

Вінницький національний технічний університет  
Факультет машинобудування та транспорту  
Кафедра галузевого машинобудування

**Пояснювальна записка**

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему: ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ  
ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ МАТЕРІАЛІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ  
ВІДНОВЛЕННЯ СТАЛЕВИХ ВАЛІВ З КАНАВКАМИ

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

(шифр і назва спеціальності)

Олександр КУЛІШ

(прізвище та ініціали)

« 19 » 12 2023 р.

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

(прізвище та ініціали)

« 14 » 12 2023 р.

Опонент: Д.В. Борисюк

(прізвище та ініціали)

« 15 » 12 2023 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ГМ

д.т.н., проф. Леонід ПОЛЩУК

« 12 » вересня 2023 р.

Вінниця - 2023 р.

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ГМ

*Л. Кошиць* Леонід ПОЛЩУК  
 «18» вересня 2023 року

### ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Кулішу Олександр Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ МАТЕРІАЛІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ВІДНОВЛЕННЯ ВАЛА РЕДУКТОРА БАРАБАННОЇ ЛЕБІДКИ

керівник роботи д.т.н., проф. Валерій САВУЛЯК

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

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

3. Вихідні дані до роботи:

Робоче креслення вала редуктора барабанної лебідки, програма відновлення N = 500шт. Технічне завдання.

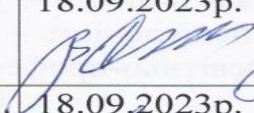
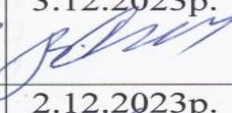
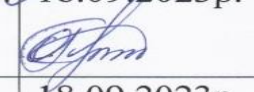
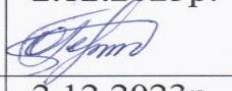

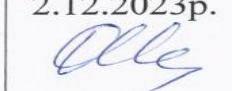
4. Зміст текстової частини:

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

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

1.Робоче креслення вала редуктора барабанної лебідки. 2. Ремонтне креслення вала редуктора барабанної лебідки. 3. Технологічний процес відновлення вала редуктора барабанної лебідки.. 4. Установка з ЧПК для відновлення деталей. 5. 3-Д модель вала редуктора барабанної лебідки. 6. Обертач для нанесення покриттів на вал редуктора барабанної лебідки. 7. Базовий вузол з деталлю, що відновлюється.

## 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

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


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

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Формування та затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи (МКР)	25.09.23 р.	
2	Виконання спеціальної частини МКР. Перший рубіжний контроль виконання МКР	26.10.2023 р.	
3	Виконання спеціальної частини МКР. Другий рубіжний контроль виконання МКР	30.11.23 р.	
4	Виконання розділу «Економіка виробництва»	24.11.23 р.	
5	Виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»	25.11.23 р.	
6	Попередній захист МКР	10.12.23 р.	
7	Нормоконтроль МКР	17.12.23 р.	
8	Опонування МКР	18.12.2023 р.	
9	Захист МКР	20.12.2023 р.	

Студент

Керівник проекту

  
 (підпис)  


Олександр КУЛІШ

Валерій САВУЛЯК

## АНОТАЦІЯ

В даній магістерській кваліфікаційній роботі представлено аналіз та розробка принципової схеми і конструкції розпилувача та спроектована технологія відновлення вала редуктора барабанної лебідки з використанням цього розпилувача для відновлення шпонкового паза методом електродугової металізації. Також виконано проектні технологічні розрахунки:

- аналіз службового призначення вузла;
- визначення типу ремонтного виробництва;
- дефектування вала з шпонковими канавками;
- вибір та технічне обґрунтування методів відновлення поверхонь;
- вибір витратних матеріалів;
- розрахунок кількості переходів на механічну обробку;
- розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку вала;
- формування маршруту технологічного процесу відновлення деталі;
- розрахунок та призначення режимів механічної обробки до та після нанесення покриття;
- вибір та обґрунтування обладнання і джерел живлення.

Викладено основні положення технологічного процесу відновлення вала. Розглянуто можливі варіанти відновлення деталі і проаналізовано техніко-економічну доцільність вибору методу відновлення.

На основі проведення дефектування деталі розроблено також технологічний процес відновлення зношених поверхонь під підшипник вала.

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

## Annotation

This master's qualification work presents the analysis and development of the principle scheme and design of the sprayer and the designed technology for restoring the shaft of the drum winch reducer using this sprayer for restoring the keyway by the method of electric arc metallization. Project technological calculations were also performed:

- analysis of the service purpose of the node;
- determination of the type of repair production;
- defective shaft with key grooves;
- selection and technical justification of surface restoration methods;
- selection of consumables;
- calculation of the number of transitions to mechanical processing;
- calculation of intermediate allowances and technological dimensions for mechanical processing of the shaft;
- formation of the route of the technological process of part restoration;
- calculation and designation of mechanical processing modes before and after coating;
- selection and justification of equipment and power sources.

The main provisions of the technological process of shaft restoration are outlined. Possible options for the restoration of the part are considered and the technical and economic feasibility of choosing a restoration method is analyzed.

On the basis of defecting of the part, a technological process of restoration of worn surfaces under the shaft bearing has also been developed.

**Keywords:** Surfacing, spraying, coating, technological process of restoration, mechanical processing, 3-D modeling, CAD equipment

## ЗМІСТ

Вступ.....	8
<b>1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВІДНОВЛЕННЯ ВАЛІВ ЗІ ШПОНКОВИМИ ПАЗАМИ .....</b>	<b>12</b>
1.1 Огляд стану дослідження методів відновлення поверхонь валів зі шпонковими пазами .....	12
1.2 Дослідження можливості відновлення шпонкових пазів з використанням методу дугової металізації.....	15
<b>2 РОЗРОБКА ТЕХНОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ВАЛА З ПАЗАМИ РЕДУКТОРА БАРАБАННОЇ ЛЕБІДКИ.....</b>	<b>28</b>
2.1 Службове призначення деталі та її поверхонь.....	28
2.2. Матеріал деталі і його властивості.....	31
2.3 Порівняльні характеристики замітника сталі 40Х- 20ХГСА.....	32
2.4 Характеристики сталі 20ХГСА за ДСТУ <a href="#">4543</a> – 2003.....	33
2.5 Формування маршруту технологічного процесу відновлення вала редуктора барабанної лебідки.....	34
2.6 Вибір обладнання для відновлення.....	38
2.7 Визначення кількості переходів та операцій відновлення поверхонь.....	39
2.8 Розрахунок режимів напилення.....	48
2.9 Розрахунок та призначення режимів наплавлення.....	49
2.10 Розрахунок механічної обробки після наплавлення.....	55
2.11 Нормування операцій технологічного процесу.....	66
2.6 Висновки.....	67
<b>3 ПРОЕКТУВАННЯ КОМПЛЕКСУ ОБЛАДНАННЯ З ЧИСЛОВИМ ПРОГРАМНИМ КЕРУВАННЯМ.....</b>	<b>68</b>
3.1 Створення конструктивної схеми установки автоматизованого відновлення .....	68
3.2 Визначення способу закріплення деталі.....	69
3.3 Розрахунок масоцентрувальних характеристик (МЦХ) деталі та пристрою її закріплення .....	70

3.4 Розрахунок та вибір виконавчих механізмів установки для автоматизованого відновлення .....	72
3.5 Привід горизонтального переміщення.....	77
<b>4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА .....</b>	<b>81</b>
4.1Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки.....	81
4.2 Визначення рівня конкурентоспроможності розробки.....	86
4.3 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи.....	89
4.4 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки...	101
<b>5 ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....</b>	<b>119</b>
5.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи.....	108
5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	110
5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	116
Загальні висновки.....	119
Список використаних джерел.....	121
Додаток А (обов'язковий) Технічне завдання.....	125
Додаток Б (обов'язковий) Комплект документів.....	131
Додаток В (обов'язковий) Графічна частина.....	135
Додаток Г (обов'язковий) Специфікації .....	142
Додаток Д (обов'язковий) Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.....	147

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Суть відновлення деталей полягає в тому, що воно дозволяє зменшити потреби в виготовленні запасних частин. При відновленні досягаються велика економія сировини. Особливо велике значення відновлення для зменшення витрат металу та енергії.

Головним призначенням напилювання є захист від корозії різних конструкцій, ремонт зношених деталей машин. Наплавленням можна наносити покриття з різними властивостями.

Процеси наплавлення застосовуються в ремонті та відновленні початкових розмірів і властивостей виробів, виготовленні нових виробів з метою забезпечення належних властивостей конкретних поверхонь. При відновленні наплавлення зазвичай виконують тим же металом, з якого виготовлено виріб, однак це не завжди доцільно. Іноді необхідно одержати метал, що відрізняється від металу деталі, тому що умови експлуатації поверхневих шарів можуть значно відрізнятися від умов експлуатації всього виробу. Виготовлення виробів цілком з металу, який забезпечує експлуатаційну надійність найбільш навантажених поверхонь економічно не доцільно. Доцільно виготовляти виріб з більш дешевого, але досить працездатного металу і тільки на поверхнях, що працюють в особливих умовах, мати необхідний по товщині шар з іншого більш міцного та зносостійкого матеріалу. Це може бути досягнуто: поверхневим зміцненням (поверхнєве загартування, електроіскрові і інші види обробки); нанесенням поверхневих шарів значної товщини (на низьковуглецеву сталь нанесенням бронзи, корозійностійкої сталі та ін.)

Актуальність проблеми підвищення зносостійкості деталей викликана необхідністю збільшення терміну експлуатації (ресурсу). Відомо, що на ремонтні операції при поточному та капітальному ремонтах витрачаються значні кошти, які в сумі можуть перевищувати вартість самої рухомої одиниці. Також відомо, що значна частина витрат припадає на ремонт механічної частини рухомого складу, а основна частка відмов або несправностей її



елементів виникає внаслідок зносу деталей. Тому, очевидно, що для зменшення витрат на ремонт механічного обладнання зі збереженням закладеного рівня надійності, необхідно збільшувати міжремонтні пробіги рухомого складу. Останнє можливо при застосуванні більш зносостійких матеріалів. У той же час, замінювати технологічний і відносно дешевий матеріал всієї деталі на новий, більш дорогий не має сенсу; найчастіше достатньо нанести на основу зносостійкий матеріал на певних ділянках деталі. Технології відновлення деталей, що застосовують на даний час, не забезпечують високого ресурсу вказаних деталей, отже, вивчення проблеми зношування і відновлення деталей пристроїв є актуальним і потребує глибокого вивчення. Отже, зношена деталь потребує досліджень механізмів зношування та визначення раціональних режимів та вибір матеріалів для її відновлення.

В даній роботі проведено аналіз роботи вала з канавками та запропоновано технологію відновлення. Мета роботи – забезпечення якості процесу вибором і розробкою відповідного технологічного процесу відновлення даної деталі і необхідного для його впровадження технологічного обладнання, з використанням типових технологічних процесів.

Основними задачами, які потрібно вирішити при виконанні роботи є:

- Вибір та технічне обґрунтування методу відновлення;
- Розробка технології відновлення та розрахунок режимів відновлення;
- Вибір обладнання для відновлення.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконана відповідно до тематики спеціальності «Матеріалознавство» Вінницького національного технічного університету. Висновки і пропозиції магістерської кваліфікаційної роботи можуть бути використані в навчальному процесі та для держбюджетних науково-дослідних та інших дослідницьких робіт.

**Мета і задача дослідження.** Мета роботи є підвищення якості робочих поверхонь вала редуктора барабанної лебідки за рахунок розробки та впровадження для відновлення деформованих шпонкових пазів методів дугової металізації .

Для досягнення поставленої мети сформульовано такі основні задачі:

- аналіз службового призначення деталі типу вал редуктора барабанної лебідки;
- розробки методики визначення дефектів шпонкових з'єднань та можливості їх відновлення ;
- дослідження та аналіз можливості застосування електродугової металізації для відновлення шпонкових пазів валів ;
- вибір та обґрунтування методів відновлення поверхонь валів зі шпонковими пазами;
- формування маршруту технологічного процесу відновлення валів зі шпонками ;

розробка технологічного процесу та засобів автоматизації для відновлення валів зі шпонками на прикладі вала барабанної лебідки

**Об'єкт дослідження.** Технологічний процес відновлення зношених робочих поверхонь деталей типу вала редуктора барабанної лебідки зі шпонковими канавками .

**Предмет дослідження.** Відновлення шпонкових пазів за допомогою електродугової металізації.

**Методи дослідження.** Для розвитку наукового пізнання характерно не тільки розширення кола розв'язуваних теоретичних і практичних завдань, але й посилення уваги до способів і методів науково-технічної діяльності.

Методичною і теоретичною базою досліджень є основні положення теорії відновлення поверхонь методом нанесення зносостійких покриттів. Експериментальні дослідження виконані на вимірювальних і моделюючих установках у лабораторних умовах; містять методи відновлення поверхонь в залежності від технологічних, фізико-механічних характеристик та хімічного

складу відновлюваної деталі. Математичне оброблення результатів дослідження виконувалось з використанням існуючого прикладного програмного забезпечення.

#### **Наукова-технічна новизна результатів:**

- досліджено можливість застосування процесу електродугової металізації для відновлення шпонкового паза ;
- показано можливість застосування електродугової металізації для відновлення шпонкового паза та ефективність цієї технології у порівнянні з іншими методами відновлення.

Практичне значення магістерської кваліфікаційної роботи полягає в наступному:

- розроблено та експериментально підтверджено режими відновлення, що призводить до зменшення витрат матеріалу, часу, та відсутність перегріву деталі .

-досліджена мікроструктура даних зразків.

- технологічний процес передбачає використання, крім сучасних способів наплавлення та напилювання, раціональних способів механічної обробки, які дають можливість виключити недопустимі тріщини та жолоблення на елементах для яких немає потреби відновлення;

Результати наукових розробок впроваджено в навчальний процес Вінницького національного технічного університету для студентів спеціальності 132 – «Матеріалознавство», використовуються в науково-дослідній роботі студентів і аспірантів кафедри «Галузеве машинобудування».

**Особистий внесок здобувача.** Автором самостійно проведено аналіз ефективності способів відновлення зношених робочих поверхонь вала редуктора барабанної лебідки з урахуванням сучасних вимог до виробничих умов, обрано метод відновлення та складено план модернізації малого підприємства з відновлення зношених робочих поверхонь валів.

## 1. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВІДНОВЛЕННЯ ВАЛІВ ЗІ ШПОНКОВИМИ КАНАВКАМИ

### 1.1 Огляд стану дослідження методів відновлення поверхонь валів зі шпонковими пазами

Більшість валів машин, незалежно від конкретного призначення, оснащені шпонковими пазами або шліцями для передачі крутного моменту. Коефіцієнт повторюваності дефектів пазів та шліців під час капітального ремонту складає 0,25–0,95.

Для відновлення шліців або шпонкових пазів необхідно, як правило, зрізати частково або повністю пошкоджені, нанести необхідний шар металу, а потім нарізати нові поверхні.

Така технологія вимагає для нанесення шару металу товщиною в кілька міліметрів використовувати один із різновидів наплавлення. Отже, на дільниці для відновлення валів повинен бути наплавний верстат. Обов'язковими є також верстати для нарізання шпонкових пазів та шліців.

Суттєвим моментом є також розмір валів та шліцьових або шпонкових канавок. На малих валах відповідно і канавки та пази мають невеликі розміри, тобто вони узгоджені між собою. Для цих валів не має сенсу економити на металі, що піде на заплавлення зрізаних шліцьових поверхонь, оскільки вигаш від цього буде невеликий. При ремонті ж валів великих діаметрів втрати від повного зрізання шліців або шпонкових пазів та їх заплавлення буде суттєвим.

Пропонується для розробки групових технологій відновлення шліцьових поверхонь валів поділяти їх на розмірні групи. Таких груп може бути 2, 3 і більше в залежності від об'ємів виробництва і економічної ситуації. Тоді для малих валів доцільно повністю зрізати шліци, наплавляти їх та нарізати нові, поверхонь шліца шар металу, а потім пере нарізати шліци таким чином, щоб

був частково зрізаний наплавлений шар, а частково зношений метал. Це дає можливість значно зменшити витрати на матеріали, електроенергію та механічну обробку.

До основних вимог якості відновлених валів відносять геометричні параметри (допуски на розміри, симетричності, співвісності, радіального і торцевого биття, тощо) та якості відновлених поверхонь. Якість відновлених поверхонь регламентують їх твердістю, шорсткістю, структурним станом поверхні, пористістю нанесеного покриття, міцністю його зчеплення з основою. Умови роботи валів характеризуються динамічними навантаженнями згину і кручення. Викладене вище дозволяє рекомендувати організацію крупних підприємств для реалізації масового відновлення валів за груповими технологіями. [11], [26,28]

## 1.2 Відновлення шпонкових пазів методом використання дугової металізації

Процес активованої дугової металізації заснований на плавленні дротів електричною дугою і розпиленні розплавленого металу струменем продуктів згоряння пропано-повітряної суміші.

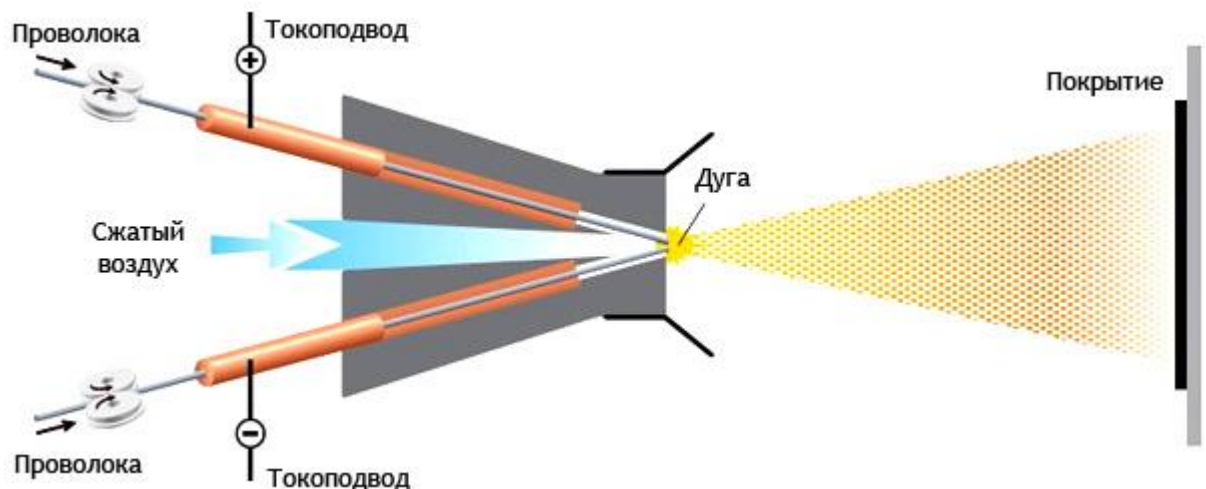


Рис 1.1 Схема електродугового металізатора

Для нанесення покриттів використовується установка АДМ-10 Київського інституту електрозварювання ім. Є. О. Патона (рис.1.1).

Така схема забезпечує розгін частинок порошків металу до високої швидкості, забезпечує високу адгезійну міцність, низький вміст пор і оксидів в покритті.

Особливості обладнання:

- Використання продуктів згоряння в якості робочих газів;
- Особливе взаємне розташування сопел і електродів;
- Цілеспрямований вплив на зону горіння дуги.

Активована дугова металізація дозволяє отримувати надійні зносостійкі та антифрикційні покриття на циліндричних поверхнях (шийки валів, гнізда під підшипники кочення і ковзання), різних плоских напрямних.

Також ефективно нанесення антикорозійного покриття.

Переваги методу активованої дугової металізації:

- висока продуктивність;
- висока якість;
- високий коефіцієнт використання розплавленого металу;
- простота обладнання;
- можливість застосування типових зварювальних дротів.

За рівнем міцності зчеплення, зносостійкості покриття, одержувані активованою дуговою металізацією, відповідають плазмовим. При цьому значно нижчі залишкові напруження, що дозволяє отримувати надійні покриття товщиною до 10 мм.

АДМ за відносними витратами на кілограм розпорошеного матеріалу в 3-10 разів дешевше інших способів нанесення покриттів.

Порівняння параметрів типової і активованої металізації

Активация процесу дугової металізації дозволила різко поліпшити якість покриттів в порівнянні з типовою електрометалізацією. При цьому збереглися

основні переваги цього процесу - висока продуктивність, низька вартість і простота обладнання.

Для металізації необхідний порошковий дріт, який забезпечить високі характеристики напиленого шару в умовах зносу.

Рекомендовані дроти з такими характеристиками:

Порошкові дроти для металізації:

Діаметр 1,6 мм.

Твердість 50-53 HRc.

Зносостійкість в 1,5-2 рази вище, ніж у дроту 20 X13.

Міцність зчеплення на 10-15% вище, ніж у ніхрому.

Електродугова металізація (ЕДМ) має ширші можливості в порівнянні з усіма відомими методами нанесення металопокриття.

Із застосуванням ЕДМ можна відновлювати деталі машин широкої номенклатури в різних галузях промисловості та сільського господарства, забезпечувати довготривалий антикорозійний захист алюмінієм і цинком дифузійних агрегатів цукрових заводів, труб, резервуарів та інших металоконструкцій, отримувати покриття з псевдосплавів, наприклад, з алюмінію і сталі, міді і сталі, бронзи і сталі, а також декоративні покриття кольоровими металами (міддю, бронзою, латунню, алюмінієм).

Принципова схема дугової металізації полягає в тому, що через два канали в пальнику безперервно подають два дроти, між кінцями яких збуджується дуга і відбувається розплавлення дротів. Розплавлений метал підхоплюється струменем стисненого повітря, що витікає з центрального сопла електрометалізатора, і в дрібнорозпиленому вигляді переноситься на поверхню основного матеріалу. Розпилення і транспортування розплавленого металу здійснюється зазвичай стисненим повітрям, хоча при напиленні корозійностійкою сталлю 308 і алюмінієвими сплавами використовують азот. При дуговому напиленні на постійному струмі процес протікає стабільно, забезпечуючи отримання шару покриття з дрібнозернистою структурою при високій продуктивності процесу. Тому в даний час для дугового напилення

застосовують джерела постійного електричного струму зі стабільною

Н  
а  
п  
р  
у  
г  
о  
ю  
а  
б  
о  
д  
ж  
е  
р  
е  
л  
а



Рис 1.2 - Експериментальне напилення на деталь з використанням металізатора EM-14 M

Д  
е  
щ  
о  
з  
р  
о



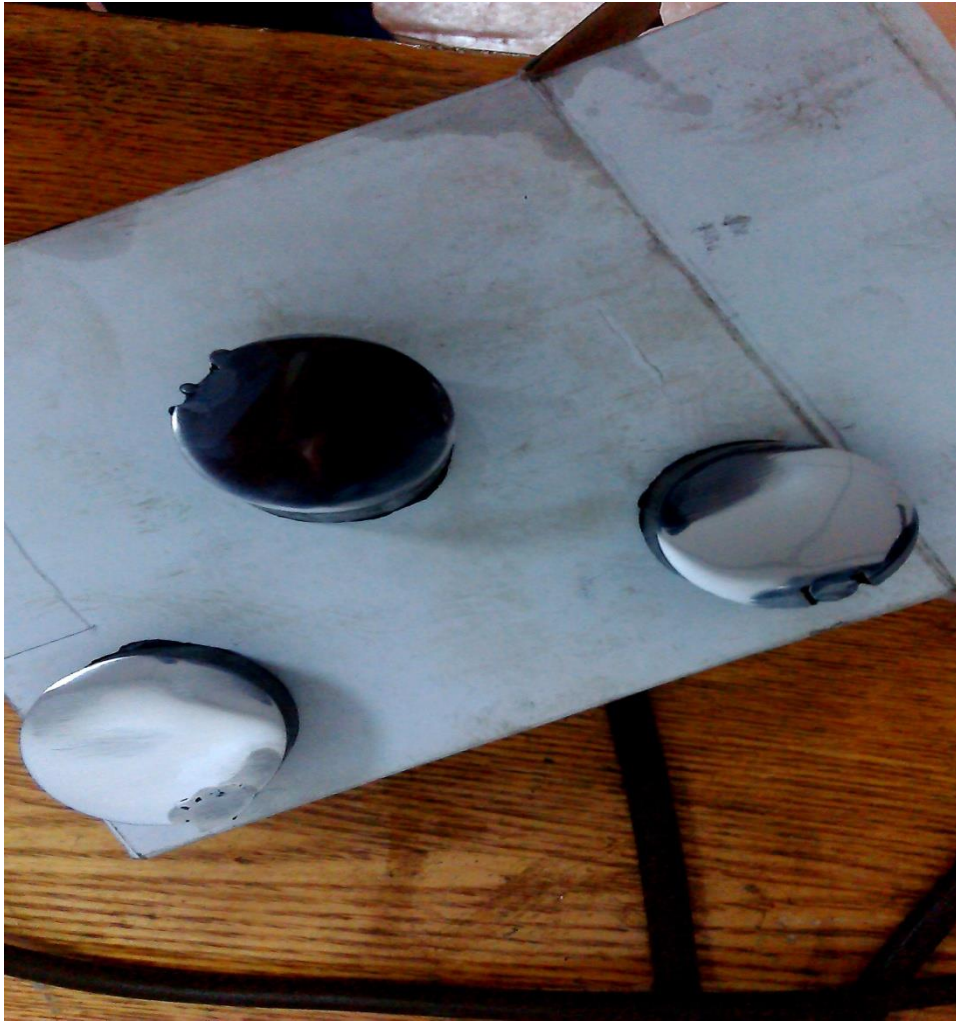


Рисунок 1.3 – Напилені зразки з використанням металізатора EM-14 M

Для досліду були використані

- дроти з сталі СВ08Г2С та дрiт НП 30ХГСА за ДСТУ 10543-98;
- Струм 85-90 А;
- Напруга 220 В;
- Подавався вуглекислий газ
- Швидкість подачі зварювального дроту 5, 10, 15 мм/с
- Основний матеріал під напилення – сталь 40Х.

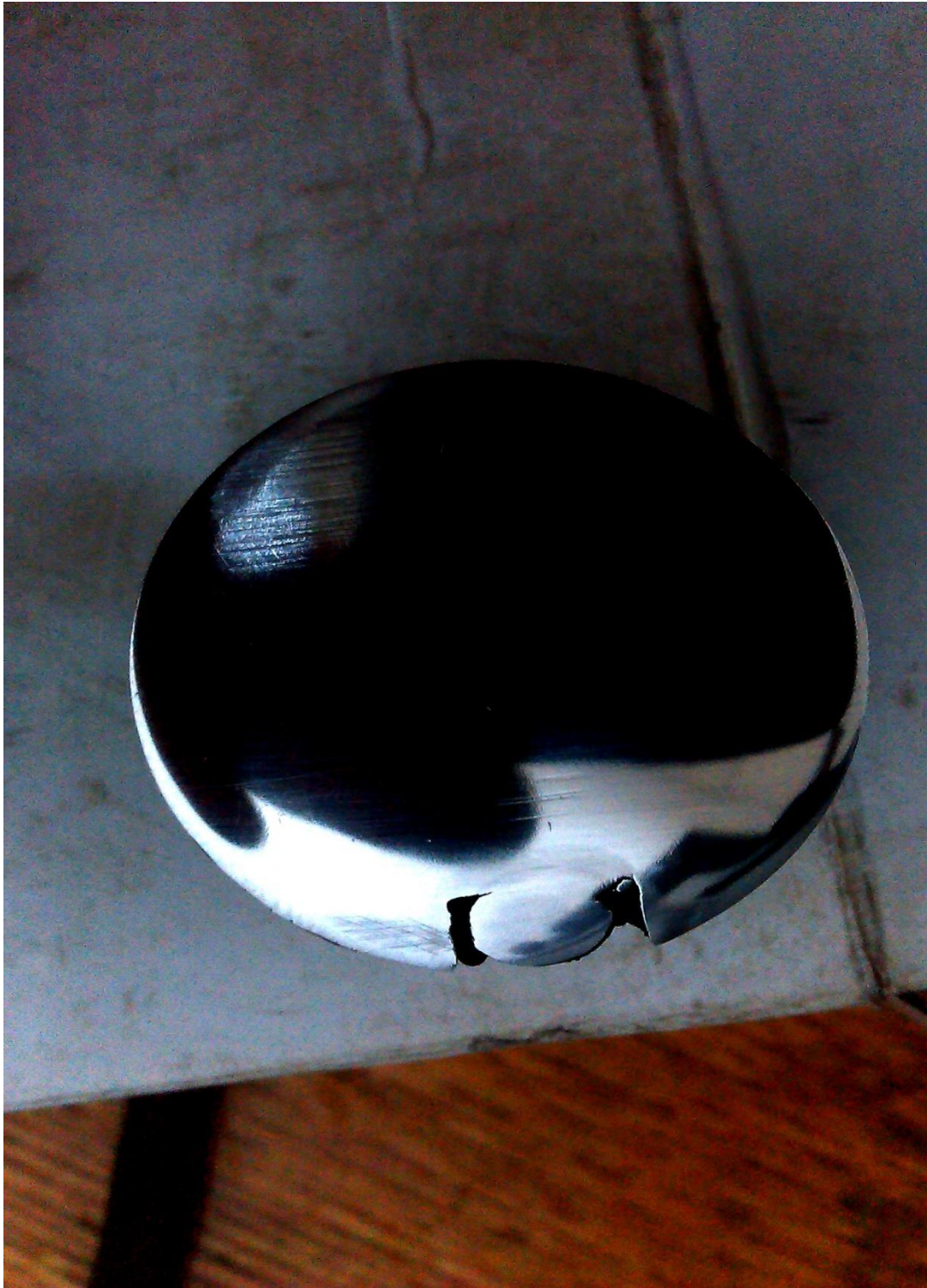


Рисунок 1.4 - Зразок №1. Швидкість подачі дроту 5 мм/с

На рисунку 1.4 показано результат зарощування пазу типу шпонкова канавка. Зарощування не повністю закрило паз, режими не забезпечили задовільного розтікання металу по ширині канавки.



