	15	6,23						
P		D	L	t	i	s	n	V			
O 01	1. Установити заготовку; закріпити; зняти										
T 02	Центр I-5-Н ГОСТ 14034-74, призми										
O 03	2. Фрезерувати шпонковий паз 4 до розмірів 56x12x6										
P 04		55	77	9	1.4	0,07	250	19			
T 05	Шпонкова двоперова фреза Р6М5 ГОСТ 6637-80										
O 06	3. Фрезерувати шпонковий паз 5 до розмірів 40x8x4										
P 07		40	60	9	1.4	0,07	250	19			
T08	Шпонкова двоперова фреза Р6М5 ГОСТ 6637-80										
09											
10											
11											
13											
OK	Операційна карта фрезерування										

Обладнання		Позначення програми		T _о	T _д	T _{п-з}	T _{шт}	ГОСТ 3.1407-86					Форма 1
Дубл.													
Взам.													
Подп.													
Розроб.	Бондаренко І.О.												
Перев.	Шиліна О.П.												
Н.контр.	Шиліна О.П.												
01	Код, найменування операції		045 Термічна		Вал		Позначення документа		НОТ №1875-82		08-27.МКР.001.00.000		08-27.МКР.001.00.000
	Обладнання		045 Термічна		Вал		Позначення документа		НОТ №1875-82		08-27.МКР.001.00.000		08-27.МКР.001.00.000
	Обладнання		045 Термічна		Вал		Позначення документа		НОТ №1875-82		08-27.МКР.001.00.000		08-27.МКР.001.00.000
	Обладнання		045 Термічна		Вал		Позначення документа		НОТ №1875-82		08-27.МКР.001.00.000		08-27.МКР.001.00.000

		Індуктор ТВЧ-68.4				3,2	8
К/М	Найменування деталі, сб. одиниць чи матеріалу	Код, обозначение	ОПП	ОВ	ОН	КИ	Нрасх
Р			Т,°С				
М 03							
04							
05							
О 06	1. Гартувати поверхні 1,2,3						
Р 07			820				
О 08							
Р 09							
О 10							
Р 11							
12							
О 13							
О 14							
Р 15							
ОК	Операційна карта термічної обробки						

ГОСТ 3.1118 - 82
Форма 2

Дубл.										
Взам.										
Подп.										
				08-27.МКР.001.00.000						
Розроб.	Бондаренко І.О.									
Перев.	Шиліна О.П.						08-27.МКР.001.00.000			
Н.контр.	Шиліна О.П.									
01	Код, найменування операції		ВНТУ							
	050 Шліфувальна		Вал							
02	Код, позначення		Позначення документа							
	3М151В		НОТ №1875-82							
К/М	Найменування деталі, сб. одиниць чи матеріалу		Код, позначення		ОПП		ЕН		То	
Р			3М151В		t, мм		Nкр, мм/хв		1,08 2,7	
					t, мм		Nкр, мм/хв		Vкр, м/хв	

О 03	Установ 1.								
О 04	1. Установити деталь, закріпити, зняти								
Т 05	Центр І-5-Н ГОСТ 8742-75								
О 06	2. Шліфувати пов. 1 до розміру $\varnothing 55 \begin{matrix} +0,07 \\ +0,04 \end{matrix}$ мм								
Р 07		0,015	8	3,8	180	30			
О 08	3. Шліфувати поверхню 1 до розміру $\varnothing 55 \begin{matrix} -0,046 \\ -0,046 \end{matrix}$ мм								
Р 09		0,005	4	3,8	180	30			
О 10	4. Шліфувати пов. 2 о розміру $\varnothing 40 \begin{matrix} +0,07 \\ +0,04 \end{matrix}$ мм								
Р 11		0,015	8	3,8	200	30			
О 12	5. Шліфувати поверхню 2 до розміру $\varnothing 40 \begin{matrix} -0,039 \\ -0,039 \end{matrix}$ мм								
Р 13		0,005	4	3,8	200	30			
Т 14									
ОК	Операційна карта шліфування								

ГОСТ 3.1502-85 Форма 2

Дубл.										
Взам.										
Подл.										
Розроб.	Бондаренко І.О.									
Перев.	Шиліна О.П.									
Н.контр.	Шиліна О.П.									
	Найменування операції									
	Найменування, марка матеріала									
	Сталь 40Х ГОСТ 4543-71									
										МД

