

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет машинобудування та транспорту

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра галузевого машинобудування

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**Підвищення якості відновлення робочих поверхонь опорного валу
конвеєра типу КС**

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

(шифр і назва спеціальності)

Дмитро ПЕЧЕНИЦЯ

(прізвище та ініціали)

« 13 » грудень 2023 р.

Керівник: к.т.н., доц. Олена ШИЛІНА

(прізвище та ініціали)

Олена Шиліна « 14 » грудень 2023 р.

Опонент: к.т.н., доц. Микола МИТКО, доц. каф. АТМ

(прізвище та ініціали)

Микола Митко « 18 » грудень 2023 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ГМ

д.т.н., проф. Леонід ПОЛІЩУК

(прізвище та ініціали)

« 12 » вересень 2023 р.

Вінниця, ВНТУ – 2023 р.

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ГМ
Леонід ПОЛЩУК
«18» вересня 2023 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Дмитру ПЕЧЕНИЦІ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи. ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ
ПОВЕРХОНЬ ОПОРНОГО ВАЛУ КОНВЕЄРА ТИПУ КС

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

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

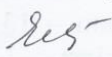
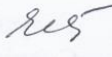


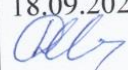

2. Строк подання студентом роботи «14» грудня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи: Креслення робоче опорного вала конвеєра
Річна програма відновлення деталей N=1000 шт.
Режим роботи довготривалий

4. Зміст текстової частини: Вступ. Розділ 1. Сучасний стан наукової проблеми і
шляхи її вирішення. Розділ 2. Дослідження направлені на підвищення
довговічності відновлення робочих поверхонь вала опорного конвеєра типу КС.
Розділ 3. Розробка та обґрунтування параметрів технологічного процесу
відновлення опорного вала конвеєра типу КС . Розділ 4. Економічна частина.
Розділ 5. Охорона праці і безпека в надзвичайних ситуаціях. Загальні висновки.


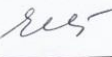




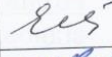


5. Перелік графічної частини (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
Вал опорний – 1 л. ф. А2; Вал опорний (ремонтне) – 1 л. ф. А2 ; 3D модель вала
опорного-1л.ф.А2 Технологічний процес відновлення – 1 л. ф. А1; Робоче місце
(вид загальний) –1 л. ф. А1; Установка з ЧПК (складальне креслення)–1 л. ф. А1;
3D модель установки з ЧПК –1 л. ф. А1. Розпилюючий пристрій –1л. ф.А2

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

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

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

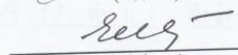
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Формування та затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи (МКР)	18.09.23 р.	
2	Виконання спеціальної частини МКР. Перший рубіжний контроль виконання МКР	26.10.2023 р.	
3	Виконання спеціальної частини МКР. Другий рубіжний контроль виконання МКР	30.10.23 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	30.11.23 р.	
7	Нормоконтроль МКР	17.12.23 р.	
8	Опонування МКР	18.12.2023 р.	
9	Захист МКР	21.12.2023 р.	

Студент

Керівник проекту


 (підпис)


 (підпи)

Дмитро ПЕЧЕНИЦЯ

Олена ШИЛІНА

АНОТАЦІЯ

УДК 669.056.12 + 621.12

Дмитро ПЕЧЕНИЦЯ. Підвищення якості відновлення робочих поверхонь опорного валу конвеєра типу КС.

Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 132 – Матеріалознавство, освітня програма – Інтелектуальні технологічні системи в інженерії поверхні. Вінниця: ВНТУ, 2023. 106 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 36 назв; рис.: 27; табл. 24.

У магістерській кваліфікаційній роботі на підставі дослідження закономірностей зміни потужності плазмотрону показано, що для гарного проплавлення частинок порошку ПГ-12Н-01 на основі нікелю достатньою є потужність плазмотрону 23 кВт., а на основі побудованої математичної моделі двофазного плазмового струменя, отримали, що оптимальна дистанція напilenня лежить в межах 650-750 мм.

У розрахунково-конструкторській частині розроблено установку з числовим програмним керуванням, яка здатна значно підвищити якість процесу відновлення робочих поверхонь деталі. У технологічній частині розроблений технологічний процес відновлення робочих поверхонь опорного валу конвеєра типу КС. Дослідження, виконані в роботі, показали ефективність запропонованої технології відновлення зношених поверхонь деталі.

Графічна частина складається з 9 плакатів.

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

Ключові слова: плазмове напилювання, плазмотрон, зносостійкість, відновлення, двофазний плазмовий струмень.

ABSTRACT

УДК 669.056.12 + 621.12

Dmytro PECHENYTSYA. Improving the quality of restoration of the working surfaces of the support shaft of the KS type conveyor.

Master's thesis on specialty 132 - Materials science, educational program - Intelligent technological systems in surface engineering. Vinnytsia: VNTU, 2023.

106 p. In Ukrainian speech Bibliography: 46 titles; Fig.: 27; table 24.

In the master's qualification work, on the basis of the study of the patterns of changes in the power of the plasmatron, it is shown that for a good penetration of the particles of the nickel-based PG-12N-01 powder, the power of the plasmatron is 23 kW, and on the basis of the constructed mathematical model of the two-phase plasma jet, it was found that the optimal distance spraying is within 650-750 mm.

In the calculation and design part, an installation with numerical software control was developed, which can significantly improve the quality of the process of restoring the working surfaces of the part. In the technological part, the technological process of restoring the working surfaces of the support shaft of the KS type conveyor has been developed. The studies performed in the work showed the effectiveness of the proposed technology for restoring worn surfaces of the part.

The graphic part consists of 9 posters.

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

Key words: plasma sputtering, plasmatron, wear resistance, restoration, two-phase plasma jet.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 СУЧАСНИЙ СТАН НАУКОВОЇ ПРОБЛЕМИ І ШЛЯХИ ЇЇ ВИРІШЕННЯ.....	11
1.1. Характеристика сучасного способу нанесення покриття.....	11
1.2 Особливості методу плазмового напилювання.....	12
1.3 Висновки. Постановка мети і наукових завдань досліджень	15
2 ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРАВЛЕНІ НА ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ВАЛУ ОПОРНОГО КОНВЕЄРА ТИПУ КС.....	16
2.1 Плазмове нанесення покриття.....	16
2.2 Розрахунок потужності плазмотрону.....	19
2.3 Розрахунок газодинамічних параметрів двофазного плазмового струменя.....	23
2.4 Створення математичної моделі двофазного плазмового струменя.....	31
2.5 Розробка ескізу складального креслення розпилюючого пристрою....	35
2.6 Дослідження зносостійкості від стану поверхневого шару.....	37
2.7 Висновки до другого розділу.....	39
3 РОЗРОБКА ТА ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ОПОРНОГО ВАЛУ КОНВЕЄРА ТИПУ КС.....	41
3.1. Службове призначення вузла, деталі. Вимоги до деталі, що відновлюється та її поверхонь	41
3.2 Конструкторсько-технологічні характеристики деталі.....	42
3.3 Дефекти деталі, їх причина і аналіз можливих способів усунення.....	47
3.4 Варіантний аналіз способу відновлення.....	49
3.5 Визначення типу ремонтного виробництва.....	51
3.6 Технологічний процес відновлення вала опорного.....	52
3.7 Розрахунок та призначення режимів відновлення поверхонь валу.....	55
3.8 Нормування операцій технологічного процесу.....	58
3.9 Створення конструктивної схеми верстата та її опис.....	59
3.10 Визначення способу закріплення деталі.....	60
3.11 Розрахунок масоцентровочних характеристик (МЦХ) деталі та пристрою її закріплення.....	61

3.12. Розрахунок та вибір виконавчих механізмів установки для автоматизованого відновлення деталей.....	63
4. ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	70
4.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи.....	71
4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	73
4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи в умовах дії загрозливих чинників НС.....	78
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	80
5.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки	80
5.2 Визначення рівня конкурентоспроможності розробки.....	85
5.3 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи.....	89
5.4 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки при її можливій комерціалізації потенційним інвестором.....	97
ВИСНОВКИ.....	102
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	104
Додаток А (обов'язковий) : Технічне завдання.....	108
Додаток Б (обов'язковий): Комплект документів	115
Додаток В (обов'язковий): Графічна частина.....	127
Додаток Г (обов'язковий): Специфікація.....	136
Додаток З (обов'язковий) : Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.....	141

ВСТУП

Актуальність теми. Відновлення зношених деталей – це складний організаційно технологічний процес при якому, на відміну від виробництва нових деталей, в якості заготовки використовують зношену, але вже сформовану деталь.

Основна задача роботи це формування інженерних знань достатніх для проектування сучасних технологічних процесів відновлення, та проектування відновлювального обладнання, проводити необхідні проектні роботи та дослідження для визначення оптимальних режимів обробки з максимальною продуктивністю праці.

На даний момент, як і на протязі останніх десятиліть однією із актуальних проблем в машинобудуванні є підвищення надійності та довговічності деталей машин та механізмів, економне використання матеріалів та енергоресурсів, а також відновлення зношених поверхонь [1]. Дані проблеми повністю чи частково вирішуються шляхом забезпечення ефективного захисту поверхні деталей від корозії та зношування.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Магістерську кваліфікаційну роботу виконано на кафедрі Галузевого машинобудування Вінницького національного технічного університету. Тема роботи відповідає основним науковим напрямкам кафедри і є логічним продовженням робіт, виконаних за цією тематикою. Тема даної роботи затверджена наказом ВНТУ від 18 вересня 2023 року № 247.

Мета і завдання роботи. Метою є розробка ефективної технології відновлення робочих поверхонь опорного валу конвеєра плазмовим напилюванням на основі зміни впливу параметрів режимів відновлення та зміни потужності плазмотрону.

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

- Дослідити закономірність зміни потужності плазмотрону для гарного проплавлення частиц порошку ПГ-12Н-01 на основі нікелю.

- Встановити оптимальну дистанцію при плазмовому напилюванні.
- Вдосконалити плазмовий розпилювач для підвищення продуктивності пристрою та можливості регулювання режимів нанесення покриттів.
- Розрахувати та призначити режими механічної обробки до та після нанесення покриття.
- Розробити установку з числовим програмним керуванням, яка здатна значно підвищити якість процесу відновлення робочих поверхонь деталі.

Новизна одержаних результатів

1. На підставі дослідження закономірностей зміни потужності плазмотрону показано, що для гарного проплавлення частиц порошку ПГ-12Н-01 на основі нікелю достатньою є потужність 23 кВт;

2. Подальший розвиток отримало дослідження на основі побудованої математичної моделі двофазного плазмового струменя, яке показало, що оптимальна дистанція напилення лежить в межах 650-750 мм .

3. Удосконалено плазмовий розпилювач для напилення покриттів, що дозволяє підвищити продуктивність пристрою та можливість регулювання режимів нанесення покриттів

4. Продовжено дослідження на металі деталі напиленному порошковим сплавом ПГ-12Н-01, які показали, що спостерігається достатньо тісний зв'язок між зносостійкістю і твердістю набутою в процесі напилювання.

5. Дослідження, виконані в роботі, показали ефективність запропонованого способу відновлення зношених поверхонь деталі.

6. Розроблена універсальна установка з числовим програмним керуванням, яка здатна значно підвищити якість процесу відновлення робочих поверхонь деталі

Об'єкт дослідження – є процес відновлення деталі «опорний вал конвеєра» плазмовим напилюванням

Предмет дослідження – основні напрями і підходи до удосконалення способу відновлення опорного валу конвеєра плазмовим напиленням та їх взаємозв'язок із зносостійкістю та твердістю відновлюваних поверхонь.

Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи

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

Публікації результатів магістерської кваліфікаційної роботи

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

1. Печениця Д.В. Вплив поверхневого стану на процеси при зношуванні напиленних шарів. / Д. В. Печениця. // Матеріали тез доповідей КОНФЕРЕНЦІЇ ВНТУ електронні наукові видання, Міжнародна науково-практична Інтернет-конференція студентів, аспірантів та молодих науковців **«МОЛОДЬ В НАУЦІ: ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВИ (МН-2024)»**.

<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2024/paper/viewFile/19754/16371>

1 СУЧАСНИЙ СТАН НАУКОВОЇ ПРОБЛЕМИ І ШЛЯХИ ЇЇ ВИРІШЕННЯ

1.1. Характеристика сучасного способу нанесення покриття

Ефективність і якість відновлення деталей у значній мірі залежать від застосовуваних технологічних способів їхньої обробки.

Ремонтне виробництво має у своєму розпорядженні велику кількість різних способів відновлення деталей, що дозволяють не тільки повернути їм властивості нових, але в ряді випадків навіть поліпшити їх.

Численність технологічних способів, застосовуваних при відновленні деталей, пояснюється різноманітністю дефектів, для усунення яких вони застосовуються. Характерними дефектами деталей є: знос, що обумовлює порушення розмірів, форми і взаємного положення робочих поверхонь; механічні пошкодження у виді залишкових деформацій, тріщин, обломів, викришування, пробоїн; пошкодження антикорозійних покриттів, нанесених фарбуванням, гальванічними і хімічними способами обробки.

Одним із таких методів нанесення покриття у сучасному виробництві є плазмове напилювання [2]. Суть методу полягає в тому, що порошковий присадковий матеріал подається транспортуючим газом у зону дії плазми, яка розплавляючи порошок переносить його на деталь, утворюючи щільне покриття. Плазмове напилювання дозволяє наносити покриття із матеріалів різного хімічного складу; висока продуктивність; повна автоматизація керування процесу. Плазмові пальники дозволяють у широких межах регулювати енергетичні характеристики плазми, що полегшує отримання покриттів з потрібними технологічними властивостями.

При плазмовому напилюванні покриття формується з дрібних розплавлених частинок, які переносяться на поверхню при розпилюванні плазмою дроту, стержнів, стрічок або порошку. У технологіях плазмового напилювання велике значення мають час перебування частинок в плазмі і час доставки нагрітих

частинок до підложки, вдосконалення плазмових установок, знання процесів, що протікають в низькотемпературній плазмі при напилюванні покриттів [3,4, 5].

1.2 Особливості методу плазмового напилювання

Найбільш ефективним методом відновлення посадкових поверхонь під підшипники є плазмове напилення, суть методу полягає в тому, що порошковий присадковий матеріал подається транспортуючим газом у зону дії плазми, яка розплавляючи порошок напилює його на деталь. При плазмово-дуговому нанесенні покриттів плавлення вихідного матеріалу здійснюється в плазмовому струмені, температура якого складає 5000-55000 К. Плазмовий струмінь являє собою потік речовин, що складаються з електронів, іонів і нейтральних атомів плазмотворного газу. В якості плазмотворних газів використовують аргон, азот, водень, аміак, водяну пару, а також їх суміші.

Головним критерієм застосування матеріалу в якості покриття є можливість переведу його часток в розплавлений або високопластичний стан і наступна деформація їх при зустрічі з підкладкою. Високі температури в поєднанні з можливістю широкого регулювання складу струменя (інертний, відновлювальний, окислюваний) і швидкості його витікання створюють велике розмаїття матеріалів, що напилюються газотермічними методами – від самих тугоплавких металів, оксидів, карбідів до пластичних мас.

Малий термічний вплив на напилювану основу (~ 80-150° С) дозволяє виключити небажані структурні перетворення, уникнути деформації виробу, крім того створює можливість нанесення покриття на основу з найрізноманітніших матеріалів (металів, кераміки, бетону, дерева, картону та ін.).

Такі переваги обумовлюють високу універсальність газотермічного напилення, яка дозволяє наносити покриття з широким спектром службового призначення – зносостійких, корозієстійких, теплозахисних, електроізоляційних та інших, а також для відновлення розмірів зношених деталей.

Плазмове напilenня здійснюють розплавлюючи дріт, стержні або подаючи порошок (рис. 1).