Рисунок 1.5 - Зразок №2, наплавлення на швидкості подачі дроту 10 мм/с



Рисунок 1.6 - Зразок №3, наплавлення на швидкості подачі дроту  
15 мм/с

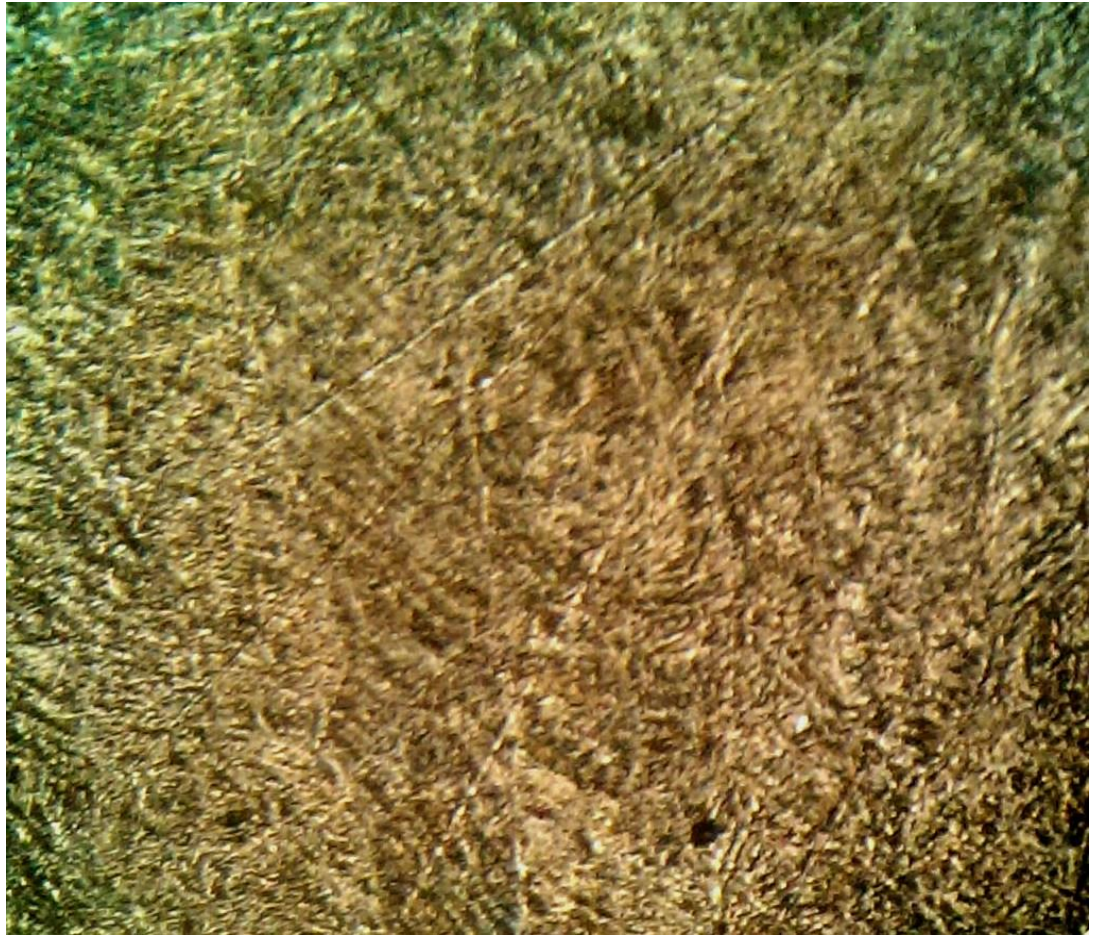


Рисунок 1.7 - Основний метал (сталь 40X). В мікроструктурі є надлишковий ферит (світлі зерна, які є матрицею) і тонкий перліт (включення).

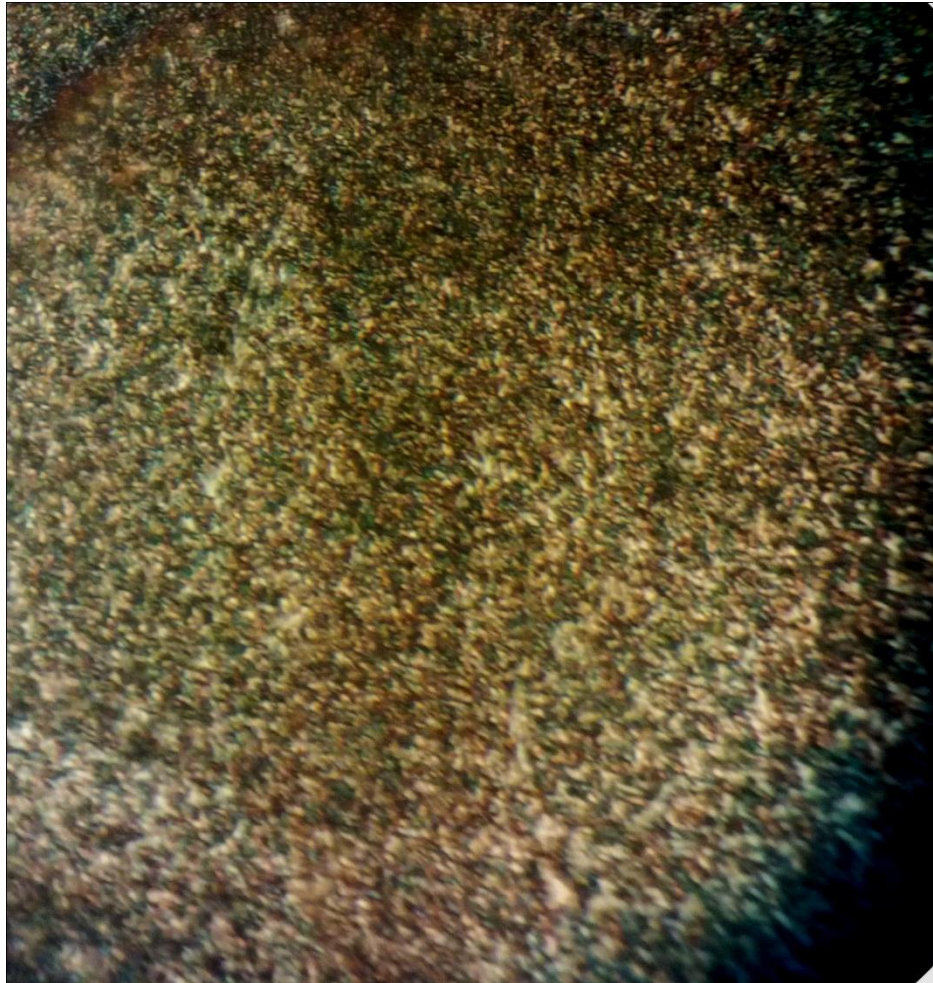


Рисунок 1.8 - Наплавлений метал (Наплавний дріт НП 30ХГСА, ДСТУ 3671-97). та зварювальний дріт Св08Г2С. Структура зернистого перліту. Складається з феритної матриці з включеннями цементиту. Бажана структура для відпалених вуглецевих сталей

Найкращі характеристики проплавлення, структури та добре наплавленого шару з високою твердістю показала технологія з використанням дроту 30ХГСА разом з дротом ER70S-6 який є оптимальним дротом для наплавлення сталі 40Х, тому вона рекомендується в першу чергу для використання, так як забезпечує найкращі необхідні властивості при відновленні.

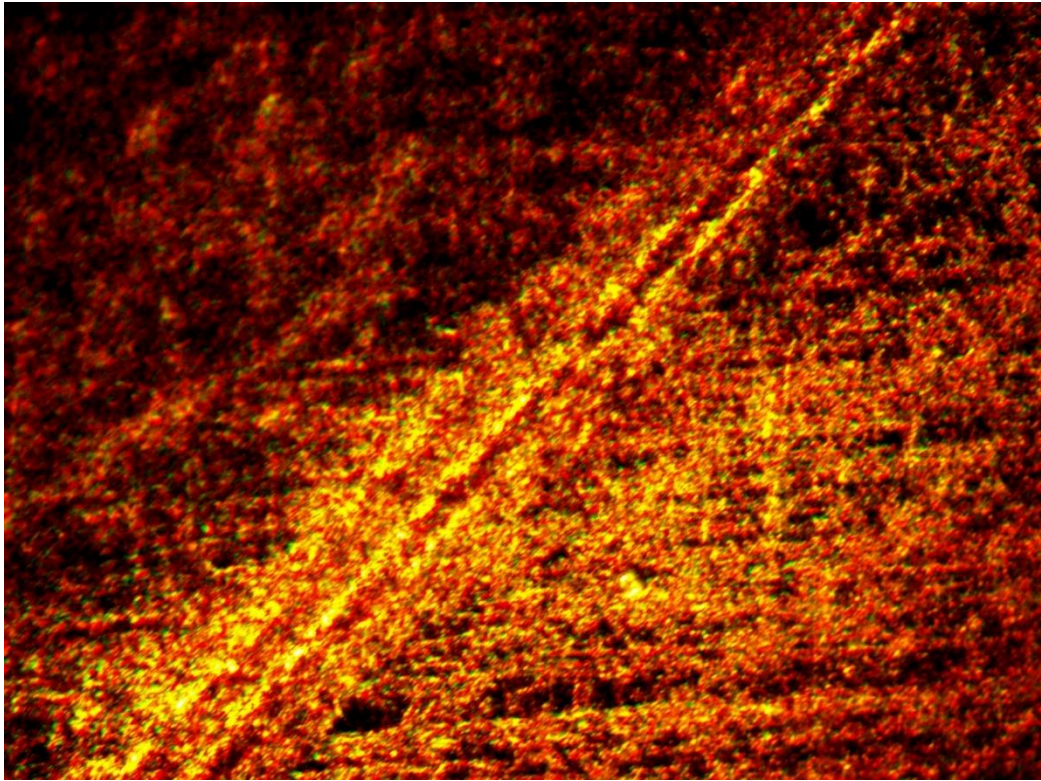


Рисунок 1.9 - Напилення металу на основу при швидкості подачі дроту 5 мм/с

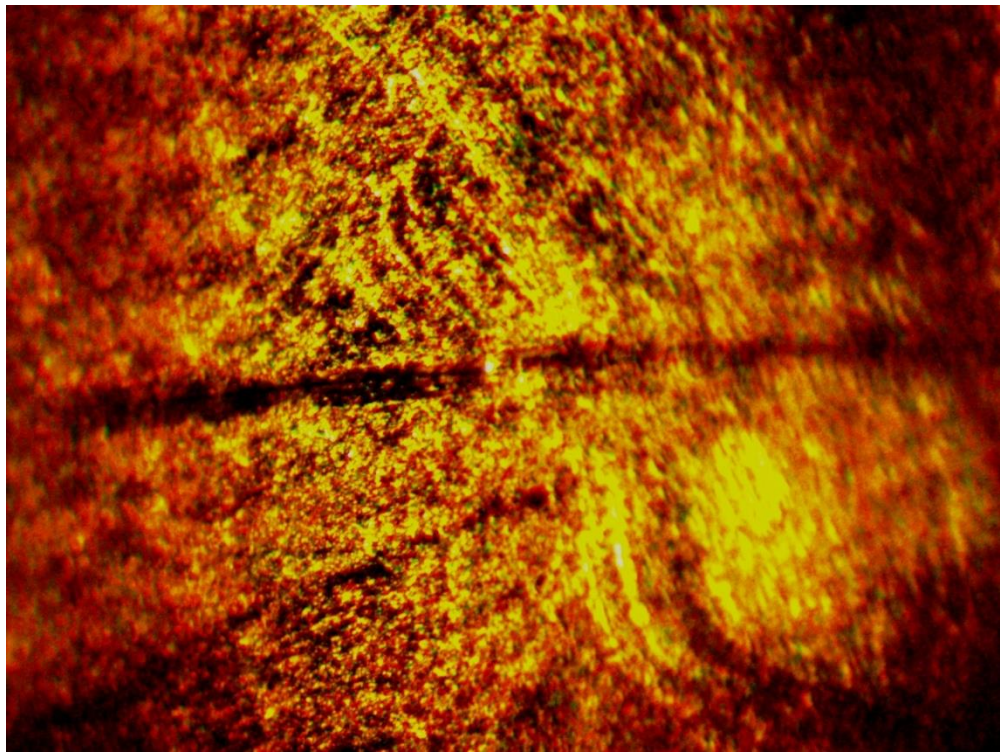


Рисунок 1.10 - Напилення металу на основу на швидкості подачі дроту 10 мм/с

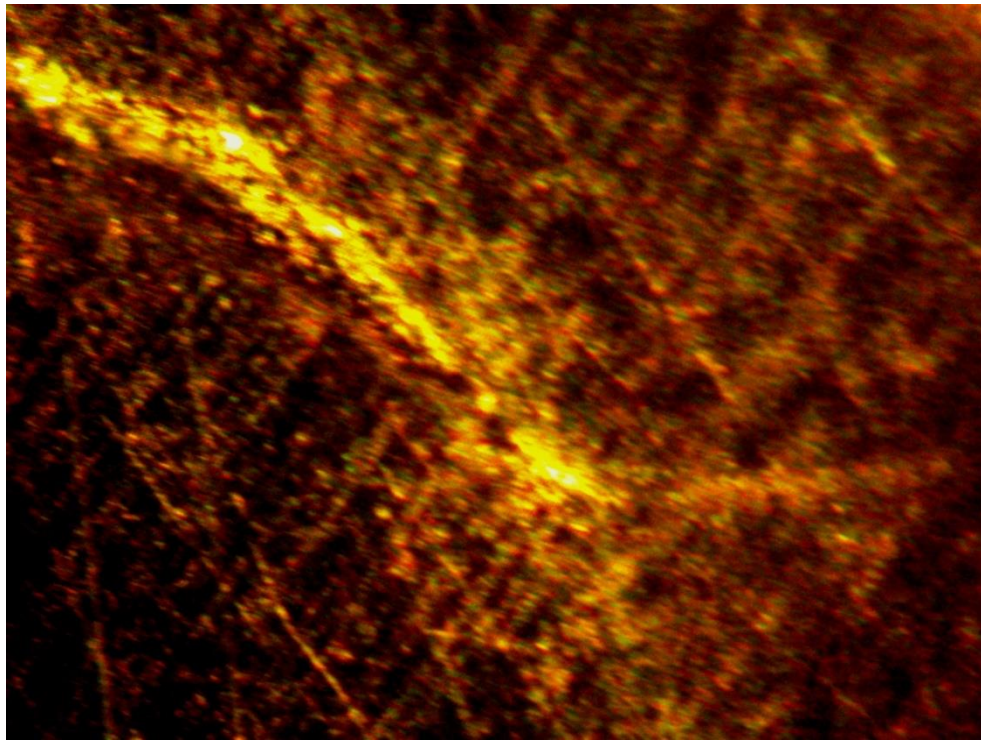


Рисунок 1.11 - Напилення металу на основу на швидкості подачі дроту 15 мм/с

Після проведення дослідів процесу експериментальної дугової металізації двома дротами (наплавний дріт НП 30ХГСА, ДСТУ 3671-97 та зварювальний дріт СВ08Г2С) можна зробити висновок, що оптимальне проплавлення можна побачити на рис 1.10 на швидкості подачі дроту 10 мм/с, це зумовлено тим, що при більших швидкостях напилюємі частинки металу не встигають прилипнути до основи, а при меншій швидкості не заповняють шпонковий паз. Але цей метод показав, що має значні переваги перед іншими методами заплавлення шпонкових пазів, тому що деталь не перегрілась і змін в її структурі не відбулось. Тому внутрішні напруження і деформації мінімізуються. Також при великих швидкостях подачі дроту виникає небезпека виникнення пор, які негативно впливають на якість відновленої деталі.



Дугова металізація має такі переваги. Застосування потужних установок для електродугової металізації (Металізатори ЕМ-01, ЕМ-14М, ЕМ-3М, ЕМ-17, ЕМ-19) дозволяє значно підвищити продуктивність процесу і скоротити витрати часу.

До числа недоліків дугового напилення відноситься небезпека перегріву і окислення напилюваного матеріалу на малих швидкостях подачі розпилюємого дроту. Крім того, велика кількість теплоти, що виділяється при горінні дуги, призводить до значного вигорання легуючих елементів, що входять до складу напилюваного матеріалу (наприклад, вміст вуглецю в матеріалі покриття зменшується до 20%, а кремнію і марганцю - до 10% від початкового вмісту).

При нанесенні шару покриття на поверхню деталі її нагрівання до 50 - 70 °С не викликає ніяких структурних змін в металі деталі. Її механічні властивості зберігаються, завдяки чому можна наносити шар покриття на будь-які матеріали: метал, пластмасу, дерево, гуму і т. п. Металізація забезпечує високу твердість напиленого шару, що сприяє збільшенню термінів служби відновлюваних деталей. Напилюють найрізноманітніші метали. Наприклад, для напилення може бути використано біметалевий дріт з алюмінію і свинцю, що дозволяє не тільки замінити дорогі оловянисті бабіти і бронзи, але і значно збільшити термін служби підшипників.

Проте, застосовуючи металізацію, необхідно враховувати, що металізований шар, нанесений на поверхню деталі, не підвищує її міцності. Тому застосовувати металізацію для відновлення деталей з ослабленим перетином не слід. При відновленні деталей, що знаходяться під дією динамічних навантажень, а також деталей, що працюють при терті без мастильних матеріалів, необхідно знати, що зчіплюваність напиленого шару з основним металом деталі недостатня.

Поверхні деталей, що підлягають металізації, очищають від забруднень в мийних машинах, щітками, промивають в бензині або розчинниках, нагрівають в печах полум'ям газового пальника або паяльної лампи. Обробкою

різанням виправляють геометричну форму деталі і доводять розміри деталі до розмірів, при яких можливе нанесення покриттів заданої товщини. На кінцях циліндричних поверхонь залишають буртики і проточують замки у вигляді кільцевих канавок, що оберігають покриття від руйнування.

Необхідну шорсткість на поверхні деталей, що підлягають металізації, отримують наступними способами. На поверхні термічно необробленої круглої деталі на токарно-гвинторізному верстаті нарізають «рвану» різьбу різцем, установленим з великим вильотом нижче осі деталі на 3 - 6 мм. Вібрація різця призводить до появи шорсткої поверхні з задирками. Різьбу нарізають при швидкості різання 8 - 10 м / хв (без охолодження) за один прохід різця на глибину 0,6 - 0,8 мм. Крок різьби становить 0,9 - 1,3 мм, а для в'язких і м'яких матеріалів - 1,1 - 1,3 мм. На галтелях різьбу не нарізають. Для виходу різця при нарізуванні різьби та усунення викришування покриття біля торця деталі роблять кільцеві канавки, глибина яких повинна бути на 0,2 - 0,3 мм більше глибини різьби. У ряді випадків кільцеві канавки замінюють чорновим о

б Часто нарізування різьби замінюють більш продуктивним процесом - накаткою різьби. Міцність зв'язку основного металу з покриттям при цьому дещо погіршується.

ч Звичайним засобом підготовки поверхні виробів зі складною конфігурацією (Не тіл обертання) є обдування металевим піском за допомогою віскоструминних апаратів.

а Для отримання хорошого зчеплення величина нерівностей повинна бути в межах 20-25 мкм.

н Підготовлену поверхню слід металізувати не пізніше двох годин після закінчення підготовки.

м Якість покриття, що наноситься і ефективність процесу багато в чому залежить від обраного режиму роботи апарату.

і

з

з

При механізації процесу рекомендується застосовувати меншу дистанцію напилення, оскільки підвищується коефіцієнт використання металу при напиленні.

Живлення електрометалізаторов здійснюється або від трансформаторів спеціальної конструкції (СТЕ-43-2с), або від звичайних зварювальних трансформаторів (без дроселів) з додатковими відводами від витків вторинної обмотки, що допускають регулювання напруги в межах 20-55 В (з проміжками через 4-5 В) при струмі не менше 250 А.

При відновленні поверхонь деталей під нерухомі посадки застосовують маловуглецевий дріт зі сталі 08, 10, 15, 20. Для отримання зносостійких покриттів на деталях, що працюють в рухомих з'єднаннях, застосовують дріт з високовуглецевих сталей У7, У7А, У8, У10.

#### Висновки.

Використання для відновлення сталевих валів з канавками електродугової металізації дозволяє повністю заповнити пошкоджені шпонкові канавки металом з нагрівом деталі при цьому до 150 °С, що не викликає жолоблення вала і необхідності його повної обробки, а лише його окремої шийки та нарізання нової шпонкової канавки в іншому місці.

## 2 РОЗРОБКА ТЕХНОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ СТАЛЕВОГО ВАЛА З ПАЗАМИ РЕДУКТОРА БАРАБАННОЇ ЛЕБІДКИ

### 2.1 Службове призначення деталі та її поверхонь.

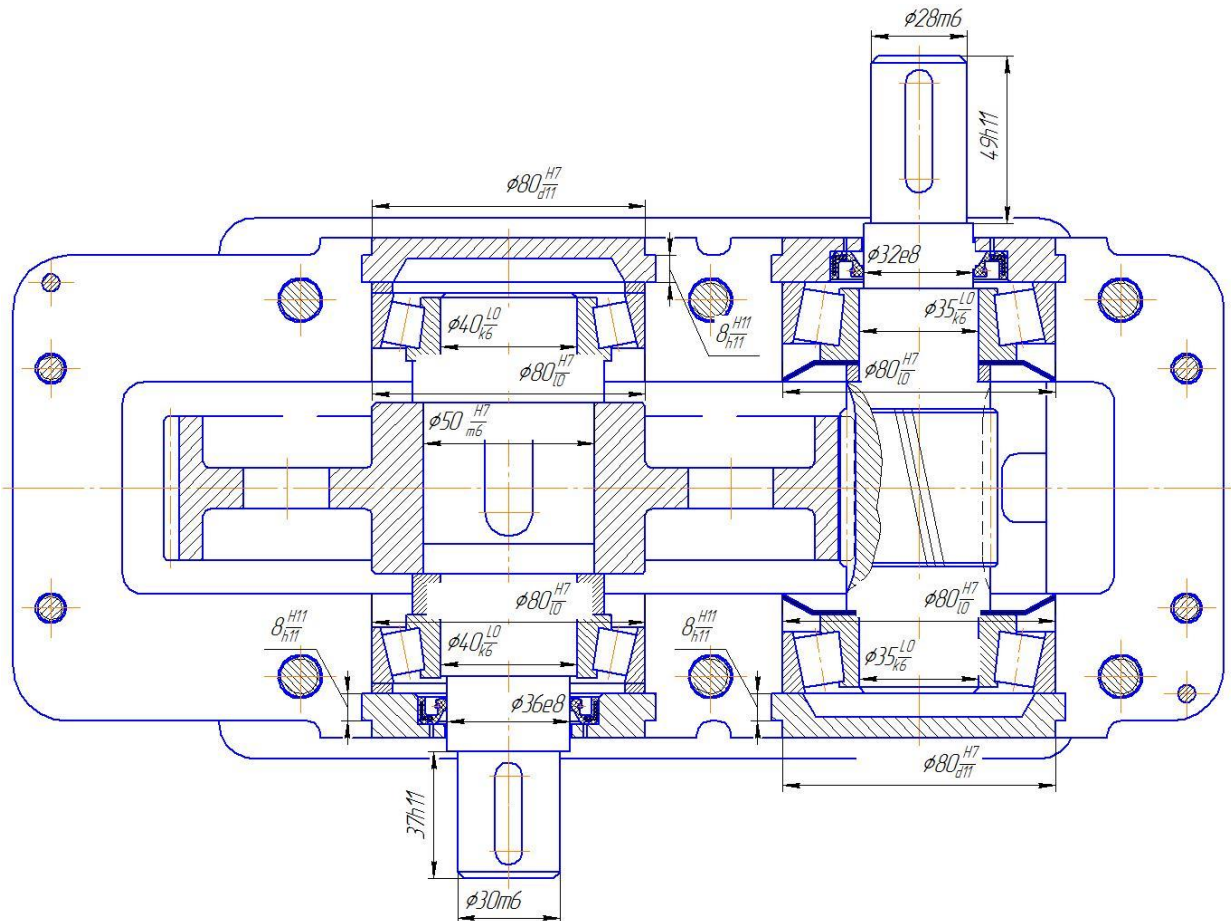


Рисунок 2.1. – Складальне креслення редуктора барабанної лебідки

Передавальний механізм редуктора лебідки - одно чи двошвидкісний редуктор і ряд відкритих зубчастих передач. Привідний вал редуктора приводиться в рух від вала двигуна через з'єднуючу муфту чи муфту зчеплення. Рама лебідки металева, звареної конструкції. Для зручності переміщення лебідки раму часто виконують у вигляді полозів. Управління муфтами вмикання і стрічковими гальмами барабанів здійснюють з одного місця при допомозі важелів і тяг або пневматичного чи гідравлічного привода. Залежно від призначення і умов роботи на лісозаготівлях

застосовують однобарабанні лебідки ЛЛ-10, двобарабанні ЛЛ-9, ЛЛ-11, ЛЛ-12А. Ми можемо побачити що найбільшому зносу підлягають місця посадки під підшипник в наслідок радіального биття та шпонкові пази та поверхні для них які будуть відновленні в цьому курсовому проекті. Також зносу підлягають зуби шестерень, тощо.

По своїй формі, конструкції і технологічним ознакам деталей відноситься до класу «Вали».

Деталь «Вал» подібної форми і типу служить в коробках передач, в коробках швидкості і інших вузлах і механізмах для передачі обертального руху і обертального моменту між шестернями коробки передач або редукторів. Креслення деталі вал містить всі необхідні відомості про деталь. Розглянемо всі оброблювані поверхні поверхні вала і їх призначення, використовуючи рисунок 1.

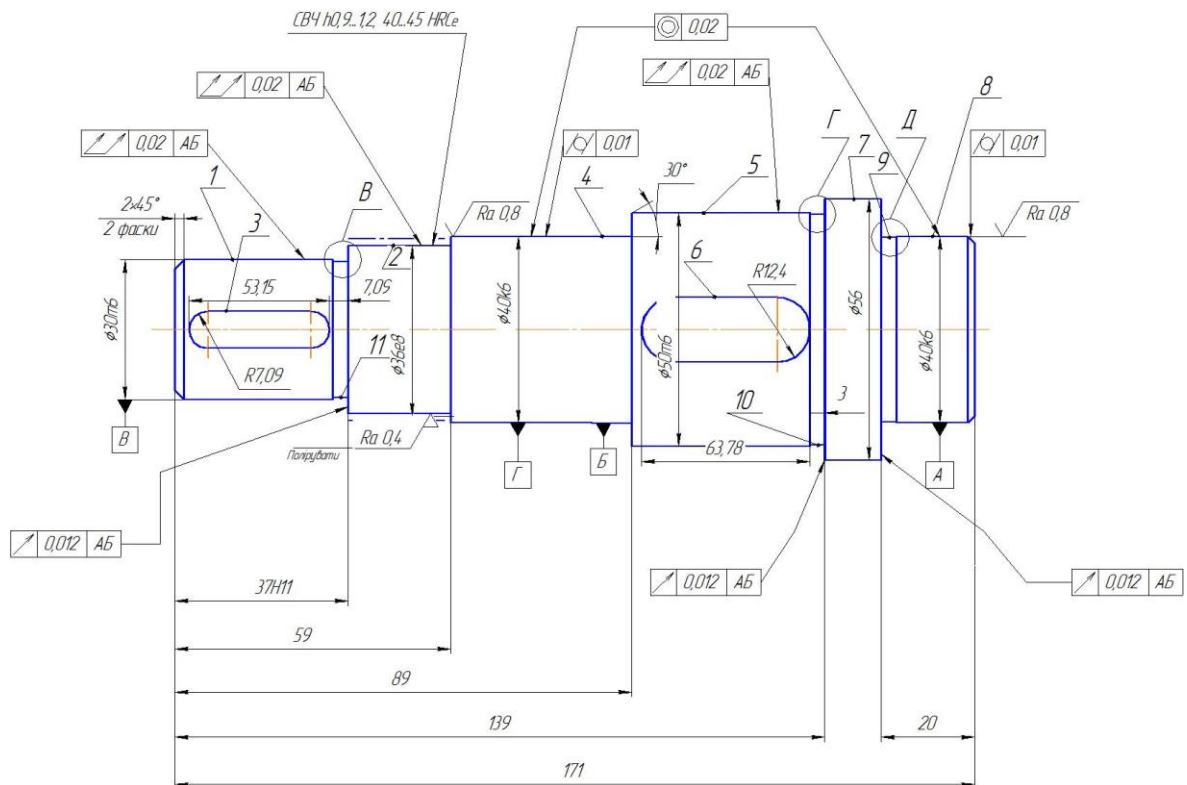


Рисунок 2.2. – Робоче креслення вала з пазами

Поверхні 1,8,4,9 є основними конструкторськими базами, а також виконавчою поверхнею центральної циліндричної поверхні служить для

передачі крутного моменту від самого редуктора та шестерні яка розташовується на поверхні 5 є основною конструкторською базою, а також виконавчою поверхнею та закріплюється шпонкою 6 ця поверхня є допоміжною та 3 яка являється допоміжною також. До поверхні 5 яка використовується для посадки шестерні на вал, до вала ставлять досить високі вимоги на точність і шорсткість. Поверхня повинна бути виконана по 6 квалітету точності з шорсткістю не більше як  $R_a=0,8$  мкм. Відносно цієї поверхні задані уточнені технічні вимоги по виготовленню деталі, які ми розглянемо нижче.