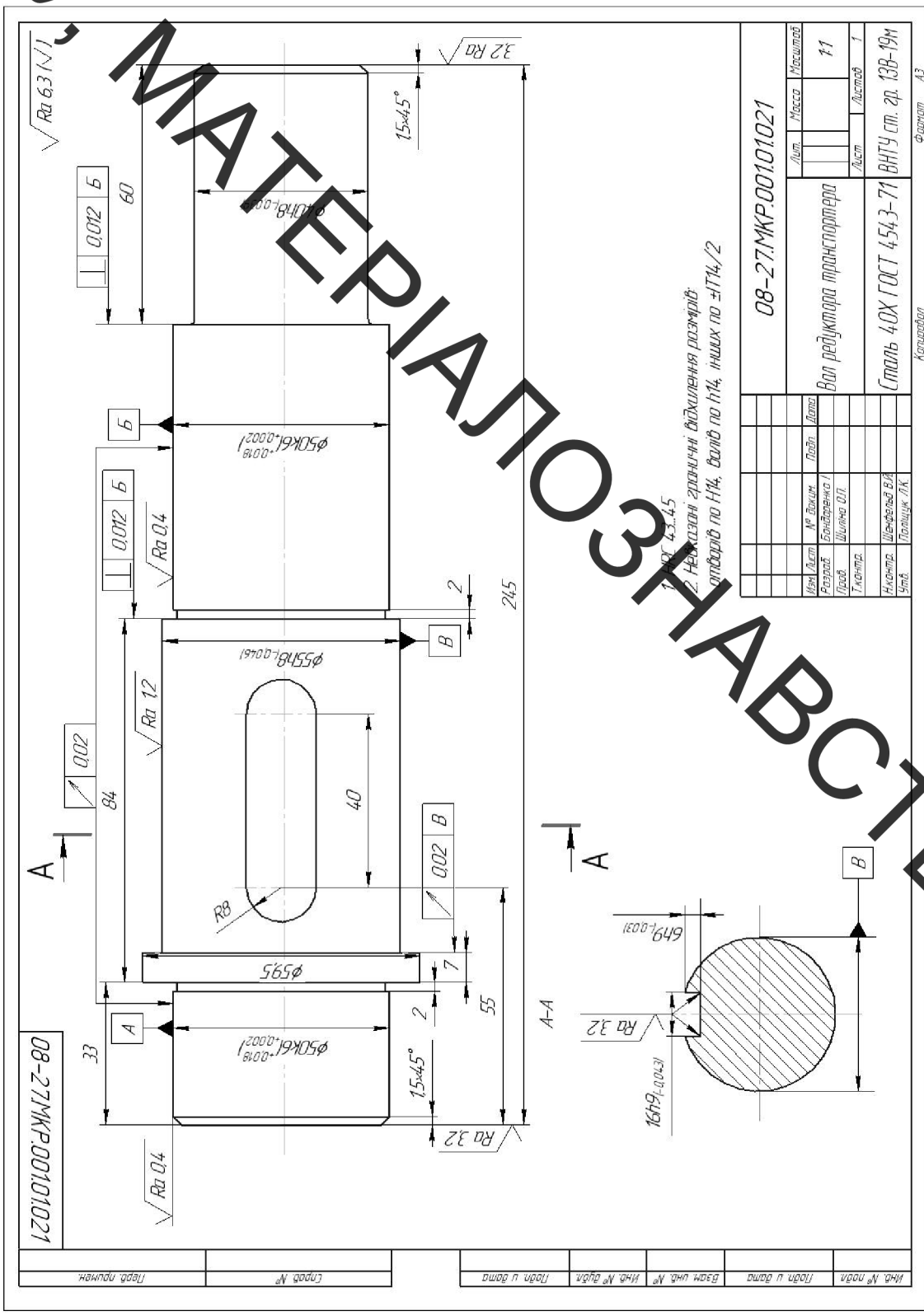
Найменування обладнання		То	Тд	Обозначение ИОТ	
055 Контрольна		3,55	1.42	№14-315	
Р	Контролируемые параметры	Код средств ТО	Наименование средств ТО		
01	1. Ø55 (-0,046) мм,		ШЦ-II ГОСТ 166-89, мікрометр МК-75 ГОСТ 6507-90		
02	2. Ø 40 (-0,039) мм,		ШЦ-II ГОСТ 166-89, мікрометр МК-50 ГОСТ 6507-90		
03	3. Ø 50 (+0,018 / 0,002) мм,		ШЦ-II ГОСТ 166-89, мікрометр МК-75 ГОСТ 6507-90		
04	4. 56х12х6 мм,		ШЦ-II ГОСТ 166-89,		
05	5. 40х8х4 мм,		ШЦ-II ГОСТ 166-89,		
06	4. Шорсткість оброб. поверхні		Зразки шорсткості поверхні ГОСТ 2789-73		
07	5. Відхилення від циліндричності		Пристрій контрольний		
08					
09					
10					
11					
12					
14					
ОК	Технічний контроль				