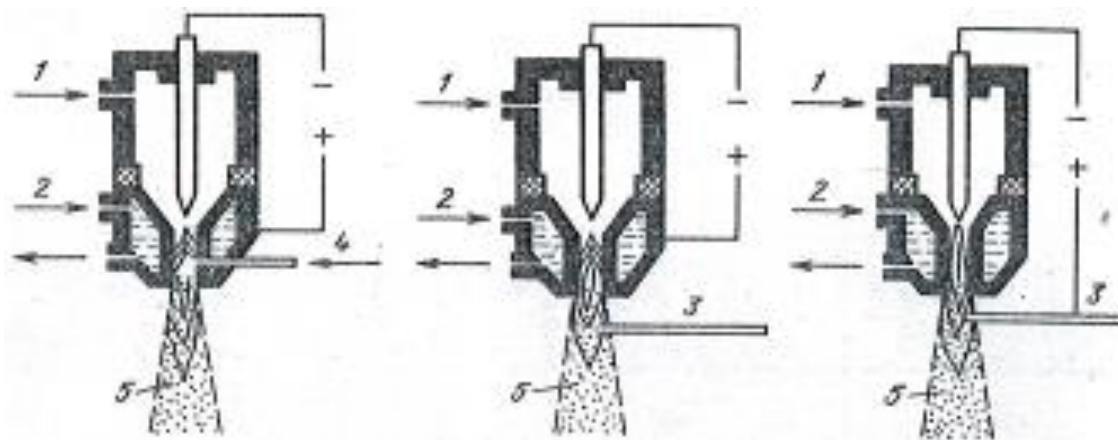


Рисунок 1.1 – Схеми плазмового напильовання:

- а) подача напильованого матеріалу в плазмовий струмінь через сопло;
 - б) те ж за сопловою ділянкою;
 - в) плазмова металізація дротом залежною дугою;
- 1 – вхід газу; 2 – вхід води; 3 – електродний дріт; 4 – подача порошку.

Характеристика плазми значною мірою обумовлюється вибором плазмотворного газу [3,4]. Термічні параметри дугових плазмених струменів для різних газів наведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1–Термічні параметри плазмових струменів

Вид газу	Потужність наплазмотроні, кВт	Напруга дузі, В	Температура плазми, ° К	Ентальпія плазми, кДж/г	Ефективність нагрівання газового струменя, %
Азот(N ₂) ГОСТ 9293-74	60	65	7473	46,33	60
Водень(H ₂) ГОСТ 3022-80	62	120	5273	323,90	80
Гелій (He) ТУ-51-689-75	50	47	20273	237,80	48
Аргон(Ar) ГОСТ 10157-79	48	48	14273	21,73	40

Плазма дво- і багатоатомних газів містить більшу кількість тепла при більш низьких температурах. Тому для робіт, пов'язаних з теплопередачею, коли не потрібні температури більше 10000 К, доцільніше використати двоатомні гази. Для отримання ж високих температур необхідно використовувати одноатомні гази. Матеріали для напилення виготовляють у вигляді порошку або дроту.

Переваги напилення порошкоподібними матеріалами в порівнянні з дрововими такі:

- більш однорідна (без подальшої обробки) і дрібна структура покриття;
- можливість отримання комбінованих покриттів і так званих псевдосплавів змішуванням порошків з різних матеріалів;
- низька вартість.

Для плазмового напилення використовуються порошки сферичної форми грануляції 5-100 мкм (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Самофлюсуючі порошки системи Ni-Cr-B-Si

Параметр	ПГ-СР-2	ПГ-СР-3	ПГ-СР-4	СНГН	ВСНГН
1	2	3	4	5	6
Хімічний склад *, %					
C	0,3-0,6	0,4-0,8	6-1	1,5-1	0,3-0,6
Cr	12-18	12-16	13-17	14-18	10,5-12,5
B	1,5-2,5	2-3	2,5-4	3-5	2,6-3,1
Si	1,5-3	2,5-4,5	3-5	3,5-4,5	2,3-3
Mn	-	-	-	-	До 3
Fe	-	5	-	1-3	2
W	-	-	-	-	33-37
* нікель – основа					
Щільність $1 \cdot 10^3$, г/м ³	6-8			7,8-8,2	8,7
Температура плавлення, °С	1050-1080			1020-1100	-
Твердість, HRC	45-48	48-55	48-62	50-58	60-63
Зносостійкість по відношенню до сталі 45	3-4,5			3,5-4,6	-
Температурний коефіцієнт, 1/°С	14,5			14,5-15,3	-

Обладнання для плазменого напилювання складається із установки для плазменого напилення, плазмотрону та живильника (дозатора).

1.3 Висновки. Постановка мети і наукових завдань досліджень

Розробка і впровадження ефективних способів відновлення і зміцнення деталей шляхом нанесення на їх робочі поверхні зносостійких покриттів з метою підвищення ресурсу господарської техніки є важливим завданням експлуатаційних підприємств. Впровадження технологій відновлення деталей шляхом нанесення покриттів дозволить замінити зношені деталі на відновлені з поліпшеними експлуатаційними характеристиками при зменшенні споживання дорогих і дефіцитних матеріалів.

Спостереження за зносом і пошкодженнями деталей машин при експлуатації показує, що найбільш проблемні місця це посадкові поверхні під підшипники.

Мета і завдання роботи. Метою є розробка ефективної технології відновлення робочих поверхонь опорного валу конвеєра плазмовим напилюванням на основі зміни впливу параметрів режимів відновлення та зміни потужності плазмотрону.

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

- Дослідити закономірність зміни потужності плазмотрону для гарного проплавлення частиц порошку ПГ-12Н-01 на основі нікелю.
- Встановити оптимальну дистанцію при плазмовому напилюванні.
- Вдосконалити плазмовий розпилювач для підвищення продуктивності пристрою та можливості регулювання режимів нанесення покриттів.
- Розробити технологічний процес відновлення з використанням плазмового напилювання, який забезпечує відновлення експлуатаційних характеристик робочих поверхонь.
- Розробити установку з числовим програмним керуванням, яка здатна значно підвищити якість процесу відновлення робочих поверхонь деталі.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРАВЛЕНІ НА ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ВАЛУ ОПОРНОГО КОНВЕЄРА ТИПУ КС

2.1 Плазмове нанесення покриття

Переваги: плазмове напилювання дозволяє наносити покриття із матеріалів різного хімічного складу; висока продуктивність; повна автоматизація керування процесу; плазмові пальники дозволяють у широких межах регулювати енергетичні характеристики плазми, що полегшує отримання покриттів з потрібними технологічними властивостями [5].

У комплект обладнання для плазмового напилювання входять наступні вузли: [2,6]

- плазмотрон;
- механізм транспортування порошкових чи дровових матеріалів;
- пульт керування, у якому зосереджені вимірювальні, регулюючі і блокуючі пристрої;
- джерело живлення дуги;
- джерело і приймач води для охолодження;
- комплекс комунікацій, що з'єднують окремі вузли установки і забезпечують підведення енергії, води і газів до плазмотрона.

Струм і газ, які підводять до установки, а також охолоджуюча вода взаємозв'язані. Їх взаємозв'язок полягає в тому, що електрична схема включення напруги, підведеної до плазмового пальника від джерела струму, заблокована контактами реле тиску, які встановлені в системі охолодження водою, а також контактами реле тиску, які встановлені в системі живлення плазмоутворюючим газом.

2.1.1 Аналіз схеми роботи розпилюючого пристрою

За способом стабілізації дуги вони поділяються на три групи [5]:

- аксіальної;

- тангенціальної;
- комбінованої (рис. 2.1).

Найбільше стиснення дуги досягається вихровою (тангенціальною) стабілізацією.

Аксіальна система стабілізації забезпечує ламінарний плазмовий потік і задовільне формування стовпа плазмової дуги в каналі електропровідного сопла.

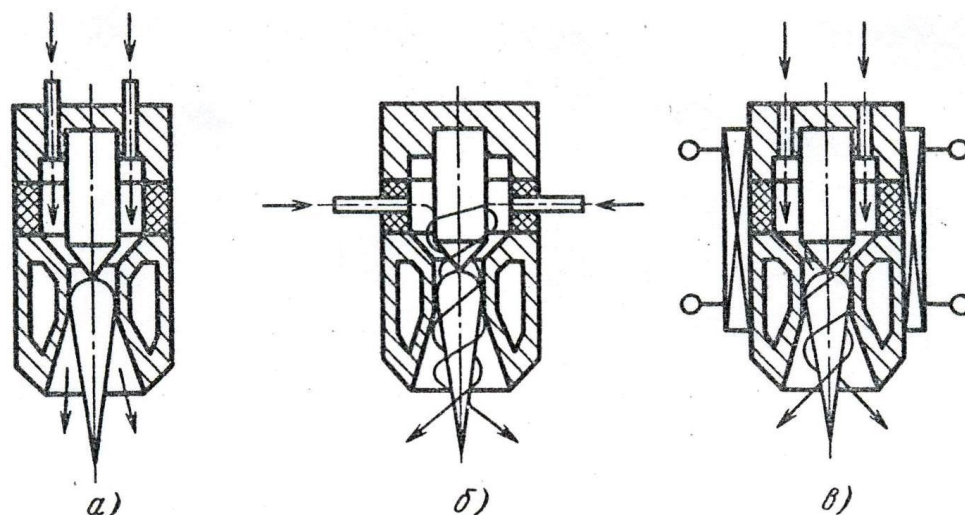


Рисунок 2.1 - Способи стабілізації дуги в плазмотронах:

- а) аксіальним (поздовжнім) газовим потоком;
- б) тангенціальним газовим потоком;
- в) електромагнітним полем (комбінована стабілізація).

Така конструкція більш компактна, зручна у використанні, пристосована для використання в напівавтоматі для нанесення плазмових покриттів.

2.1.2 Вибір параметрів розпилюючого присторою

Проаналізувавши гідравлічні та пневматичні схеми плазмотрону розглянемо наступні технологічні рішення, що будуть враховуватися при подальшому проектуванні плазмотрона: гідравлічна схема охолодження сопла, так як сопло несе найбільше температурне навантаження де плазмоутворюючий газ подається через газопідвідний штуцер.

Швидкість плазмового струменя, ентальпія і температура являються визначаючими характеристиками при нагріванні матеріалу, що розпилюється.

Найголовніші параметри режиму роботи плазмотрона витікають із рівняння:

$$\Delta H_n = T_n \cdot C_n = \frac{N_\delta \cdot \eta_{mp.}}{K_p \cdot G_{n.z.}} = \frac{36кВА \cdot 0,7}{0,6 \cdot 4м^2 / год} = 10,5 \left(\frac{кВА \cdot год}{м^2} \right) \quad (2.1)$$

де K_p – коефіцієнт, який характеризує рівномірність нагріву газу по перерізу сопла (0,4 – 0,7). Приймаємо $K_p=0,6$;

$G_{n.z.}$ – витрати плазмоутворюючого газу ($G_{n.z.}=3 - 4$ м³/год). Приймаємо $G_{n.z.}=4$ м³/год;

N_δ – потужність дуги ($N_\delta=36$ кВА);

$\eta_{mp.}$ – термічний ККД процесу ($\eta_{mp.}=0,3 - 0,9$).

Для плазмового напилення $\eta_{mp.}=0,7$.

Якщо враховувати вагову витрату газу

$$\Delta H_n = \frac{36кВА \cdot 0,7}{0,6 \cdot 2г/с} = 21 Дж/г. \quad (2.2)$$

У процесі плазмового напилення об'ємна витрата плазмоутворюючого газу складає 2 – 4 м³/год, вагова – 0,5 – 2 г/с.

Від потужності дуги N_δ помітно залежать такі її характеристики, як температура та ентальпія. Із збільшенням потужності останні теж зростають. Протилежним є лише вплив фактора витрати плазмоутворюючого газу ($G_{n.z.}$).

Грануляція частинок порошку при напилюванні має велике значення і впливає на якість та фізико – механічні властивості напиленого шару.

Так при плазмовому напилюванні середній діаметр таких частинок складає 10 – 200 мкм.

До параметрів, які характеризують введення порошку, належить швидкість його подачі у розпилювач; швидкість оцінюють витратою порошку (вона складає 0,25 – 2 г/с); стабільність подачі порошку знаходиться в межах 5 – 7 %.

Витрата газу на подачу порошку складає 10% від витрати плазмоутворюючого газу.

Таким чином:

$$4\text{м}^3 / \text{год} \cdot 0,1 = 0,4(\text{м}^3 / \text{год}) . \quad (2.3)$$

2.2 Розрахунок потужності плазмотрону

Для отримання якісного покриття, необхідно, щоб частинки порошку в плазмовому струмені встигали повністю проплавитися. Для визначення умов оптимального проплавлення частинок порошку і максимального зростання товщини покриття (коефіцієнт осадження матеріалу) запропонована спрощена модель поведінки конденсуючої частинки в плазмовому струмені, за допомогою якого можна легко встановити зв'язок між її газодинамічними параметрами і теплофізичними властивостями порошків. Цей зв'язок дає можливість визначити необхідну потужність для розплавлення частинок порошку.

Величину теплової потужності плазмотрона, необхідної для розплавлення частинок матеріалу в струмені аргонної плазми, можна визначити за допомогою виразу [62]:

$$P_e = 2,99 \frac{V_r^{1,5} \cdot d_r \cdot D^{0,5}}{\eta \cdot R_0^{1,25} \cdot [l_k + 6(R_0 - R)]^{0,6}} , \quad (2.4)$$

де V_r - витрата плазмоутворюючого газу, м³/с;

d_r - діаметр частинки порошку, м;

D - параметр важкості плавлення, кДж/(кг·м³);

$$D = C_{\text{э}}^2 \cdot T_{\text{пл}}^2 \cdot \rho_r , \quad (2.5)$$

де $C_{\text{э}}$ - еквівалентна теплоємність частинки, кДж/кг·град;

$$C_{\text{э}} = \frac{i_r}{T_{\text{пл}} - T_0} = \int_{T_0}^{T_{\text{пл}}} C_r dT - \frac{i}{T_{\text{пл}}} - T_0 , \quad (2.6)$$

де $T_{\text{пл}}$ - температура плавлення частинок, К;

ρ_r - густина частинки, кг/м³;

i_r - ентальпія розплавленого матеріалу частинки, кДж/кг;

C_r - істинна теплоємність частинки, кДж/кг·град;

i - теплота плавління, кДж/кг;

T_0 - початкова температура, К;

η - ККД плазмотрона;

R_0 - радіус сопла, м;

l_k - відстань від точки введення порошку до зрізу сопла, м;

R - поточний радіус траєкторії частинок, $R=0,9R_0$;

$l_k+6(R_0-R)$ - шлях руху частинки в ізотермічній ділянці струменя.

Чим більше параметр важкості плавлення, тим більшу теплову потужність треба підвести до струменя для того щоб нагріти частинки до стану їх проплавлення.

Зміна теплової потужності, залежно від параметра D , при різних витратах плазмоутворюючого газу змінюється від 20 до 50 кВт.

При малих витратах газу, коли формується ламинарна течія, ККД плазмотрона низьке (0,1...0,3). Це пов'язано з тим, що максимум ККД обумовлений перерозподілом теплових потоків між стінами дугового каналу і електродами [6. 3].

Для розрахунку мінімальної потужності розглянемо ламінарний потік, а тому ККД плазмотрону візьмемо рівним 0,1 та 0,2. Найбільш оптимальні витрати плазмоутворюючого газу становлять 30 ... 40 л/хв.

Розрахунок проводиться для частинок порошкової суміші ПГ-12-Н-03, розміром 80 мкм і для частинок порошку ПГ-12-Н-01 розміром 60 мкм.

Решта величин для розрахунку приймаємо: $R_0=5 \cdot 10^{-3}$ м; $l_k=2,1 \cdot 10^{-2}$ м.