Поверхня 1 служить для посадки шестерні або будь яких привід для руху від редуктора ставляться вимоги точності по 7 квалітету і шорсткості  $R_a =6,3$ мкм. До поверхні 8 яка є виконавчою і відновлюється, являючись посадочним місцем для посадки під підшипник та 4, яка є виконавчою і відновлюється, являючись посадочним місцем для посадки під підшипник вимоги по радіальному биттю, не більше 0,04мм, щоб уникнути заклинення при зачепленні зубцями з іншою шестернею, або зубчастим колесом, розташованим в одному вузлі. Поверхні 8 та 4 застосовуються для посадки на них підшипників кочення та шпонок. І їх шорсткість дорівнює 0,8 при 6 квалітеті точності. Поверхня 2 має 4 квалітет точності та  $R_a =0,4$ мкм для посадки на сальник і ідеального ковзання. 11 є вільною поверхня це канавка для виведення шліфувального круга а також фрези . 7 допоміжна поверхня також ковзається по самому корпусу але має 7 квалітет і  $R_a =6,3$ мкм тому вона не піддається шліфуванню. 10 та 9 є допоміжними поверхнями для виведення дискової фрези після обробки.

Всі інші поверхні не такі відповідальні, як перераховані, виконані по 7 квалітету точності, з шорсткістю  $R_a =6,3$ мкм і не являють складності при їх обробці.

## 2.2. Матеріал деталі і його властивості

### 2.2.1. Технологічні властивості

Вал виготовлений із легованої сталі 40Х ГОСТ 4543-84.

Сталь 40Х ГОСТ 4543-84 характеризується хорошим ступенем обробки різанням, свердлінням задовільною пластичністю при обробці, також добре зварюється. Особливості структурних перетворень цієї сталі дозволяють, для отримання необхідних властивостей широко застосовувати термічну обробку, що особливо важливо для цих деталей. Зварюється без обмежень.

Температура критичних точок ° С

Ac1 743

Ac3 782

Ar3 730

Ar1 693

Нормалізація 850° С. Відпуск 500°С.

Фізичні властивості:

Температура випробування, ° С - 20,100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900

Модуль нормальної пружності, Е, ГПа - 214

Модуль пружності при зсуві крученням G, ГПа - 85

Щільність,  $\rho_n$ , кг/см<sup>3</sup> - 7850

Коефіцієнт теплопровідності Вт / (м · °С)

Температура випробування, ° С 20 – 100

Коефіцієнт лінійного розширення ( $\alpha$ , 10<sup>-6</sup> 1 / °С) - 11.8

Питома теплоємність (С, Дж / (кг ° С))– 466.

### 2.2.2 Хімічні властивості

Таблиця 2.1 –Вміст хімічних елементів в сталі 40Х

Вміст елементів в %						
Вуглець, С	Кремній, Si	Марганець, Mn	Хром, Cr	Нікель, Ni	Фосфор, P	Сірка, S
				Не більше		
0,36- 0,48	0,17-0,37	0,3-0,8	0,8-1,1	0,25	0,04	0,04

Таблиця 2.2–Механічні властивості

Твердість по Брінеллю, НВ	Допустима міцність, МПа	Допустима текучість МПа	Відносне видовження, %	Відносне звуження, %
207	700(70)	470(47)	17	5

### 2.3 Порівняльні характеристики заміника сталі 40Х- 20ХГСА

Порівняльні характеристики сталі 20ХГСА, яка є заміником сталі 40Х, для валів з підвищеною міцністю та дослідження мікроструктури наплавленого металу

Марка 40Х відноситься до конструкційної легованої сталі, яка крім звичайних домішок у своєму складі має в певних кількостях спеціально вводяться елементи, які покликані забезпечити спеціально задані властивості. В якості легуючого елемента в даному випадку використовується хром, про що говорить відповідне маркування .

Легована конструкційна сталь 40Х має дуже широку область використання. Її застосовують для виготовлення валів, осей , вал-шестернею, штоків, плунжерів, кулачкових і колінчастих валів, шпинделів, кілець, рейок, оправок , болтів , зубчастих вінців , втулок , півосей та інших



деталей підвищеної міцності. Сталь 40Х також часто використовується для виробництва поковок, штампованих заготовок і деталей трубопровідної арматури. Однак останні перераховані деталі потребують додаткової термічної обробки, що полягає в загартуванні через воду в маслі або просто в олії з наступним відпуском в маслі або на повітрі.

Як замітник для сталі 40Х можуть бути використані сталі: 38ХА, 40хр, 45х, 40ХС, 40хф, 40ХН, Сталь 45Х, сталь 38ХА, сталь 40ХН, сталь 40ХС, сталь 40ХФА, сталь 40ХГТР, 20ХГСА.

#### 2.4 Характеристики сталі 20ХГСА ДСТУ [4543](#) – 2003

Склад і властивості сталі марки 20ХГСА і середньо легованих сталей : середньо леговані сталі комплексно легують кремнієм, марганцем, хромом, молібденом, нікелем, ванадієм, вольфрамом в різних поєднаннях і кількостях при сумарному їх утриманні 2,5-10%. У зварних конструкціях використовують середньо леговані конструкційні та теплотривкі сталі, що поставляються за ГОСТ 4543-71 і спеціальними технічними умовами.

Середньо леговані конструкційні сталі ( 20ХГСА, 20ХГСНА ) містять підвищену кількість вуглецю ( до 0,35...0,5 %) і леговані зазвичай такими елементами як кремній, марганцем, хромом в кількості до 1,2 %, часто в поєднанні з нікелем (1,5...2%). Для теплостійких сталей (20ХНМФ, 25ХЗНМФ та ін ) характерно більш низький вміст вуглецю (як правило, до 0,28 %) і обов'язкове легування підвищеними кількостями хрому ( до 2...5 %) для забезпечення жароміцності. Додатково такі сталі зазвичай легують молібденом, а також ванадієм або вольфрамом і ніобієм.

Високі міцнісні властивості середньо легованих сталей (  $\sigma_B = 600-2000$  МН/м<sup>2</sup> ) досягаються за рахунок підвищених змістів вуглецю і легуючих елементів, що збільшують прогартовуваність сталі і міцність фериту, а також застосування термообробки - нормалізації або гарту з подальшим

низьким або високим відпусткою. Більшість середньо легованих сталей для зварних конструкцій відноситься до перлітного класу. Застосовують і високоміцні сталі з тимчасовим опором до  $1700 \text{ МН/м}^2$ , що піддаються загартуванню на мартенсит з подальшим низьким відпуском при ( $150...300^\circ\text{C}$ ), наприклад. Висока міцність середньо легованих сталей поєднується з підвищеними спеціальними властивостями при достатньому рівні пластичності та стійкості проти тендітного руйнування. Це поєднання властивостей середньо легованих конструкційних і теплостійких сталей обумовлює застосування їх в конструкціях особливо відповідального призначення, що працюють у важких умовах в енергомашинобудуванні, важкому і хімічному машинобудуванні, літакобудуванні, суднобудуванні та інших галузях промисловості.

2.5 Формування маршруту технологічного процесу відновлення вала редуктора барабанної лебідки .

Розробка технологічного процесу включає в себе ряд операцій, починаючи від підготовчих і завершуючи перевіркою правильності виконаних робіт. Так розробка технологічного процесу включає в себе розробку плану операцій, вибір обладнання, розрахунок режимів на кожну операцію, контроль якості процесів відновлення та нормування часу на операції.

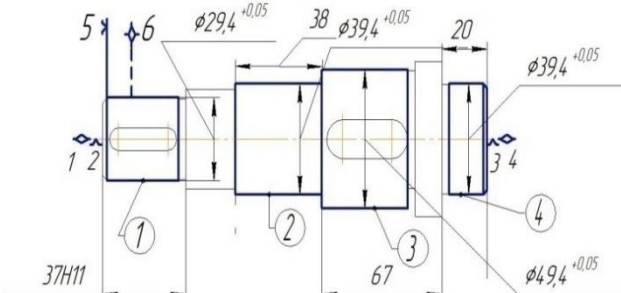
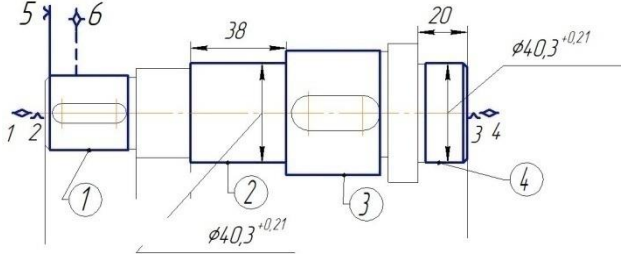
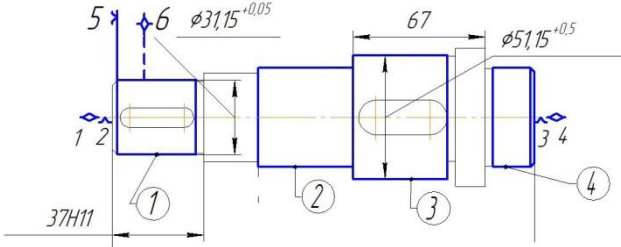
Згідно результатів дефектування і технології відновлення дефектів складаємо план технологічного процесу відновлення вала редуктора барабанної лебідки . Маршрут розробленого технологічного процесу виконується у послідовності показаних на рисунках 2.1, 2.2.

Розробка плану операцій

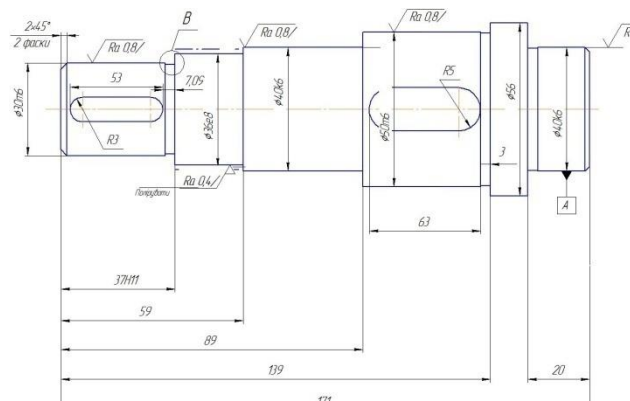
Згідно результатів дефектування і технології відновлення дефектів складаємо план операцій відновлення поверхонь:

005 - Мийна: мити в машині «RONUR 2200-2B»;

- 010 -Дефектувальна.
- 015 - Точіння: точити поверхні 1, 2, 3, 4;
- 020 –Напилювальна: напилити поверхні 2,4;
- 025- Наплавлювальна: наплавити поверхні 1, 3;
- 030 - Токарна: точити поверхні 1, 3;
- 035 - Фрезерувальна: фрезерувати паз шпонковий на поверхні 1, 3;
- 040 - Гартування: загартувати деталь до температури 850<sup>0</sup> ;
- 045-Шліфувальна(попередньо,попередньо,остаточно):шліфувати  
поверхні 1,2,3, 4;
- 050– Контрольна.

№ операції	Найменування операції і технологічних переходів	Схема базування	Обладнання
005	Мийна		Мийна машина ROBUR 2200-2B
010	Дефектувальна		Стіл дефектувальний Мікрометр МК 50
015	Токарна Установ 1: 1. Встановити і зняти деталь. 2. Точити поверхні 1,2,3,4 згідно ескізу, однократно.		Токарний верстат 1612П
020	Напилювальна Установ 1: 1. Установити деталь 2. Напилити поверхні 2,4 3. Зняти		Напилювальна установка з ЧПК
025	Наплавлювальна 1. Установити деталь 2. Наплавити поверхні 1,3 3. Зняти деталь		Наплавлювальна установка А-54 7У
030	Токарна Установ 1: 1. Установити 2. Точити поверхні		Токарно-гвинто-різний верстат 16К20Ф3

	<p>1,2,3,4 згідно ескізу. 3.Точити фаску 1 і канавку 5 4.Переустановити деталь 5.Точити фаску 2 і канавку 6 6.Зняти деталь</p>		
035	<p>Фрезерна Установ 1: 1. Установити і закріпити деталь. 2. Фрезерувати Пази шпонкові R1=3,R3=5,B1=6 , B3=10 на поверхні 1,3 3. Зняти деталь</p>		<p>Вертикально фрезерний верстат мод.5350А</p>
040	<p>Гартування 1. Загартувати деталь з температури 850°</p>		<p>Установка СВЧ Гемма-2011</p>
045	<p>1.Шліфувальна Шліфувати попередньо поверхні 2,4 2.Шліфувальна Шліфувати попередньо поверхні 1,2,3,4 до розмірів 3.Шліфувальна Шліфувати остаточно поверхні 1,2,3,4</p>		<p>Круглошліфувальний верстат 3М151</p>

050	Контрольна Контроль розмірів згідно ремонтного креслення		Мікрометр МК120-1 ГОСТ 6507-78
-----	--	--	---

## 2.6 Вибір обладнання для відновлення

Для вибору раціонального способу відновлення деталей розглянемо відновлення згідно основних критеріїв:

Вибір раціонального способу за наведеними критеріями характеризує якісну та техніко-економічну сторону відновлення конкретних деталей, враховуючи умови їх експлуатації, їх геометричні, фізико-механічні і конструктивно – технологічні особливості. В той же час спосіб відновлення деталі залежить від програми.

Всі дефекти, що розглядаємо відносяться до поправних. Тобто дані дефекти можливо і доцільно ремонтувати. Дефект 1 розташований на циліндричній поверхнях валу  $\varnothing 40$ мм. Він виникає внаслідок зношення валу під дією сил, що мають місце в процесі роботи валу. В результаті тертя зубчастого колеса та валу відбувається поступовий знос поверхонь як однієї так і другої деталі, відповідно збільшується зазор в спряженні, що впливає на якість роботи всього механізму. Даний дефект будемо усувати методом напилення з подальшою механічною обробкою до номінального розміру  $\varnothing 40$ .

Розглянемо ряд переваг та недоліків основних методів нанесення покриття напиленням.

Плазмове напилення. Суть методу полягає в тому, що порошковий присаджувальний матеріал подається транспортуючим газом у зону дії плазми, яка розплавляючи порошок напиляє його на деталь. Плазмове

напилення дозволяє наносити покриття із матеріалів різного хімічного складу; висока продуктивність; повна автоматизація керуванням процесу; плазмові пальники дозволяють у широких межах регулювати енергетичні характеристики плазми, що полегшує отримання покриттів з потрібними технологічними властивостями.

Газополуменеве напилення. Перевагами цього методу є: невелике окислення металу, достатньо велика міцність покриття. До недоліків слід віднести: порівняно невелику продуктивність процесу ( від 2 до 4 кг напилюваного металу за годину).

Детонаційне напилення. Недоліками цього методу є: відновлення деталей з невеликим зносом (отримуються шари 0.2...0.4 мм), низька продуктивність, складність обладнання, що використовується та неможливість нанесення покриттів на деталі, що обертаються.

Порівнявши ряд переваг та недоліків існуючих методів нанесення покриття, обравши економічну доцільність використання цих методів та технологічну можливість використання наявного обладнання, обираємо саме плазмове напилення для відновлення "Валу барабанної лебідки", оскільки цей спосіб, у порівнянні із газополуменевим і електродуговим, має ряд переваг: дозволяє наносити покриття із матеріалів різного хімічного складу; висока продуктивність; повна автоматизація керуванням процесу.

## 2.7 Визначення кількості переходів та операцій відновлення поверхонь

Розрахунок припусків на переходи механічної обробки, товщини шару, що зрізається на поверхні під час попередньої обробки, сумарної товщини покриття, що наноситься.

Припуск - шар матеріалу, що видаляється з поверхні заготовки для досягнення заданих властивостей оброблюваної поверхні деталі. Припуск на обробку поверхонь деталей може бути призначений по довідкових таблицях або на основі розрахунково-аналітичного методу. Розрахунковою величиною

припуску є мінімальний припуск на обробку, достатній для усунення на виконуваному переході похибок обробки і дефектів поверхневого шару, отриманих на попередньому переході або операції таї компенсації похибок, що виникають на виконуваному переході.

Результати розрахунків зведені у таблиці

1. Кількість переходів обробки розраховуємо за коефіцієнтами уточнення

$$\varepsilon = \frac{T_{заг}}{T_{дет}} = \frac{250}{16} = 15,625. \quad (2.1)$$

Таблиця 2.4 – Рекомендуємі коефіцієнти уточнення обробки

Назва	$\varepsilon$
Чорнова обробка	5...6
Чистова обробка	3...4

Рекомендується розподілити коефіцієнти:

$$\varepsilon_1 = 5 * 3,2 = 16.$$

2. Визначаємо кривизну шийки:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{\kappa} * l, \text{ мкм} . \quad (2.2)$$

- 1) Попереднє шліфування =  $0,06 * 24 = 3$  мкм.
- 2) Чистове шліфування –  $0,02 * 24 = 0,48$  мкм.

Просторові похибки на наступних шліфування малі, тому ми нехтуємо ними.

3. Визначаємо похибку встановлення, мкм

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_3 + \varepsilon_{np}} . \quad (2.3)$$



Проте так як в нас деталь на верстаті кріпиться в центрах  $\varepsilon_0^2 = 0$ ,  $\varepsilon_3 = 0$ ,  $\varepsilon_{np} = 0$ , і відповідно похибка  $\varepsilon_y = 0$ .

4. Визначаємо допуск на виконавчому діаметрі:

$$T_1 = \frac{T_{заг}}{\varepsilon_1}; T_2 = \frac{T_{заг}}{\varepsilon_2}; T_3 = \frac{T_{заг}}{\varepsilon_3}.$$

$$T_1 = \frac{250}{4} = 62,5 \text{ мкм.}$$

За табличними позначеннями найближче – 9 квалітет – 62 мкм

$$T_2 = \frac{62,5}{2,5} = 25 \text{ мкм.}$$

За табличними значеннями найближче – 7 квалітет – 25 мкм

$$T_3 = \frac{25}{1,5562} = 16 \text{ мкм.}$$

За табличними значеннями – 6 квалітет - 16 мкм.

5. Визначаємо граничний припуск

$$Z_{min} = 2 \left( R_z + h + \sqrt{\Delta_{\Sigma i}^2 + \varepsilon_i^2} \right). \quad (2.4)$$

Попереднє шліфування

$$Z_{min} = 2 \left( 50 + 30 + \sqrt{3^2 + 0^2} \right) = 166.$$

Попереднє шліфування

$$Z_{min} = 2 (10 + 20 + \sqrt{3^2 + 0^2}) = 66.$$

Остаточне шліфування

$$Z_{min} = 2 (5 + 15 + \sqrt{0^2 + 0^2}) = 40.$$

Розрахункові значення припусків заносимо в графу 6 табл.2.5.

Розраховуємо припуски на мінімальному діаметрі  $40^{+0,018}_{+0,002}$

Остаточне шліфування –  $40 + 0,002 = 40,002$  мкм;

Попереднє шліфування –  $40,002 + 0,040 = 40,042$  мкм;

Попереднє шліфування –  $40,042 + 0,066 = 40,108$  мкм;

Напилювання –  $40,108 + 0,166 = 40,274$  мкм.

Найменші розрахункові розміри заносимо в графу 7 табл. 2.5 Найменші граничні розміри (округлені) заносимо в графу 10 табл. 2.5.

Потім визначаємо найбільші граничні розміри по переходах:

$$40,002 + 0,016 = 40,018 \text{ мм};$$

$$40,042 + 0,025 = 40,067 \text{ мм};$$

$$40,108 + 0,062 = 40,170 \text{ мм};$$

$$40,274 + 0,270 = 40,484 \text{ мм}.$$

Результати розрахунків вносимо в графу 9 табл. 2.5.

Розрахунок фактичних максимальних і мінімальних припусків по переходах робимо, віднімаючи відповідно значення найбільших і найменших граничних розмірів, що відповідають виконуваному і попередньому технологічному переходам:

Максимальні припуски:

$$40,484 - 40,170 = 0,314 \text{ мм};$$

Мінімальні припуски:

$$40,274 - 40,108 = 0,100 \text{ мм};$$

$$40,124 - 40,058 = 0,103 \text{ мм};$$

$$40,108 - 40,042 = 0,066 \text{ мм};$$

$$40,058 - 40,018 = 0,49 \text{ мм};$$

$$40,042 - 40,002 = 0,040 \text{ мм};$$

Результати розрахунків заносимо в графу 11 і 12 табл. 2.5.

Розрахунок загальних припусків робимо по рівняннях: найбільшого припуску

$$Z_{0 \max} = \Sigma Z_{\max} = 0,314 + 0,103 + 0,049 = 0,466 \text{ мм}; \quad (2.6)$$

найменшого припуску

$$Z_{0 \min} = \Sigma Z_{\min} = 0,100 + 0,066 + 0,040 = 0,206 \text{ мм}, \quad (2.7)$$

Перевірку правильності розрахунків проводимо по рівнянню :

$$Z_{0 \max} - Z_{0 \min} = 0,466 - 0,206 = T_s - T_d = 0,260 - 0,16 = 0,1 \text{ мм}.$$

$t_1 = 0,3$  (Шар покриття знятий попередньою обробкою на одну сторону).

$t_2 = 0,6$  мінімальний припуск на одну сторону ( на дві сторони він рівний 0,12).

$$t = 0,3 + 0,3 = 0,6 \text{ мм. (на одну сторону)}. \quad (2.8)$$

$$t_{\max} = t + \frac{Z_{\max}}{2} = 0,3 + \frac{0,272}{2} = 0,436 \text{ мм}. \quad (2.9)$$

$$t_{\min} = t + \frac{Z_{\min}}{2} = 0,3 + \frac{0,162}{2} = 0,381 \text{ мм}.$$

Висновок: в результаті розрахунку припусків встановлено максимальні та мінімальні припуски на обробку після напилювання та розраховану товщину шару напилення максимальну і мінімальну.

$$H_{\max} = t + t_{\max} = 0,3 + 0,436 = 0,736 \text{ мм}. \quad (2.10)$$

$$H_{\min} = t + t_{\min} = 0,3 + 0,381 = 0,681 \text{ мм}.$$

Таблиця 2.5 – Розрахунки припусків на відновлення шийки 40мм вала редуктора лебідки

Маршрут обробки поверхні діаметром $\varnothing 40^{+0.018}_{+0.002}$	Елементи припуску, мкм				Розрахункові величини		Допуск на виконувані розміри, мкм	Прийняті (округлені) розміри заготовки по переходах, мм		Граничний припуск, мкм	
	$R_z$	$h$	$\Delta_\Sigma$	$\varepsilon$	припуску $2Z_i$ , мкм	мінімаль- ного ді- метра, мм		найбільш i	найменш i	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Напилювання	50	30	34			40,274	210	40,48	40,27		
Точіння:	10	20	3	0	166	40,108	62	40,17	40,11	314	166
Шліфування:											
Попереднє	5	15	-	0	66	40,042	25	40,067	40,042	103	66
Остаточне	3	10	-	0	40	40,002	16	40,018	40,002	49	40

Таблиця 2.6 – Розрахунки припусків на обробку шийки з діаметром 30 мм

Маршрут обробки поверхні діаметром $\varnothing 30^{+0,021}_{+0,008}$	Елементи припуску, мкм				Розрахункові величини		Допуск на виконувані розміри, мкм	Прийняті (округлені) розміри заготовки по переходах, мм		Граничний припуск, мкм	
	$R_z$	$h$	$\Delta_\Sigma$	$\varepsilon$	припуску $2Z_i$ , мкм	мінімаль- ного діа- метра, мм		найбільш і	найменш і	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Наплавлювання:	200	200	13			31,146	500	31,65	31,15		
Точіння:	63	60	1		826	30,320	83	30,40	30,32	1240	830
Шліфування:				0							
Попереднє	10	20	1	0	248	30,072	20	30,092	30,072	311	248
Чистове	6,3	12	-	0	64	30,008	16	30,024	30,008	68	64

## 2.8 Розрахунок режимів напилення

1. Розрахунок об'єму плями напилення, мм<sup>3</sup>:

$$Q = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h = \frac{3,14 \cdot 40^2}{4} \cdot 0,1 = 125,6, \quad (2.19)$$

де  $d$  – діаметр (величина) плями напилення, значення якої коливається в межах 15...25 мм. Вибираємо  $d=40$  мм.

$h$  – мінімальна товщина шару, напиленого за один прохід ( $h=0,02 - 0,1$  мм). Для отримання якісного покриття товщина шару, який має бути напилений за один прохід плазмотрона, повинна знаходитись в межах 0,02...0,1 мм (методичні рекомендації НПО "ВИСП"). Згідно з тими ж рекомендаціями рівномірність товщини досягається, якщо кожна наступна смуга покриття перекриває попередню на 40 - 50%.

Вибираємо  $h=0,1$  мм.

2. Обчислення маси плями, г:

$$m=Q \cdot \rho = 126,6 \text{ мм}^3 \frac{7,8 \text{ г}}{1000 \text{ мм}^3} = 0,98 \text{ г} \quad (2.20)$$

де  $\rho$  – густина порошку ( $\rho=7,8$  г/см<sup>3</sup>)

3. Розраховуємо лінійну швидкість напилення, мм/с:

$$V_l = \frac{P \cdot d}{3,600 \cdot m} = \frac{4 \cdot 1000 \cdot 20}{3600 \cdot 0,98} = 22,66 \text{ (мм/с)} \quad (2.21)$$

де  $P$  – продуктивність методу ( $P=4$  кг/Год).

4. Обчислюємо горизонтальну швидкість переміщення плазмотрона, мм/с:

$$V_r = \frac{K \cdot d \cdot V_l}{\sqrt{h^2 \cdot d^2 + \pi^2 \cdot D^2}} = \frac{0,45 \cdot 20 \cdot 22,6}{\sqrt{0,1^2 \cdot 20^2 + 3,14^2 \cdot 40^2}} = 1,6165 \quad (2.22)$$

де  $D$  – діаметр деталі після обробки шліфуванням ( $D = D_{\text{зн}} - 2h = 418 - 2 \cdot 0,2 = 417,6$  мм);

$K$  – коефіцієнт перекриття ( $K=0,45$ ).

5. Кількість проходів.

$$n = \frac{H}{h} \quad (2.23)$$

$$n = \frac{0.508}{0.02} = 25 \text{ (переходів)}$$

де  $H$  – загальна товщина напиленого шару.

6. Час напилювання.

$$t_H = \frac{m_N * 60}{P} \quad (2.24)$$

$$t_H = \frac{1,5 * 60}{2} = 45 \text{ хв}$$

де  $m_N$  – продуктивність металізаційного апарату,  $m_N = 1,5 \dots 3$  кг/год

Так як в нас два однакових дефекти то час напилення  $t_H = 90$  хв

7. Витрати порошку.

$$m_{\Pi} = \frac{\pi(D_1^2 - D_0^2) * L * \rho}{4 * 1000 * \eta} \quad (2.25)$$

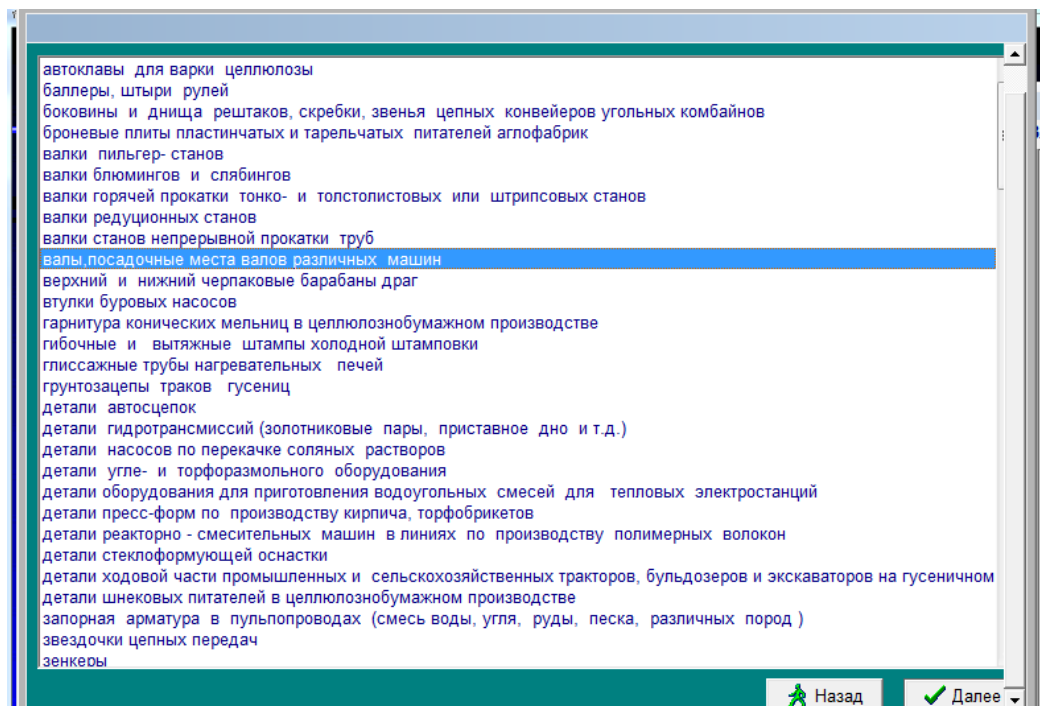
$$m_{\Pi} = \frac{3,14(25,508 - 25,002) * 12 * 8,5}{4 * 1000 * 0,75} = 4,5 \text{ (кг)}$$

## 2.9 Розрахунок та призначення режимів наплавлення

Розрахунок та призначення режимів наплавлення вала подвійної гідромуфти, що включає в себе розрахунок режимів наплавки та вибір наплавлюваних матеріалів проведемо за допомогою програми НАПЛАВКА, яка розроблена Інститутом електрозварювання ім. Є.О. Патона. Послідовність розрахунку у вигляді скріншотів наведена нижче.