ГОСТ 3.1118 – 82
Форма 2

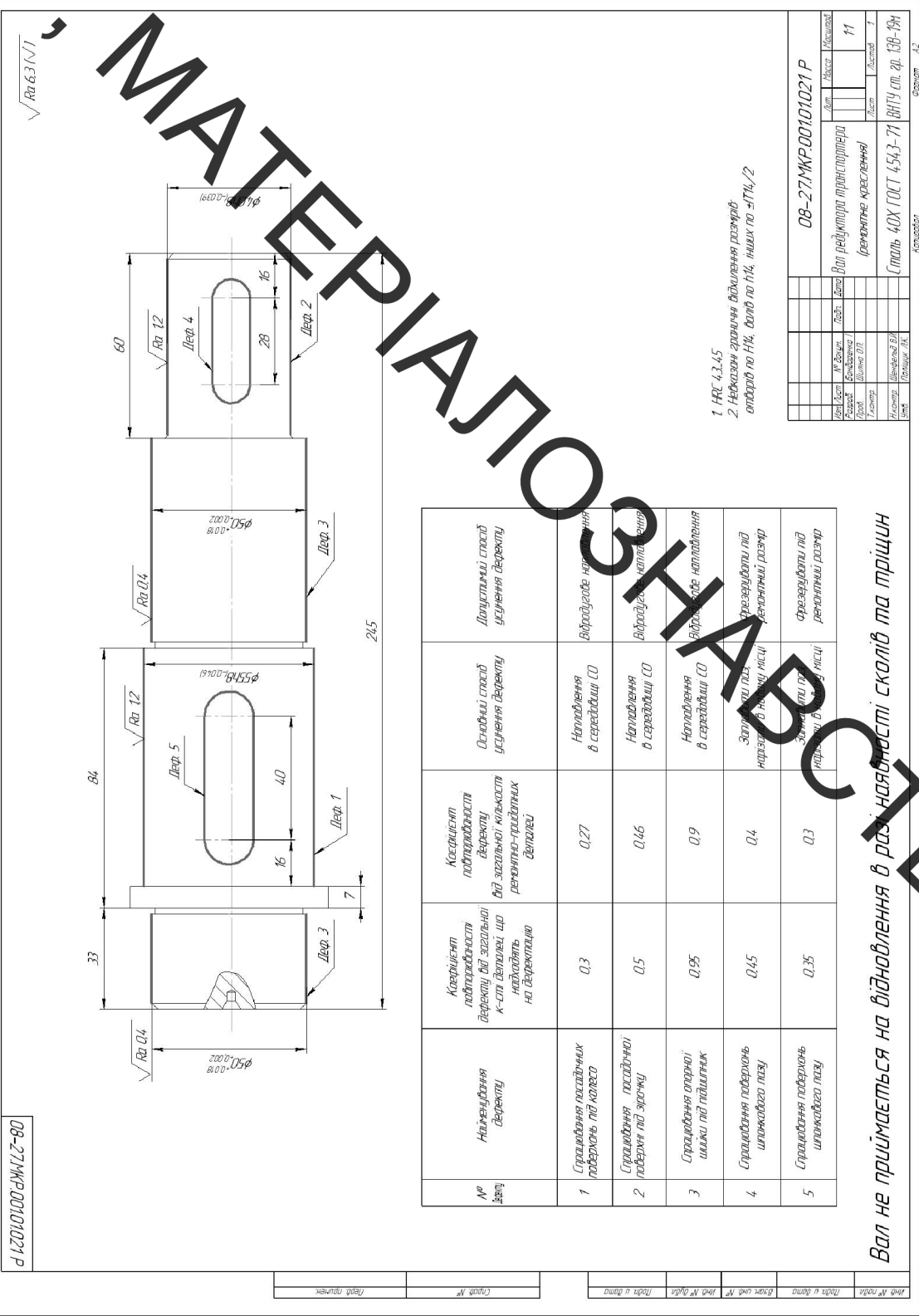
Дубл.								
Взам.								
Подп.								
					08-27.МКР.001.00.000			
Розроб.	Бондаренко І.О.				08-27.МКР.001.00.000			
Перев.	Шиліна О.П.							
М.контр.	Шиліна О.П.				Вал			
Н.контр.								
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, найменування операції			
Б			СМ	Проф	Р	УТ	КР	КЮІД
			Код, найменування обладнання		ЕН	ОП		Т _{уз}
01			005	Мийна машина ОН-4610; розчин «Лабомід»				

02				Шаблон, кутомір, мікрометр, штангенциркуль, зразки шорсткості поверхні ГОСТ 2789 – 73.
03				Установка піскоструменева УПС-021
04				Центр І-5-Н ГОСТ 14034-74; Установа ЧПК; ШЦ-ІІ; мікрометр МК-75 ГОСТ 6507-90
05				Центр І-5-Н ГОСТ 14034-7; токарний верстат 16К20; прохідний різець Т5К10; ШЦ-ІІ; мікрометр МК-75 ГОСТ 6507-90
06				Центр І-5-Н ГОСТ 14034-74; Установа ЧПК; ШЦ-ІІ; мікрометр МК-75 ГОСТ 6507-90
07				Центр І-5-Н ГОСТ 14034-7; токарний верстат 16К20; прохідний різець Т5К10; ШЦ-ІІ; мікрометр МК-75 ГОСТ 6507-90
08				Центр І-5-Н ГОСТ 14034-74; Вертикально - фрезерний верстат 6Т104; Шпонкова двоперова фреза Р6М5; ШЦ-ІІ; мікрометр МК-75 ГОСТ 6507-90 ; поводок звичайний.
09				Індуктор, пірометр
10				Шліфувальний верстат 3М161Е; Центр І-5-Н ГОСТ 14034-74; Абразивний круг марки 63С40ПВТЧТ1К6; ШЦ-І-1-125-0,1; мікрометр МК-75 ГОСТ 6507-90 ; повідковий патрон; повідок звичайний.
11				Шаблон, кутомір, мікрометр, штангенциркуль, зразки шорсткості поверхні ГОСТ 2789 – 73.
12				
13				
16				
МК/ВО				Відомість оснастки