Характеристики матеріалів, взяті з довідкової літератури [64-66], наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 Характеристика матеріалів

Матеріал	$T_{пл}, K$	$C_e, кДж/(кг \cdot град)$	$\rho_r, кг/м^3$	$D \cdot 10^{-10}, кДж^2/(кг \cdot м^3)$
Co	1789	0,379	8900	1,420
Cr	2173	0,806	6950	2,132
Al	932	1,683	2700	0,664
Si	1683	2,046	2400	2,846
ZrO ₂	2950	0,874	6270	4,160

З урахуванням цих даних наведених у таблиці розрахуємо мінімальну потужність плазмотрону при наступних параметрах:

1. ККД плазмотрону дорівнює 0,1.

При напиленні порошкової суміші Co-Cr-Al-Y-Si потужність визначиться:

при $V_r = 30$ л/хв $= 5 \cdot 10^{-4}$ м³/с:

$$P_e = 2,99 \frac{(5 \cdot 10^{-4})^{1,5} \cdot 8 \cdot 10^{-5} \cdot (2,132 \cdot 10^{10})^{0,5}}{0,1 \cdot (5 \cdot 10^{-3})^{1,25} \cdot [2,1 \cdot 10^{-2} + 6(5 \cdot 10^{-3} - 4,5 \cdot 10^{-3})]^{0,6}} = 18,5 \text{ кВт}$$

при $V_r = 40$ л/хв $= 6,7 \cdot 10^{-4}$ м³/с:

$$P_e = 2,99 \frac{(6,7 \cdot 10^{-4})^{1,5} \cdot 8 \cdot 10^{-5} \cdot (2,132 \cdot 10^{10})^{0,5}}{0,1 \cdot (5 \cdot 10^{-3})^{1,25} \cdot [2,1 \cdot 10^{-2} + 6(5 \cdot 10^{-3} - 4,5 \cdot 10^{-3})]^{0,6}} = 28,7 \text{ кВт}$$

Потужність плазмотрону при напиленні порошку ZrO₂ становить:

при $V_r = 30$ л/хв $= 5 \cdot 10^{-4}$ м³/с:

$$P_e = 2,99 \frac{(5 \cdot 10^{-4})^{1,5} \cdot 6 \cdot 10^{-5} \cdot (4,160 \cdot 10^{10})^{0,5}}{0,1 \cdot (5 \cdot 10^{-3})^{1,25} \cdot [2,1 \cdot 10^{-2} + 6(5 \cdot 10^{-3} - 4,5 \cdot 10^{-3})]^{0,6}} = 19,4 \text{ кВт}$$

при $V_r = 40 \text{ л/хв} = 6,7 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$:

$$P_e = 2,99 \frac{(6,7 \cdot 10^{-4})^{1,5} \cdot 6 \cdot 10^{-5} \cdot (4,160 \cdot 10^{10})^{0,5}}{0,1 \cdot (5 \cdot 10^{-3})^{1,25} \cdot [2,1 \cdot 10^{-2} + 6(5 \cdot 10^{-3} - 4,5 \cdot 10^{-3})]^{0,6}} = 30 \text{ кВт}$$

2. ККД плазмотрону дорівнює 0,2.

При напиленні порошкової суміші Co-Cr-Al-Y-Si потужність становить:

при $V_r = 30 \text{ л/хв} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$:

$$P_e = 2,99 \frac{(5 \cdot 10^{-4})^{1,5} \cdot 8 \cdot 10^{-5} \cdot (2,132 \cdot 10^{10})^{0,5}}{0,2 \cdot (5 \cdot 10^{-3})^{1,25} \cdot [2,1 \cdot 10^{-2} + 6(5 \cdot 10^{-3} - 4,5 \cdot 10^{-3})]^{0,6}} = 9,2 \text{ кВт}$$

при $V_r = 40 \text{ л/хв} = 6,7 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$:

$$P_e = 2,99 \frac{(6,7 \cdot 10^{-4})^{1,5} \cdot 8 \cdot 10^{-5} \cdot (4,160 \cdot 10^{10})^{0,5}}{0,2 \cdot (5 \cdot 10^{-3})^{1,25} \cdot [2,1 \cdot 10^{-2} + 6(5 \cdot 10^{-3} - 4,5 \cdot 10^{-3})]^{0,6}} = 14,3 \text{ кВт}$$

Потужність плазмотрону при напиленні порошку ZrO_2 становить:

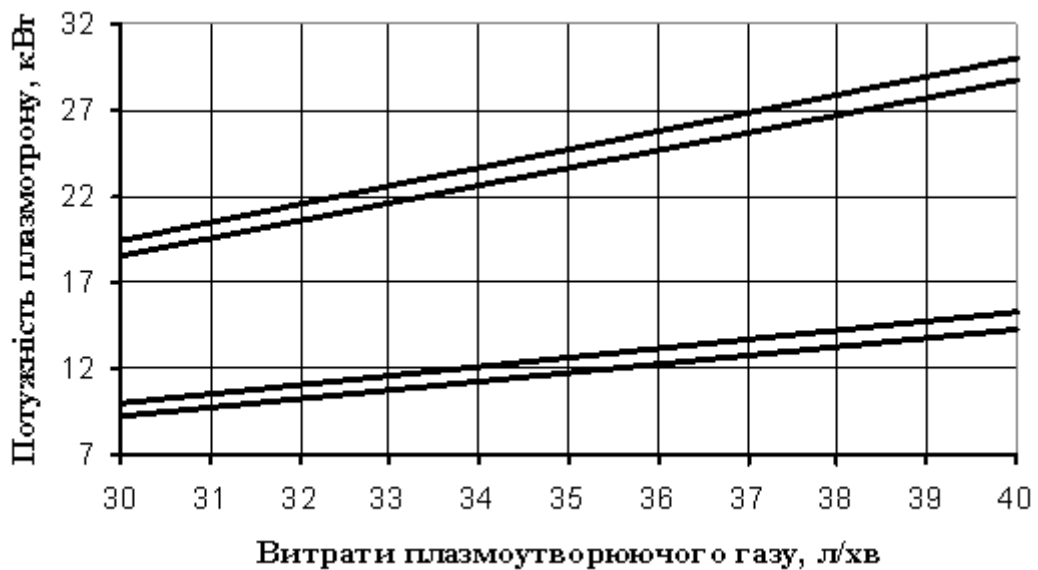
при $V_r = 30 \text{ л/хв} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$:

$$P_e = 2,99 \frac{(5 \cdot 10^{-4})^{1,5} \cdot 6 \cdot 10^{-5} \cdot (4,160 \cdot 10^{10})^{0,5}}{0,2 \cdot (5 \cdot 10^{-3})^{1,25} \cdot [2,1 \cdot 10^{-2} + 6(5 \cdot 10^{-3} - 4,5 \cdot 10^{-3})]^{0,6}} = 9,7 \text{ кВт}$$

при $V_r = 40 \text{ л/хв} = 6,7 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$:

$$P_e = 2,99 \frac{(6,7 \cdot 10^{-4})^{1,5} \cdot 6 \cdot 10^{-5} \cdot (4,160 \cdot 10^{10})^{0,5}}{0,2 \cdot (1 \cdot 10^{-2})^{1,25} \cdot [5 \cdot 10^{-3} + 6(1 \cdot 10^{-2} - 9 \cdot 10^{-3})]^{0,6}} = 15 \text{ кВт}$$

За результатами розрахунку будемо графік залежності потужності плазмотрону від витрат плазмоутворюючого газу при напыленні частиц на основі Co-Cr-Al-Y-Si та ZrO₂ (при різних значеннях ККД плазмотрону).



1-частинці ZrO₂ ($\eta=0,1$); 2-частинці Co-Cr-Al-Y-Si ($\eta=0,1$);
3-частинці ZrO₂ ($\eta=0,2$); 4-частинці Co-Cr-Al-Y-Si ($\eta=0,2$)

Рисунок 2.1– Залежність потужності плазмотрону від витрат плазмоутворюючого газу

2.3 Розрахунок газодинамічних параметрів двофазного плазмового струменя

Основні газодинамічні параметри двофазного плазмового струменя це температура та швидкість струменя, а також швидкість частиц порошку.

Оптимізація процесу плазмового напылення покриттів є основним фактором при розробці технології. Оскільки його специфіка не дозволяє отримувати

достатньо надійну інформацію на основі експерименту, то математичне моделювання набуває особливо важливе значення у питаннях оптимізації та автоматизації плазмового наплення.

В теперішній час температуру струмені на зрізі сопла плазмотрону визначають експериментально або на основі термодинамічних розрахунків без урахування зміни тиску та теплоємності плазми, ступеня дисоціації. При дослідженні газодинаміки технологічних плазмових струменів не враховується радіальний розподіл температури та швидкості струмені, енергія випромінювання. Все це спотворює результати аналізу процесів теплопереносу та оптимізації технології наплення. Зроблена спроба розробки математичної моделі, яка позбавлена цих недоліків [8, 9].

Розглянемо, як будуть змінюватися параметри плазми в залежності від потужності, при цьому скористаємося законом збереження енергії для плазмоутворюючого газу [8]:

$$W = W_n + W_d + W_i + W_p \quad (2.7)$$

де W - потужність, яка підводиться до плазмоутворюючого газу, Вт;

W_n - потужність, яка використовується на нагрів плазмоутворюючого газу, Вт;

W_d - потужність, яка використовується на дисоціацію молекул плазмоутворюючого газу, Вт;

W_i – потужність, яка використовується на іонізацію плазмоутворюючого газу, Вт;

W_p – втрати потужності в електродах плазмотрону, Вт.

Потужність, яка використовується на нагрівання плазмоутворюючого газу можна визначити:

$$W_n = m_2 c_{p2} (T_{пл} - T_0) \quad (2.8)$$

де m_2 – масова витрата плазмоутворюючого газу, кг/с;

c_{p2} – питома теплоємність плазмоутворюючого газу при постійному тиску, Дж/кг·К;

T_{nl} , T_0 – температура плазми, початкова температура плазмоутворюючого газу, К.

Масову витрату плазмоутворюючого газу визначимо через об'ємну витрату:

$$m_z = \rho_z V_z \quad (2.9)$$

де V_z - об'ємна витрата газу, м³/с;

ρ_z – щільність газу, яка визначається:

$$\rho_z = \frac{P \mu_z}{RT_0} \quad (2.10)$$

P – тиск плазмоутворюючого газу, Па;

μ_z – молярна маса газу плазми, кг/кмоль;

Для аргону $\mu_z=39,95$ кг/кмоль [65].

R – універсальна газова постійна,

$R=8310$ Дж/К·кмоль.

Підставляючи (2.9), (2.10) в формулу (2.8) отримаємо:

$$W_n = \frac{P \mu_z V_z C_{pz}}{RT_0} (T_{nl} - T_0) \quad (2.11)$$

Теплоємність газу (C_p) залежить від його температури. Для аргону питома теплоємність при низьких температурах змінюється дуже мало[66]. Допустимо, що для аргону до 2500 К іонізація суттєво не впливає на теплоємність, яка залишається постійною ($C_p=520,71$ Дж/кг·К). Вище 2500 К питома теплоємність плазмоутворюючих газів повинна визначатися з урахуванням іонізації.

Якщо C_p – теплоємність при постійному тиску, то C_v – теплоємність при постійному об'ємі, тоді [66]:

$$C_p = C_v + R \frac{M_z}{\mu_z} \quad (2.12)$$

де M_z – маса плазмоутворюючого газу, кг.

З урахуванням іонізації газу теплоємність при постійному об'ємі визначиться:

$$C_V = \frac{i}{2} R \frac{M_z}{\mu_z} + \frac{Ne_0^2}{2d\epsilon_0 T_{\text{пл}}} \quad (2.13)$$

де e_0 – заряд електрона, $e_0=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл;

ϵ_0 – електрична постійна, $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м;

i – число ступенів свободи. Для аргону, як для одноатомного газу $i=3$.

d – Дебаєвський радіус екранування, м;

N – кількість іонів.

Отримані рівняння для визначення температури плазми, яка витікає із плазмотрону є нелінійним та повинне вирішуватися методом послідовних наближень. При цьому необхідно задавати значення потужності плазмотрону, та витрати плазмоутворюючого газу.

Витрати плазмоутворюючого газу (V_z) знаходяться в межах 25...40 л/хв. В розрахунках витрати плазмоутворюючого газу прийемо рівними

$$33 \text{ л/хв} (5,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}).$$

Для кожного плазмоутворюючого газу існує своя система рівнянь. Для аргону ця система має наступний вигляд:

$$P_{\text{пл}} = \frac{P}{3} (i + 5) - \frac{2M_z}{3R} C_{pz} P \quad (2.14)$$

$$C_{pz} = \frac{R}{2\mu_z} \left(i + 2 + \frac{e_0^3 \alpha^{3/2} \sqrt{P}}{K^2 T_{\text{пл}}^2 \epsilon_0^{3/2}} \right) \quad (2.15)$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{B}{1+B}}$$

$$B = 3,2 \cdot 10^{-2} a^2 T_{\text{пл}}^{5/2} P_{\text{пл}}^{-1} \exp\left(-\frac{11600\phi_z}{T_{\text{пл}}}\right) \quad (2.16)$$

$$\frac{P\mu_z V_z C_{pz}}{RT} T_{\text{пл}}^2 - \left[\frac{P\mu_z V_z C_{pz}}{R} + W - m_e c_e \Delta T \right] T_{\text{пл}} + \frac{2\phi_z e_0 P V_z \alpha^2}{K(1+\alpha)} = 0 \quad (2.17)$$

Початкові дані для вирішення цієї системи (при використанні плазмотрону ПН-7М та, в якості плазмоутворюючого газу - аргону) наступні:

$V_z=33$ л/хв – витрати плазмоутворюючого газу; $W_p=10500$ Вт – втрати потужності в електродах плазмотрону; $\varphi_z=15,75$ В – перший потенціал іонізації аргону; $C_p = 520,71$ Дж/кг·К - питома теплоємність аргону при початкових умовах; $i=3$ – число ступенів свободи; $\mu_z=39,95$ кг/кмоль – молярна маса аргону; $P=405200$ Па – початковий тиск аргону [65].

Вирішуючи систему рівнянь (2.14)–(2.17) методом послідовних наближень були отримані залежності ступені іонізації(α), тиску плазми ($P_{пл}$) та потужності (W) від температури на зрізі сопла плазмотрону.