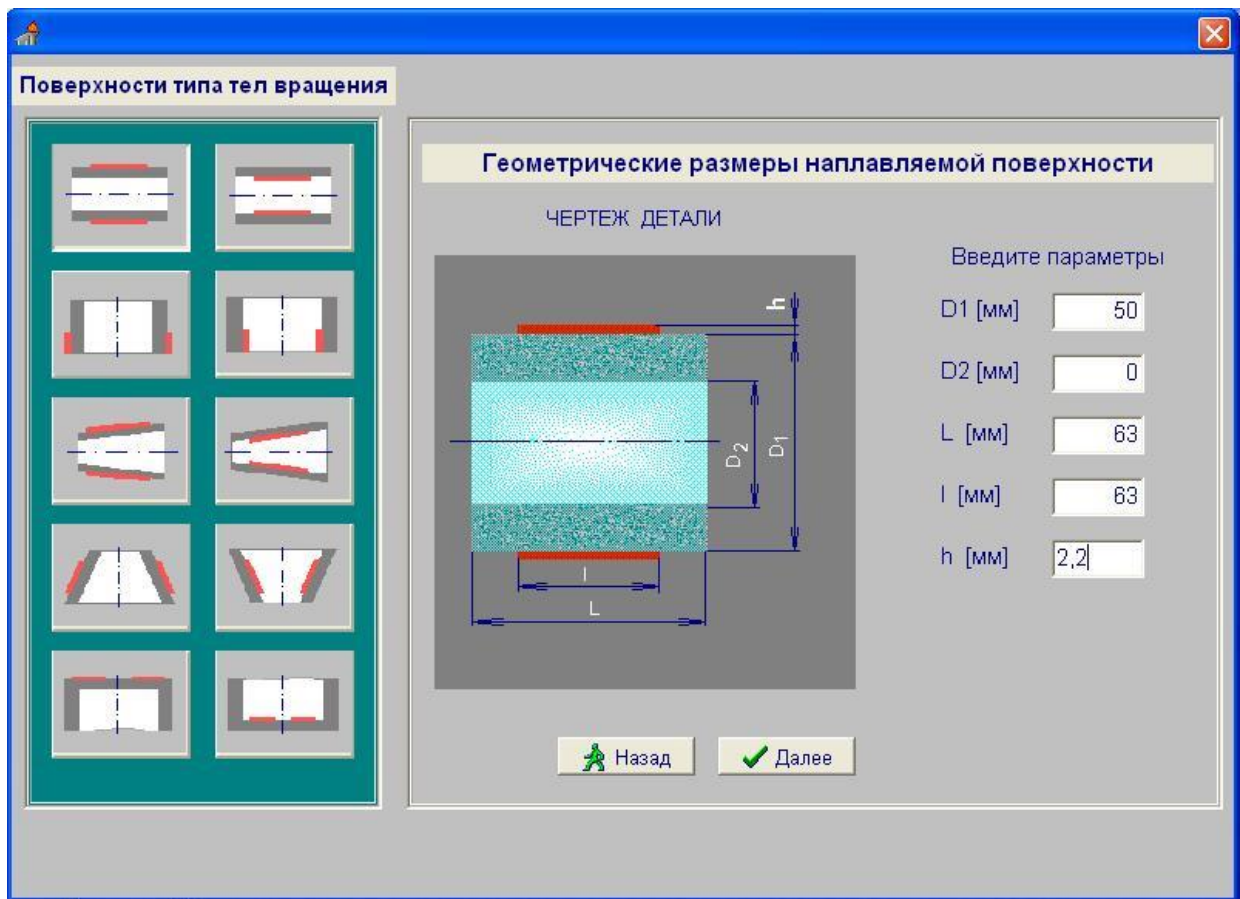


Вибір груп деталей і форм поверхонь, що наплавляються.

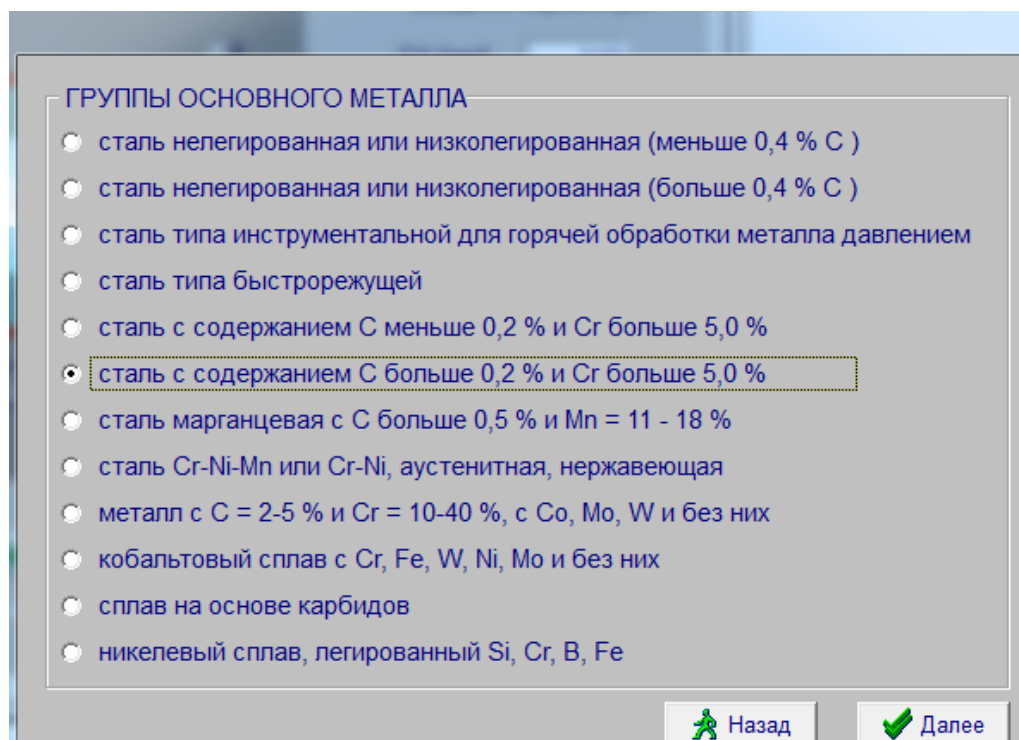


Задання параметрів деталі.

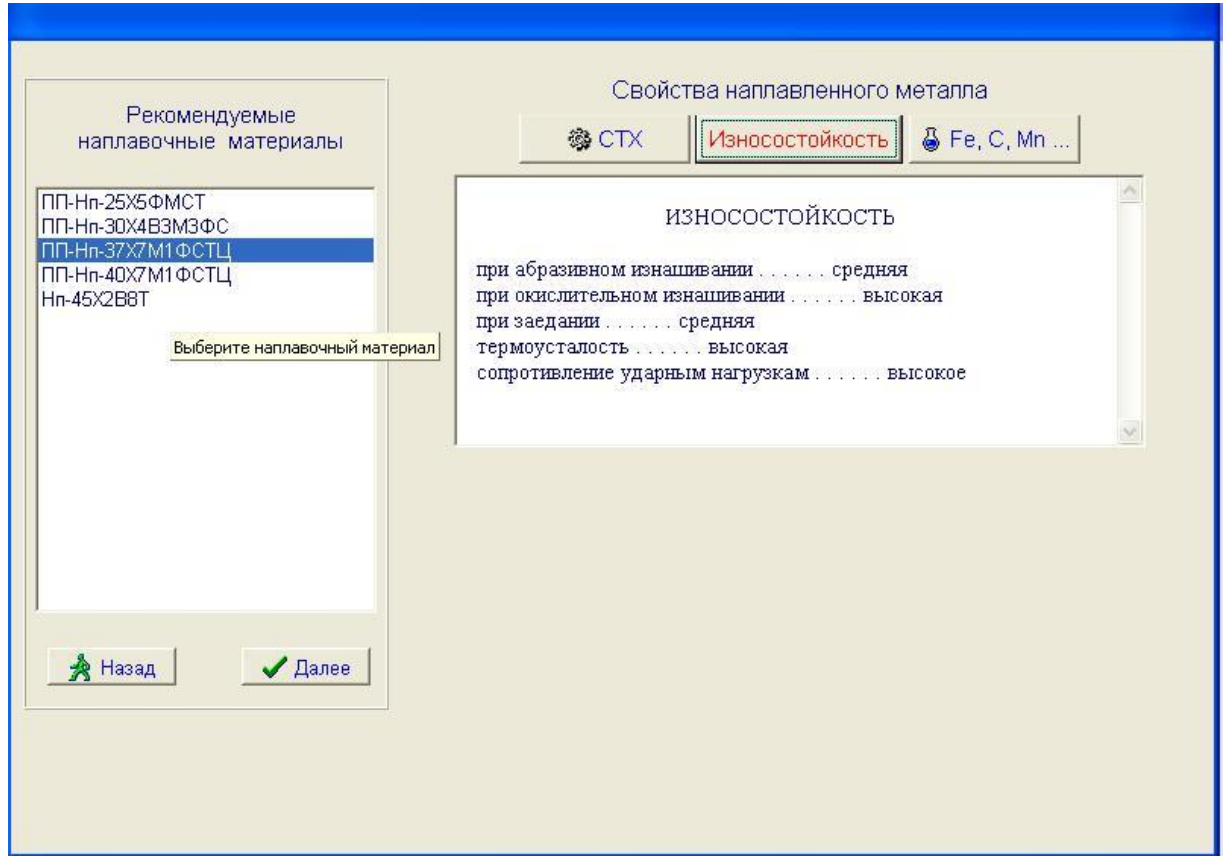




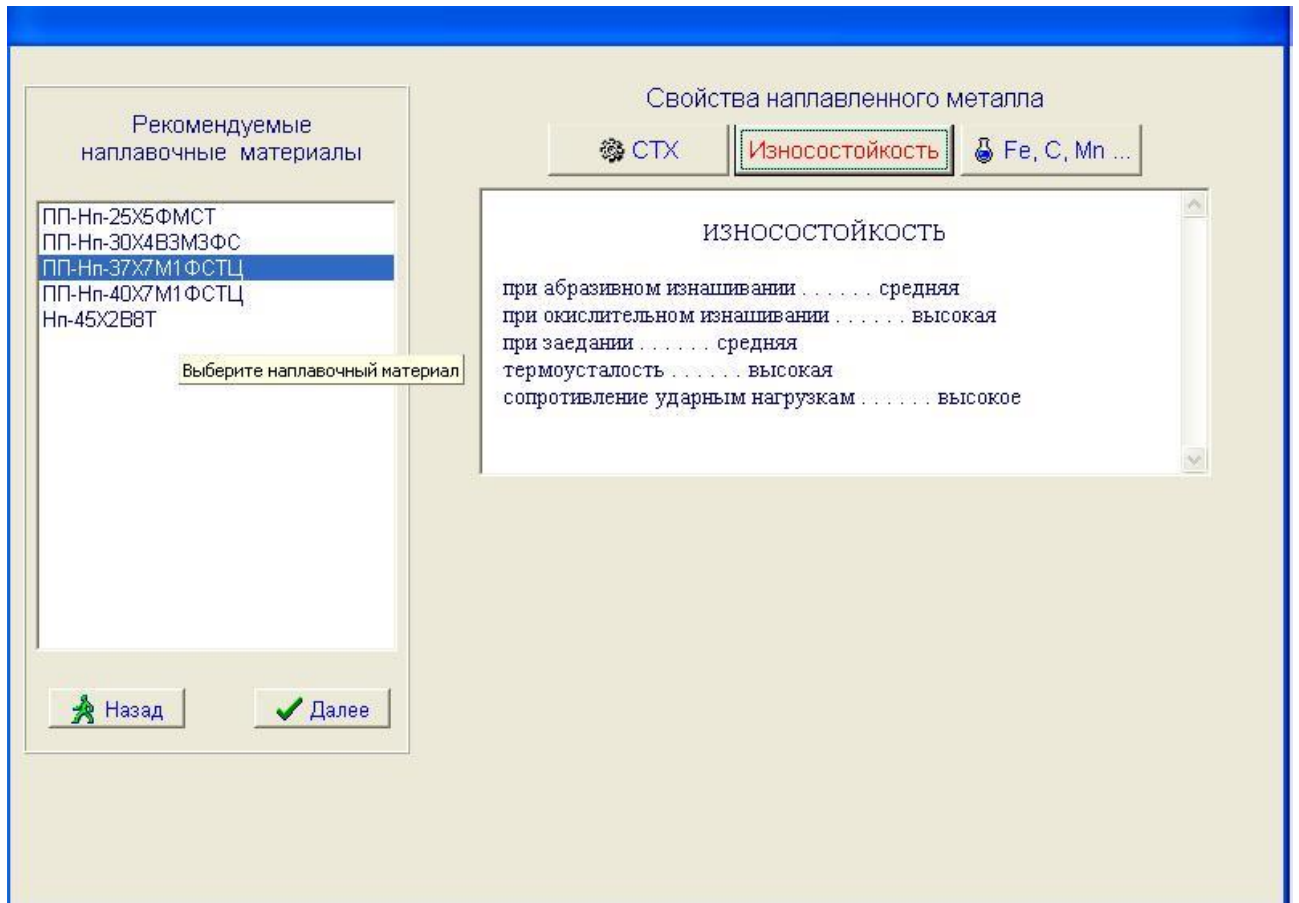
Вибір основного металу.



Вибір наплавного матеріалу



### Вибір способу наплавлення



## Наплавні матеріали та спосіб наплавлення.

Рекомендуемые наплавочные материалы

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ СПОСОБЫ НАПЛАВКИ

ЭДН открытой дугой самозащитной порошковой проволокой

Назад Далее

РЕЖИМЫ НАПЛАВКИ

D пров. [мм]	I [A]	U [В]	V напл. [м/ч]	h напл. [мм]
1,6	110...130	22...24	10...15	0,8...1,2
1,8	140...170	22...24	10...20	0,8...1,2
2	160...180	22...26	10...20	1,0...1,5
2,2	170...190	22...26	10...20	1,0...1,5
2,8	240...280	24...27	15...25	1,2...1,8

Документ Выход

## Режимы наплавления для поверхні діаметром 50 мм.

ДЕТАЛЬ *Вал барабанной лебедки*

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ  
сталь с содержанием С больше 0,2 % и Ст больше 5,0 %

ПОДСЛОЙ

НАПЛАВОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ *ПП-Нп-37Х7М1ФСТЦ*

ТЕХНОЛОГИЯ НАПЛАВКИ

способ наплавки  
*ЭДН открытой дугой самозащитной порошковой проволокой*

техника наплавки  
*по винтовой линии*

предварительный подогрев

охлаждение

род тока *постоянный*      полярность *обратная*

РЕЖИМ НАПЛАВКИ

d = 1,6 мм      s = 2...4 мм

I = 110...130 А      Sm = 5...10 мм

U = 22...24 В

V = 10...15 м/ч

h' = 0,8...1,2 мм

РАЗМЕРЫ ДЕТАЛИ, мм

D1 = 50  
D2 = 0  
L = 63  
l = 63  
h = 2,2

Печать

Назад Выход

Save Info

## Режимы наплавления для поверхні діаметром 30 мм

**ДЕТАЛЬ** Вал барабанно лебідки

**ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ**  
сталь с содержанием С больше 0,2 % и Cr больше 5,0 %

**ПОДСЛОЙ**

**НАПЛАВОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ** III-Нп-37Х7М1ФСТЦ

**ТЕХНОЛОГИЯ НАПЛАВКИ**

**способ наплавки**  
ЭДН открытой дугой самозащитной порошковой проволокой

**техника наплавки**  
по винтовой линии

**предварительный подогрев**

**охлаждение**

**род тока** постоянный **полярность** обратная

**РЕЖИМ НАПЛАВКИ**

d = 1,6 мм s = 2...4 мм

I = 110...130 А Sm = 3...5 мм

U = 22...24 В

V = 10...15 м/ч

h' = 0,8...1,2 мм

**РАЗМЕРЫ ДЕТАЛИ, мм**

D1 = 30  
D2 = 0  
L = 37  
l = 37  
h = 2,2

Печать

Назад Выход

Save Info

### Наплавлення шпонкового паза

**ДЕТАЛЬ** Вало барабанної лебідки

**ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ**  
сталь с содержанием С больше 0,2 % и Cr больше 5,0 %

**ПОДСЛОЙ**

**НАПЛАВОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ** III-Нп-30Х4Г2СМ

**ТЕХНОЛОГИЯ НАПЛАВКИ**

**способ наплавки**  
Полуавтоматическая ЭДН порошковой проволокой под флюсом

**техника наплавки**  
без и с поперечными колебаниями электрода (вручную)

**предварительный подогрев**

**охлаждение**

**род тока** постоянный **полярность** обратная

**РЕЖИМ НАПЛАВКИ**

d = 1 мм Ширина наплавленного валика определяется амплитудой колебания

I = 80...120 А

U = 18...20 В

V = 8...12 м/ч

**РАЗМЕРЫ ДЕТАЛИ, мм**

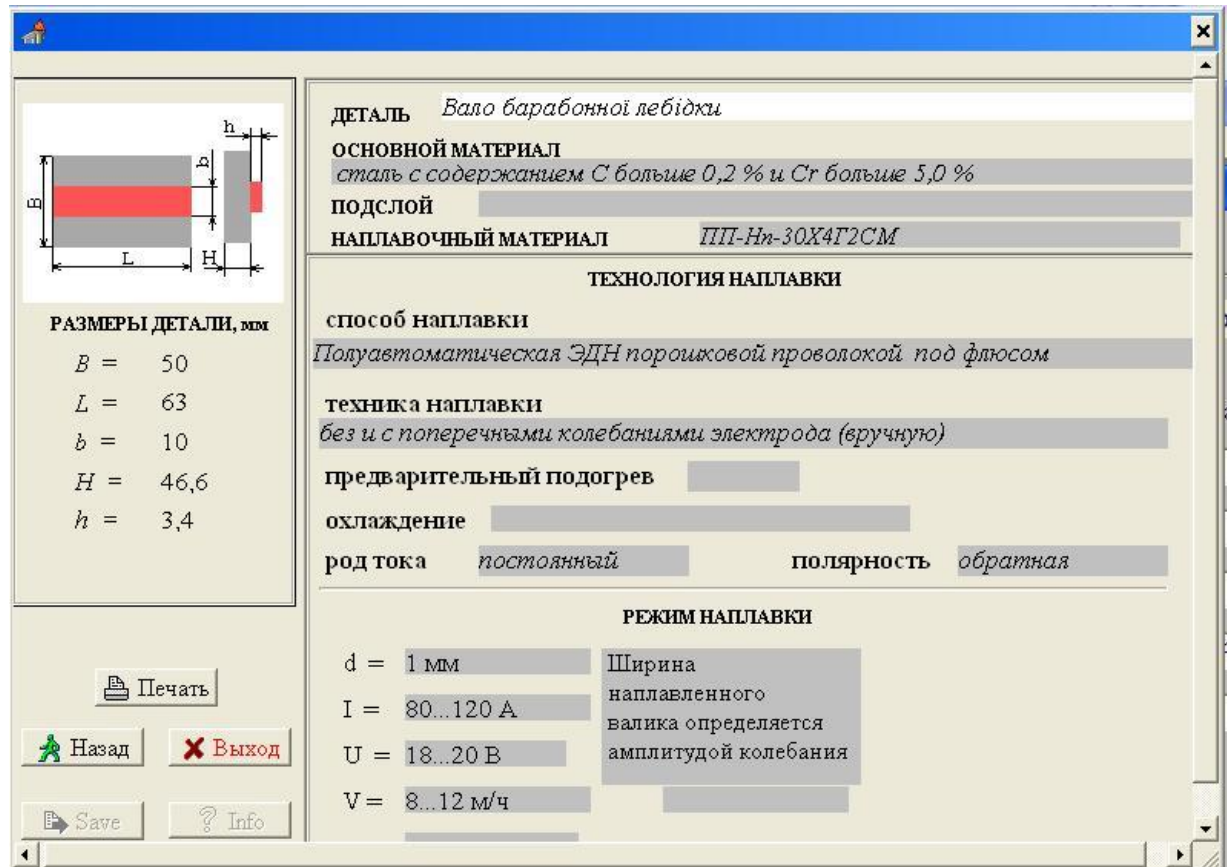
B = 50  
L = 63  
b = 10  
H = 46,6  
h = 3,4

Печать

Назад Выход

Save Info

### Розрахунок режимів наплавлення шпонкового паза



## 2.10 Розрахунок механічної обробки після наплавлення

Розрахунок механічної обробки після наплавлення вала, що включає в себе розрахунок режимів токарної обробки і нормування проведемо за допомогою програми САПР-ТП. Послідовність розрахунку у вигляді скріншотів наведена нижче.

Розрахуємо режими обробки відновлювальних поверхонь подібно до виготовлення нової деталі. Розглянемо обробку поверхні позначену на ремонтному кресленні як дефект 1 діаметр 30Н7 довжиною 37 мм.

СПРУТ-ТП

Результаты проектирования элемента формы "цилиндр":

Параметр	Значение
<b>Обрабатываемая поверхность</b>	цилиндр
<b>Переход</b>	Точить цилиндр, выдерживая $D = 52.5 (0.0; -0.3)$ на $L = 65$ предвар...
<b>Инструмент</b>	Резец 2101-0509 ГОСТ 18870-73
<b>Расчетные размеры</b>	
Диаметр $D$ , мм	52.5
Длина рабочего хода расчетная $L$ , мм	68
<b>Глубина резания <math>t</math>, мм</b>	1.5
<b>Число проходов <math>i</math></b>	1
<b>Режим обработки на станке</b>	
Подача на оборот $S_0$ , мм/об	0.2
Частота вращения $n$ , об/мин	630
Скорость резания $V$ , м/мин	103.86
<b>Результаты нормирования</b>	
<b>Время неполное штучное (на переход), мин</b>	1.04
Время основное $T_0$ , мин	0.54
Время вспомогательное $T_v$ , мин	0.5

OK Отмена

СПРУТ-ТП

Результаты проектирования элемента формы "цилиндр":

Параметр	Значение
<b>Обрабатываемая поверхность</b>	цилиндр
<b>Переход</b>	Точить цилиндр, выдерживая $D = 51.1 (0.000; -0.074)$ на $L = 65$ пре...
<b>Инструмент</b>	Резец 2101-0509 ГОСТ 18870-73
<b>Расчетные размеры</b>	
Диаметр $D$ , мм	51.1
Длина рабочего хода расчетная $L$ , мм	68
<b>Глубина резания <math>t</math>, мм</b>	0.8
<b>Число проходов <math>i</math></b>	1
<b>Режим обработки на станке</b>	
Подача на оборот $S_0$ , мм/об	0.1
Частота вращения $n$ , об/мин	800
Скорость резания $V$ , м/мин	128.36
<b>Результаты нормирования</b>	
<b>Время неполное штучное (на переход), мин</b>	2.15
Время основное $T_0$ , мин	0.85
Время вспомогательное $T_v$ , мин	1.3

OK Отмена

СПРУТ-ТП

Результаты проектирования элемента формы "цилиндр":

Параметр	Значение
<b>Обрабатываемая поверхность</b>	цилиндр
<b>Переход</b>	Точить цилиндр, выдерживая $D = 50.5 (0.00; -0.03)$ на $L = 65$ предв...
<b>Инструмент</b>	Резец 2101-0509 ГОСТ 18870-73
<b>Расчетные размеры</b>	
Диаметр $D$ , мм	50.5
Длина рабочего хода расчетная $L$ , мм	68
<b>Глубина резания <math>t</math>, мм</b>	0.3
<b>Число проходов <math>i</math></b>	1
<b>Режим обработки на станке</b>	
Подача на оборот $S_0$ , мм/об	0.037
Частота вращения $n$ , об/мин	1250
Скорость резания $V$ , м/мин	198.21
<b>Результаты нормирования</b>	
<b>Время неполное штучное (на переход), мин</b>	2.77
Время основное $T_0$ , мин	1.47
Время вспомогательное $T_v$ , мин	1.3

OK Отмена

СПРУТ-ТП

Результаты проектирования элемента формы "цилиндр":

Параметр	Значение
<b>Обрабатываемая поверхность</b>	цилиндр
<b>Переход</b>	Точить цилиндр, выдерживая $D = 31.95 (0.00; -0.25)$ на $L = 20$ пред...
<b>Инструмент</b>	Резец 2101-0509 ГОСТ 18870-73
<b>Расчетные размеры</b>	
Диаметр $D$ , мм	31.95
Длина рабочего хода расчетная $L$ , мм	23
<b>Глубина резания <math>t</math>, мм</b>	1.3
<b>Число проходов <math>i</math></b>	1
<b>Режим обработки на станке</b>	
Подача на оборот $S_0$ , мм/об	0.1
Частота вращения $n$ , об/мин	1250
Скорость резания $V$ , м/мин	125.4
<b>Результаты нормирования</b>	
<b>Время неполное штучное (на переход), мин</b>	0.68
Время основное $T_0$ , мин	0.18
Время вспомогательное $T_v$ , мин	0.5

OK Отмена

СПРУТ-ТП

Результаты проектирования элемента формы "цилиндр":

Параметр	Значение
<b>Обрабатываемая поверхность</b>	цилиндр
<b>Переход</b>	Точить цилиндр, выдерживая $D = 30.75 (0.000; -0.062)$ на $L = 20$ пр...
<b>Инструмент</b>	Резец 2101-0509 ГОСТ 18870-73
<b>Расчетные размеры</b>	
Диаметр $D$ , мм	30.75
Длина рабочего хода расчетная $L$ , мм	23
<b>Глубина резания <math>t</math>, мм</b>	0.7
<b>Число проходов <math>i</math></b>	1
<b>Режим обработки на станке</b>	
Подача на оборот $S_0$ , мм/об	0.05
Частота вращения $n$ , об/мин	1600
Скорость резания $V$ , м/мин	154.49
<b>Результаты нормирования</b>	
<b>Время неполное штучное (на переход), мин</b>	1.59
Время основное $T_0$ , мин	0.29
Время вспомогательное $T_в$ , мин	1.3

OK Отмена

СПРУТ-ТП

Результаты проектирования элемента формы "цилиндр":

Параметр	Значение
<b>Обрабатываемая поверхность</b>	цилиндр
<b>Переход</b>	Точить цилиндр, выдерживая $D = 30.35 (0.000; -0.025)$ на $L = 20$ пр...
<b>Инструмент</b>	Резец 2101-0509 ГОСТ 18870-73
<b>Расчетные размеры</b>	
Диаметр $D$ , мм	30.35
Длина рабочего хода расчетная $L$ , мм	23
<b>Глубина резания <math>t</math>, мм</b>	0.3
<b>Число проходов <math>i</math></b>	1
<b>Режим обработки на станке</b>	
Подача на оборот $S_0$ , мм/об	0.025
Частота вращения $n$ , об/мин	1600
Скорость резания $V$ , м/мин	152.48
<b>Результаты нормирования</b>	
<b>Время неполное штучное (на переход), мин</b>	1.88
Время основное $T_0$ , мин	0.57
Время вспомогательное $T_в$ , мин	1.3

OK Отмена



СПРУТ-ТП

Результаты проектирования элемента формы "цилиндр":

Параметр	Значение
<b>Обрабатываемая поверхность</b>	цилиндр
<b>Переход</b>	Точить цилиндр, выдерживая $D = 42.5$ (0.00; -0.25) на $L = 38$ предв...
<b>Инструмент</b>	Резец 2101-0509 ГОСТ 18870-73
<b>Расчетные размеры</b>	
Диаметр $D$ , мм	42.5
Длина рабочего хода расчетная $L$ , мм	41
Глубина резания $t$ , мм	1.3
Число проходов $i$	1
<b>Режим обработки на станке</b>	
Подача на оборот $S_0$ , мм/об	0.13
Частота вращения $n$ , об/мин	1000
Скорость резания $V$ , м/мин	133.45
<b>Результаты нормирования</b>	
Время неполное штучное (на переход), мин	0.83
Время основное $T_0$ , мин	0.33
Время вспомогательное $T_в$ , мин	0.5