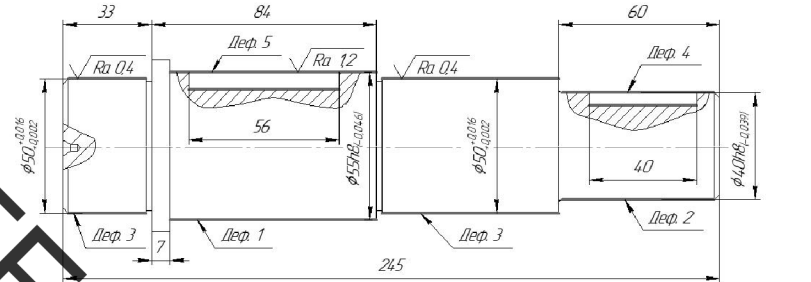
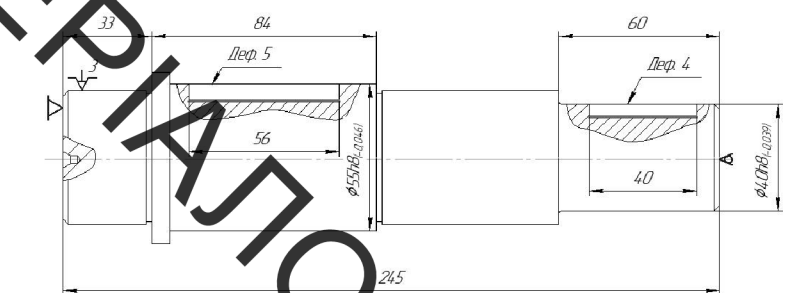
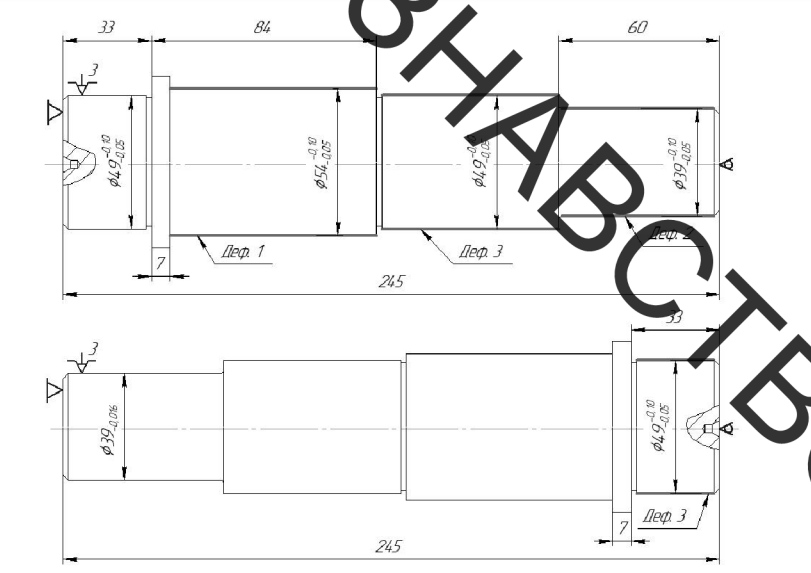
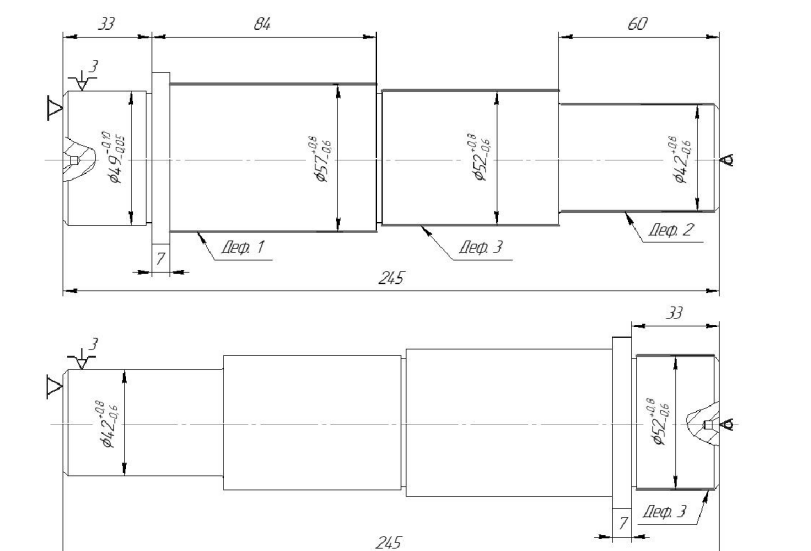
ВІТКУ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО