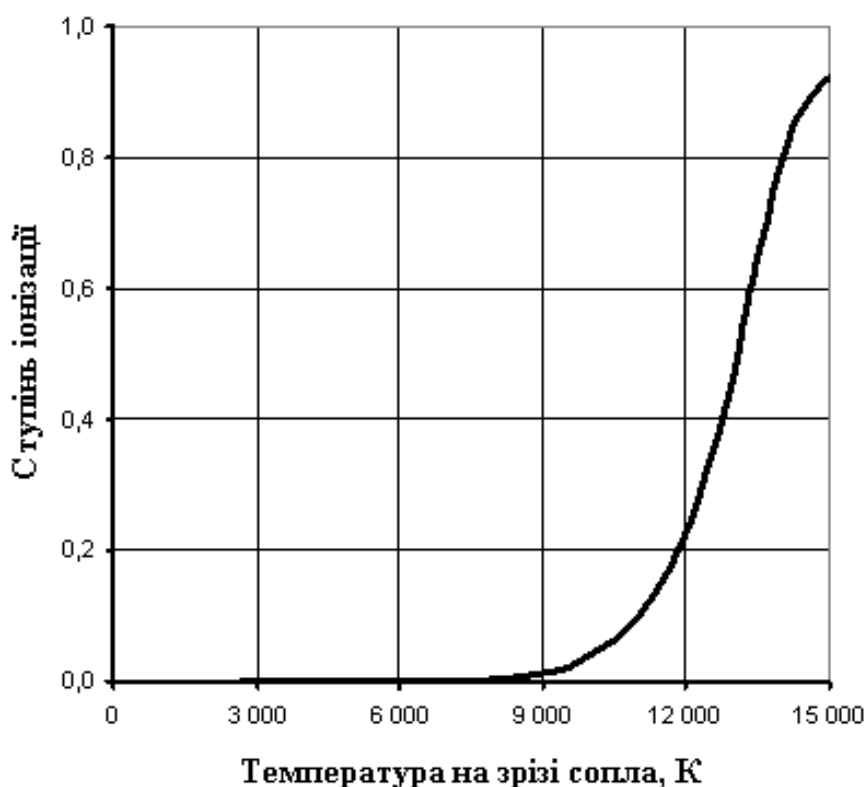


Рисунок 2.2 – Залежність ступені іонізації газу від температури на зрізі сопла

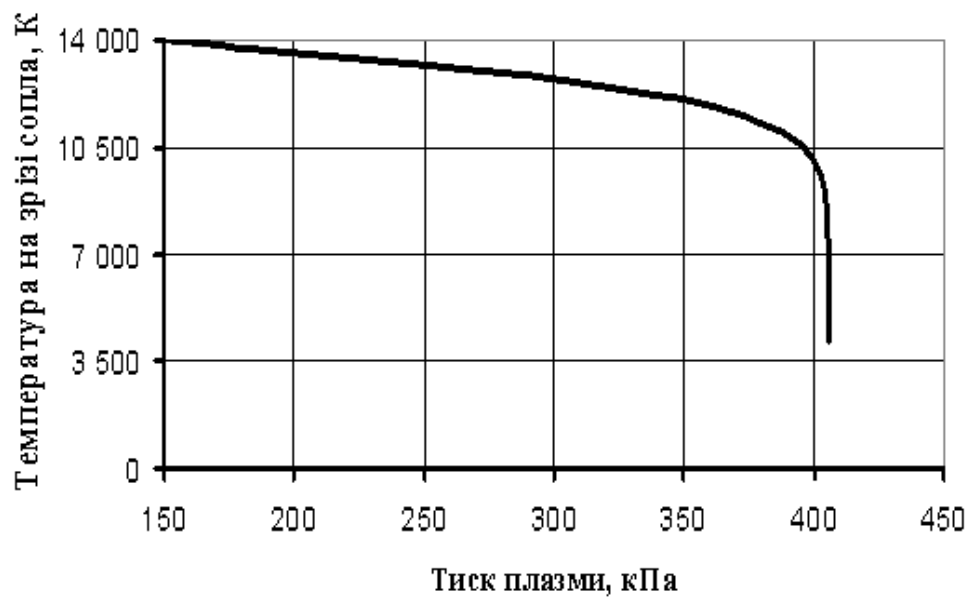


Рисунок 2.3 – Залежність температури на зрізі сопла від тиску плазми

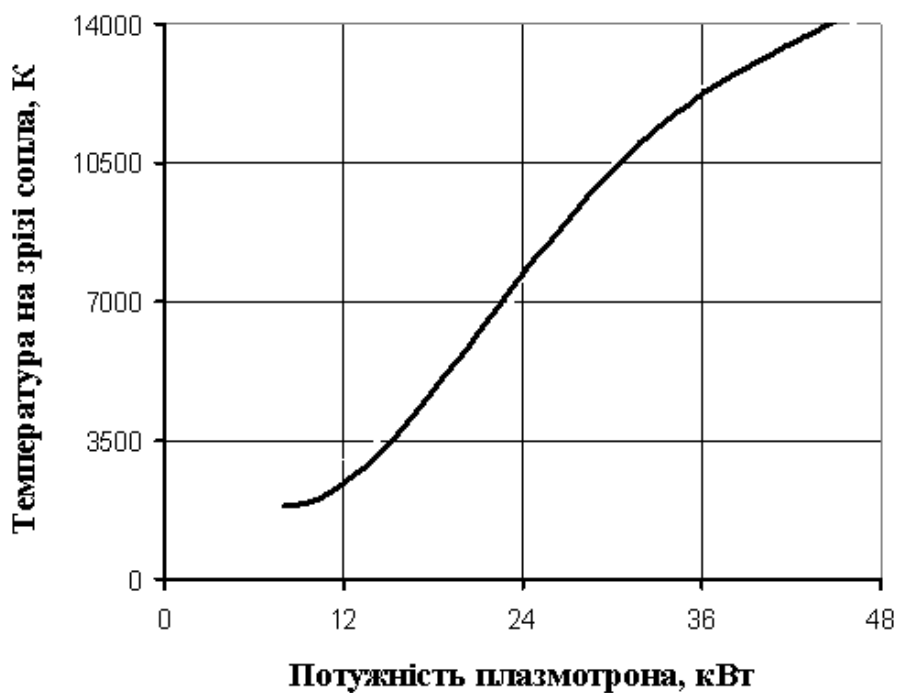


Рисунок 2.4 – Залежність температури на зрізі сопла від потужності плазмотрону

Результати, отримані при розрахунках узгоджуються з літературними та експериментальними даними.

Якщо відома температура струмені на зрізі сопла плазмотрону, то можна розрахувати і швидкість струмені в тому ж місці за виразом [77]:

$$v_{c.c.} = \frac{RT_{c.c.}\rho_0 V_z}{\mu_z P_0 S} \quad (2.18)$$

де ρ_0 – щільність газу плазми при нормальних умовах, кг/м^3 , для аргону $\rho_0=1,784 \text{ кг/м}^3$.

P_0 – тиск розрідженого середовища, Па. Приймаємо $P_0=6000\text{Па}$.

S – площа перерізу сопла плазмотрону, м^2 .

Для плазмотрону ПН-7М $S=2,83 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$.

Виконавши розрахунок за рівнянням (2.18) з урахуванням результатів, отриманих при рішенні системи рівнянь (2.14)-(2.17), отримана залежність температури на зрізі сопла плазмотрону від швидкості струменю в тому ж місці (рис. 2.5). Також за допомогою рівняння (2.18) можливо встановити залежність швидкості струмені на зрізі сопла плазмотрону від витрат плазмоутворюючого газу, від величини тиску розрідженого середовища.

Залежність швидкості плазмового струменя на зрізі сопла плазмотрону від витрат аргону при тиску розрідженого середовища 6000 Па представлена на рис. 2.6.

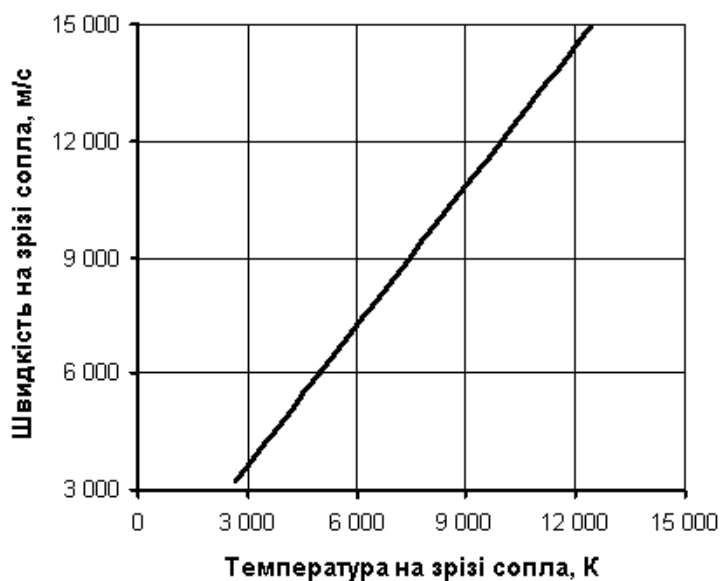


Рисунок 2.5 – Залежність температури на зрізі сопла плазмотрону від швидкості струмені на зрізі сопла

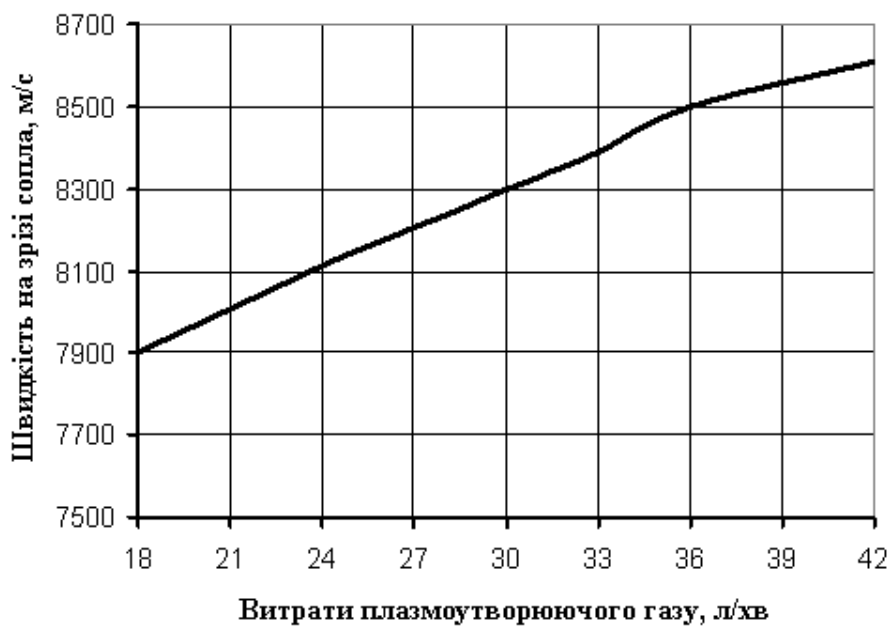


Рисунок 2.6 – Залежність швидкості плазмового струменя на зрізі сопла плазмотрону від витрат аргону

Залежність швидкості плазмового струменя на зрізі сопла плазмотрону від тиску розрідженого середовища при $V_2=33$ л/хв та $W=23$ кВт представлена на рисунку 2.7.

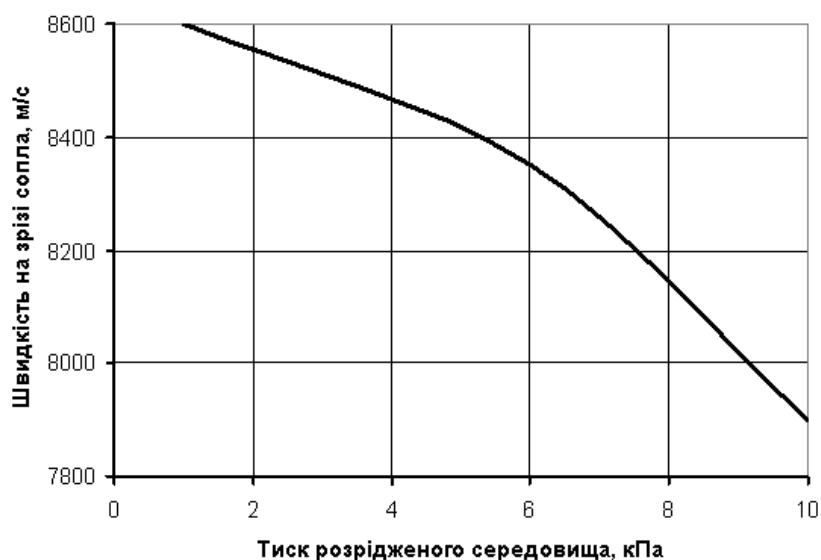


Рисунок 2.7 – Результати розрахунку зміни швидкості плазмового струменя на зрізі сопла плазмотрону в залежності від тиску розрідженого середовища.

2.4 Створення математичної моделі двофазного плазмового струменя

Для створення математичної моделі, яка б дозволяла визначити профіль швидкостей та температур на осі плазмового струменя розіб'ємо плазмовий струмінь на дві ділянки: початкову (який відповідає протяжності ядра постійних швидкостей та температур на осі струменя) та основний, використовуючи схему (рис. 2.8) [9].

В процесі напилення частина порошку значно відхиляється від приосевої області, недостатньо прогривається та не набуває необхідної швидкості.

Схоплювання частиц з підложкою практично фіксується пятном напилення, діаметр якого числено рівен ширині шару покриття, нанесеного за один прохід.

За плямою напилення можна встановити профіль швидкостей та температур плазмового струменю.

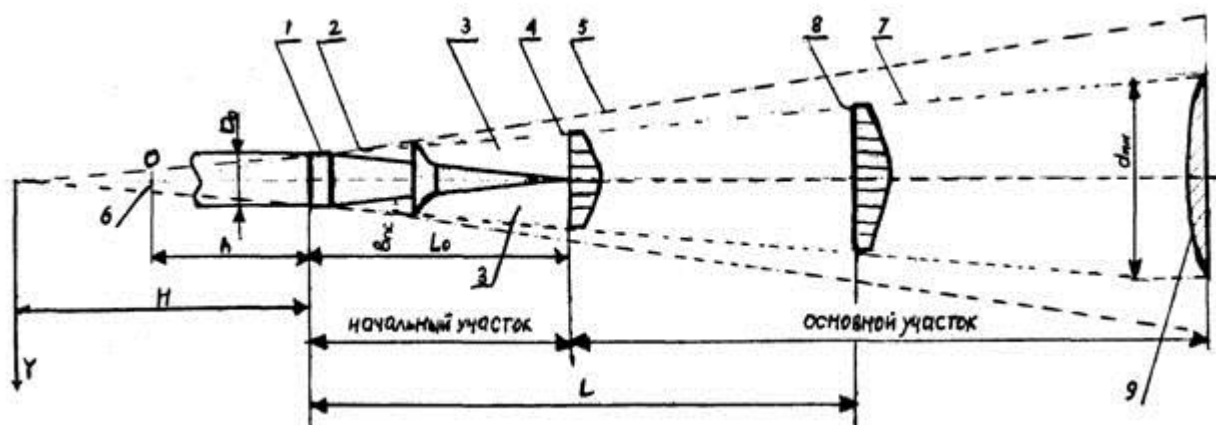


Рисунок 2.8 – Схема вільного затопленого струменя

Для встановлення достовірного кількісного зв'язку між параметрами плазмового струменя та теплофізичними характеристиками напилюваного матеріалу повинні бути відомі профілі температур та швидкостей плазмового струменя. Для полегшення цього завдання визначимо середню швидкість струменя на заданій відстані від зрізу сопла плазмотрона, з урахуванням радіальної зміни на початковій ділянці, а потім на основній [79].

$$V_{cp} = \frac{S}{D_{nc}} \quad (2.18)$$

де S – площа епюри швидкостей на відстані L від зрізу сопла;

D_{nc} – діаметр профіля на відстані L від зрізу сопла, обмеженого пятном напилення.

D_{nc} можна визначити із подібності трикутників (дивись рис. 2.8).

$$\frac{H}{D_0} = \frac{H+L}{D_{nc}} \quad \text{тоді} \quad D_{nc} = D_0 \left(1 + \frac{L}{H} \right) \quad (2.19)$$

H також можна знайти із подібності трикутників:

$$\frac{H}{D_0} = \frac{H+L_d}{d_{нк}}, \quad \text{тоді} \quad H = \frac{D_0 L_d}{d_{нк} - D_0} \quad (2.20)$$

де L_d – дистанція напilenня, відстань від зрізу сопла плазмотрона до підложки.

Підставляючи (2.20) в (2.19), отримаємо:

$$D_{nc} = D_0 + (d_{нк} - D_0) \frac{L}{L_d} \quad (2.21)$$

Із рис. 2.8 випливає:

$$S = 2S_1 + S_2 \quad (2.22)$$

В свою чергу

$$S_1 = \int_0^{B_{nc}} V_{cc} \left[1 - \left(\frac{y}{B_{nc}} \right)^{3/2} \right]^2 dy, \quad (2.23)$$

де B_{nc} – товщина граничного шару, $B_{nc}=0,27L$;

B'_{nc} – товщина граничного шару, обмеженого п'ятком напilenня;

y – відстань від стику граничного шару з ядром постійної швидкості до заданої точки [78].