OK Отмена

СПРУТ-ТП

Результаты проектирования элемента формы "цилиндр":

Параметр	Значение
<b>Обрабатываемая поверхность</b>	цилиндр
<b>Переход</b>	Точить цилиндр, выдерживая $D = 41.1$ (0.000; -0.062) на $L = 38$ пре...
<b>Инструмент</b>	Резец 2101-0509 ГОСТ 18870-73
<b>Расчетные размеры</b>	
Диаметр $D$ , мм	41.1
Длина рабочего хода расчетная $L$ , мм	41
Глубина резания $t$ , мм	0.7
Число проходов $i$	1
<b>Режим обработки на станке</b>	
Подача на оборот $S_0$ , мм/об	0.05
Частота вращения $n$ , об/мин	1250
Скорость резания $V$ , м/мин	161.32
<b>Результаты нормирования</b>	
Время неполное штучное (на переход), мин	1.96
Время основное $T_0$ , мин	0.66
Время вспомогательное $T_в$ , мин	1.3

OK Отмена

СПРУТ-ТП

Результаты проектирования элемента формы "цилиндр":

Параметр	Значение
<b>Обрабатываемая поверхность</b>	цилиндр
<b>Переход</b>	Точить цилиндр, выдерживая $D = 40.5 (0.000; -0.025)$ на $L = 38$ пре...
<b>Инструмент</b>	Резец 2101-0509 ГОСТ 18870-73
<b>Расчетные размеры</b>	
Диаметр $D$ , мм	40.5
Длина рабочего хода расчетная $L$ , мм	41
Глубина резания $t$ , мм	0.3
Число проходов $i$	1
<b>Режим обработки на станке</b>	
Подача на оборот $S_0$ , мм/об	0.025
Частота вращения $n$ , об/мин	1600
Скорость резания $V$ , м/мин	203.47
<b>Результаты нормирования</b>	
<b>Время неполное штучное (на переход), мин</b>	2.33
Время основное $T_0$ , мин	1.02
Время вспомогательное $T_v$ , мин	1.3

OK Отмена

СПРУТ-ТП

Результаты проектирования элемента формы "цилиндр":

Параметр	Значение
<b>Обрабатываемая поверхность</b>	цилиндр
<b>Переход</b>	Точить цилиндр, выдерживая $D = 42.5 (0.00; -0.25)$ на $L = 20$ пре...
<b>Инструмент</b>	Резец 2101-0509 ГОСТ 18870-73
<b>Расчетные размеры</b>	
Диаметр $D$ , мм	42.5
Длина рабочего хода расчетная $L$ , мм	23
Глубина резания $t$ , мм	1.3
Число проходов $i$	1
<b>Режим обработки на станке</b>	
<b>Подача на оборот <math>S_0</math>, мм/об</b>	0.13
Частота вращения $n$ , об/мин	1000
Скорость резания $V$ , м/мин	133.45
<b>Результаты нормирования</b>	
<b>Время неполное штучное (на переход), мин</b>	0.68
Время основное $T_0$ , мин	0.18
Время вспомогательное $T_v$ , мин	0.5

OK Отмена

СПРУТ-ТП

Результаты проектирования элемента формы "цилиндр":

Параметр	Значение
<b>Обрабатываемая поверхность</b>	цилиндр
<b>Переход</b>	Точить цилиндр, выдерживая $D = 41.1 (0.000; -0.062)$ на $L = 20$ пре...
<b>Инструмент</b>	Резец 2101-0509 ГОСТ 18870-73
<b>Расчетные размеры</b>	
Диаметр $D$ , мм	41.1
Длина рабочего хода расчетная $L$ , мм	23
<b>Глубина резания <math>t</math>, мм</b>	0.7
<b>Число проходов <math>i</math></b>	1
<b>Режим обработки на станке</b>	
Подача на оборот $S_0$ , мм/об	0.05
Частота вращения $n$ , об/мин	1250
Скорость резания $V$ , м/мин	161.32
<b>Результаты нормирования</b>	
Время неполное штучное (на переход), мин	1.67
Время основное $T_0$ , мин	0.37
Время вспомогательное $T_в$ , мин	1.3

OK Отмена

СПРУТ-ТП

Результаты проектирования элемента формы "цилиндр":

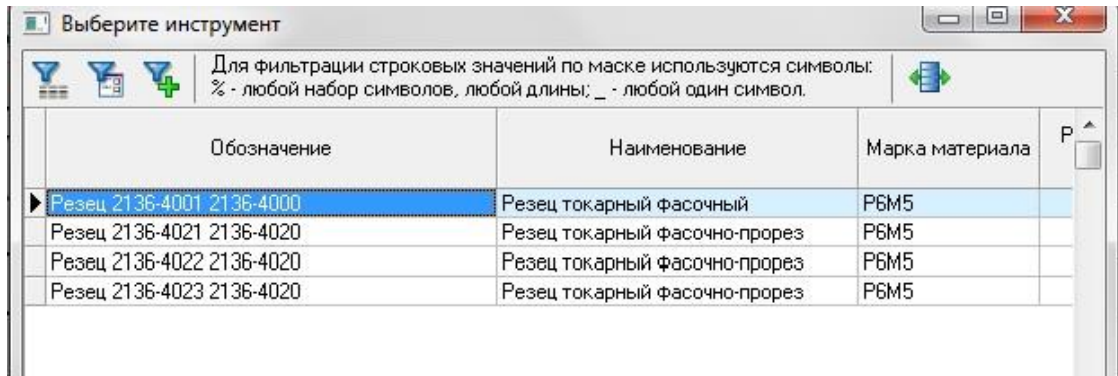
Параметр	Значение
<b>Обрабатываемая поверхность</b>	цилиндр
<b>Переход</b>	Точить цилиндр, выдерживая $D = 40.5 (0.000; -0.025)$ на $L = 20$ пре...
<b>Инструмент</b>	Резец 2101-0509 ГОСТ 18870-73
<b>Расчетные размеры</b>	
Диаметр $D$ , мм	40.5
Длина рабочего хода расчетная $L$ , мм	23
<b>Глубина резания <math>t</math>, мм</b>	0.3
<b>Число проходов <math>i</math></b>	1
<b>Режим обработки на станке</b>	
Подача на оборот $S_0$ , мм/об	0.025
Частота вращения $n$ , об/мин	1600
Скорость резания $V$ , м/мин	203.47
<b>Результаты нормирования</b>	
Время неполное штучное (на переход), мин	1.88
Время основное $T_0$ , мин	0.57
Время вспомогательное $T_в$ , мин	1.3

OK Отмена

Розрахунковий діаметр 50,4 є розміром до якого треба наплавити зазначену поверхню.

Аналогічно розрахуємо наступні 2 переходи.

### Оберемо ріжучий інструмент для точіння фаски



### Розрахунок режимів для точіння фаски

Результаты проектирования элемента формы "фаска наружная":

Параметр	Значение
<b>Обрабатываемая поверхность</b>	фаска наружная
<b>Переход</b>	Точить фаску $C = 2$ УГОЛ = 45 на $D = 40$
<b>Инструмент</b>	Резец 2136-4001 2136-4000
<b>Расчетные размеры</b>	
Диаметр $D$ , мм	40
Длина рабочего хода расчетная $L$ , мм	5
<b>Глубина резания <math>t</math>, мм</b>	2
<b>Число проходов <math>i</math></b>	1
<b>Режим обработки на станке</b>	
Подача на оборот $S_0$ , мм/об	0.15
Частота вращения $n$ , об/мин	630
Скорость резания $V$ , м/мин	79.13
<b>Результаты нормирования</b>	
Время неполное штучное (на переход), мин	0.55
Время основное $T_0$ , мин	0.0529
Время вспомогательное $T_v$ , мин	0.5

Інша фаска розраховується аналогічно після переустановки

## Розрахунок режимів різання канавки

СПРУТ-ТП

Результаты проектирования элемента формы "канавка наружная":

Параметр	Значение
<b>Обрабатываемая поверхность</b>	канавка наружная
<b>Переход</b>	Точить 1 канавку D = 49.5 B = 3
<b>Инструмент</b>	Резец 2129-4121 СТП 2129-4120-97
<b>Расчетные размеры</b>	
Диаметр D, мм	50
Длина рабочего хода расчетная L, мм	3.25
Глубина резания t, мм	0.25
Число проходов i	1
<b>Режим обработки на станке</b>	
Подача на оборот S <sub>o</sub> , мм/об	0.075
Частота вращения n, об/мин	500
Скорость резания V, м/мин	78.5
<b>Результаты нормирования</b>	
Время неполное штучное (на переход), мин	0.44
Время основное T <sub>o</sub> , мин	0.0867
Время вспомогательное T <sub>в</sub> , мин	0.35

OK Отмена

СПРУТ-ТП

Результаты проектирования элемента формы "канавка наружная":

Параметр	Значение
<b>Обрабатываемая поверхность</b>	канавка наружная
<b>Переход</b>	Точить 1 канавку D = 29.5 B = 3
<b>Инструмент</b>	Резец 2129-4121 СТП 2129-4120-97
<b>Расчетные размеры</b>	
Диаметр D, мм	30
Длина рабочего хода расчетная L, мм	2.65
Глубина резания t, мм	0.25
Число проходов i	1
<b>Режим обработки на станке</b>	
Подача на оборот S <sub>o</sub> , мм/об	0.075
Частота вращения n, об/мин	1000
Скорость резания V, м/мин	94.2
<b>Результаты нормирования</b>	
Время неполное штучное (на переход), мин	0.39
Время основное T <sub>o</sub> , мин	0.0353
Время вспомогательное T <sub>в</sub> , мин	0.35

OK Отмена

## Розрахунок режимів шліфування

СПРУТ-ТП

Результаты проектирования элемента формы "цилиндр":

Параметр	Значение
<b>Обрабатываемая поверхность</b>	цилиндр
<b>Переход</b>	Шлифовать цилиндр D = 40 (0.000; -0.016) L = 20 предварительно
<b>Инструмент</b>	круг шлифовальный D = 300 B = 40
<b>Расчетные размеры</b>	
Ширина B, мм	40
Длина рабочего хода расчетная L, мм	20
<b>Глубина резания t, мм</b>	0.007
<b>Число проходов i</b>	29
<b>Режим обработки на станке</b>	
Подача S	0.2
Частота вращения круга n, об/мин	1911
Скорость резания станка V, м/мин	30
<b>Результаты нормирования</b>	
Время неполное штучное (на переход), мин	2
Время основное T <sub>о</sub> , мин	7
Время вспомогательное T <sub>в</sub> , мин	5

OK Отмена

СПРУТ-ТП

Результаты проектирования элемента формы "цилиндр":

Параметр	Значение
<b>Обрабатываемая поверхность</b>	цилиндр
<b>Переход</b>	Шлифовать цилиндр D = 30 (0.000; -0.021) L = 37 предварительно
<b>Инструмент</b>	круг шлифовальный D = 300 B = 50
<b>Расчетные размеры</b>	
Ширина B, мм	30
Длина рабочего хода расчетная L, мм	37
<b>Глубина резания t, мм</b>	0.01
<b>Число проходов i</b>	10
<b>Режим обработки на станке</b>	
Подача S	0.3
Частота вращения круга n, об/мин	1592
Скорость резания станка V, м/мин	25
<b>Результаты нормирования</b>	
Время неполное штучное (на переход), мин	0
Время основное T <sub>о</sub> , мин	0
Время вспомогательное T <sub>в</sub> , мин	0

OK Отмена

СПРУТ-ТП

Результаты проектирования элемента формы "цилиндр":

Параметр	Значение
<b>Обрабатываемая поверхность</b>	цилиндр
<b>Переход</b>	Шлифовать цилиндр D = 40 (0.000; -0.016) L = 38 предварительно
<b>Инструмент</b>	круг шлифовальный D = 300 B = 40
<b>Расчетные размеры</b>	
Ширина B, мм	40
Длина рабочего хода расчетная L, мм	38
<b>Глубина резания t, мм</b>	0.007
<b>Число проходов i</b>	29
<b>Режим обработки на станке</b>	
Подача S	0.2
Частота вращения круга n, об/мин	1911
Скорость резания станка V, м/мин	30
<b>Результаты нормирования</b>	
Время неполное штучное (на переход), мин	2
Время основное T <sub>о</sub> , мин	7
Время вспомогательное T <sub>в</sub> , мин	5

OK Отмена

СПРУТ-ТП

Результаты проектирования элемента формы "цилиндр":

Параметр	Значение
<b>Обрабатываемая поверхность</b>	цилиндр
<b>Переход</b>	Шлифовать цилиндр D = 50 (0.000; -0.016) L = 65 предварительно
<b>Инструмент</b>	круг шлифовальный D = 300 B = 40
<b>Расчетные размеры</b>	
Ширина B, мм	50
Длина рабочего хода расчетная L, мм	65
<b>Глубина резания t, мм</b>	0.007
<b>Число проходов i</b>	29
<b>Режим обработки на станке</b>	
Подача S	0.2
Частота вращения круга n, об/мин	1911
Скорость резания станка V, м/мин	30
<b>Результаты нормирования</b>	
Время неполное штучное (на переход), мин	2
Время основное T <sub>о</sub> , мин	7
Время вспомогательное T <sub>в</sub> , мин	5

OK Отмена

## 2.11 Нормування операцій технологічного процесу

Розрахункова довжина проходу  $L$ :

Точіння:

$$L = l + l_1 + l_2 = 157 + 0,3 + 0 = 157,3 \text{ мм.}; \quad (2.26)$$

де,  $l$  – довжина твірної, мм;  $l_1, l_2$  – довжина врізування та перебігу різця, ;  $l_1, l_2 = 2,8 \text{ мм}$ ;

Визначаємо основний час на операцію точіння:<sup>[11]</sup>

$$T_0 = \frac{i \cdot L}{n \cdot S} = \frac{1 \cdot 157,3}{800 \cdot 0,41} = 0,47 \text{ (хв)}. \quad (2.27)$$

$i$  – кількість проходів;

$n$  – частота обертання;

$S$  – подача.

Визначаємо допоміжний час за табл. 22, 23, 24.<sup>[11]</sup>

$$T_{\text{доп}} = 1,3 + 0,7 + 0,5 = 2,5 \text{ хв}; \quad (2.28)$$

Визначаємо  $T_{\text{відп/обсл.}}$ , для точіння 6,5% від  $T_{\text{опер.}}$ <sup>[11]</sup>

$$T_{\text{опер}} = T_0 + T_{\text{доп}} = 0,47 + 2,5 = 2,97 \text{ хв}; \quad (2.29)$$

$$T_{\text{відп/обсл.}} = 6,5\% \text{ від } T_{\text{опер}} = 0,19 \text{ хв}; \quad (2.30)$$

Визначаємо підготовчо- завершальни час.<sup>[11]</sup>

$$T_{\text{п-з}} = 8 \text{ хв}; \quad (2.31)$$

Визначаємо штучно – калькуляційний час:<sup>[11]</sup>

$$T_{\text{ш-к}} = T_0 + T_{\text{доп}} + T_{\text{відп/обсл.}} + \frac{T_{\text{п-з}}}{n_{\text{дет}}}; \quad (2.32)$$

$$T_{\text{ш-к}} = 0,47 + 2,5 + 0,19 + \frac{8}{20} = 3,56 \text{ хв.}$$

$n_{\text{дет}}$  – кількість деталей

Результати розрахунків записуємо до таблиці 2.7



Інші параметри розраховуються по такому принципу як точіння, і усі наступні данні будуть взяті з довідникових даних та внесені у таблицю нормування операцій.

Результати розрахунків записуємо до таблиці 2.7

Таблиця 2.7 – Нормування операцій

Номер і назва операції		$T_o$	$T_{доп}$	$T_{оп}$	$T_{обс}+T_{від}$	$T_{п-з}$	$T_{шт-к}$
005 Мийна		3,6	0,7	4,3	0,14	12	5,11
010 Дефектувальна		3	1,5	4,5	0,3	12	10
015 Токарна		0,47	2,5	2,97	0,19	8	3,5
020 Напилювальна		2,5	0,8	3,3	0,23	15	5,22
025 Наплавлювальна		0,15	0,32	3,40	0,25	18	4,98
030 Токарна		0,47	2,5	2,97	0,19	8	3,5
035 Фрезерувальна		18	3,5	21,5	1,2	20	18
040 Гартувальна		1	1,4	2,4	0,16	12	3,16
045 Шліфування	попер	7,3	5,3	12,6	0,51	7	13
	попер	11	5	16	0,45	6	15
	остат	22	5	27	0,35	5	17
050 Контрольна		3,2	1,4	4,6	0,3	2	5

#### Висновки

1. В технологічному процесі реалізовано використання методу електродугової металізації для заплавлення пошкоджених шпонкових пазів, що дозволяє уникнути нагрівання деталі до високих температур та її жолоблення.
2. Запропонований технологічний процес дозволяє зменшити трудоемність операцій та одержати економічний ефект.

### 3 ПРОЕКТУВАННЯ КОМПЛЕКСУ ОБЛАДНАННЯ З ЧИСЛОВИМ ПРОГРАМНИМ КЕРУВАННЯМ

#### 3.1 Створення конструктивної схеми установки автоматизованого відновлення

Розробимо конструктивну схему установки. Прийmemo рішення з яких основних компонентів має складатися установка для автоматизованого відновлення деталі (рисунок 3.1)

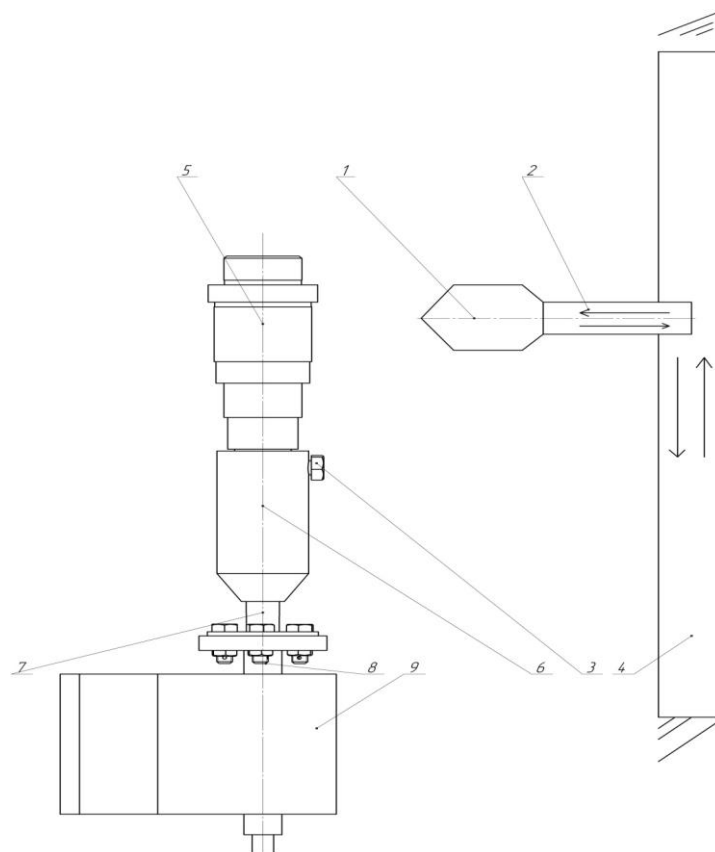


Рисунок 3.1 – Конструктивна схема установки відновлення

1- металізатор, 2 блок вертикального переміщення, 3- гвинт фіксуючий, 4- блок горизонтального переміщення, 5- відновлювана деталь, 6- оправка, 7 – вал шпинделя, 8 – муфта, 9 – електродвигун кроковий

### 3.2 Визначення способу закріплення деталі

Враховуючи, що подібні деталі зазвичай обробляють в центрах, було вирішено застосовувати центри і у цій роботі. Враховуючи вагу та габарити деталі для передання крутного моменту деталі розробимо обертач та задню бабку, в які можна закріпити центри. Використання стандартної задньої бабки для звичайного центра можливе, але не доцільне через великі габарити, та відсутність автоматизації процесу відходу обертового центра, тому створимо невелику задню бабку, яка б забезпечувала потрібну нам автоматизацію. В якості задньої бабки можливо та доцільно використовувати пневмоциліндр з фіксатором штока.

Виконання обертача із усім пристосуванням зображені на рисунку 3.2.

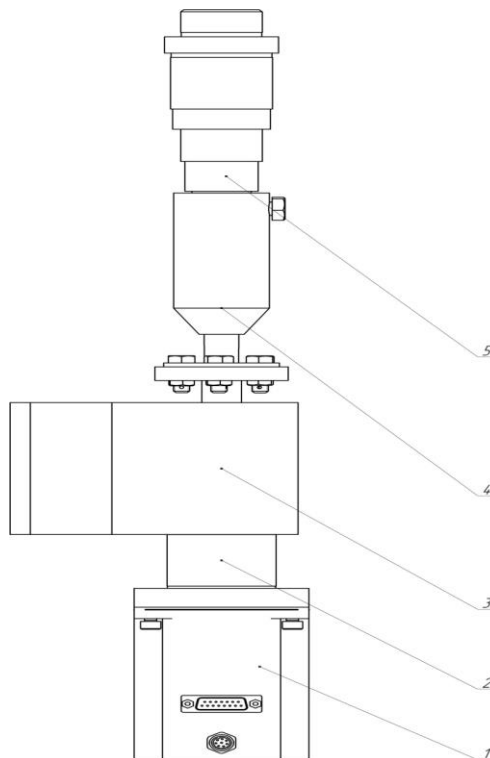


Рисунок 3.2 – Виконання обертача з пристосуванням:

1- електродвигун; 2 - осьовий набір; 3 –корпус підшипників; 4 -  
оправка; 5 – відновлювана деталь

### 3.3 Розрахунок масоцентрувальних характеристик (МЦХ) деталі та пристрою її закріплення

Для визначення масоцентрувальних характеристик розробимо 3D моделі усіх деталей, що обертаються (рисунок 3.3).

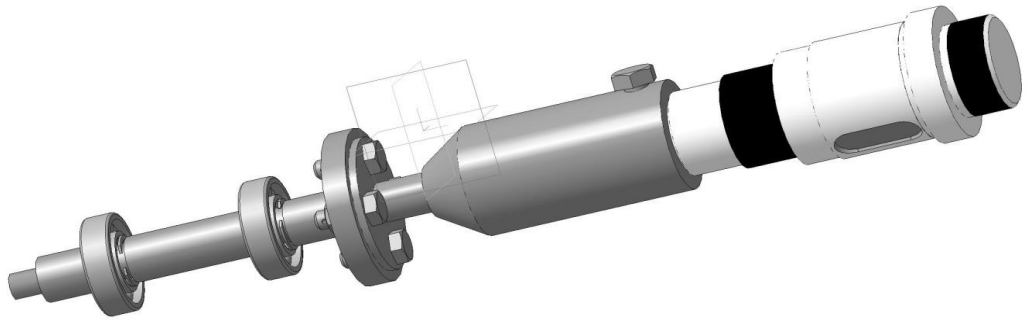


Рисунок 3.3 - 3D модель усіх деталей, що обертаються в процесі відновлення

Матеріал	Сталь 40Х ГОСТ 1050-88
МЦХ	
Зборка	
Маса	$M = 3601.640647 \text{ г}$
Площа	$S = 101860.663575 \text{ мм}^2$
Об'єм	$V = 459833.180432 \text{ мм}^3$
Центр мас	$X_c = -27.834063 \text{ мм}$
	$Y_c = 76.596336 \text{ мм}$
	$Z_c = 17.234057 \text{ мм}$

В центральній системі координат:

Осьові моменти інерції	$J_x = 38888724.254766 \text{ г*мм}^2$
	$J_y = 1017086.849571 \text{ г*мм}^2$
	$J_z = 38897751.821337 \text{ г*мм}^2$
Центробіжні моменти інерції	$J_{xy} = 16416.516494 \text{ г*мм}^2$
	$J_{xz} = -3754.650264 \text{ г*мм}^2$
	$J_{yz} = 12869.847107 \text{ г*мм}^2$

### 3.4 Розрахунок маси розпилюючого пристрою

Розробимо 3D модель розпилювального пристрою - плазмотрона (рисунок 3.4)

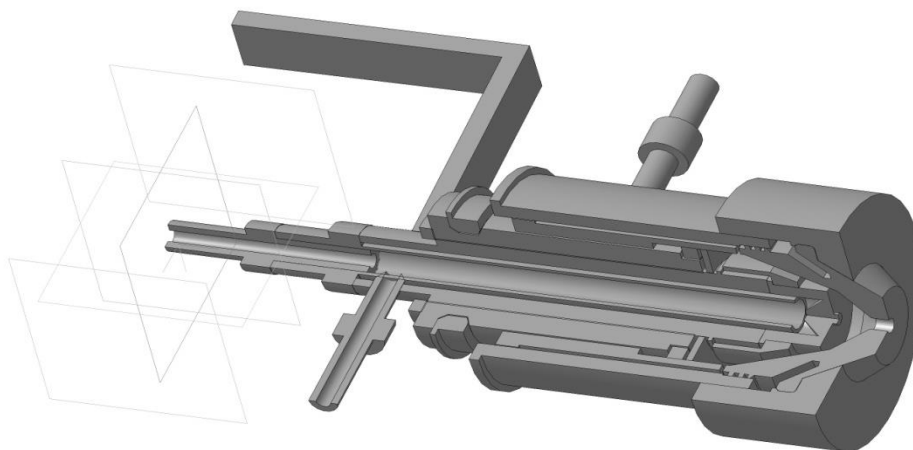


Рисунок 3.4 – 3D модель розпилювального пристрою

МЦХ

Складання

Маса  $M = 1.807034$  кг

Площа  $S = 1258.171405$  см<sup>2</sup>

Объем  $V = 231.078518$  см<sup>3</sup>

Центр мас  $X_c = -0.242807$  см

$Y_c = -0.294471$  см

$Z_c = 11.716679$  см

Масу розпилювального пристрою порахуємо засобами САПР Solid Works.

### 3.4 Розрахунок та вибір виконавчих механізмів установки для автоматизованого відновлення

#### 3.4.1 Механізм обертання деталі

Для розрахунку приводу обертання застосовано програму Positioning drives компанії Festo.

Вихідними даними для розрахунку приводу обертання є момент інерції тіл які треба обертати (в нашому випадку становить  $J_z = 5892.62 \text{ кг}\cdot\text{см}^2$  додаткові сили які є гальмівними або прискорюючими (в нашому випадку відсутні). Відстань від центру тяжіння деталей що обертаються – приймається нульовою тому, що застосовано додатковий проміжний шпindel який сприймає всі навантаження від маси тіл, що обертаються. Максимальна частота обертання – розрахункова 100 об/хв., що дасть змогу доробляти більшу номенклатуру деталей. Час розгону приймаємо 1 с. Тип приводу – сервопривід постійного струму.



Монтажне розташування вертикальне.

В результаті розрахунку запропоновано наступні варіанти:

The screenshot displays the 'Results' (Результаты) section of the software. It includes a summary of the selected drive, its characteristics, and a table of alternative options.