ВНТКУ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО



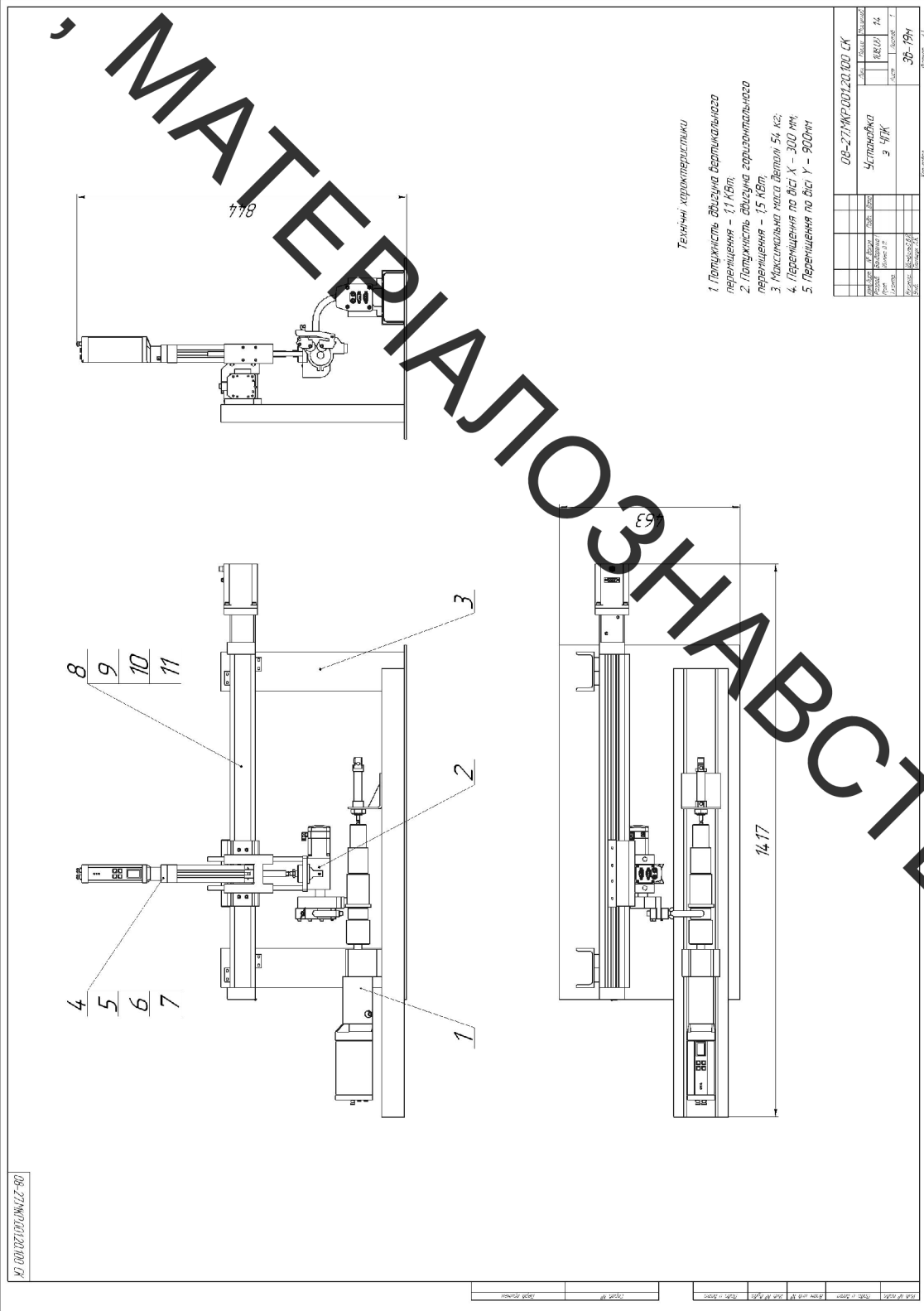
Вал не приймається на відновлення в разі наявності сколів та тріщин