Після розрахувань отримаємо:

$$S_1 = V_{cc} \left(B'_{nc} - 0,8 \frac{B_{nc}'^{5/2}}{B_{nc}'^{3/2}} + \frac{0,25 B_{nc}'^4}{B_{nc}'^4} \right) \quad (2.24)$$

Із рисунка 2.8 випливає:

$$B'_{nc} = \frac{D_{nc}}{2} - r_{я} \quad (2.25)$$

де $r_{я}$ – радіус ядра на відстані L від зрізу сопла плазмотрона.

Із подібності трикутника запишемо:

$$\frac{L_0}{D_0} = \frac{L_0 - L}{2r_{я}} \quad (2.26)$$

де L_0 – довжина початкової ділянки, $L_0=4D_0$ [51];

Тоді вираз для r_a прийме вигляд:

$$r_a = \frac{1}{8} (4D_0 - L) \quad (2.27)$$

Підставляючи вирази (2.27) та (2.21) в (2.24), отримаємо:

$$B'_{nc} = \frac{L}{8} + (d_{нк} - D_0) \frac{L}{2L_d} \quad (2.28)$$

Розрахунок здійснюється наступним чином: обирається шаг розбиттям довжини струменя, починаючи з кінця початкової ділянки, при цьому початкові розмір перерізу, швидкість та температура плазми – беруться ті, які є вихідними на початковій ділянці.

Для порошкової суміші Co-Cr-Al-Y-Si приймаємо: $d_T=80 \text{ мкм} = 80 \cdot 10^{-6} \text{ м}$,
 $\rho_T=8632$

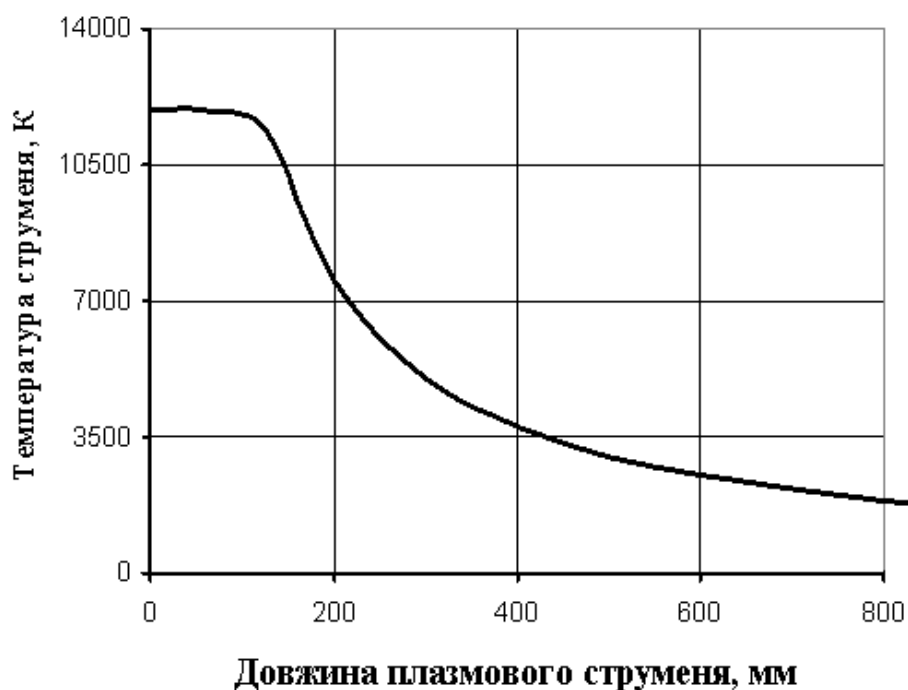


Рисунок 2.10 – Розподіл середньої температури в перерізах плазмового струмені

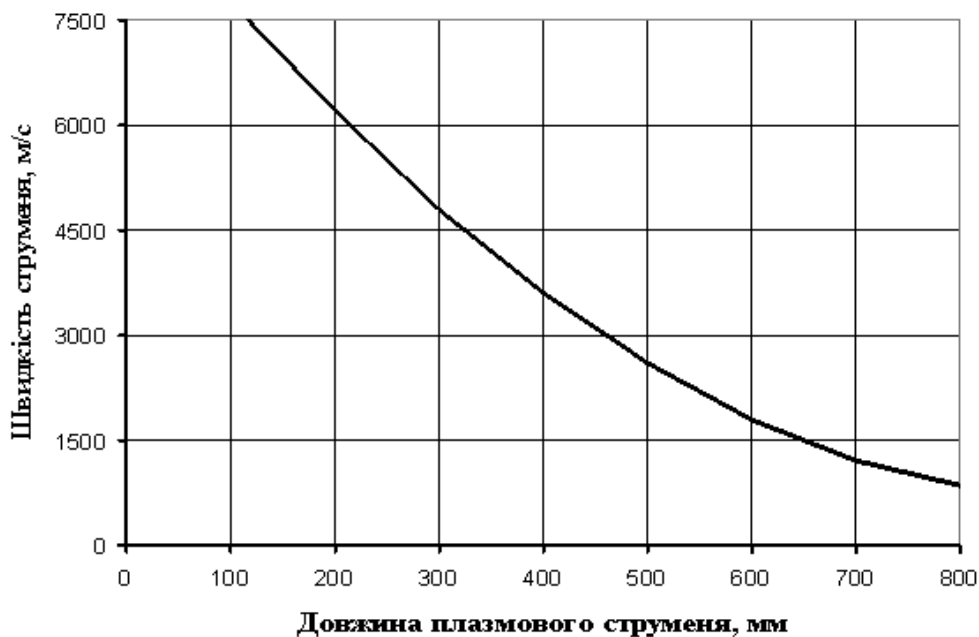


Рисунок 2.11 – Розподіл середньої швидкості в перерізах плазмового струмені

Користуючись розрахунками розподілу середньої швидкості в перерізах плазмового струменя на основній дільниці (рис. 2.11) розраховуємо значення швидкості частиц в залежності від відстані до сопла плазмотрона. Результати розрахунку при $V_2=33\text{л/хв}$ та $W=23\text{кВт}$ та тиску 6000Па представлені на рис. 2.12.

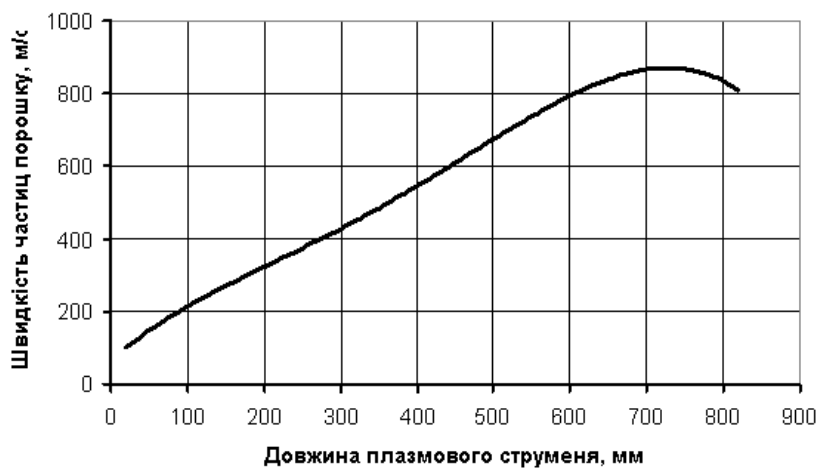


Рисунок 2.12 – Розрахункові значення швидкості частиц Co-Cr-Al-Y-Si в залежності від відстані до зрізу сопла плазмотрона

2.5 Розробка ескізу складального креслення розпилюючого пристрою

В основу розробки конструкції розпилюючого пристрою покладено плазмотрон для нанесення покриттів [8]. В результаті аналізу існуючих моделей плазмотронів та вибору оптимальних схем роботи запропоновано наступну схему плазмотрона (рис. 2.13).

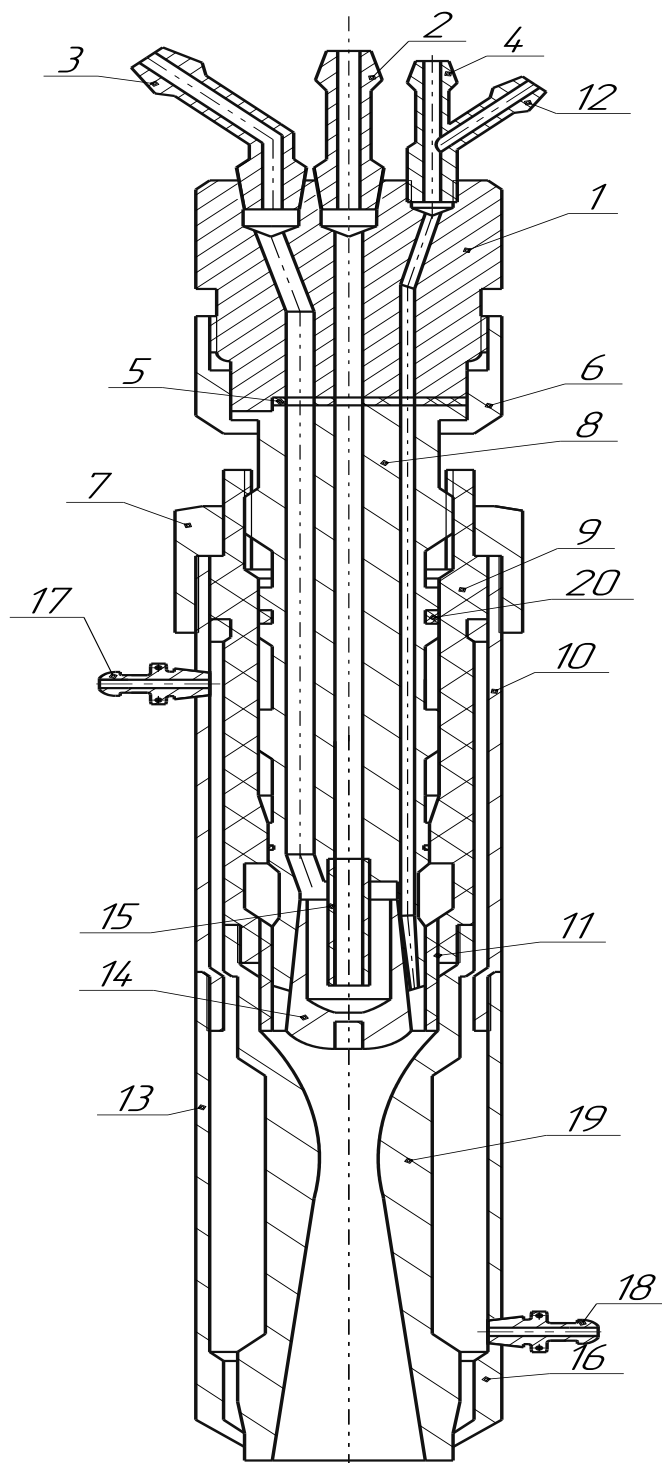


Рисунок 2.13 – Схема розпилюючого пристрою

2.5.1 Опис конструкції та роботи плазмотрона

Плазмотрон складається з таких основних частин:

Штуцер для подачі охолоджуючої рідини (2), штуцер для виведення охолоджуючої рідини(4), штуцер для подачі транспортуючого газу (3), штуцер для подачі порошку для напилення (12), з перехідника (1), прокладки (5), з накидних гайок (6,7), ізолятора (9), корпусу (10), електродотримача (14), сопла (18), завіхрювача (12), мундштука (16).

Після запуску системи охолодження, включення вентиляції і джерела струму з балону через пульт керування в плазмотрон подається плазмоутворюючий газ. Потім кнопкою «Пуск» пульта керування в роботу вмикається осцилятор чи блок підпалу, і між вольфрамовим стержнем – катодом і мідним анодом плазмотрона виникає плазмовий потік, в який з допомогою подаючого механізму транспортується присадковий дріт. Частинки матеріалу нагріваються в плазмовому потоці до оплавлення чи розплавлення і направляються з певною швидкістю на поверхню деталі, вдаряючись вони деформуються, утворюючи шарове покриття.

Плазмотрон працює наступним чином: через штуцер 4 в плазмотрон подається плазмоутворюючий газ. Між катодом і анодом виникає плазмова дуга, яка іонізує плазмоутворюючий газ. Плазмова дуга, що утворюється при цьому виходить через сопло 19 із плазмотрону. Одночасно з подачею плазмоутворюючого газу через штуцер 12 подається напилює мий порошок. Система охолодження працює так : через штуцер 2 подається рідина, яка проходить крізь канал у корпусі та попадає в стальну трубку 15 яка спрямовує рідину на електродотримач 14 який охолоджується. Через штуцер 17 також подаються вода, для охолодження корпусу сопла, яка потім виходить через штуцер 18.

2.5.2 Вибір матеріалів для деталей розпилюючого пристрою

Найкращим матеріалом для виготовлення сопла 19 є мідь високої частоти (марки М1, М0), яка характеризується дуже високою теплопровідністю.

Армування стінок сопла теплостійкими, але менш теплопровідними матеріалами викликає зменшення терміну його експлуатації. В нашому випадку сопло плазмотрона виготовлено з водяним охолодженням. Сопло кріпиться за допомогою різьбового з'єднання та ущільнюється з допомогою гумових прокладок 20,21.

При такій конструкції забезпечується найкращі умови тепловідведення від сопла. Робочий газ поступає в камеру через отвір, який просверлений в соплі 19 плазмотрона.

Для ізоляції електродного і соплового вузла використовується ізолятор 9, при виборі якого необхідно враховувати те, що він повинен витримувати високу напругу осцилятора, зберігаючи при цьому міцність і щільність при підвищеній температурі і вологості. В даній конструкції ізолятор виготовлений із склотекстоліту конструкційного типу КАСТ-ВС-Ш2 ТУ 1-595-13-77.

Основною умовою стабільного горіння дуги є точність центрування електрода і сопла під час збирання плазмотрона. Відхилення в декілька десятих міліметра може викликати утворення подвійної дуги. Важливою умовою стабільного горіння дуги також є дотримання певних розмірів співвідношення між діаметром катода d_k , діаметром сопла d_c і довжиною каналу сопла l_c .

2.6 Дослідження зносостійкості від стану поверхневого шару

Опорний вал є складовою частиною опори рухомих роликів конвеєра КС та складається із зубчастої частини діаметром 130 мм довжиною 85 мм. По зубчастій частині рухаються ролики конвеєра. Циліндрична частина валу встановлена на підшипниках кочення.

Деталь «Вал опорний» виготовляється зі сталі 40Х за ГОСТ 4543-71, поверхні вала є спряженими поверхнями з роликами конвеєра, вал передає крутний момент та працює на згин і кручення.

Дослідження впливу поверхневого стану на процеси, які відбуваються при зношуванні та зносостійкість проводили на металі деталі та зразку напиленому стандартним порошком ПГ-12Н-01 на основі тугоплавких борідів хрому.

Випробування на опір абразивному зношуванню матеріалів проводили на лабораторному стенді, який імітує умови зношування деталей при подачі сипучих матеріалів. Основними критеріями відповідності процесів, які відбуваються у поверхневому шарі дослідних зразків при випробуванні в лабораторних умовах, тим процесам які мають місце на натурних деталях, були: характер мікрорельєфу зношеної поверхні, ступінь зміцнення поверхні тертя, зносостійкість поверхневого шару.

Ступінь зміцнення поверхневого шару внаслідок взаємодії абразиву і поверхні тертя оцінювали по мікротвердості робочої поверхні, яка вимірювалась на приладі ПМТ-3 при зусиллі 0,5 Н.