**Результаты: № 6**  
 Пожалуйста гарантируйте, что следующие динамические значения, на которых основано определение размеров, не превышают допустимых значений для вашего оборудования.  
 Скорость: 300 rpm  
 Ускорение: 83686 rpm/s  
 Тормоза: 83686 rpm/s

**Выбранный привод**

Ось	Двигатель	Контроллер
		
	EMMS-ST-87-5-SE-G2 Нет редуктора	CMMO-ST-C5-1... Энергетический отсек

**Обзор рабочих характеристик**

	Запрошенный	Возможно
Момент инерции	11,000 kgcm <sup>2</sup>	119,999 kgcm <sup>2</sup>
Расстояние от центра тяжести до оси	0,000 mm	
Внешний крутящий момент	0,00 Nm	2,00 Nm
Время разгона		0,007 s

**189 Результаты**

№*	Поворотный модуль	Ось	Размер	Двигатель	Двигатель	Размер	Редуктор	Двигатель	Время разгона
4	---	---	---	Шаговый, "ServoLite"	57-S	---	---	47 %	0,005
5	---	---	---	Шаговый, "ServoLite"	57-M	---	---	48 %	0,005
6	---	---	---	Шаговый, "ServoLite"	87-S	---	---	70 %	0,007
7	---	---	---	Шаговый	57-S	---	---	47 %	0,005
8	---	---	---	Шаговый	57-M	---	---	50 %	0,005
9	---	---	---	Шаговый	57-S	3:1	---	95 %	0,046
10	---	---	---	Шаговый	87-S	---	---	39 %	0,008

Рисунок 3.5 – Вибір двигуна обертача

Замовимо на сайті [FESTO.COM.UA](http://FESTO.COM.UA) 3D модель вибраного приводу обертання в форматі sat 3 який розпізнає програма Компас (рисунок 3.5)

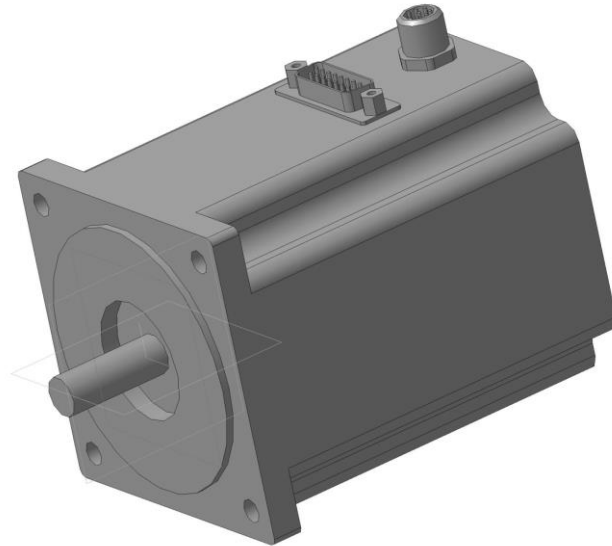


Рисунок 3.6 – 3D модель серводвигуна EMMS-AS-140-L-HS-RR

Спроекуємо вузол обертання. Для цього необхідно з'єднати серводвигун з валом шпинделя та закріпити підшипниковий вузол шпинделя та серводвигун на одній платформі. Спочатку на сайті [Festo.com.ua](http://Festo.com.ua) виберемо осьовий набір, який з'єднає вали серводвигуна та шпинделя. Вибір виконуємо на основі документації FESTO (рисунок 3.3)

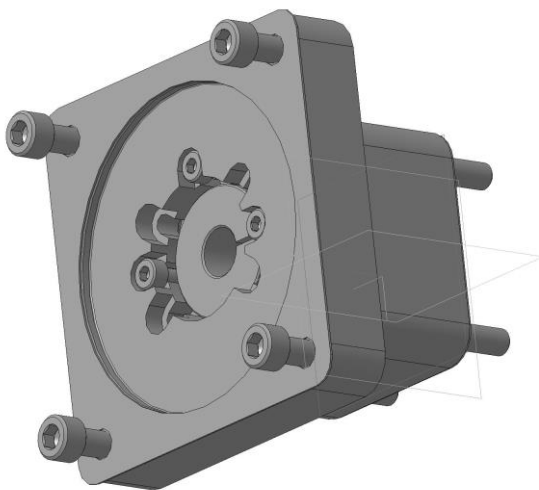
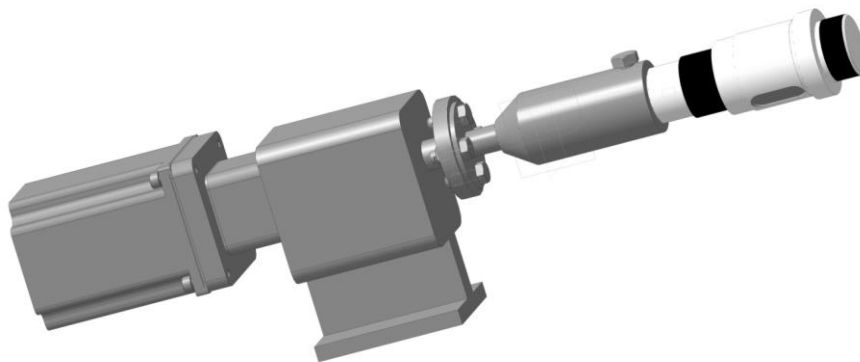


Рисунок 3.7– Осьовий набір EAMM-A-D100-140A

Розроблена 3D модель обертача установки з ЧПУ показана рисунку 3.8



Рисунку 3.8 – 3D модель обертача установки з ЧПК

Згенеруємо заготовку креслення в програмі Solid Works на основі якого розробимо креслення обертача.

Применение | параметры системы | Фильтр | Направляющая | **Результаты** | Детали | Список изделий | Данные проекта

### Результаты

**Результаты: № 143**


Пожалуйста гарантируйте, что следующие динамические значения, на которых основано определение размеров, не превышают допустимых значений для вашего оборудования.

Скорость: 1,300 m/s  
Ускорение: 25,000 m/s<sup>2</sup>  
Тормоза: 25,000 m/s<sup>2</sup>

Направляющая Степень

**Выбранный привод**


Ось



EGSL-75-300-BS-20P

Осевой:  
EAMM-A-D60-100A


Двигатель



EMMS-AS-100-S-HS-Rx

Нет редуктора

Контроллер



SMMP-AS-C5-11A-P3-M3

Энергетический отсек

**Обзор рабочих характеристик**

	Запрошенный	Возможно с осью
Полезная длина	300,000 mm	300,000 mm
Точность повторени	+/- 0,500 mm	0,015 mm
Движущаяся масса	3,88 kg	14 kg
Горизонтальный 0°		
Дополнительное внешнее усилие	0,0 N	
Время перемещения + Паузы		0,488 s
Паузы		0,200 s

**166 Результаты: Оптимальные типоразмеры осей** Фильтр результатов

Полезная длина, без ограничения времени: Время перемещения + Паузы: максимум 60,000 s, Серводвигатели: Паузы (Определяется пользователем) 0,200 s

№	Ось	Размер	Направляющая	Двигатель	Редуктор	Ось	Двигатель	Направляющая	Время перемещ
140	Шариковая винтовая пара	75	Сепаратор подшипник	Серводвигатель	5:1	2 %	96 %	72 %	2,026
141	Шариковая винтовая пара	75	Сепаратор подшипник	Серводвигатель	3:1	19 %	92 %	74 %	1,982
142	Шариковая винтовая пара	75	Сепаратор подшипник	Серводвигатель	5:1	21 %	96 %	75 %	4,281
143	Шариковая винтовая пара	75	Сепаратор подшипник	Серводвигатель	---	57 %	52 %	76 %	0,288
144	Шариковая винтовая пара	75	Сепаратор подшипник	Серводвигатель	3:1	19 %	96 %	74 %	1,000
145	Шариковая винтовая пара	75	Сепаратор подшипник	Серводвигатель	5:1	18 %	96 %	74 %	1,800
146	Шариковая винтовая пара	75	Сепаратор подшипник	Серводвигатель	3:1	10 %	96 %	73 %	1,006
147	Шариковая винтовая пара	75	Сепаратор подшипник	Серводвигатель	5:1	16 %	96 %	74 %	1,800

Рисунок 3.9 - Консольный привод позиционирования

Замовимо на сайті FESTO.COM.UA 3D модель вибраного консольного привода EGSL-BS-75-300-20P\_700. Для того щоб цей привод працював, його



потрібно укомплектувати кроковим двигуном, осьовим набором, кронштейном для кріплення, які виберемо у форматі sat3 і представимо на рисунках 3.10-3.13.

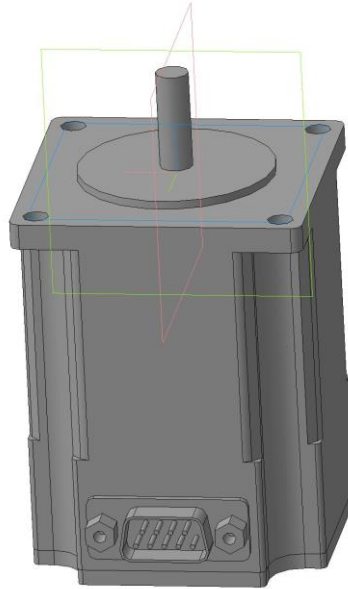


Рисунок 3.10 – Сервомотор EMMS-ST-57-S-S-G2\_700

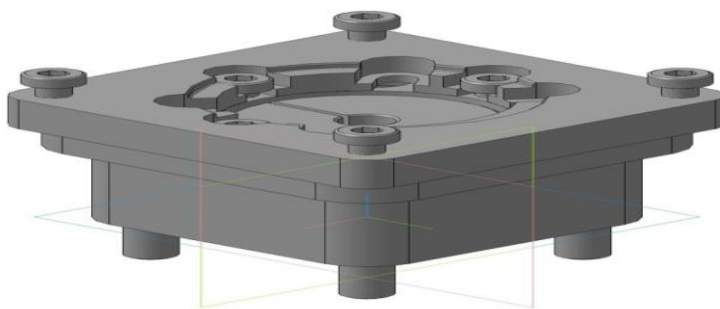


Рисунок 3.11 – Осьовий набір EAMM-A-D60B-100A-S1\_700

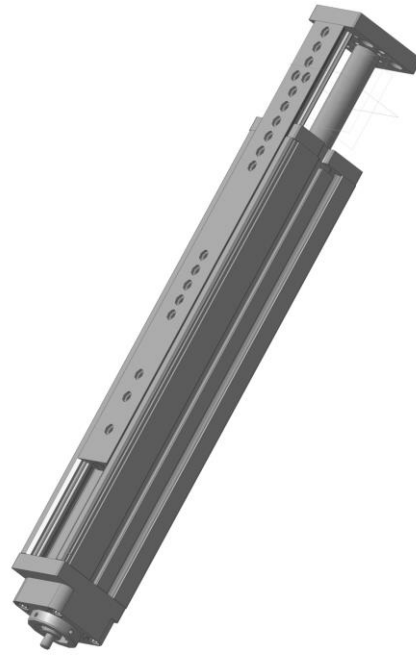


Рисунок 3.12 – Консольний привід EGSL-BS-75-300-20P\_700

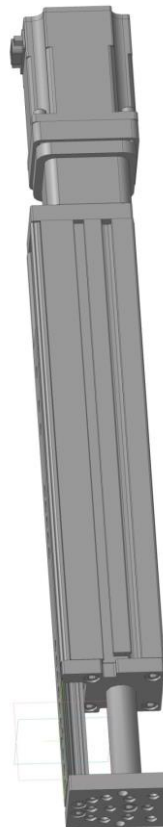


Рисунок 3.13 – Консольна вісь в зборі

### 3.5 Привід горизонтального переміщення

Вихідними даними для вибору привода горизонтального переміщення є маса яку необхідно переміщувати: це маса розпилюю чога пристрою з кабелями та трубопроводу, які йдуть до плаз матрона 4,4 кг плюс маса приводу вертикального переміщення в зборі з двигуном вертикального приводу та осьового набору між ними, а також маса приєднаних комунікації, яка становить 12,2 кг. Разом ця маса становить  $4,4+12,2=16,6$  кг. Ще однією величиною для вибору привода є величина горизонтального переміщення, яку приймаємо з запасом і яка становить 1500 мм.

Виберемо порталний привід за допомогою програми «Positioning Drives».

Можливе рішення у вигляді порталного приводу позиціонування показано на рисунку 3.14.

**Результаты**

**Результаты: № 180**

Пожалуйста гарантируйте, что следующие динамические значения, на которых основано определение размеров, не превышают допустимых значений для вашего оборудования.  
 Скорость: 0,500 m/s  
 Ускорение: 15,000 m/s<sup>2</sup>  
 Тормоза: 15,000 m/s<sup>2</sup>

Направляющая Степень

**Выбранный привод**

Ось: EGC-70-BS-10P-KF-GP  
 Двигатель: EMMS-AS-40-M-LS-xx  
 Контроллер: SMMS-AS-C4-3A-G2

Осевой: EAMM-A-538-40A

Нет редуктора

Энергетический отсек

**Обзор рабочих характеристик**

	Запрошенный	Возможно с осью
Полезная длин	200,000 mm	1000,000 mm
Точность повторени Движущаяся масса	+/- 0,500 mm	0,020 mm
Горизонтальный 0 °	7 kg	52 kg
Дополнительное внешнее усили	0,0 N	
Время перемещения + Паузы		0,636 s
Паузы		0,200 s

**337 Результаты: Оптимальные типоразмеры осей**

Полезная длина, без ограничения времени: Время перемещения + Паузы: максимум 60,000 s, Серводвигатели: Паузы (Определяется пользователем) 0,200 s

№	Ось	Размер	Направляющая	Двигатель	Редуктор	Ось	Двигатель	Направляющая	Время перемеще
178	Шариковая винтовая пара	70	Шариковый подшипни	Серводвигатели	---	32 %	98 %	17 %	0,444
179	Шариковая винтовая пара	40	Шариковый подшипни	Шаговый	---	1 %	98 %	1 %	2,646
180	Шариковая винтовая пара	70	Шариковый подшипни	Серводвигатели	---	40 %	65 %	21 %	0,436
181	Шариковая винтовая пара	40	Шариковый подшипни	Шаговый	---	1 %	98 %	1 %	3,311
182	Шариковая винтовая пара	70	Шариковый подшипни	Серводвигатели	---	40 %	41 %	21 %	0,436
183	Шариковая винтовая пара	70	Шариковый подшипни	Серводвигатели	---	40 %	29 %	21 %	0,436
184	Шариковая винтовая пара	80	Шариковый подшипни	Серводвигатели	---	20 %	88 %	14 %	0,270
185	Шариковая винтовая пара	80	Шариковый подшипни	Серводвигатели	---	21 %	88 %	13 %	0,436

Рисунок 3.14 - Портальный привод позиціонування

Замовимо на сайті FESTO усі необхідні комплектуючі.

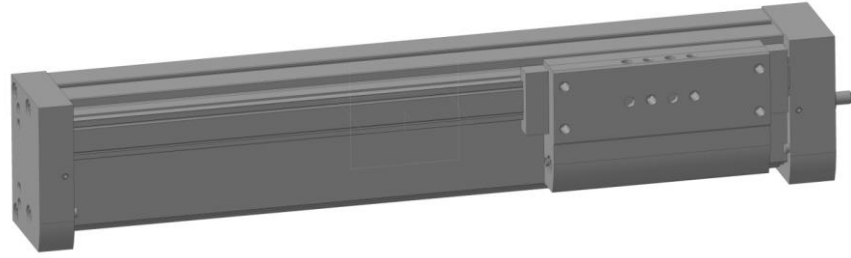


Рисунок 3.15 – Портальна вісь EGC-70-200-BS-10P-KF-0H-MR-GP\_700

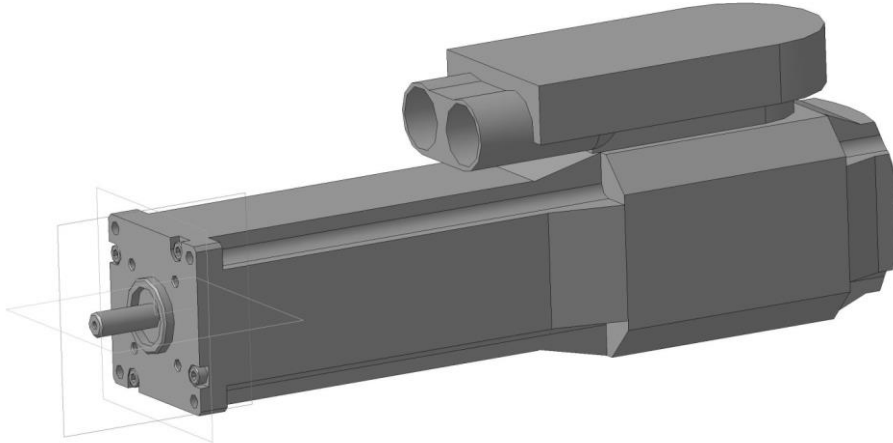


Рисунок 3.16 – Кроковий двигун EMMS-ST-87-S-SB-G2\_700

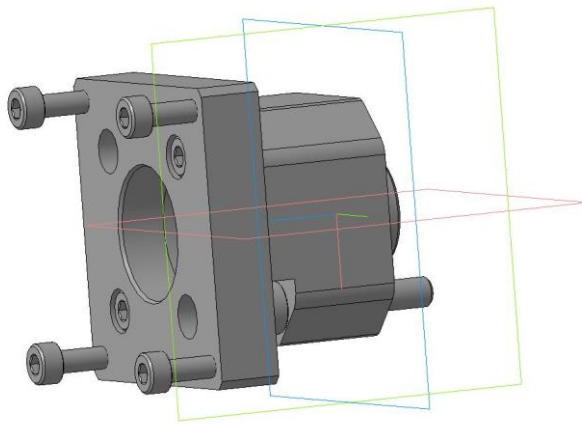


Рисунок 3.17 – Осьовий набір EAMM-A-S48-87A\_700

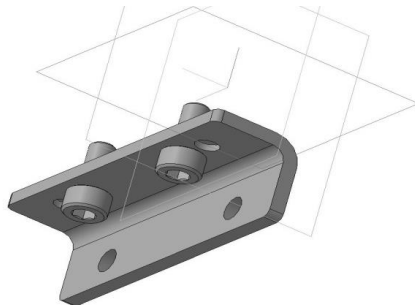


Рисунок 3.18 – Монтажна лапка HPE-80

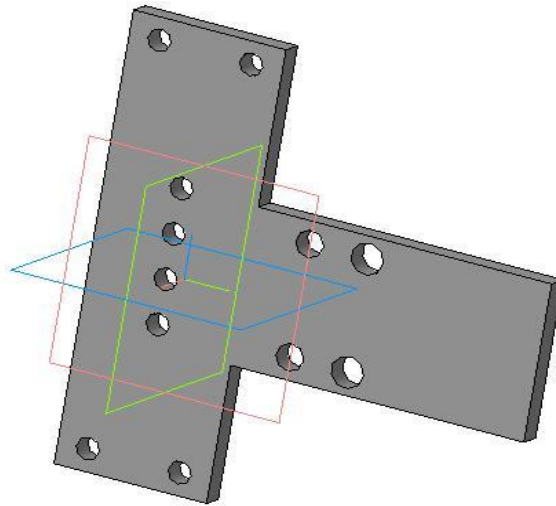


Рисунок 3.19 – Кронштейн кріплення консольного приводу до порталного

Для того щоб цей привід працював до нього треба приєднати кроковий двигун (рисунок 3.18), осьовий набір (рисунок 3.17), кріплення (рисунок 3.19). Типорозміри вказаних деталей вибираємо згідно розділу "documentations " та розділі "accessories" які є доступними при виборі конкретного механізму на сайті Festo.com.ua

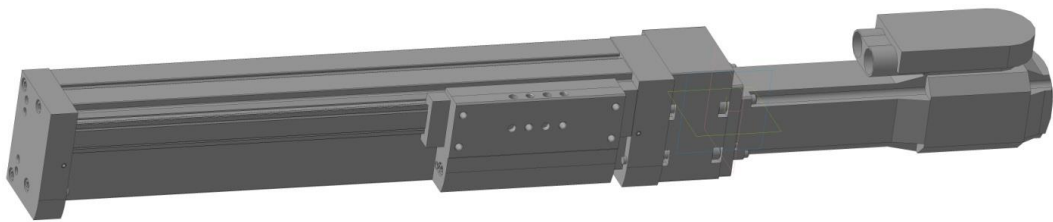


Рисунок 3.20 – Механізм переміщення розпилюючого пристрою (3D – модель)

Поеднаємо усі механізми згідно їх функціонального призначення та отримаємо функціональний вузол горизонтального та вертикального переміщень розпилюючого пристрою та обертання деталі. Розмістимо у просторі всі деталі згідно їх призначення враховуючи відстань між поверхнею відновлюваної деталі та сопла розпилюючого пристрою.

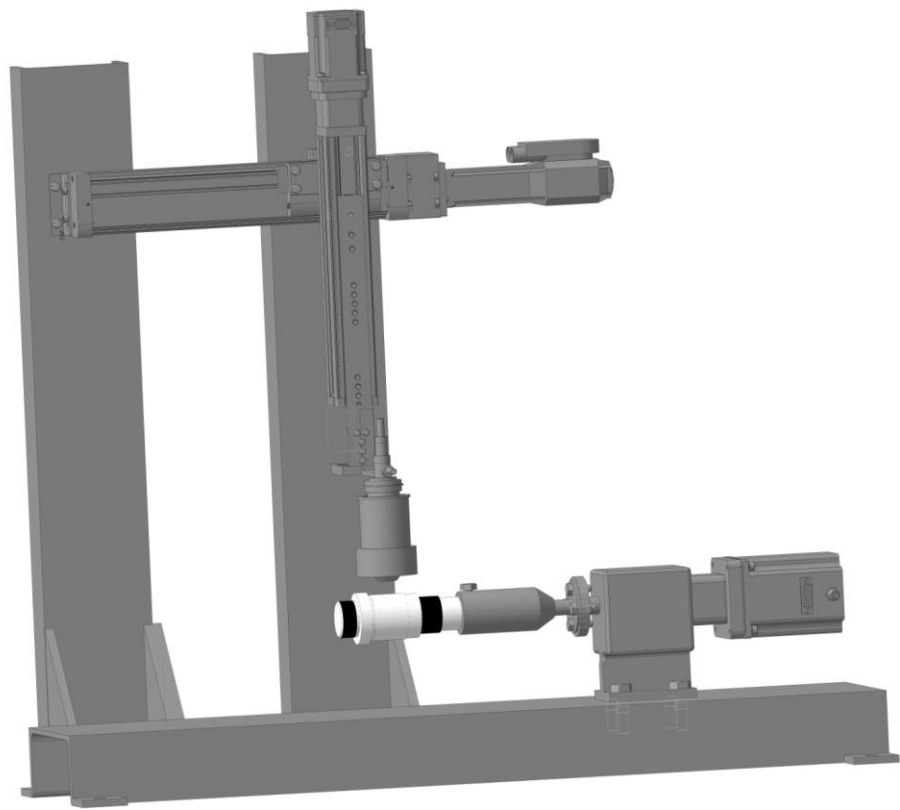


Рисунок 3.21 – 3D модель установки з числовим програмним керуванням для відновлення деталей

Висновки

#### 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

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

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

#### 4.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки

Метою проведення комерційного і технологічного аудиту дослідження за темою "Вибір та обґрунтування з використанням програмних продуктів матеріалів та технологій відновлення сталевих валів з канавками " є підвищення якості відновлення сталевих валів з канавками за рахунок застосування нових методів відновлення та автоматизації нанесення покриттів.

Оцінювання науково-технічного рівня розробки та її комерційного потенціалу рекомендується здійснювати із застосуванням 5-ти бальної системи оцінювання за 12-ма критеріями, наведеними в табл. 4.1 [28].

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

Бали (за 5-ти бальною шкалою)					
	0	1	2	3	4
<b>Технічна здійсненність концепції</b>					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено працездатність продукту в
<b>Ринкові переваги (недоліки)</b>					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни
4	Технічні та споживчі властивості продукту	Технічні та споживчі властивості продукту	Технічні та споживчі властивості продукту на	Технічні та споживчі властивості продукту	Технічні та споживчі властивості продукту
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційні	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в
<b>Ринкові перспективи</b>					



6	Ринок малий і не має	Ринок малий, але має	Середній ринок з позитивною	Великий стабільний	Великий ринок з позитивною
7	Активна конкуренція великих	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкурентів немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні.	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовують
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

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

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

Критерії	Експерт (ПІБ, посада)		
	Шенфельд В. Й.	Шиліна О. П.	Бакалець Д. В.
	Бали, виставлені експертами:		
1	2	3	2
2	4	3	2
3	2	2	2
4	3	4	2
5	2	1	2
6	3	3	4
7	1	2	2
8	2	3	2
9	3	4	3
10	4	2	3
11	3	3	4
12	2	3	3
Сума балів	СБ <sub>1</sub> =31	СБ <sub>2</sub> =33	СБ <sub>3</sub> =31

Середньоарифметична сума балів $CB_c$	$\overline{CB} = \frac{\sum_1^3 CB_i}{3} = \frac{31 + 33 + 31}{3} = 32$
---------------------------------------	---

За результатами розрахунків, наведених в таблиці 4.2, зробимо висновок щодо науково-технічного рівня і рівня комерційного потенціалу розробки. При цьому використаємо рекомендації, наведені в табл. 4.3 [28].

Таблиця 4.3 – Науково-технічні рівні та комерційні потенціали розробки

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

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки за темою "Вибір та обґрунтування з використанням програмних продуктів матеріалів та технологій відновлення сталевих валів з канавками " становить 32 бали, що, відповідно до таблиці 4.3 рівень комерційного потенціалу розробки вище середнього, що свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень.

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

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

#### 4.2 Визначення рівня конкурентоспроможності розробки

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

В якості аналога для розробки було обрано базовий технологічний процес відновлення деталі методом наплавлення порошковим дротом. Основними недоліками аналога є те, що деталь внаслідок нагрівання буде мати значну деформацію. Це буде вимагати збільшення товщини покриття для компенсації спотворення форми деталі, перевитрати наплавного дроту, енергії, інструментів на обробці та витрат робочого часу.

У розробці дана проблема вирішується шляхом використання електродугової металізації шляхом розпилення повітрям розплаву металу від двох дротів, між якими горить електрична дуга.

Одиничний параметричний індекс розраховуємо за формулою [28]:

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

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

$P_i$  – значення  $i$ -го параметра виробу;

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

Загальні технічні та економічні характеристики розробки представлено в таблиці 4.4.

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

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий (товар-конкурент)	Новий (інноваційне рішення)		
1	2	3	4	5
Температура процесу	1450 <sup>0</sup> С	1450 <sup>0</sup> С	1	25%
Температура деталі	950 <sup>0</sup> С	150 <sup>0</sup> С	6,3	25%
Потужність, кВт	8	3	2,7	20%
Продуктивність кг/год	7	1,5-4,5	1,6	20%
Деформація деталі	2-3мм/100мм	0,02-0,05 мм	60	10%

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

Груповий показник конкурентоспроможності за нормативними параметрами розраховуємо як добуток частинних показників за кожним параметром за формулою [28]:

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

де  $I_{\text{нп}}$  – загальний показник конкурентоспроможності за нормативними параметрами;

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

$n$  – кількість нормативних параметрів, які підлягають оцінюванню.

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

Значення групового параметричного індексу за технічними параметрами визначаємо з урахуванням вагомості (частки) кожного параметра [28]:

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

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

$q_i$  – одиничний параметричний показник  $i$ -го параметра;

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

$n$  – кількість технічних параметрів, за якими оцінюється конкурентоспроможність.

Проведемо аналіз параметрів згідно даних таблиці 4.4.

$$I_{nn} = 1 \cdot 0,25 + 6,3 \cdot 0,25 + 2,7 \cdot 0,2 + 1,6 \cdot 0,2 + 6 \cdot 0,1 = 3,29.$$

Груповий параметричний індекс за економічними параметрами розраховуємо за формулою [28]:

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

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

$q_i$  – економічний параметр  $i$ -го виду;

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

$m$  – кількість економічних параметрів, за якими здійснюється оцінювання.

Проведемо аналіз параметрів згідно даних таблиці .

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

На основі групових параметричних індексів за нормативними, технічними та економічними показниками розрахуємо інтегральний показник конкурентоспроможності за формулою [28]:

$$K_{INT} = I_{HP} \cdot \frac{I_{TP}}{I_{EP}}, \quad (4.5)$$

$$K_{INT} = 1 \cdot 3,29 / 0,70 = 4,7.$$

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

#### 4.3 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи

Витрати, пов'язані з проведенням науково-дослідної роботи на тему "Вибір та обґрунтування з використанням програмних продуктів матеріалів та технологій відновлення сталевих валів з канавками ", під час планування,

обліку і калькулювання собівартості науково-дослідної роботи групуємо за відповідними статтями.

#### 4.3.1 Витрати на оплату праці

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

##### Основна заробітна плата дослідників

Витрати на основну заробітну плату дослідників ( $Z_o$ ) розраховуємо у відповідності до посадових окладів працівників, за формулою [28]:

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

де  $k$  – кількість посад дослідників залучених до процесу досліджень;

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

$t_i$  – число днів роботи конкретного дослідника, дн.;

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

$$Z_o = 16000 \cdot 5 / 21 = 3636 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.5 – Витрати на заробітну плату дослідників



Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн
1. Керівник проекту	16000	727,3	5	3636
2. Інженер	9000	409,1	27	11045
Всього				14682

### Основна заробітна плата робітників

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

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

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

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

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

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

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

$K_i$  – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду (табл. Б.2, додаток Б) [28];

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

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

$t_{зм}$  – тривалість зміни, год.

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

$$З_{р1} = 65,8 \cdot 0,5 = 32,9 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.6 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Тривалість роботи, год	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка, грн	Величина оплати на робітника грн
Мийна-ОМ-4610 (1 шт)	0,5	1	65,8	32,9
Дефектувальна (1 шт)	0,25	4	98,7	24,7
Токарна – верстат 16К20Ф3 (1 шт)	0,16	3	88,8	14,2
Напилювальна установка (1 шт)	0,21	4	98,7	20,7
Токарна - верстат 16К20Ф3(1 шт)	0,16	3	88,8	14,2
Токарна - верстат 16К20Ф3(1 шт)	0,19	3	88,8	16,9
Шліфувальна - верстат 3А110А (1 шт)	0,22	4	98,7	21,7
Шліфувальна - верстат 3А110А (1 шт)	0,22	4	98,7	21,7
Контрольна - пристрій ПБМ-50	0,25	4	98,7	24,7

Всього	191,7
--------	-------

Додаткова заробітна плата дослідників та робітників

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

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

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

$$Z_{\text{дод}} = (14682 + 191,7) \cdot 11 / 100\% = 1636,09 \text{ грн.}$$

#### 4.3.2 Відрахування на соціальні заходи

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

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

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

$$Z_n = (14682 + 191,7 + 1636,09) \cdot 22 / 100\% = 3632,12 \text{ грн.}$$

#### 4.3.3 Сировина та матеріали

До статті «Сировина та матеріали» належать витрати на сировину, основні та допоміжні матеріали, інструменти, пристрої та інші засоби і предмети праці, які придбані у сторонніх підприємств, установ і організацій та витрачені на проведення досліджень за темою "Вибір та обґрунтування з

використанням програмних продуктів матеріалів та технологій відновлення сталевих валів з канавками ".