№ операції	Операційні переходи	Ескізи обробки	Обладнання
005	Мідна		
010	<p>Очищення</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити зняти заготовку. 2. Очистити поверхні 4, 5 піскоструменевою обробкою. 		<p>Установка піскоструменевої УПС-021</p>
015	<p>Дефектувальна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Виміряти поверхні 1,2,3,4,5 за ескізом 		<p>Штангенциркуль ШЦ 1 0-200, Мікрометр гладкий МК25-50 ГОСТ 6507-78</p>
020	<p>Наплавлення</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити зняти заготовку. 2. Заллвити поверхні 4, 5 		<p>Установка з ЧПК Головка наплавлявальна</p>
025	<p>Токарна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити, зняти заготовку. 2. Точити поверхні 1,2,3 до розмірів за ескізом. 3. Встановити заготовку, закріпити, зняти заготовку. 4. Точити поверхню 3 до розмірів за ескізом. 		<p>Токарно-гвинтарічний верстат 16К20Ф3</p>
030	<p>Наплавлення</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити зняти заготовку. 2. Наплавити поверхні 1,2,3 до розмірів за ескізом. 3. Встановити заготовку, закріпити, зняти заготовку. 4. Наплавити поверхню 3 до розміру за ескізом. 		<p>Установка з ЧПК Головка наплавлявальна</p>

№ опер	Операційні переходи	Ескізи обробки	Обладнання
035	<p><u>Токарна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити, зняти заготовку. 2. Точити поверхні 1,2,3 попередньо. 3. Встановити заготовку, закріпити, зняти заготовку. 4. Точити поверхню 3 попередньо. 5. Встановити заготовку, закріпити, зняти заготовку. 6. Точити поверхні 1,2,3 остаточно до розмірів за ескізом. 7. Встановити заготовку, закріпити, зняти заготовку. 8. Точити поверхню 3 остаточно до розмірів за ескізом. 		<p>Токарно-гвинтарізний верстат 16К20Ф3;</p>
040	<p><u>Фрезерна</u></p> <p>Фрезерувати шпонкові пази 4,5</p>		<p>Верстат фрезерний 6Т104</p>
045	<p><u>Термічна</u></p> <p>Гартувати поверхні 1,2,3</p>		<p>Індуктор ТВЧ-68.4 Прометр</p>
050	<p><u>Шліфувальна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити, закріпити, зняти заготовку. 2. Шліфувати поверхні 1,2,3 попередньо до розмірів за ескізом. <p><u>Шліфувальна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити, закріпити, зняти заготовку. 2. Шліфувати поверхні 1,2,3 остаточно до розмірів за ескізом. 		<p>Круглошліфувальний верстат 3М151Е;</p>
055	<p><u>Контрольна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Виміряти розміри та якість відновлених поверхонь 		<p>Штангенциркуль ШН 110-200 Мікрометр глибокий МЖ 25-50 ГОСТ 6507-78</p>

Перв. примен.		Зона		Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
08-30.ТРТТ.00.00.000						Документація		
A1					08-27.МКР.00120.100 СК	Складальне креслення		
						Складальні одиниці		
A1		1			08-27.МКР.00120.110	Обертач	1	
A2		2			08-27.МКР.00120.120	Голвка для наплавлення	1	
A1		3			08-27.МКР.00120.130	Рама	1	
						Стандартні вироби		
				4		Ось DINCE 32-100-LS-15P-Q	1	
				5		Направляющая FENG 32-100 KF	1	
				6		Осьовий надір EAMM-A48-87 A	1	
				7		Крок.мотор EMMS-5T-4T-S SE	1	
				8		DGE-40-SP-KF-GK	1	
				9		EAMM-A-E48-87A	1	
				10		DGE-40-SP-KF-GK	1	
				11		Болт М6-6dх25.58.016 ГОСТ 7898-70	8	
Подп. и дата		Инв. № дубл.		Подп. и дата				
Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подп. и дата				
Инв. № подл.		Инв. № дубл.		Подп. и дата				
						08-27.МКР.00120.100		
Изм. Лист		№ докум.		Подп.		Дата		
Разраб.		Бондаренко/						
Проб.		Шилина О.П.						
Н.контр.		Шенфельд В.И.						
Утв.		Поліщук Л.К.						
						Установка з ЧПК		
						Лит.	Лист	Листов
						4	1	1
						ВНТУ		
						ст.зр. 13В-19м		

ВНТКУ, МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО



Технічні характеристики

- 1. Потужність електрична вертикального переміщення - 17 кВт.
- 2. Потужність електрична горизонтального переміщення - 15 кВт.
- 3. Максимальна маса деталі 5 т, кг.
- 4. Переміщення по вис X - 300 мм.
- 5. Переміщення по оси Y - 500 мм.