Результати досліджень проведених на металі деталі напиленому порошковим сплавом ПГ-12Н-01 показали, що спостерігається достатньо тісний зв'язок між зносостійкістю і твердістю набутою в процесі зношування. При наближенні значення твердості матеріалу до твердості абразиву зносостійкість зростає найбільш інтенсивно. Напиленні зразки показали високі експлуатаційні властивості.

Випробування матеріалу деталі без покриття показали, що вимогам експлуатаційної надійності відповідає лише половина з досліджених зразків.

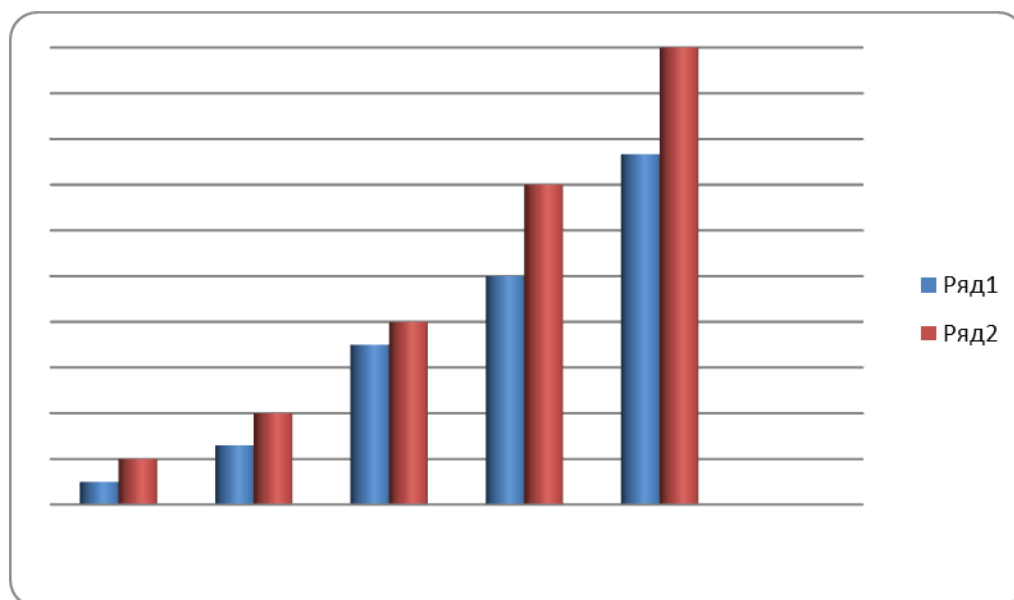
Результати досліджень параметрів тертя та зношування служать для порівняльної оцінки зносостійкості матеріалу з покриттям та без нього залежно від питомого тиску та швидкості ковзання.

Таблиця 2.4 - Режими випробувань

Режиму Тертя	Початкове напруження МПа	Нормальне зусилля, Н	Швидкість ковзання, м/с	Потужність тертя, (Н·м)/с
1	2000	60	1.33	80
2	1300	20	1.33	27
3	2000	60	0.67	40
4	1300	20	0.67	13

На кривих зношування спостерігається дві чітко виражені зони тертя – припрацювання та нормального зношування. Припрацювання відбувається миттєво і займає відносно невеликий проміжок часу залежно від технологічної підготовки пар тертя, властивостей матеріалу, середовища та режимів тертя. При цьому відзначаємо відсутність припрацювання, як довготривалої спеціальної операції, що використовувалось у стандартних методиках.

Зона припрацювання поверхонь залежно від режиму тертя складає від 10 до 80 м шляху тертя. Її ознаками є раптове збільшення температури. Оцінку зносостійкості матеріалів проведемо шляхом порівняння залежності величини лінійного зношування від потужності тертя.



– ряд 1 без покриття; – ряд 2 зразок після напилювання.

Рисунок 2.14 – Вплив потужності тертя на величину лінійного зношування

2.7 ВИСНОВКИ ДО ДРУГОГО РОЗДІЛУ

1. Розрахунок необхідної потужності плазмотрону показав, що для гарного проплавлення частиц порошку ПГ-12Н-01 на основі нікелю достатньою є потужність 23 кВт;

2. В результаті розрахунку газодинамічних параметрів плазмового струменя, встановлено, що оптимальна дистанція напилення лежить в межах 650-750 мм;

3. Розроблений ескіз плазмового розпилювача для напилення покриттів дозволяє підвищити зносотійкість, продуктивність пристрою та можливість регулювання режимів нанесення покриттів

4. Результати досліджень проведених на металі деталі напиленному порошковим сплавом ПГ-12Н-01 показали, що спостерігається достатньо тісний зв'язок між зносостійкістю і твердістю набутою в процесі зношування.

5. Срок експлуатації поверхонь деталей відновлених плазмовим напилюванням зберігається на рівні нових.

6. Дослідження, виконані в роботі, показали ефективність запропонованого способу відновлення зношених поверхонь деталі.

3. РОЗРОБКА ТА ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ОПОРНОГО ВАЛУ КОНВЕЄРА ТИПУ КС

3.1. Службове призначення вузла, деталі. Вимоги до деталі, що відновлюється та її поверхонь

Опорний вал є складовою частиною конвеєра скребкового,

Конвеєр скребковий призначено для транспортування будь-якої міцності сільськогосподарської продукції, а також для проведення погрузочних робіт до вагонів, автомобилів, у бункери і т.і.

Конвеєри мають можливість регулювати висоту вигрузки, швидкість переміщення вантажу. Похилі конвеєри комплектуються завантажувальними бункерами будь-якої ємності з можливістю регулювання подачі сипучого продукту.

Залежно від продукту, що переміщується, підбирається поперечний профіль, що приварюється до стрічки.

При необхідности, конвеєри комплектуються бензиновим генератором для автономної роботи у місцях, де відсутня електрика (поле). При цьому, конвеєр може працювати як від генератору, так і від стаціонарного джерела живлення.

Довжина конвеєру - 175 м., Продуктивність – 7,5т/хв. (рис. 3.1)

Опорний вал є складовою частиною опори рухомих роликів конвеєра КС та складається із зубчастої частини діаметром 130 мм довжиною 85 мм, та циліндричної частини діаметром 100 мм довжиною 240 мм. По зубчастій частині рухаються ролики конвеєра. Циліндрична частина валу встановлена на підшипниках кочення.



Рисунок 3.1 - Конвеєр скребковий

3.2 Конструкторсько-технологічні характеристики деталі.

Габаритні розміри і 325x130x130 мм. маса 23,5 кг. Конструкція показана на рисунку 3.2

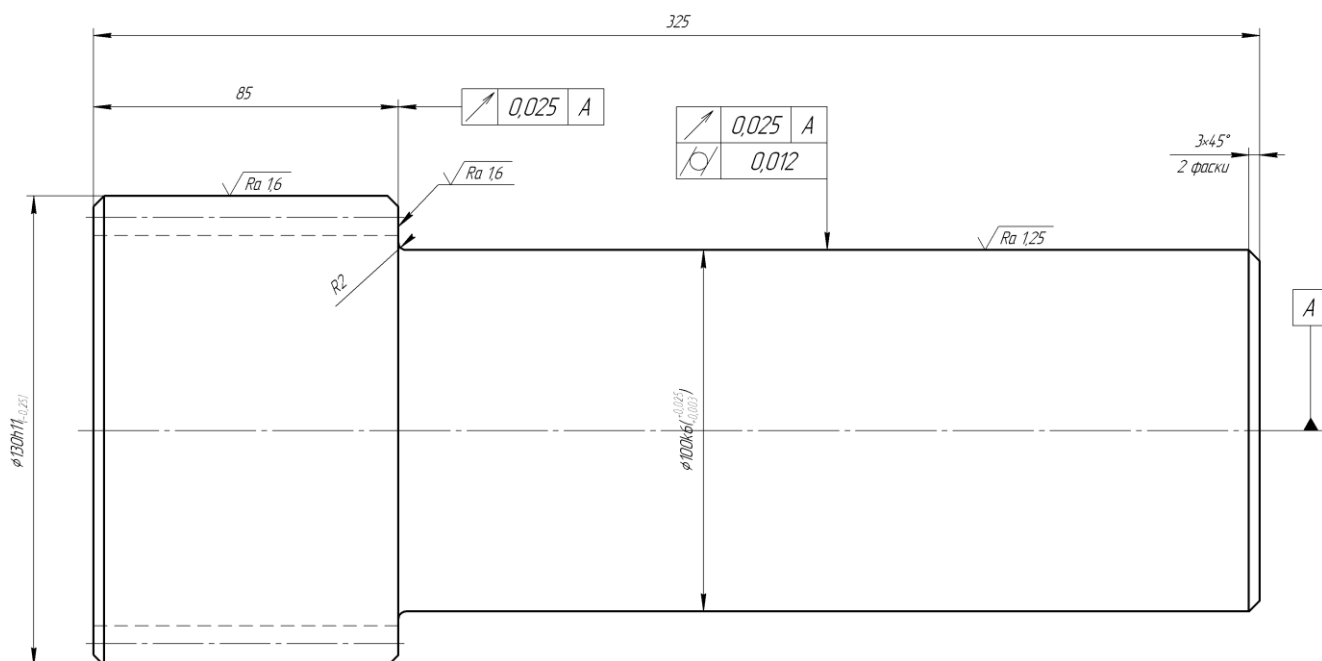


Рисунок 3.2 – Опорний вал

Вал виготовлено з матеріалу – Сталь 40Х ГОСТ 4543-71.

Хімічні властивості матеріалу наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Вміст хімічних елементів в сталі 40Х

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

Твердість матеріалу сталь 40Х після відпуску HB=248

Показник H.C.S – оцінює чутливість матеріалу до гарячих тріщин [10].

$$H.C.S. = \frac{C \cdot \left(S + P + \frac{Si}{25} + \frac{Ni}{100} \right)}{3Mn + Cr + Mo + V} \cdot 10^3 \quad (3.1)$$

$$H.C.S. = \frac{0.36 \cdot \left(0.034 + 0.033 + \frac{0.25}{25} + \frac{0.25}{100} \right)}{3 \cdot 0.6 + 0.95} \cdot 10^3 = 10,4.$$

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

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

При відновленні валу наплавленням вуглецевий еквівалент сталі використовують як показник здатності до наплавлення і якості наплавленого шару. Вуглецевий еквівалент для сталей розраховують за формулою[10] :

$$C_e = C + Mn/6 + Si/24 + Ni/40 + Cr/5 + Mo/4 + V/14; \quad (3.2)$$

Обрахуємо вуглецевий еквівалент для матеріалу сталь 40Х:

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

Оскільки вуглецевий еквівалент більший за 0,25 то перед наплавленням вал необхідно нагріти. Температуру нагріву розрахованою за формулою:

$$T_H = 350 \cdot \sqrt{C_{екв} - 0,25}; \quad (3.3)$$

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

Температура попереднього нагріву становить 200–220 °С. Отже, при наплавленні сталі 40Х є загроза утворення гарячих тріщин, тому необхідний попередній підігрів для покращення процесу сплавлення між основним і наплавленим металом.

3.2.1 Якісна характеристика технологічності

Деталь «Вал опорний» виготовляється зі сталі 40Х за ГОСТ 4543-71, поверхні вала є спряженими поверхнями з роликками конвеєра, вал передає крутний момент та працює на згин і кручення. Найбільш точними поверхнями є зубчаста поверхня $\varnothing 130h11_{(-0,25)}$, що використовується для спряження з роликками і в процесі роботи піддаються зминанню. Подальший аналіз показав, що крім зубчастої поверхні ще є поверхня під підшипники. Це поверхня діаметром $\varnothing 100k6_{(+0,025/+0,003)}$ Таким чином, поверхня $\varnothing 130h11_{(-0,25)}$, та її торець – є основними конструкторськими базами. Поверхня з $\varnothing 100k6_{(+0,025/+0,003)}$ – допоміжна конструкторська база. Правий торець $\varnothing 130h11_{(-0,25)}$, – це вільна поверхня.

Поверхня $\varnothing 130h11_{(-0,25)}$, являє собою зубчасте з'єднання із евольвентною гвинтовою поверхнею, яка по перетину чев'яка є площинами, які перпендикулярні осі основного циліндру і утворюють евольвенти.

Деталь має хороші базові поверхні [11] для виконання більшості операцій. При виконанні токарної попередньої обробки – це $\varnothing 100k6_{(-0,003)}$, та його торець.

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

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

3.2.2 Кількісна характеристика технологічності.

Кількісну характеристику технологічності опорного валу визначаємо за стандартними методиками наведеними [11, 12, 13].

Коефіцієнт уніфікації визначаємо за формулою:

$$K_{y\epsilon} = \frac{Q_{y\epsilon}}{Q_{\epsilon}}, \quad (3.4)$$

де $Q_{y\epsilon}$ - кількість уніфікованих елементів, Q_{ϵ} – загальна кількість елементів.

Таблиця 3.2 – Розміри деталі «Вал опорний».

№п/п	Лінійні розміри	Діаметральні розміри	Кутові розміри	Шорсткість
1	85*	Ø130*	45°(2)*	1,6(1)*
2	240*	Ø100 ^(+0,025/+0,003) *	-	1,25(1)*
3	торець*	Ø100 ^(+0,025/+0,003) *	45°(1)*	6,3(1)*
$Q_{y\epsilon}$	3	3	3	
Q_{ϵ}	3	3	3	

* - уніфіковані поверхні;

Знайдемо коефіцієнт уніфікації:

$$K_y = \frac{3}{3} = 1,0.$$

Коефіцієнт точності обробки:

$$K_{m.o.} = 1 - \frac{1}{T_{cp.}} \quad (3.5)$$

де $T_{cp.}$ – середній квалітет точності розмірів.

$$T_{cp.} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i n_i}{\sum_{i=1}^n n_i}, \quad (3.6)$$

де T_i – поточне значення квалітету для певної поверхні, n_i – кількість поверхонь даного квалітету

Таблиця 3.3 – Квалітет поверхонь вала опорного

Квалітет	Кількість поверхонь	Розрахунок
6	1	1·6=6
11	1	11·1=11
14	3	14·3=42
Сума	5	59

$$T_{cp.} = \frac{59}{5} = 11,8,$$

$$K_{m.o.} = 1 - \frac{1}{11,8} = 0,92.$$

Коефіцієнт шорсткості поверхні:

$$K_{ш.} = \frac{1}{Ш_{cp.}} \quad (3.7)$$

де $Ш_{cp.}$ – середня шорсткість поверхонь.

$$Ш_{cp.} = \frac{\sum_{i=1}^n Ш_i n_i}{\sum_{i=1}^n n_i}, \quad (3.8)$$

де $Ш_i$ – поточне значення шорсткості певної поверхні, n_i – кількість поверхонь даної шорсткості.

Таблиця 3.4 – Шорсткість поверхонь валу опорного

Шорсткість $Ш_i$	Кількість поверхонь n_i	Розрахунок
1,6	1	$1,6 \cdot 1 = 1,6$
6,3	3	$6,3 \cdot 3 = 18,9$
1,25	1	$1,25 \cdot 1 = 1,25$
Сума	5	21,75

$$Ш_{cp.} = \frac{21,75}{5} = 4,35,$$

$$K_{ш} = \frac{1}{4,35} = 0,23.$$

Оскільки $K_{yc} > 0,6$ (1,0), $K_T > 0,8$ (0,92), $K_{ш} < 0,32$ (0,23), то вал опори є

технологічним за кількісними показниками.

Розглянувши всі позитивні і негативні фактори з урахуванням кількісних показників можна зробити висновок, що деталь досить технологічна. Тобто зношені поверхні доцільно відновлювати, використовуючи різні методи відновлення.

3.3 Дефекти деталі, їх причина і аналіз можливих способів усунення

Дефектування деталей здійснюють відповідно до таблиць дефектування технічних умов чи вимог на ремонт машин.

Опорний вал може мати наступні дефекти:

а) Спрацювання поверхні евольвенти зубців опорного валу $\varnothing 130$ мм (Деф.1).