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

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

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

$n$  – кількість видів матеріалів;

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

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

$B_j$  – маса відходів  $j$ -го найменування, кг;

$C_{\text{в}j}$  – вартість відходів  $j$ -го найменування, грн/кг.

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.7 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, грн	Норма витрат, кг	Вартість витраченого матеріалу, грн
Порошок Ni+Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	62	0,5	31
Дріт Св08	42	0,5	21
Стиснуте повітря	8	6,1	48,8
Всього			100,8
З врахуванням коефіцієнта транспортування			110,88

#### 4.3.4 Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт

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

Балансову вартість спецустаткування розраховуємо за формулою:

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

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

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

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

$k$  – кількість найменувань устаткування.

$$B_{\text{спец}} = 18000,00 \cdot 1 \cdot 1,11 = 19800 \text{ грн.}$$

Отримані результати зведемо до таблиці:

Таблиця 4.8 – Витрати на придбання спецустаткування по кожному виду

Найменування устаткування	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Установка для металізації	1	18000	19800
Компресор	1	12000	13200
Всього			33000

#### 4.3.5 Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт

До статті «Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт» належать витрати на розробку та придбання спеціальних програмних

засобів і програмного забезпечення, (програм, алгоритмів, баз даних) необхідних для проведення досліджень, також витрати на їх проектування, формування та встановлення.

Балансову вартість програмного забезпечення розраховуємо за формулою:

$$B_{npz} = \sum_{i=1}^k C_{inpz} \cdot C_{npz.i} \cdot K_i, \quad (4.13)$$

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

$C_{npz.i}$  – кількість одиниць програмного забезпечення відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

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

$k$  – кількість найменувань програмних засобів.

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

Отримані результати зведемо до таблиці:

Таблиця 4.9 – Витрати на придбання програмних засобів по кожному виду

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

#### 4.3.6 Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень

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

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

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

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

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

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

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.10 – Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн
Персональний комп'ютер	25000	2	2	2083,33
Установка для напилювання	18000	4	0,25	93,75
Оптичний мікроскоп	23000	4	0,3	143,75
Компресор	12000	4	0,25	62,50
Всього				2383,33

#### 4.3.7 Паливо та енергія для науково-виробничих цілей

Витрати на силову електроенергію ( $B_e$ ) розраховуємо за формулою:

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

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

$t_i$  – тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год;

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

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

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

$$B_e = 0,25 \cdot 308 \cdot 7,5 \cdot 0,5 / 0,8 = 360,94 \text{ грн.}$$

#### 4.3.8 Службові відрядження

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

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

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



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

$$V_{cb} = (14682+191,7) \cdot 20 / 100\% = 2974,71 \text{ грн.}$$

#### 4.3.9 Інші витрати

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

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

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

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

$$I_e = (14682+191,7) \cdot 50 / 100\% = 7436,77 \text{ грн.}$$

#### 4.3.10 Накладні (загальновиробничі) витрати

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

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

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

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

$$B_{нзв} = (14682+191,7) \cdot 100 / 100\% = 14873,54 \text{ грн.}$$

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

$$B_{заг} = z_o + z_p + z_{одд} + z_n + M + K_{в} + B_{спец} + B_{прз} + A_{обл} + B_e + B_{св} + B_{сп} + I_{в} + B_{нзв}. \quad (4.19)$$

$$B_{заг} = 14682 + 191,7 + 1636,09 + 3632,12 + 110,88 + 33000 + 11880 + 2383,33 + 360,94 + 2974,71 + 7436,77 + 14873,54 = 93161,91 \text{ грн.}$$

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

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

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

$$ЗВ = 93161,91 / 0,5 = 186323,81 \text{ грн.}$$

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

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

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

В цьому випадку основу майбутнього економічного ефекту будуть формувати:

$\Delta N$  – збільшення кількості споживачів яким надається відповідна інформаційна послуга у періоди часу, що аналізуються;

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

$C_0$  – вартість послуги у році до впровадження інформаційної системи, прийmemo 3000 грн;

$\pm \Delta C_0$  – зміна вартості послуги від впровадження результатів, прийmemo зростання на 500,00 грн.

Можливе збільшення чистого прибутку у потенційного інвестора  $\Delta \Pi_i$  для кожного із 3-х років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, розраховуємо за формулою [28]:

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

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

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

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

Збільшення чистого прибутку 1-го року:

$$\Delta\Pi_1 = (1 \cdot 500 + 3000 \cdot 480) \cdot 0,83 \cdot 0,4 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 287073,93 \text{ грн.}$$

Збільшення чистого прибутку 2-го року:

$$\Delta\Pi_2 = (1 \cdot 500 + 3000 \cdot (480 + 370)) \cdot 0,83 \cdot 0,4 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 508708,84 \text{ грн.}$$

Збільшення чистого прибутку 3-го року:

$$\Delta\Pi_3 = (1 \cdot 500 + 3000 \cdot (480 + 370 + 250)) \cdot 0,83 \cdot 0,4 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 658182,03$$

грн.

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

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned} III &= 287073,93/(1+0,18)^1 + 508708,84/(1+0,18)^2 + 658182,03/(1+0,18)^3 = \\ &= 975162,27 \text{ грн.} \end{aligned}$$

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

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

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

$3B$  – загальні витрати на проведення науково-технічної розробки та оформлення її результатів, приймаємо 186323,81 грн.

$$PV = k_{инв} \cdot 3B = 2 * 186323,81 = 372647,63 \text{ грн.}$$

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

$$E_{abc} = III - PV \quad (4.24)$$

де  $III$  – приведена вартість зростання всіх чистих прибутків від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, 975162,27 грн;

$PV$  – теперішня вартість початкових інвестицій, 372647,63 грн.

$$E_{abc} = III - PV = 975162,27 - 372647,63 = 602514,64 \text{ грн.}$$

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

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

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

$PV$  – теперішня вартість початкових інвестицій, грн;

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

$$E_g = \sqrt[3]{1 + \frac{E_{abc}}{PV}} - 1 = (1 + 602514,64 / 372647,63)^{1/3} - 1 = 0,62.$$

Мінімальна внутрішня економічна дохідність вкладених інвестицій  $\tau_{\min}$

:

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

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

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

$\tau_{\min} = 0,1 + 0,25 = 0,35 < 0,62$  свідчить про те, що внутрішня економічна дохідність інвестицій  $E_g$ , які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки вища мінімальної внутрішньої дохідності. Тобто інвестувати в науково-дослідну роботу доцільно.

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

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

де  $E_g$  – внутрішня економічна дохідність вкладених інвестицій.

$$T_{ок} = 1 / 0,62 = 1,6 \text{ р.}$$

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

#### Висновки до розділу

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки за темою "Вибір та обґрунтування з використанням програмних продуктів матеріалів та технологій відновлення сталевих валів з канавками " становить 32 бали, що, свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень оскільки рівень комерційного потенціалу розробки вище середнього.

При оцінюванні рівня конкурентоспроможності, згідно узагальненого коефіцієнту конкурентоспроможності розробки, науково-технічна розробка переважає існуючі аналоги приблизно в 4,7 разів.

Також термін окупності становить 1,6 роки, що менше 3-х років, що свідчить про комерційну привабливість науково-технічної розробки і може спонукати потенційного інвестора профінансувати впровадження даної розробки та виведення її на ринок.

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



## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Війна та введення воєнного стану суттєво вплинули як на наше повсякденне життя, так і на законодавство, зокрема у сфері захисту праці. Після початку конфлікту було внесено дві важливі зміни на підприємстві в 2023 році, що стосуються дозволів та розслідування нещасних випадків.

По-перше, у зв'язку зі зростаючою потребою в мобілізації людських ресурсів та забезпеченням безпеки в умовах воєнного стану були внесені зміни до процедури отримання дозволів на працевлаштування. Це означає, що більш жорсткі вимоги та перевірки стали застосовуватися до кандидатів на роботу, особливо у сферах безпосереднього впливу на обороноздатність країни. Такі зміни спрямовані на забезпечення безпеки, ідентифікації потенційних загроз та попередження можливих ризиків.

По-друге, війна також змусила переглянути процедури розслідування нещасних випадків на робочих місцях. У зв'язку зі збільшеною кількістю військових дій та використанням ризикованих технологій, розслідування тепер стало більш детальним і ретельним. Введені нові протоколи, які передбачають обов'язкову реєстрацію та повідомлення про всі нещасні випадки, а також проведення комплексного аналізу причин та умов, що призвели до таких подій. Це допомагає забезпечити безпеку працівників та вжити необхідні заходи для запобігання подібним ситуаціям у майбутньому. На працівника під час вибору та обґрунтування з використанням програмних продуктів матеріалів та технологій відновлення сталевих валів з канавками могли мати вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

### 1. Фізичні:

- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- підвищена чи понижена температура повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;

- підвищений рівень електромагнітного випромінювання;
- підвищена чи понижена іонізація повітря;
- пряма і відбита блискість;
- підвищення яскравість;
- недостатня освітленість робочої зони;
- .2. Психофізіологічні:
  - статичне перевантаження;
  - розумове перевантаження;
  - емоційні перевантаження.

Відповідно до наведених факторів здійснюємо планування щодо безпечного виконання роботи.

#### 5.1. Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

Велике значення має характер роботи. Зокрема, при організації робочого місця проектувальника за ПК були дотримані наступні основні умови:

- оптимальне розміщення обладнання, що входить до складу робочого місця;
- достатній робочий простір, що дозволяє здійснювати всі необхідні рухи і переміщення;
- необхідно природне і штучне освітлення для виконання поставлених завдань;
- рівень акустичного шуму не повинен перевищувати допустимого значення.

Площа приміщення на одне робоче місце користувача повинна становити  $6 \text{ м}^2$ , а об'єм не менше ніж  $20 \text{ м}^3$ .

Головними елементами робочого місця проектувальника за ПК є письмовий стіл і крісло. Основним робочим положенням є положення сидячи. Раціональне планування робочого місця передбачає чіткий порядок і сталість розміщення предметів, засобів праці і документації. Те, що потрібно для виконання робіт частіше, розташовано в зоні легкої досяжності робочого простору.

Максимальна зона досяжності рук – це частина моторного поля робочого місця, обмеженого дугами, що описуються максимально витягнутими руками при русі їх у плечовому суглобі.

Оптимальна зона – частина моторного поля робочого місця, обмеженого дугами, описуваними передпліччя при русі в ліктьових суглобах з опорою в точці ліктя і з відносно нерухомим плечем.

При роботі в положенні сидячи рекомендуються такі параметри робочого простору:

- ширина не менше 700 мм;
- глибина не менше 400 мм;
- висота робочої поверхні столу над статтю 700-750 мм.

Оптимальними розмірами столу є:

- висота 710 мм;
- довжина столу 1300 мм;
- ширина столу 650 мм.

Під робочою поверхнею повинно бути передбачено простір для ніг:

- висота не менше 600 мм;
- ширина не менше 500 мм;
- глибина не менше 400 мм.

Робочі місця з ПК повинні бути розташовані від стіни з вікнами на відстані не менш ніж 1,5 м, від інших стін - на відстані не менше ніж 1 м. При розміщенні робочого місця поряд з вікном кут між екраном монітора і площиною вікна повинен складати не менше  $90^{\circ}$  (для виключення відблисків),

частину вікна, що прилягає, бажано зашторити. Недопустиме розташування ПК, при якому працюючий повернений обличчям або спиною до вікон кімнати або до задньої частини ПК, в яку монтуються вентилятори. При розміщенні робочих столів з ПК слід дотримуватись таких відстаней: між бічними поверхнями ПК – 1,2 м, від тильної поверхні одного ПК до екрана іншого ПК – 2,5 м.

Приміщення, де здійснювалося вибір та обґрунтування з використанням програмних продуктів матеріалів та технологій відновлення сталевих валів з канавками за безпекою ураження електричним струмом можна віднести до 1 класу, тобто це приміщення без підвищеної небезпеки [23].

Електротехнічне устаткування: апаратури, кабелі й керівництва, розподільні пристрої всіх видів і напруг по своїх номінальних параметрах задовольняє умовам роботи як при нормальних режимах, так і при коротких замиканнях, перенапругах, перевантаженнях.

Для забезпечення безпеки встановлюються наступні технічні рішення:

- Забезпечено недоступність струмопровідних частин (застосована схована проводка, кабель прокладений у спеціальних ринвах).
- Забезпечено ізолювання струмопровідних частин з використанням ізоляції, опір якої не нижче 1кОм/В, передбачені постійний контроль і профілактика ізоляції.
- Розподільні шафи, пускові пристрої й клемні коробки закритого типу (розміщаються в спеціальних кожухах) - для забезпечення недоступності неізольованих струмопровідних частин.
- Напруга освітлювальної мережі приймається 220 В із заземленою нейтраллю.

## 5.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

### 5.2.1. Мікроклімат

Основним нормативним документом, що регламентує параметри мікроклімату виробничих приміщень, є ДСН 3.3.6.042-99 [24]. Цей документ встановлює оптимальні і допустимі значення температури, відносної вологості та швидкості руху повітря, допустиму температуру внутрішніх поверхонь приміщення (стіни, стеля, підлога) і зовнішніх поверхонь технологічного обладнання, а також допустиму інтенсивність теплового випромінювання нагрітих поверхонь у приміщенні та відкритих джерел тепла (нагрітий метал, скло, відкритий вогонь тощо) для робочої зони — визначеного простору, в якому знаходяться робочі місця постійного або непостійного (тимчасового) перебування працівників

Робота дослідника з вибору та обґрунтування з використанням програмних продуктів матеріалів та технологій відновлення сталевих валів з канавками за енерговитратами відноситься до категорії I а (енерговитрати до 139Дж/с) [25]. Допустимі параметри мікроклімату для цієї категорії наведені в табл.5.2.1.

Таблиця 5.2.1 – Параметри мікроклімату

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

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату в приміщенні передбачено:

1. У холодний період року для обігріву будівлі використовується централізована парова система опалення.

2. Забезпечення допустимих метеорологічних умов праці в приміщенні здійснюється за допомогою системи кондиціонування.

3. Систематичне (раз за зміну) вологе прибирання.

#### 5.2.2. Склад повітря робочої зони

У сучасній техніці застосовується безліч речовин, які можуть потрапляти в повітря і становити небезпеку здоров'ю людей. Залежно від ступеня токсичності, фізико-хімічних властивостей, шляхів проникнення в організм, санітарні норми встановлюють гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин у повітрі робочої зони виробничих приміщень, перевищення яких неприпустиме.

В приміщенні, де здійснюється вибір та обґрунтування з використанням програмних продуктів матеріалів та технологій відновлення сталевих валів з канавками можливими шкідливими речовинами у повітрі є пи́л та озон. Джерелами цих речовин є офісна техніка. Пил потрапляє у приміщення ззовні. ГДК шкідливих речовин, які знаходяться в досліджуваному приміщенні, наведені в таблиці 5.2.2.

Таблиця 5.2.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

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

Для забезпечення комфортних умов використовуються як організаційні методи (раціональна організація проведення робіт залежно від

пори року і доби, чергування праці і відпочинку), так і технічні засоби (вентиляція, кондиціонування повітря, опалювальна система).

### 5.2.3. Виробниче освітлення

Стан освітлення виробничих приміщень відіграє важливу роль і для попередження виробничого травматизму. Багато негасних випадків на виробництві стається через погане освітлення. Втрати від цього становлять досить значні суми, а, головне, людина може загинути або стати інвалідом. Рациональне освітлення повинно відповідати таким умовам: бути достатнім (відповідним нормі); рівномірним; не утворювати тіней на робочій поверхні; не засліплювати працюючого; напрямок світлового потоку повинен відповідати зручному виконанню роботи. Це сприяє підтримці високого рівня працездатності, зберігає здоров'я людини та зменшує травматизм.

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [6]) при природному та сумісному освітленні зазначені у таблиці 5.2.3:

Таблиця 5.2.3 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, Лк		КПО, $e_n$ , %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
Дуже високої точності	V0,15 - до 0,3	II	г	великий	світлий	1000	300	7	2,5	4,2	1,5

Для забезпечення достатнього освітлення передбачені такі заходи:

- 1) Максимальне використання бічного природного освітлення.
- 2) Систематичне очищення скла від бруду – не рідше двох разів на рік.
- 3) Система природного освітлення доповнюється загальним штучним освітленням, що створюється за допомогою люмінесцентних ламп.

#### 5.2.4. Виробничий шум

Шум – це хаотична сукупність різних за силою і частотою звуків, що заважають сприйняттю корисних сигналів і негативно впливають на людину. Фізична сутність звуку – це механічні коливання пружного середовища (повітря, рідини). Під час звукових коливань утворюються області зниженого і підвищеного тиску, що діють на слуховий аналізатор (мембрану вуха).

Постійна дія сильного шуму може не лише негативно вплинути на слух, але й викликати інші шкідливі наслідки – дзвін у вухах, запаморочення, головний біль, підвищення втоми, зниження працездатності.

Шум має акумулятивний ефект, тобто акустичні подразнення, накопичуючись в організмі людини, все сильніше пригнічують нервову систему. Тому перед втратою слуху від впливу шумів виникає функціональний розлад центральної нервової системи. Особливо шкідливий вплив шуму позначається на нервово-психічній діяльності людини.

Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку відображені в ДСН 3.3.6.037-99 [27]. Для умов виконання роботи допустимі рівні звукового тиску повинні наведені в таблиці 5.2.4.



Таблиця 5.2.4 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного широкополосного шуму

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

Для забезпечення допустимих параметрів шуму доцільно використовувати комп'ютери з пасивним охолодженням та встановити пластикові вікна, які мають достатню звукоізоляцію.

#### 5.2.5. Виробничі випромінювання

Працюючи за комп'ютером, користувач підпадає під вплив високочастотного електромагнітного поля (ЕМП). Як показують результати вимірювання електромагнітного випромінювання, інтенсивність опромінення ЕМП від комп'ютера підсилюється, коли одночасно оператор ще й розмовляє по мобільному телефону.

Люди, які працюють в ЕМП, що перевищує допустимі норми, швидко втомлюються, скаржаться на головні болі, загальну слабкість, болі в ділянці серця. Вони стають дратівливими, у них збільшується пітливість та порушується нічний сон. Відтак, захист від ЕМВ не лише покращить самопочуття працівників, але і допоможе створити більш сприятливі умови для праці.

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

Таблиця 5.2.6 - Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань

Найменування параметра	Допустимі значення
Напруженість електричної складової електромагнітного поля на відстані 50см від поверхні відеомонітора	10В / м
Напруженість магнітної складової електромагнітного поля на відстані 50см від поверхні відеомонітора	0,3 А / м
Напруженість електростатичного поля не повинна перевищувати: для дорослих користувачів	20кВ / м
для дітей дошкільних установ і що вчатьс середніх спеціальних і вищих навчальних закладів	15кВ / м

Для зниження дії цих видів випромінювання рекомендується застосовувати монітори із зниженим рівнем випромінювання, встановлювати захисні екрани, а також дотримуватися регламентованих режимів праці та відпочинку.

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

#### 5.3.1 Дія повені на виробничі приміщення

Повінь – це тимчасове заповнення частини суші водою в результаті інтенсивного танення снігів, сильних злив, забруднення русел рік під час льодоходу, утворення приливної хвилі, зсувів і обвалів гірських порід, раптового прориву дамб та гребель.

Критерієм стійкості виробничих приміщень в умовах дії повені є фактична швидкість потоку затоплення та глибина затоплення, в залежності від яких можна визначити ступінь руйнування споруд [20].

Уражаюча дія хвилі затоплення визначається її швидкістю і висотою.

Наприклад, цегельні житлові будинки одержують:

- слабкі руйнування при  $V_{\phi} = 1,5$  м/с,  $h_3 = 2,5$  м;
- середні руйнування при  $V_{\phi} = 2,5$  м/с,  $h_3 = 4$  м;
- сильні руйнування при  $V_{\phi} = 3$  м/с,  $h_3 = 6$  м.

### 5.3.2 Оцінка стійкості роботи виробничого приміщення в умовах дії повені

Вихідні дані:  $V_{3B} = 0,5$  м/с,  $h_{3B} = 1,5$  м,  $h = 4$  м,  $h_M = 1$  м,  $\alpha = 25^\circ$ .

Визначаємо максимальну швидкість потоку при повені

$$V_{\max} = V_{3B} \sqrt[3]{\left(\frac{h_{3B} + h}{h_{3B}}\right)^2} \quad [\text{м/с}]; \quad (5.1)$$

$$V_{\max} = 0,5 \sqrt[3]{\left(\frac{1,5+4}{1,5}\right)^2} = 1,1889 \quad (\text{м/с}).$$

Знаходимо ширину затопленої території

$$L = \frac{h}{\sin \alpha} \quad [\text{м}]; \quad (5.2)$$

$$L = \frac{4}{\sin 25^\circ} = 9,702 \quad (\text{м}).$$

Визначимо глибину затоплення

$$h_{\text{зат}} = h - h_M \quad [\text{м}]. \quad (5.3)$$

$$h_{\text{зат}} = 4 - 1 = 3 \quad (\text{м}).$$

Знайдемо фактичну швидкість потоку затоплення

$$V_3 = V_{max} f \text{ [м/с];} \quad (5.4)$$

$$V_3 = 1,1889 \cdot 1,3 = 1,5456 \text{ (м/с),}$$

де  $f = 0,3 \dots 1,3 = 1,3$  – параметр, що враховує зміщення об'єкта від русла річки.

Оскільки  $V_3 = 1,5456$  м/с і  $h_{зам} = 3$  м, то виробниче приміщення отримає слабкі руйнування від повені.

### 5.3.3 Розробка превентивних заходів з підвищення стійкості роботи в умовах дії надзвичайних ситуацій

Основний напрям боротьби з повенями в зменшенні максимальних витрат води в річці завдяки перерозподілу стоку в часі (насадження лісозахисних смуг, оранка ґрунту поперек схилу, збереження узбережних смуг рослинності, терасування схилів тощо). Для середніх та великих річок досить дієвим засобом є регулювання паводкового стоку за допомогою водосховищ. Окрім того, для захисту від повеней широко застосовується давно відомий спосіб – влаштування дамб. Для ліквідації небезпеки утворення заторів проводиться розчищення та заглиблення окремих ділянок русла ріки, а також руйнування криги вибухами за 10-15 днів до початку льодоходу.

Сигнал про очікувану повінь передається з деяким випередженням для того, щоб населення покинуло своєчасно загрозовий район і вийшло за межу осередку повені.

Люди, матеріальні цінності, складські приміщення, техніка та інше зостануться не ураженими тільки в тому випадку, коли будуть знаходитись вище максимально можливого рівня підйому води, очікуваного на даній території. В інших випадках прийдеться ризикувати і приймати міри по евакуації людей, тварин, техніки, майна тощо.

## Висновки

Було досліджено стійкість роботи в умовах впливу загрозливих чинників надзвичайних ситуацій. Із дослідження впливу повені на стійкість роботи виробничого приміщення можна зробити висновок, що виробниче приміщення отримає слабкі руйнування від повені. Тому розроблено превентивні заходи з підвищення безпеки роботи в умовах дії надзвичайних ситуацій.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1 Використання для відновлення сталевих валів з канавками електродугової металізації дозволяє повністю заповнити пошкоджені шпонкові канавки металом не перевищуючи температуру до 150 °С, що не викликає жолоблення вала і необхідності його повної обробки, а лише його окремої шийки.

2 Технологічний процес відновлення вал-шестерень із застосуванням методів електродугової металізації дозволяє позбутися складних операцій відновлення зубчастого вінця.

3 З метою усунення заклинювання зачеплень після відновлення доцільно вводити в техпроцес операцію шліфування периферії зубчастого вінця та його використання для відновлення центрових отворів після нанесення покриттів.

4 Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки становить 32 бали, що, свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень оскільки рівень комерційного потенціалу розробки вище середнього.

5 При оцінюванні рівня конкурентоспроможності, згідно узагальненого коефіцієнту конкурентоспроможності розробки, науково-технічна розробка переважає існуючі аналоги приблизно в 4,7 разів.

6 Термін окупності становить 1,6 роки, що менше 3-х років, що свідчить про комерційну привабливість науково-технічної розробки і може спонукати

потенційного інвестора профінансувати впровадження даної розробки та виведення її на ринок.

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

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

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

Гайдамак, В.І. Савуляк. Вісник Вінницького політехнічного інституту. №6 (117), 2014. с 138-142.

8. Савуляк В.І. Порівняльний аналіз собівартості виготовлення та відновлення деталей типу "вал"//Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. Випуск:1(89) Том 2. 2015 р. - С. 21...25.

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

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

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

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

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

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

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

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

13. Мікрометр гладкий МК ДСТУ 6507 – 90.

14 Зразки шорсткості поверхні. ДЕРЖСТАНДАРТ 9378-93.



- 15 ДСТУ ISO 6508-1:2013 Металеві матеріали. Визначення твердості за Роквеллом. Частина 1. Метод випробування (шкали А, В, С, D, Е, F, G, Н, К, N, Т) (ISO 6508-1:2005, IDT)
- 16 ДСТУ 3671-97. ДЕРЖАВНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ. ДРІТ СТАЛЕВИЙ НАПЛАВНИЙ. Технічні умови. Видання офіційне.
17. ДЕРЖСТАНДАРТ УКРАЇНИ. ДСТУ 2651:2006. Сталь вуглецева звичайної якості. Марки. Міждержавний стандарт, 8с.
- 17 ДСТУ 2444-94. Розрахунки та випробування на міцність. Опір втомі. Терміни та визначення, 61с.
- 18 [http://www.s-metall.com.ua/stal\\_40h.html](http://www.s-metall.com.ua/stal_40h.html)
- 19 <http://www.sdelaysam.info/metal/center.shtml>
- 20 Методичні вказівки до самостійної та індивідуальної роботи з дисципліни "Цивільний захист та охорона праці в галузі. Частина 1. Цивільний захист" / Уклад. О. В. Поліщук, О. В. Березюк, М. С. Лемешев. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 32 с.
- 21 ДСТУ OHSAS 18002:2015. Системи управління гігієною та безпекою праці. Основні принципи виконання вимог OHSAS 18001:2007 (OHSAS 18002:2008, IDT). К. : ГП «УкрНИУЦ», 2016. 21 с
- 22 НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. URL: [http://sop.zp.ua/norm\\_praop\\_0\\_00-7\\_15-18\\_01\\_ua.php](http://sop.zp.ua/norm_praop_0_00-7_15-18_01_ua.php).
- 23 Правила улаштування електроустановок - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>
- 24 ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>
- 25 Гігієнічна класифікація праці (за показниками шкідливості і небезпеки факторів виробничого середовища від 12.08.1986 № 4137-86. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/v4137400-86>

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

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

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

Додаток А  
(Обовязковий)

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ  
МАТЕРІАЛІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ВІДНОВЛЕННЯ СТАЛЕВИХ валів з канавками

ПОГОДЖЕНО

Додаток А

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ГМ

д.т.н.,проф. \_\_\_\_\_ Л.К. Поліщук

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНИХ

ПРОДУКТІВ МАТЕРІАЛІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ВІДНОВЛЕННЯ

СТАЛЕВИХ ВАЛІВ З КАНАВКАМИ

08 – 62. МКР.005.00.000 ТЗ

Керівник: д.т.н.,проф. каф.ГМ

\_\_\_\_\_ Валерій САВУЛЯК

Виконав: ст.гр. ЗВ-22м

\_\_\_\_\_ Олександр КУЛІШ

Вінниця 2023

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

## 1 Назва та об'єкт проектування

### НАЗВА: ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ МАТЕРІАЛІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ВІДНОВЛЕННЯ СТАЛЕВИХ ВАЛІВ З КАНАВКАМИ

Умовне позначення: 08-62.МКР.005.00.000 ТЗ.

Вал є складовою частиною редукторів, що входять до складу підємно-транспортних механізмів.

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

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

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

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

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

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

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

## 2. Мета, призначення та джерела розробки

Розробка технологічного процесу проводиться на основі завдання на магістерську кваліфікаційну роботу згідно наказу ректора, складеного у відповідності до вимог навчального плану підготовки магістрів у ВНТУ і затвердженого кафедрою ГМ.

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

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

Джерелами розробки є:

- методика техніко-економічного обґрунтування роботи;
- методика проектування технологічного процесу відновлення валів редуктора;
- методика модернізації та проектування конструкції технологічного обладнання;
- вимоги до комплексу документів за ДСТУ 3973 - 2000;

- загальні правила розробки технологічних процесів і вибір засобів технологічного оснащення за ДСТУ 3973 - 2000;
- ДЕСТ 14.305-93 – Правила вибору технологічної оснастки;
- технічна література, довідникові видання.