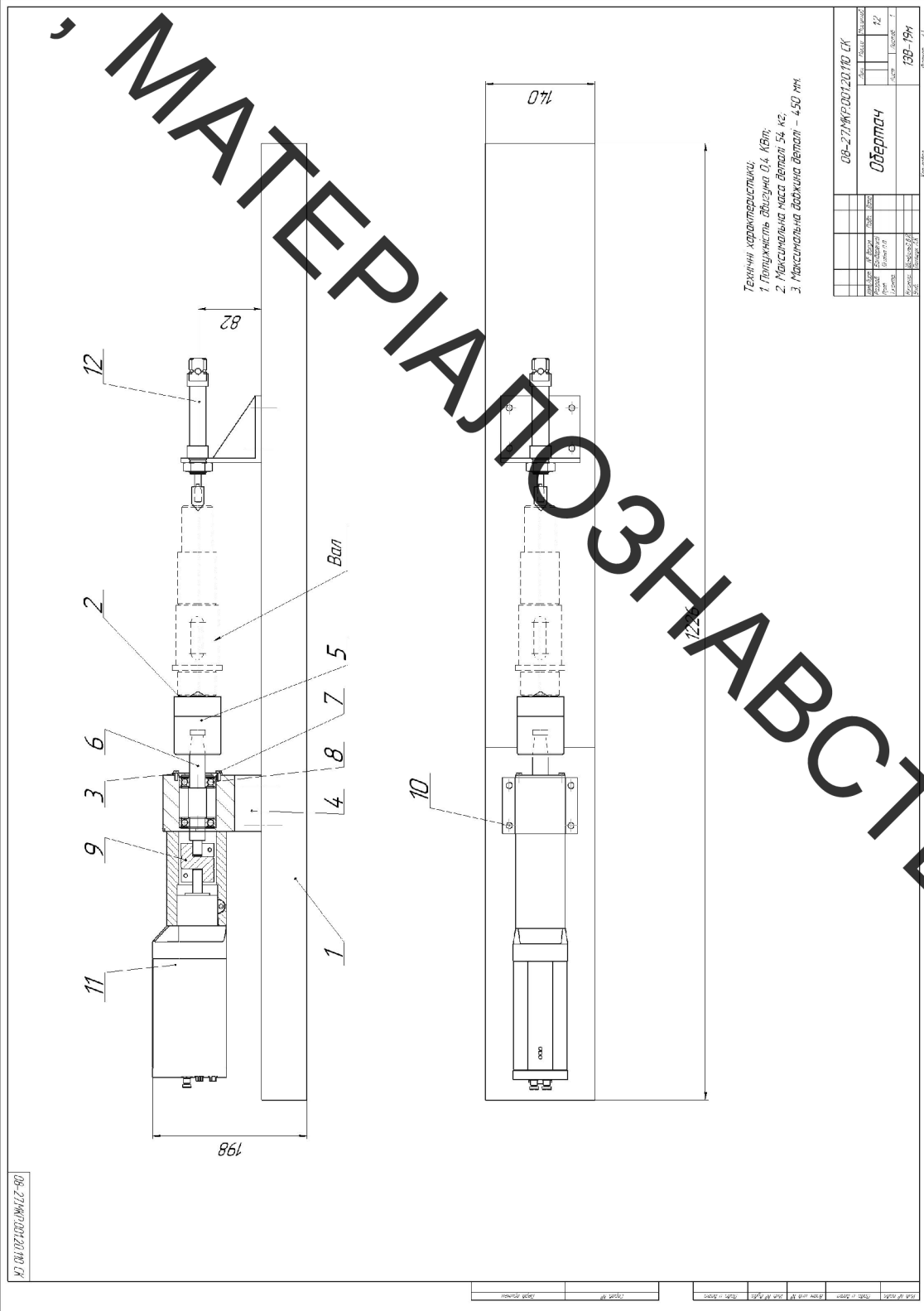
208-271MР/00120100 СК	
№	Класифікація
Установка	3 ЧПК
№	14
30-194	№

Перб. примен.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
08-30.1P77.00.00.000				<u>Документація</u>		
	A1		08-27.МКР.001.20.110 СК	Складальне креслення		
				<u>Деталі</u>		
	A4	1	08-27.МКР.001.20.111	Швелер	1	
	A4	2	08-27.МКР.001.20.112	Рефлекцій центр	1	
	A4	3	08-27.МКР.001.20.113	Кришка	1	
	A4	4	08-27.МКР.001.20.114	Шпindelь	1	
	A3	5	08-27.МКР.001.20.115	Центр	1	
		6	08-27.МКР.001.20.116	Вал	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		7		Винт М6 х 16 ГОСТ 1494-80	4	

	8		Подшипник 80204 ГОСТ 7242-81	2	
	9		Осьовий надір ЕАММ_А_Е52_428_6_0	1	
	10		Болт М8-6дх65.58.016 ГОСТ 7898-70	8	
	11		Сервомотор MRT DCI 52S	1	
	12		Пневматичний циліндр _DSNU_20_40_P_3_0	1	