б) Спрацювання посадкових місць під підшипники $\varnothing 100$ мм (Деф.2) мають не значну величину та носять не системний характер.

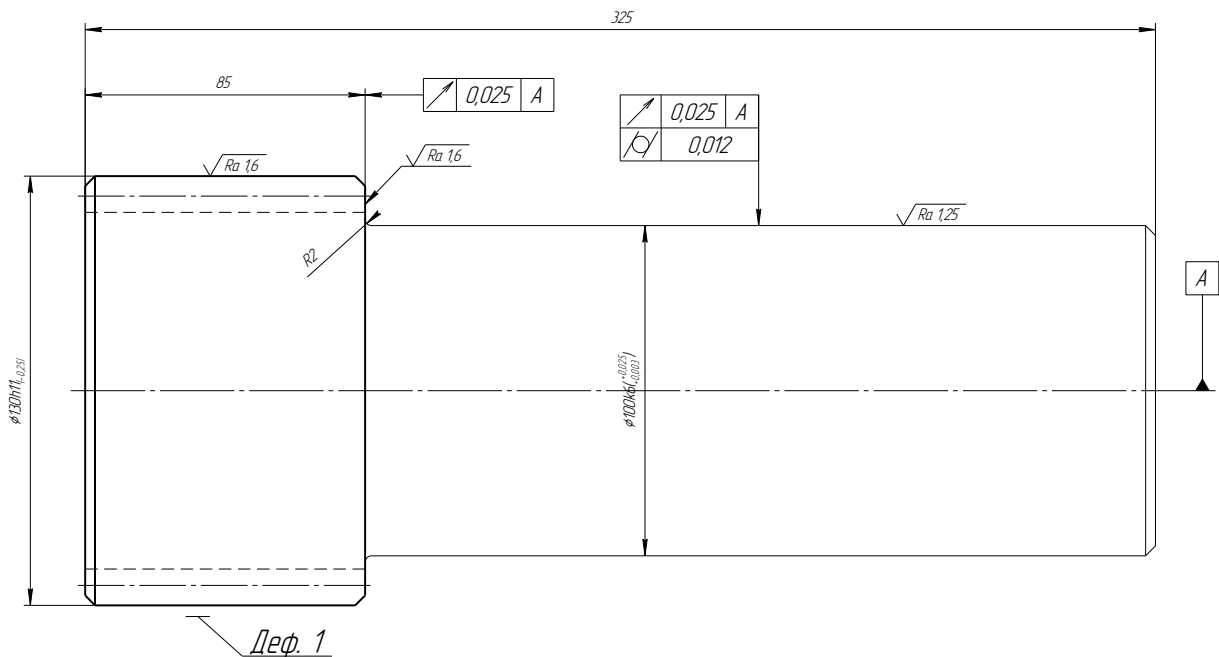


Рисунок 3.3 – Ремонтне креслення та розміщення дефектів валу опорного

При дефектуванні виконують наступні операцій:

1) Зовнішнім оглядом неозброєним оком (за допомогою лупи, перевіркою на дотик) виявляємо наступні ушкодження: тріщини, забоїни, ризики, обломи, пробоїни;

2) Вимірюємо знос поверхонь під підшипники діаметром $\varnothing 100_{+0,025}^{+0,003}$;

3) Оглядаємо зубці та вимірюємо їх при зачепленні з $\text{Эв}130 \times 6 \times 18\text{S}_{3a}^{+0,12}_{+0,05}$.

4) Вимірюємо прогин валу

В таблиці 3.5 наведено дефекти та спосіб їх виявлення.

Таблиця 3.5 – Таблиця дефектування опорного валу

№ п/п	Дефект	Спосіб виявлення дефекту. Вимірювальний інструмент	Розміри, мм	
			За кресленням	Допустимий
1	Спрацювання евольвенти зубчастого з'єднання (Деф.1)	Зовнішнім оглядом Штангенциркуль ШЦ II-160-0,05	10 _{-0,1}	12
2	Спрацювання опорних шийок . (Деф.2)	Штангенциркуль ШЦ II-160-0,05	Ø100 ^(+0,025) _{+0,003}	Ø 100,02
3	Прогин валу	Індикаторний мікрометр	Не допускається	0,1 мм

*При наявності сколів та тріщин вал бракувати.

Технічні вимоги наведені на кресленні у такому вигляді:

- 1.* Розміри для довідок
2. Твердість 230...280 НВ
3. H14, h14, +IT 14/2

3.4 Варіантний аналіз способу відновлення

Серед різних методів відновлення вала опорного в останні десятиріччя широке розповсюдження отримали методи наплавлення та напилювання, а саме наплавлення в середовищі захисних газів, наплавлення під шаром флюсу, а також плазмове напилювання, детонаційне напилювання, високочастотне напилювання та ін.

Перший варіант:

Розглянемо технологічний процес відновлення вінця опорного валу наплавленням під шаром флюсу.

Згідно результатів дефектування і технології відновлення дефектів складаємо план операцій відновлення поверхні 1 опорного валу:

005 – мийна: Відмити та очистити деталь від мастил, іржі та бруду. Мити деталь в розчині Лабомід 101. Для цієї операції використовуємо струменеву камерну машину ОМ-4610;

010 – дефектувальна;

015 – токарна: точити поверхню деф.1 в розмір $\varnothing 110^{+0,25}$;

020 – наплавлювальна: заплавити поверхню деф.1 в розмір $\varnothing 136^{+0,3}$;

025 – термічна: відпустити вал;

030 – токарна: точити поверхню деф.1 до розміру $\varnothing 130^{+0,025}$, точити фаски $2*45$;

035 – зубофрезерна: фрезерувати кінцевими профільними фрезами (за методом обкатування) до розміру $\varnothing 130,3^{+0,1}$ мм;

040 - термічна: загартувати вал;

045 – зубошліфувальна – шліфувати поверхню деф.1 начисто в розмір згідно креслення;

050 – контрольна.

Другий варіант:

Технологічний процес відновлення опорного вала плазмовим напилюванням:

005 – мийна: Відмити та очистити деталь від мастил, іржі та бруду. Мити деталь в розчині Лабомід 101. Для цієї операції використовуємо струменеву камерну машину ОМ-4610;

010 – дефектувальна;

015 – фрезерна: фрезерувати поверхню деф.1 в розмір $\varnothing 129,4^{+0,25}$ мм;

020 – напилювальна: напилити поверхню деф.1 в розмір $\varnothing 131,5^{+0,2}$ мм;

025 – зубошліфувальна – шліфувати поверхню деф.1 начисто в розмір згідно креслення;

030 – контрольна.

Порівнюючи технологічні процеси ми бачимо:

1) За першим варіантом при наплавленні обов'язковою операцією є термічна, яка потребує великих енергозатрат, і яка виключається при відновленні плазмовим напилюванням;

2) Величина припуску на механічну обробку значно зменшується при напилюванні;

3) Відповідно зменшуються витрати на електроенергію та на матеріали для відновлення, не зважаючи на те, що вартість порошку вища.

Отже другий варіант технологічного процесу більш доцільний та економічно дешевший у порівнянні з першим варіантом.

3.5 Визначення типу ремонтного виробництва

Одним із початкових етапів проектування технологічних процесів є визначення типу ремонтного виробництва в залежності від програми річного ремонту деталей та маси деталі M_d .

Вихідні данні:

- кількість деталей, що підлягають обробці: $N = 500$ шт/рік

- маса деталі $M_d = 23,5$ кг.

Відповідно до даних наведених у [11] та вихідних даних тип виробництва - середньосерійний.

Знайдемо величину партії запуску в ремонт за формулою:

$$P_{\text{зап}} = \frac{P_B}{P_D} \cdot g \quad (3.9)$$

де P_B - річний об'єм випуску деталей, шт.;

P_D - кількість робочих днів за рік;

g - необхідний запас деталей на складі в днях коливається від 5 до 8 днів.

Для дрібних і середніх деталей $g = 6 \dots 8$. Для великих $g = 5 \dots 7$.

$$P_D = 366 - D_{\text{Вих}} - D_{\text{Св}}, \quad (3.9)$$

де $D_{\text{вих}}$ - кількість вихідних днів за рік;

$D_{\text{св}}$ - кількість святкових днів за рік.

$$P_{\text{д}} = 366 - 104 - 10 = 252(\text{днів})$$

$$P_{\text{зан}} = \frac{500}{252} \cdot 6 = 12(\text{шт})$$

3.6 Технологічний процес відновлення вала опорного

3.6.1 Розробка плану операцій

Згідно результатів дефектування і технології відновлення дефектів складаємо план операцій відновлення вала опорного [14, 18,19] :

005 – Мийна

010 – Фрезерна: фрезерувати зубчасту евольвентну поверхню 1 до $\emptyset 129,5\text{мм}$;

015 – Токарна: Точити поверхню 2 до $\emptyset 99,5\text{мм}$;

020 – Напилювальна: 1) напилити поверхні 1 до розміру $\emptyset 132,0\text{ мм}$;

2) напилити поверхню 2 до розміру $\emptyset 102,0$;

025 – Токарна:

1) точіння чорнове поверхні 2 до розміру $\emptyset 100,6\text{ мм}$;

2) точіння чистове поверхні 2 до розміру $\emptyset 100^{+0,025}_{+0,003}$;

3) точити торці $\emptyset 130$ та $\emptyset 100$;

030 – Шліфувальна:

1) шліфування чорнове поверхні 1 до розміру до $\emptyset 130,6\text{ мм}$;

2) шліфування чистове поверхні 1 до розміру за кресленням.

035 – контрольна.

На основі запланованого плану операцій розробляємо маршрутну карту процесу відновлення (рис. 3.4)

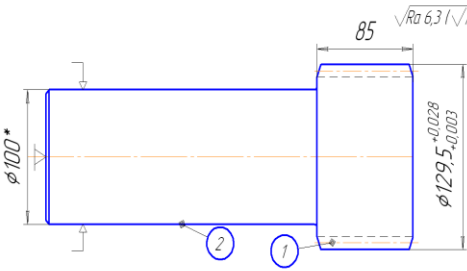
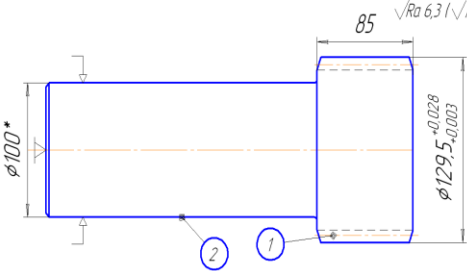
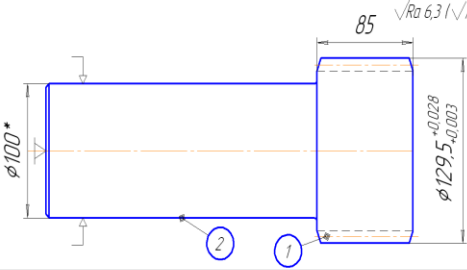
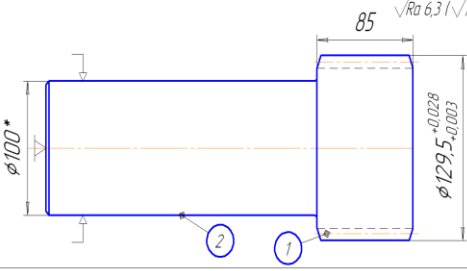
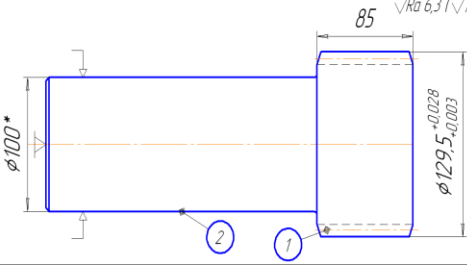
№ опер.	Операційні переходи	Схема базування	модель верстата
005	<p>Мийна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установити зняти деталь 2. Мити заготовку розчином лабаміту 102 		1. Мийний розчин «Лабомід»
010	<p>Фрезерувальна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установити зняти деталь 2. фрезерувати поверхню 1 до $\phi 129,5$мм; 		1. Півдоджньо-фрезерний верстат 6Т804Г
015	<p>Токарна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. установити зняти деталь 2. точити поверхню 1 згідно ескізу до $\phi 99,5$мм 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Токарно-гвинтовий верстат 16К20Ф3 2. Центр 1 - 5 - Н
020	<p>Напильвальна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. установити зняти деталь 2. напилити поверхню 1 згідно ескізу до $\phi 130,6$мм 3. перевстановити деталь 4. напилити поверхню 1 згідно ескізу до $\phi 100,6$мм 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Установка з чпу 2. Плазматрон
025	<p>Токарна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. установити зняти деталь 2. чорнове точіння поверхні 2 згідно ескізу до $\phi 100,3$ мм 3. чистове точіння поверхні 2 згідно ескізу до $\phi 100,0_{-0,003}^{+0,025}$ 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Токарно-гвинтовий верстат 16К20Ф3 2. Центр 1 - 5 - Н
030	<p>Шліфувальна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. установити зняти деталь 2. шліфування чорнове поверхні 1 згідно ескізу до $\phi 130,3$ мм 3. шліфування чистове поверхні 1 згідно ескізу до номінального розміру 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Зубо-шліфувальний верстат 5А872М 2. Центр 1 - 5 - Н
035	<p>Контрольна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Виміряти розміри відновленої поверхні 2. Порівняти з розмірами на кресленні 		1. Контрольний стіл, Штанген-циркуль

Рисунок 3.4 – Маршрут технологічного процесу відновлення вала

3.6.2 Розрахунок припусків на механічну обробку $\varnothing 130h11_{(-0,25)}$

Відповідно заданим умовам установлюємо маршрут обробки поверхні які відновлюються чорновим та чистовим шліфуванням.

Уся зазначена обробка виконується з установкою заготівлі в центрах.

Заносимо маршрут обробки в графу 1.

Так як обробки попередня та остаточна $\varnothing 130h11_{(-0,25)}$ планується на одному верстаті з однієї установки, то похибка на остаточному шліфуванні = 0.

Перевірку правильності розрахунків проводимо за рівнянням :

$$Z_{0 \max} - Z_{0 \min} = 1,811 - 0,473 = T_z - T_\delta = 1,4 - 0,062 = 1,338 \text{ мм.}$$

Таблиця 3.6 – Припуски та граничні розміри. Розрахунковий мінімальний припуск на обробку:

Маршрут обробки поверхні діаметром $\varnothing 130h11_{(-0,25)}$	Елементи припуску, мкм				Розрахункові величини		Допуск на виконувачні розміри, мкм	Прийняті розміри заготовки по переходах, мм		Граничний припуск, мкм	
	Rz	$T_{\text{дем}, h}$	ρ, Δ_Σ	ε	припуск у Z_i , мкм	мінімальний діаметр, мм		Max	Min	Z_{\max}	Z_{\min}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Заготовка	150	250	34,44	-	-	130,411	1400	131,811	130,41	-	-
Шліфування: чорнове (h14)	100	100	2,06	143	343,014	130,068	620	130,688	130,07	1,123	0,343
Шліфування остаточне(h11)	10	20	0,08	100	130	129,75	250	130	129,75	0,688	0,13

3.7 Розрахунок та призначення режимів відновлення поверхонь валу

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

Таблиця 3.7 – Параметри режимів обробки поверхонь

№	Назва операції	d, мм	L, мм	S, мм/об (v_r , мм/с; $Y_{пр}$, м/хв)	n , хв ⁻¹ ($\omega_{дет}$, с ⁻¹ ; $Y_{об}$, м/хв)	i (n)	$n_{дет}$
010	Фрезерна Фрезерувальний верстат 6Т804Г Черв'ячна фреза для зубчастого з'єднання валів з евольвентним профілем 2520-0674; Матеріал фрези Р6М5;	$\varnothing 130_{-0,25}$ мм;	110	0,5	800 хв ⁻¹ ; 101,5 м/хв	14	12
015	Токарна верстат: 16К20Ф3	$\varnothing 100$ +0,003мм	260 мм.	0,24	500 хв ⁻¹ ; 157 м/хв	1	12
020	Напилювальна Установка з ЧПК	$\varnothing 131,8$ мм; $\varnothing 101,8$ мм	110 мм; 260 мм.	I, А 90	1 об/с		12
025	Токарна верстат: 16К20Ф3 чорнова	$\varnothing 100$ +0,003мм	260 мм.	0,7	160 хв ⁻¹ ; 50,24 м/хв	1	12
	Токарна верстат: 16К20Ф3 чистова	$\varnothing 100$ +0,003мм	260 мм.	0,24	500 хв ⁻¹ ; 157 м/хв	1	12
030	Шліфувальна попередня Зубошліфувальний верстат 5А872М; круг 63С50ПСМ25К8	$\varnothing 130_{-0,25}$ мм;	110	1,8 мм/хв; 0,27м/с	2200	7	12
035	Контрольна	-	-	-	-	-	12

3.7.1 Розрахунок параметрів напилювання

Розрахуємо режими напилювання поверхні 1 та 2, згідно [5, 13, 14,15].