### 3 Технічні вимоги та економічні показники

#### 3.1 Вимоги до загальної структури і послідовності проектування.

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

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

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

#### 3.2 Вихідні дані для технологічного проектування.

Приймаємо наступні вихідні дані для технологічного проектування:

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

#### 3.3 Вимоги до рівня уніфікації та стандартизації.

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

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

#### 3.4 Вимоги до техніки безпеки та охорони навколишнього середовища

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

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

### 3.5 Стадії та етапи розробки.

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

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

### 3.6 Порядок контролю та приймання.

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

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



Додаток Б  
(Обовязковий)

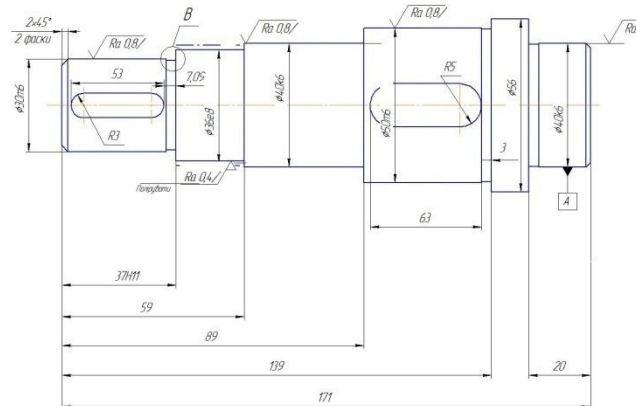
КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ

ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ  
МАТЕРІАЛІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ВІДНОВЛЕННЯ СТАЛЕВИХ валів з канавками

## ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВІДНОВЛЕННЯ СТАЛЕВОГО ВАЛА З КАНАВКАМИ

№ операції	Найменування операції і технологічних переходів	Схема базування	Обладнання
005	Мийна		Мийна машина ROBUR 2200-2B
010	Дефектувальна		Стіл дефектувальний Мікрометр МК 50
015	Токарна Установ 1: 2. Встановити і зняти деталь. 3. Точити поверхні 1,2,3,4 згідно ескізу, однократно.		Токарний верстат 1612П
020	Напилювальна Установ 1: 1. Установити деталь 2. Напилити поверхні 2,4 3. Зняти		Напилювальна установка з ЧПК
025	Наплавлювальна 1. Установити деталь 2. Наплавити поверхні 1,3 3. Зняти деталь		Наплавлювальна установка А-54 7У
030	Токарна Установ 1:		Токарно-гвинто-

	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Установити</li> <li>2. Точити поверхні 1,2,3,4 згідно ескізу.</li> <li>3. Точити фаску 1 і канавку 5</li> <li>4. Переустановити деталь</li> <li>5. Точити фаску 2 і канавку 6</li> <li>6. Зняти деталь</li> </ol>		<p>різний верстат 16К20Ф3</p>
035	<p>Фрезерна Установ 1:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Установити і закріпити деталь.</li> <li>2. Фрезерувати Пази шпонкові R1=3, R3=5, B1=6, B3=10 на поверхні 1,3</li> <li>3. Зняти деталь</li> </ol>		<p>Вертикаль но фрезер- ний верстат мод.5350А</p>
040	<p>Гартування</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Загартувати деталь з температури 850°</li> </ol>		<p>Уста- новка СВЧ Гемма- 2011</p>
045	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Шліфувальна Шліфувати попередньо поверхні 2,4</li> <li>2. Шліфувальна Шліфувати попередньо поверхні 1,2,3,4 до розмірів</li> <li>3. Шліфувальна Шліфувати остаточно по-</li> </ol>		<p>Круглош- ліфуваль- ний верстат 3М151</p>

	верхні 1,2,3,4		
050	Контрольна Контроль розмірів згідно ремонтного креслення	 <p>The drawing shows a side view of a micrometer spindle with the following dimensions and features:<ul style="list-style-type: none"><li>Total length: 171</li><li>Distance from left end to center of the measuring faces: 139</li><li>Distance from left end to the start of the measuring faces: 89</li><li>Distance from left end to the start of the sleeve: 59</li><li>Distance from left end to the start of the sleeve: 37.111</li><li>Distance from left end to the start of the sleeve: 53</li><li>Distance from left end to the start of the sleeve: 7.05</li><li>Distance from left end to the start of the sleeve: 42.86</li><li>Distance from left end to the start of the sleeve: 63</li><li>Distance from left end to the start of the sleeve: 3</li><li>Distance from left end to the start of the sleeve: 20</li></ul>Surface finish specifications include <math>Ra\ 0.8</math> and <math>Ra\ 0.4</math>. A chamfered end is shown with a <math>2 \times 45^\circ</math> angle. A section line A-A is indicated at the right end.</p>	Мікрометр МК120-1 ГОСТ 6507-78

Додаток В  
(Обовязковий)

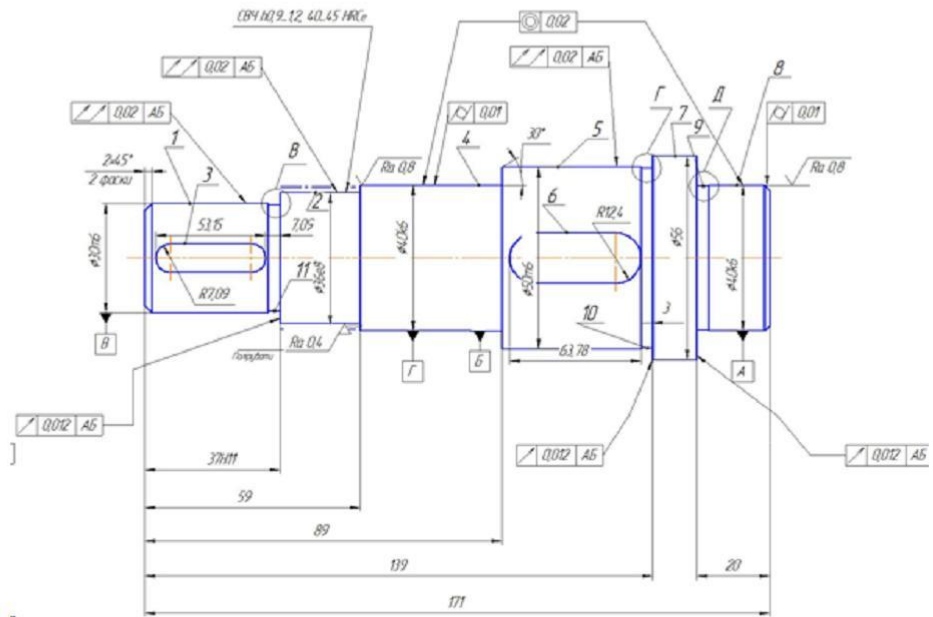
ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ  
МАТЕРІАЛІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ВІДНОВЛЕННЯ СТАЛЕВИХ валів з канавками

06-82.МКР.005.000.00

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Изн. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

06-82.МКР.005.000.00

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Олександр КУЛІШ		
Пров.		Валерій САВУЛЯК		
Т.контр.				
Н.контр.		Валерій ШЕНФЕЛЬД		
Утв.		Леонід Поліщук		

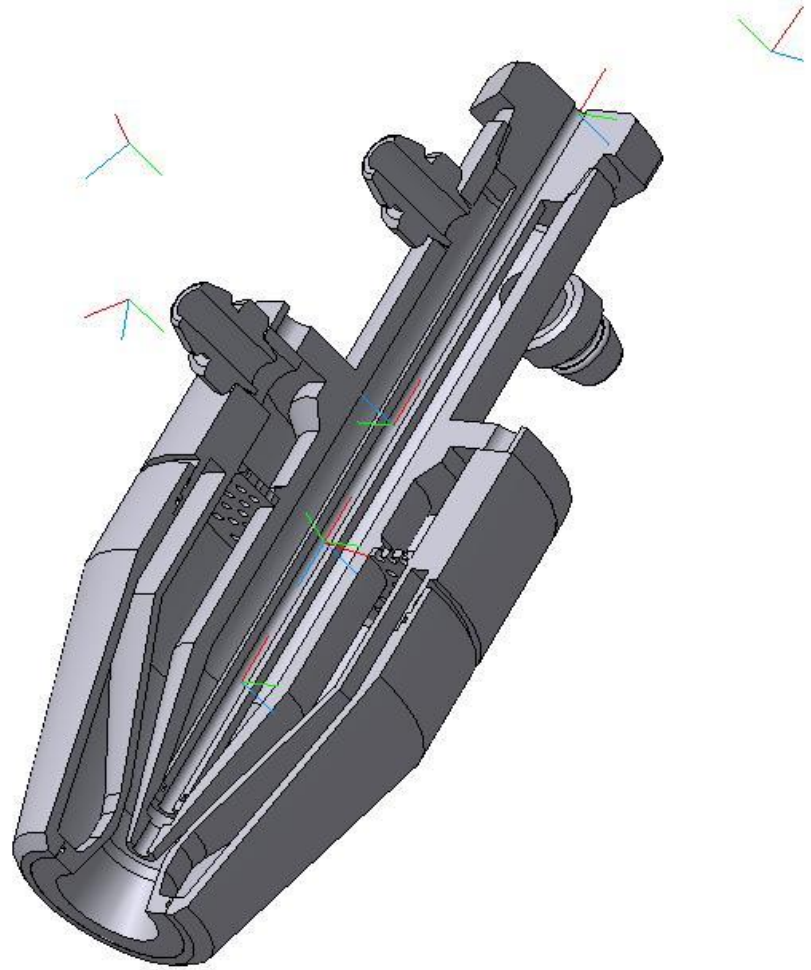
**Вал лебідки**

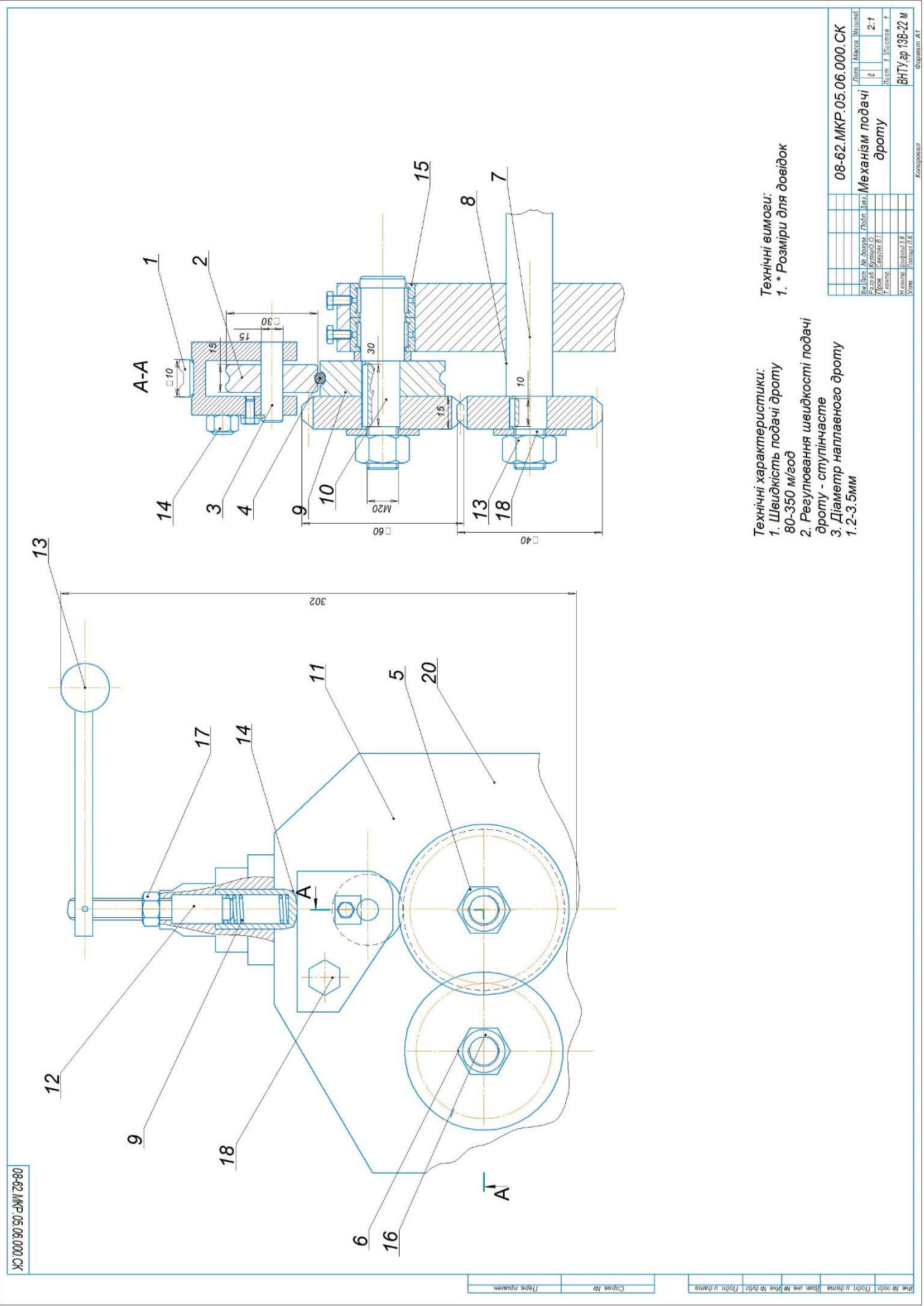
Лит.	Масса	Масштаб
		1:1
Лист	Листов	1

ВНТУ, гр.13В-226

Копировал

Формат А4





08-62.МКР.05.06.000.СК

Технічні характеристики:  
 1. Швидкість подачі дроту  
 80-350 м/год  
 2. Регулювання швидкості подачі дроту - ступінчасте  
 3. Діаметр наплавного дроту  
 1.2-3.5мм

Технічні виміри:  
 1. \* Розміри для довідок

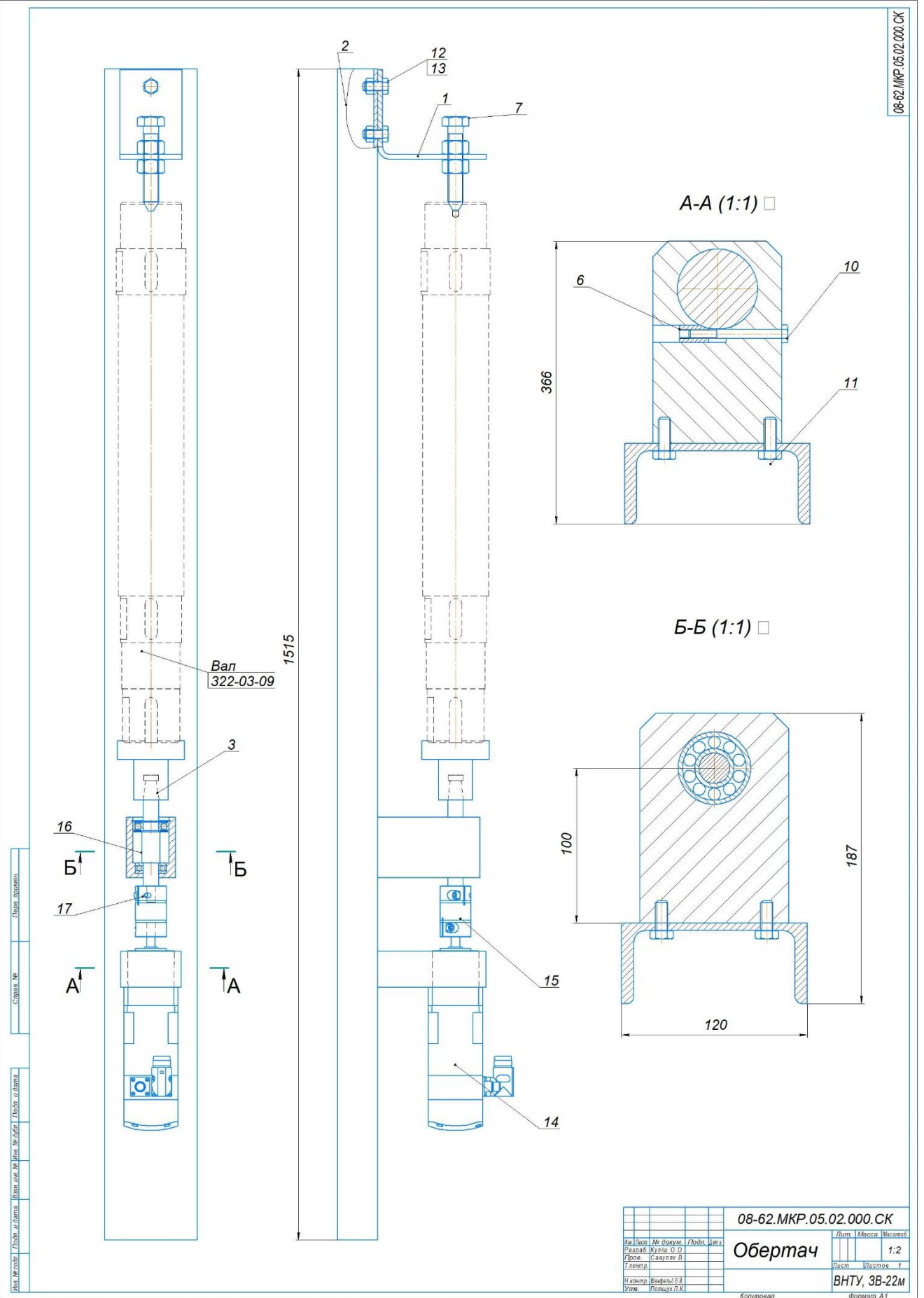
08-62.МКР.05.06.000.СК		Лист	Макс	Матриц
№ докум	№ змін	Розроб	Відп	Відп
08-62.МКР.05.06.000.СК		Кушнір О	б	2-1
Місце	Вибір	Відп	Листів	1
Головн	Відп	Відп	ВНТУ	фр 138-22 м
М.Львів	Відп	Відп	Укр	Формат А1

Ім'я та № орг. Підп. і дата  
 Стор. №  
 Прис. п.к.м.ч.



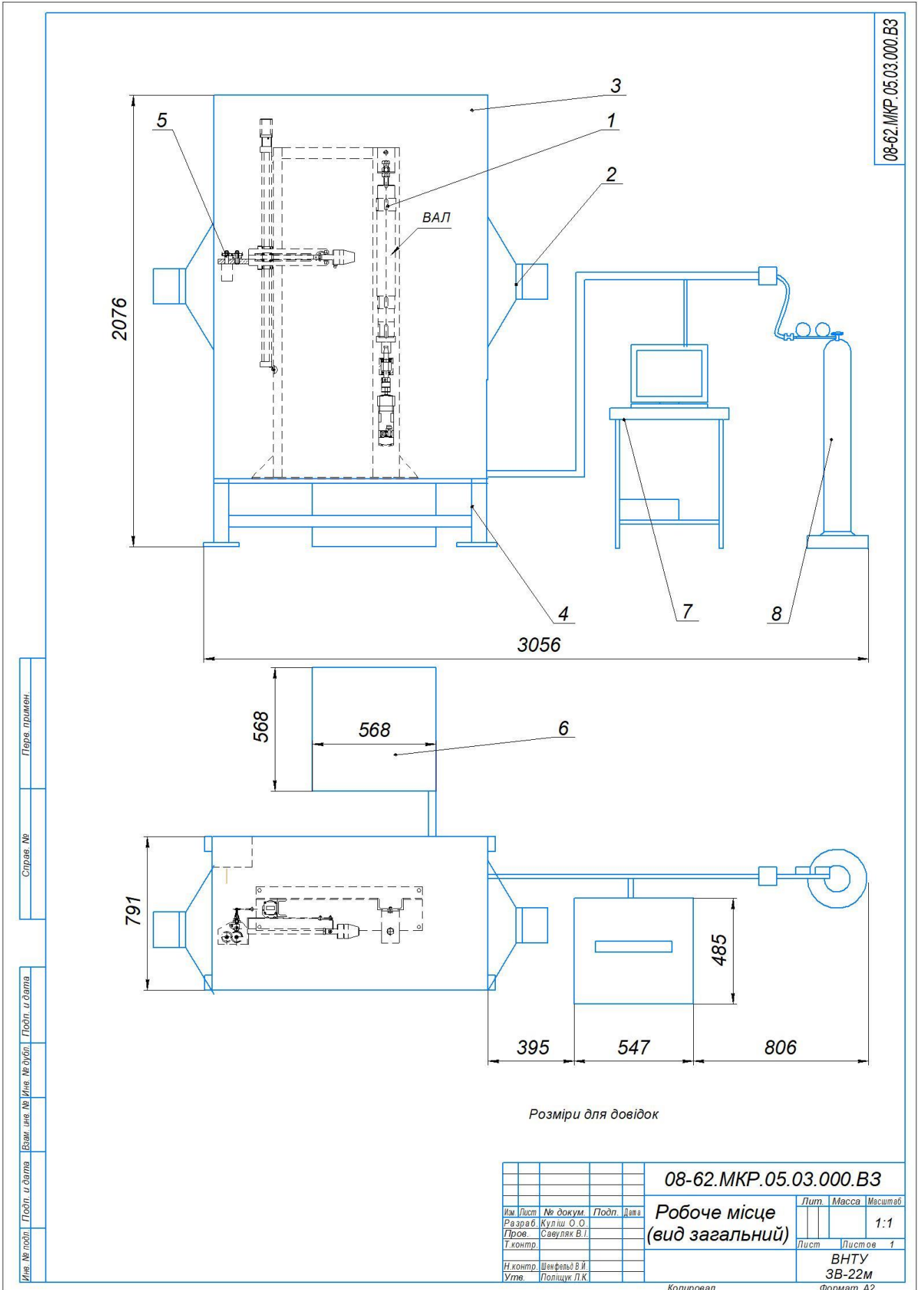


08-62.МКР.05.02.000.СК



Имя файла: Проект\_изделия  
 Дата: 08.02.2019  
 Версия: 1.0  
 Автор: [blank]  
 Проверка: [blank]  
 Согласовано: [blank]

08-62.МКР.05.02.000.СК				Лист	Масса	Масштаб
<b>Обертач</b>				1		1:2
ВНТУ, ЗВ-22М				Лист	Листов	1
Копировал				Формат А1		



Перв. примен.

Справ. №

Име. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № оубл. | Подп. и дата

Додаток Г  
(Обовязковий)

СПЕЦИФІКАЦІЇ

ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ  
МАТЕРІАЛІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ВІДНОВЛЕННЯ СТАЛЕВИХ валів з канавками

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
Перв. примен.								
<u>Документація</u>								
08-62.МКР.05.3Ф.06.000.СК. Складальне креслення								
<u>Деталі</u>								
Справ. №								
A4	1	08-62.МКР.05.06.001	Притискаючий стержень	2				
A4	2	08-62.МКР.05.06.002	Притискаючий ролик	1				
A4	3	08-62.МКР.05.06.003	Вісь притискаючого ролика	1				
A4	4	08-62.МКР.05.06.004	Наплавний дріт	1				
A4	5	08-62.МКР.05.06.005	Ведена шестерня	1				
A4	6	08-62.МКР.05.06.006	Ведуча шестерня	1				
A4	7	08-62.МКР.05.06.007	Вісь ведучої шестерні	1				
A4	8	08-62.МКР.05.06.008	Втулка	1				
A4	9	08-62.МКР.05.06.009	Ролики	2				
A4	10	08-62.МКР.05.06.010	Вісь веденої шестерні	1				
A4	11	08-62.МКР.05.06.011	Напрямна	1				
Подп. и дата								
<u>Складальні одиниці</u>								
A3	12	08-62.МКР.05.16.000	Притискний механізм	1				
<u>Стандартні вироби</u>								
	15		Гайка М16 ГОСТ 15589-70	1				
	16		Гайка М12 ГОСТ 15586-70	1				
	17		Підшипник 620 ГОСТ 8338-75	1				
	18		Шпилька 12x8x50 ГОСТ 8792-68	2				
	19		Шайба 16Н ГОСТ 6402-70	1				
08-62.МКР.005.06.000								
Изм. Лист № докум. Подп. Дата								
Ив. № подл.	Разр. аб.	Куліш О.О.	Механізм подачі дроту			Лит.	Лист	Листов
	Пров.	Савуляк В.І.				у		1
	Н. контр.	Шенфельд В.И.				ВНТУ, гр.13В-22м		
	Утв.	Поліщук Л.К.						

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
08-30.ТРТТ.013.00.000						
A1			08-62.МКР.05.000 СК	Складальне креслення		
<u>Документація</u>						
<u>Деталі</u>						
A2	1		08-62.МКР.05.11.001	Кронштейн	1	
A4	2		08-62.МКР.05.11.002	Швелер	1	
A4	3		08-62.МКР.05.11.003	Центр зворотній	1	
A4	6		08-62.МКР.05.11.006	Клин		
A3	7		08-62.МКР.05.11.007	Центр	1	
A3	8		08-62.МКР.05.11.007	Вал	1	
A3	9		08-62.МКР.05.11.008	Корпус	1	
A3	10		08-62.МКР.05.11.009	Корпус	1	
<u>Стандартні вироби</u>						
		11		Болт М10-6gx25.58.016 ГОСТ 7898-70	4	
		12		Болт М8-6gx35.58.016 ГОСТ 7898-70	2	
		13		Гайка 8-6Н.5.016 ГОСТ5915-70	2	
		14		Сервомотор EMMS AS70 S RSB 3	1	
		15		Муфта ЕАМС 40 66 11 11 3.0	1	
		16		Підшипник 80204	1	
		17		Підшипник 8204	1	
		18		Редуктор 3:1 EMGA 60 P G3 SAS 70 3.0	1	
			<b>08-62.МКР.05.11.000</b>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разр аб.	Куліш О.О.				Лит.	Лист
Пров.	Савуляк В.І				у	1
Н.контр.	Шенфельд В.Й.				Листов	
Утв.	Поліщук Л.К.				1	
<b>Обертач</b>					ВНТУ	
					,гр.3В-22м	
Копировав					Формат А4	

Перв. примен.		Формат		Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
08-30. ТРПТ.00.00.000	08-30. ТРПТ.00.00.000	Зона	Поз.				
				<u>Документація</u>			
A1				08-62.МКР.05.00.000 В3	Вид загальний		
				<u>Складальні одиниці</u>			
A1		1		08-62.МКР.05.01.000	Установка відновлення з ЧПК	1	
A1		2		08-62.МКР.05.02.000	Вентиляція	1	
A1		3		08-62.МКР.05.03.000	Захисна камера	1	
A1		4		08-62.МКР.05.04.000	Станина	1	
A1		5		08-62.МКР.05.05.000	Механізм подачі дроту	1	
				<u>Стандартні вироби</u>			
		6			Блок живлення ВДУ-506	1	
		7			Комп'ютер та контролери	1	
		8			Балон з газом	1	
				<b>08-62.МКР.05.00.000</b>			
Изм.		Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Куліш О.О.				Лит.	Лист
Пров.		Савуляк В.І.				у	1
Н.контр.		ШенфельдВ.Й.				Листов	
Утв.		Поліщук Л.К.				1	
<b>Робоче місце</b>						<b>ВНТУ, см.зр.3В-22М</b>	

Перв. примен.		08-30.ТРТТ.013.00.000		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
								<u>Документація</u>			
				A1			08-62.МКР.05.10.000 СК	Складальне креслення			
								<u>Складальні одиниці</u>			
Справ. №				A4	1	08-62.МКР.05.11.000	Обертач		1		
				A4	2	08-62.МКР.05.12.000	Металізатор		1		
									1		
								<u>Деталі</u>			
					5	08-62.МКР.05.10.005	Кронштейн		1		
				A4	6	08-62.МКР.05.10.006	Прижим		1		
				A4	7	08-62.МКР.05.10.007	Розпорка		1		
				A4	8	08-62.МКР.05.10.008	Стійка		1		
				A4	9	08-62.МКР.05.10.009	Косинка		2		
				A4	10	08-62.МКР.05.10.010	Пластина		1		
								<u>Стандартні вироби</u>	2		
					20		Гвинт ВМ5-6gx25.14Н.016 ГОСТ1491-80		4		
					21		Гвинт ВМ5-6gx15.14Н.016 ГОСТ1491-80		4		
					22		Гвинт ВМ6-6gx25.14Н.016 ГОСТ1491-80		2		
					23		Гайка М6-6Н.5.016 ГОСТ5915-70		2		
					25		Лапа монтажна НР_25_3_0		2		
					26		Лінійна вісь DGE-25-SP-KF-GK		1		
					27		Мотор EMMS-AS70-S-RSB		1		
					28		Фланець MRT-FL44-AC70		1		
					29		Корпус муфти DGE-KG-25-SP-FL44		1		
					30		Муфта KSE-30-D06-D09		1		
							<b>08-62.МКР.05.10.000</b>				
				Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
				Разраб.		Куліш О.О.			Лит.	Лист	Листов
				Пров.		Савуляк В.І.			у	1	1
				Н.контр.		Шенфельд В.Й			<b>Установка відновлення з ЧПК</b>		
				Уте.		Поліщук Л.К.		<b>ВНТУ, см. гр. 3В-22м</b>			
							Копировал		Формат А4		



Додаток Д  
(Обовязковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ  
ТЕСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ  
МАТЕРІАЛІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ВІДНОВЛЕННЯ СТАЛЕВИХ валів з канавками

ПРОТОКОЛ  
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: «Вибір та обґрунтування з використанням програмних продуктів матеріалів та технологій відновлення сталевих валів з канавками»

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота  
(БДР, МКР)

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

**Показники звіту подібності Unicheck**

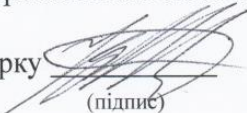
Оригінальність 82,6% Схожість 17,4%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

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

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

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

Особа, відповідальна за перевірку  Шенфельд В. Й.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

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

Автор роботи  Куліш О.О.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи  Савуляк В.І.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