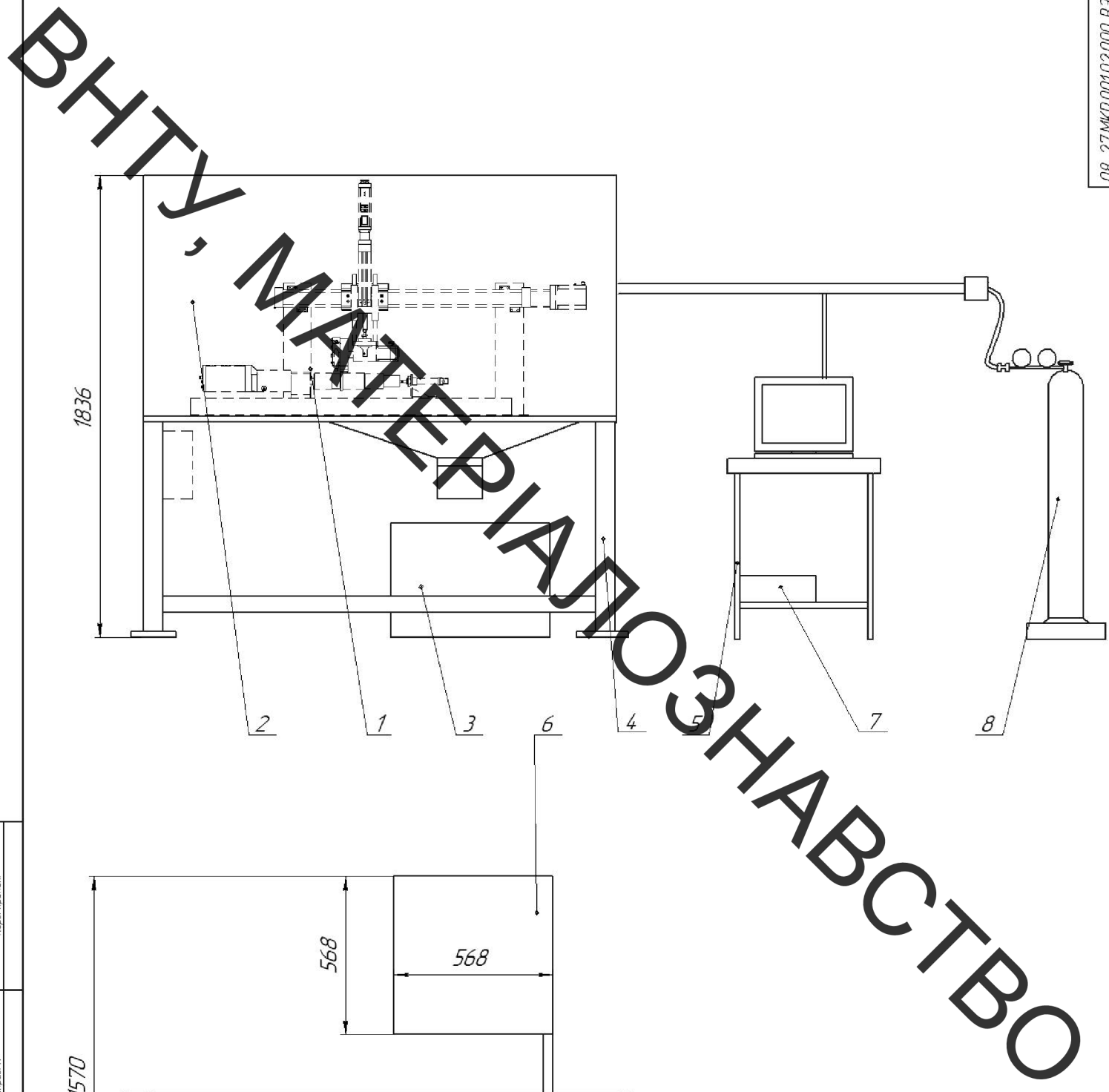
08-27.МКР.001.20.110				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Бондаренко І		
Проб.		Шиліна О.П.		
Н.контр.		Шенфельд В.Й.		
Утв.		Поліщук Л.К.		
Обертач			Лит.	Лист
			4	1
			Листов	
			1	
ВНТУ				
ст.гр. 13В-19М				

ВНТКУ, МАТЕРІАЛ ОЗНАВСТВО



Технічні характеристики:
 1. Потужність двигуна 0,4 кВт;
 2. Максимальна вага деталі 54 кг;
 3. Максимальна довжина деталі – 450 мм.

OB-27M/R.00120170 SK		№	Лист	Кількість
Обертач		№	12	1
Вид	№	Вид	№	Вид
Розробник	С.М.С.С.	Перевірив	С.М.С.С.	С.М.С.С.
Лист	12	Лист	12	1
Масштаб	1:1	Масштаб	1:1	1
Дата	13.08.19H	Дата	13.08.19H	1
Код		Код		



№ док. №	№ док. №	№ док. №	№ док. №	№ док. №	№ док. №	№ док. №	№ док. №
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист

				08-27.МКР.001.02.000.В3				
Изм.	Лист	№ докум.	Лист	Дата	Рабоче місце	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.		Бондаренко І			(Вид загальний)			1:10
Проб.		Шиліна О.П.				Лист	Листов	1
І.контр.								
І.контр.								
І.контр.								
І.контр.								
І.контр.								
І.контр.								