Данні розрахунку наведені у таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Параметри режимів напилювання поверхонь

Поверхні	Розрахункові значення	Прийняті значення
1	2	3
Поверхня 2 валу $\varnothing 100^{+0,025}_{+0,003}$:		
товщина напиленого шару	$h = \frac{D-d}{2} + Z = \frac{102,1-99,5}{2} + 0,1 = 1,4 \text{ (мм)}$	1,4 мм
об'єм плями напилювання	$Q = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h = \frac{3,14 \cdot 20^2}{4} \cdot 0,1 = 31,4$	
маса плями	$m = Q \cdot \rho = 31,4 \text{ мм}^3 \cdot 8,5 \text{ г/1000 мм}^3 = 0,27$	0,27 г
продуктивність для напилювання по гвинтовій лінії	$W = 38 \dots 42 \text{ см}^2 \cdot \text{хв.}$	$W = 41 \text{ см}^2 / \text{хв.}$
швидкість напилювання по гвинтовій лінії	$V_{\text{х.с.}} = 0,6 \cdot \frac{W}{S}$ $V_{\text{х.с.}} = 0,6 \cdot \frac{41}{0,42} = 58,6 \text{ (м/год)}$	58,6 м/год.
крок напилювання	S - крок напилювання 0,4...0,5 см/об	0,42 см/об.
силу струму напилювання	$I = \frac{60 \cdot W \cdot h \cdot \gamma \cdot K_H}{\alpha_H}$ $I = \frac{60 \cdot 41 \cdot 0,2 \cdot 5,5 \cdot 1,15}{12} = 260 \text{ А}$	260 А
частота обертання деталі	$n = \frac{1000 \cdot V_{\text{х.с.}}}{60 \cdot \pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 58,6}{60 \cdot 3,14 \cdot 100} = 3,11 \text{ об/хв}$	3,11 об/хв
лінійну швидкість плазмотрону при напилюванні	$V_{\text{л}} = \frac{P \cdot d}{m} = \frac{4 \cdot 1000 \text{ г} \cdot 20 \text{ мм}}{3600 \text{ с} \cdot 0,27 \text{ г}} = 82,3$	82,3 мм/с
горизонтальну швидкість переміщення плазмотрона,	$V_r = \frac{K \cdot d \cdot V_{\text{л}}}{\sqrt{h^2 \cdot d^2 + \pi^2 \cdot D^2}} = \frac{0,45 \cdot 20 \cdot 82,3}{\sqrt{0,1^2 \cdot 20^2 + 3,14^2 \cdot 100^2}} = 7,4$	7,4 мм/с
Напилювання поверхні 1 евольвентна поверхня $\varnothing 130h11_{(-0,25)}$,		
шар металу що напилюється при відновленні	$h = 0,6 + 1,811 = 2,41 \text{ мм на } \varnothing$.	2,4 мм на діаметр
Продовження табл. 3.8		
силу струму напилювання	$I = \frac{60 \cdot W \cdot h \cdot \gamma \cdot K_H}{\alpha_H}$ $I = \frac{60 \cdot 41 \cdot 0,2 \cdot 5,5 \cdot 1,15}{12} = 260 \text{ А}$	260 А
об'єм плями напилювання	$Q = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot h}{4} = \frac{3,14 \cdot 15^2 \cdot 0,2}{4} = 35,342 \text{ (мм}^3\text{)},$	35,3 мм ³

h – мінімальна товщина шару напиленого за один прохід	$h = 0,02...0,1\text{мм}$	$h = 0,2\text{мм}$.
маси плями	$m = \frac{Q \cdot \rho}{1000} = \frac{35,342 \cdot 8}{1000} = 0,282 (г).$	
лінійну швидкість напилювання	$v_n = \frac{P \cdot d}{3,6 \cdot m} = \frac{1,5 \cdot 15}{3,6 \cdot 0,282} = 22,16 \left(\frac{\text{мм}}{\text{с}}\right),$	22,16 мм/с
горизонтальна швидкість переміщення плазмотрону	$v_z = \frac{k \cdot d \cdot v_n}{\sqrt{k^2 \cdot d^2 + \pi^2 \cdot D^2}} = \frac{0,45 \cdot 15 \cdot 22,16}{\sqrt{0,45^2 \cdot 15^2 + 3,14^2 \cdot 130^2}} = 1,188 \left(\frac{\text{мм}}{\text{с}}\right),$	
Швидкість обертання деталі	$\omega_d = \frac{v_z}{k \cdot d} = \frac{1,188}{0,45 \cdot 15} = 0,976 \left(\frac{\text{об}}{\text{с}}\right),$	$\omega_d = 1 \frac{\text{об}}{\text{с}},$
Кількість проходів	$n = \frac{h}{h_1} = \frac{1,205\text{мм}}{0,2\text{мм}} = 6,025 (\text{проходів}).$	7 проходів

3.7.2 Підготовка поверхні під напилювання.

Деталі, які підлягають напилюванню, очищують від бруду, мастила в миючих засобах типу “Лобонід – 102”, “Лобонід – 103” та інших, після висушують. Критерієм високого зчеплення напиленого шару з підложкою є саме якісна обробка поверхні перед напилюванням. Крім миття ще можлива дробострумна, термічна, механічна обробки [5,10].

Обираємо дробоструменеву обробку вала опорного перед напилюванням з метою отримання потрібної шорсткості поверхні. Використовується металева крихта чавуну з розміром частинок до 2,2мм при тиску 0,5МПа.

Після завершення підготовки поверхні деталі під напилювання починається сам процес нанесення покриття [10]. Час між підготовкою і напилюванням не повинен перевищувати 2 годин. Щоб отримати рівномірно напилений шар, слід забезпечити вихід струменя за край оброблюємої поверхні, а кожен прохід повинен перекривати на $\frac{1}{4}$ його ширини. Для забезпечення високої якості зчеплення покриття з під ложкою наносять шари, що перекриваються.

3.7.3 Вибір матеріалу для напилювання

Для відновлення зношених поверхонь напилюванням широке застосування отримали порошкові самофлюсуючі сплави системи Ni – Cr – B – Si, до яких часто додають карбіди, бориди (вольфраму, ванадію, хрому, молібдену) для утворення композиційних сплавів з більш високими фізико-механічними властивостями.

Для напилювання обираємо порошок ПГ-10Н-04, створений на нікелевій основі системи Ni – Cr – B – Si – C – Fe. Його твердість регулюється вмістом C, B, Cr в межах 45 - 52 HRC. Напилені даним порошком поверхні мають допустиму робочу температуру до 800°C. Властивість самофлюсування даного порошку обумовлена наявністю в його складі бора і кремнію, які віднімають кисень від окислів.

Таблиця 3.9. – Хімічний склад порошку ПГ-10Н-04

C,%	B,%	Si,%	Ni,%	Cr,%	Fe,%
0,6 – 1	1,2 – 1,8	2,3 – 2,8	осн.	14 – 20	2 – 5

Даний порошок напилюється товщиною від 0,2 мм на оброблену поверхню. Використовується як зносостійке покриття для деталей типу „вал”. Володіє високою стійкістю як в лужних, так і в окислюючих середовищах. Міцність його з'єднання є досить задовільною і складає 50 МПа. Покриття з даного порошку має твердість HRC 45.

3.8 Нормування операцій технологічного процесу

Нормування інших операцій проводимо згідно методик [15, 17], результати розрахунків записуємо до таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Нормування операцій

Номер і назва операції	T_o	$T_{доп}$	$T_{оп}$	$T_{обс}+T_{ві}$ дп	$T_{п-з}$	$T_{шт}$	$T_{шт-к}$
005 Мийна	3,6	1,16	4,76	6,09	14	10,85	11,14
010 Фрезерувальна	1,3	1.137	2,437	0.14	10,5	2,577	2,6
015 Токарна	2,01	0,83	2,84	2,66	14	5,5	6,67
020 Напилювальна							
Напилити пов.1	25,85	0,96	26,81	6,4	25	33,21	35,29
Напилити пов.2	18,0	0,96	18,96	6,4	25	25,36	27,44
025 Токарна чорнова	2,18	0,83	3,01	2,66	14	5,67	6,84
чистова	2,03	0,83	2,86	2,66	14	5,6	6,77
030 Шліфувальна	17,82	0,88	18,7	16,02	15	34,72	35,97
035 Контрольна	3,2	0,48	3,68	0,29	14	3,97	4,27

3.9 Створення конструктивної схеми верстата та її опис

Схема установки для автоматизованого відновлення деталі показана на рис. 3.5.

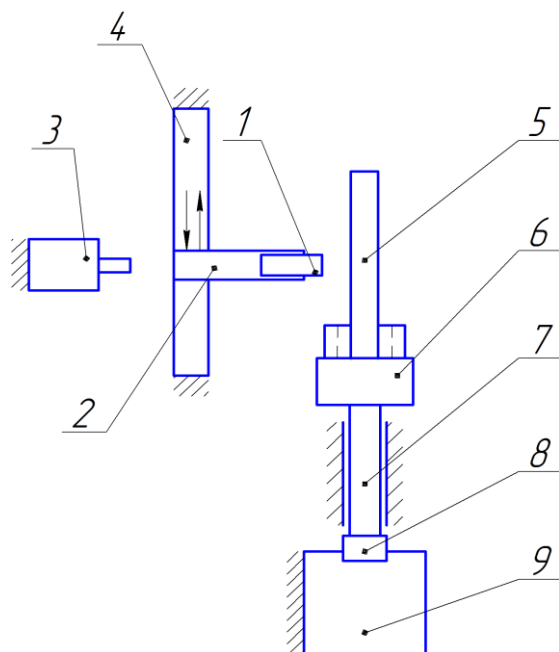


Рисунок 3.5 – Конструктивна схема установки відновлення

Основними елементами конструктивної схеми є розпилюючий пристрій 1, закріплений на кронштейні 2, що забезпечує можливість при необхідності

змінювати відстань між деталлю та розпилюючим пристроєм [20]. Кронштейн 2 закріплено на каретці портального приводу 4, що забезпечує можливість переміщення розпилюючого пристрою вздовж деталі 5. Поруч з розпилюючим пристроєм 1 розташований живильник 3, який забезпечує необхідну кількість прошку, що подається у розпилюючий пристрій. Відновлювана деталь 5 закріплюється у патроні 6. Патрон 6 закріплено у шпинделі 7 встановленим на підшипниках. Шпиндель 7 через муфту 8 з'єднано з електромотором 9 закріпленим на рамі установки.

3.10 Визначення способу закріплення деталі

Розташуємо деталь у вертикальному положенні (рис. 3.5), враховуючи те, що деталь вал має довжину 580 мм, діаметр вала 130 мм. Закріплюючим пристроєм є зворотній центр 2 знизу та прямого 6 зверху. Зворотній центр 2 виконаємо з отвором у вигляді конуса що відповідає конічній частині деталі і збазуємо деталь на цей конус.

Зворотній центр 2 з'єднано з валом шпинделя 3 через укорочений конус Морзе. Шпиндель обертача обладнано підшипниками 80204 в радіальному напрямку здатні витримати статичне навантаження $C_0 = 1270$ кг. Відомо що в радіальному напрямі кулькові радіальні підшипники здатні витримувати навантаження 30% від радіального що складає 420 кг. При масі обертової частини 32 кг цього більш ніж достатньо для нормальної роботи. Знаючи конструкцію шпиндельного вузла та способу закріплення можна визначити електродвигун, який буде здатний обертати рухомі деталі шпиндельного вузла з пристосуванням та відновлюваною деталлю [20].

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

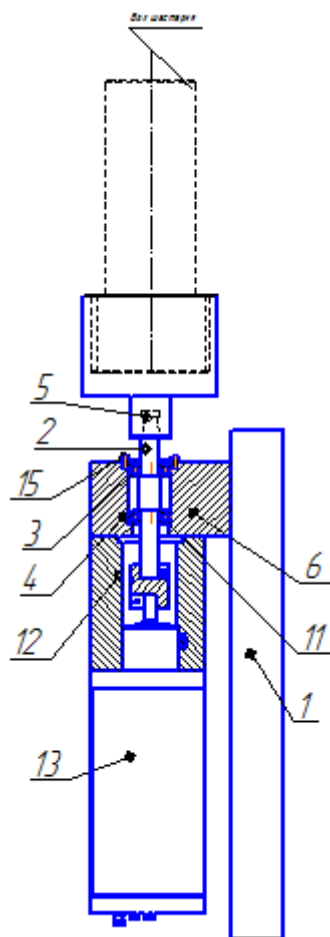


Рисунок 3.6 – Закріплення деталі: 1- кронштейн, 2 – вал, 3-кришка 4 – підшипник, 5 – опора, 6 – корпус, 12 – осьовий набір, 13 – сервомотор, 15 – ГВИНТИ.

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

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

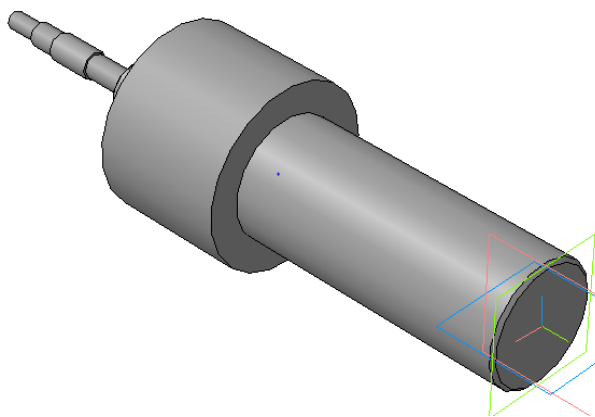


Рисунок 3.7 – 3D модель усіх деталей, що обертаються в процесі відновлення

Задані параметри

Матеріал Сталь 10ГОСТ 1050-88

Густина матеріалу $\rho_0 = 0.007820 \text{ г/мм}^3$

Розрахункові параметри

$M = 31.186991 \text{ кг}$

Площадь $S = 178211.264951 \text{ мм}^2$

Об'єм $V = 3988106.221273 \text{ мм}^3$

Центр мас $X_c = 0.000000 \text{ мм}$

$Y_c = 50.093921 \text{ мм}$

$Z_c = 0.000000 \text{ мм}$

Моменти інерції

Осьові моменти інерції $J_x = 467192.319518 \text{ кг*мм}^2$

$J_y = 62278.786930 \text{ кг*мм}^2$

$J_z = 467192.323866 \text{ кг*мм}^2$

Для розрахунку та вибору приводу обертання необхідно знати

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

$J_y = 62278.786930 \text{ кг*мм}^2$ [20].

Розробимо 3D модель розпилюючого пристрою (рисунок 3.8)

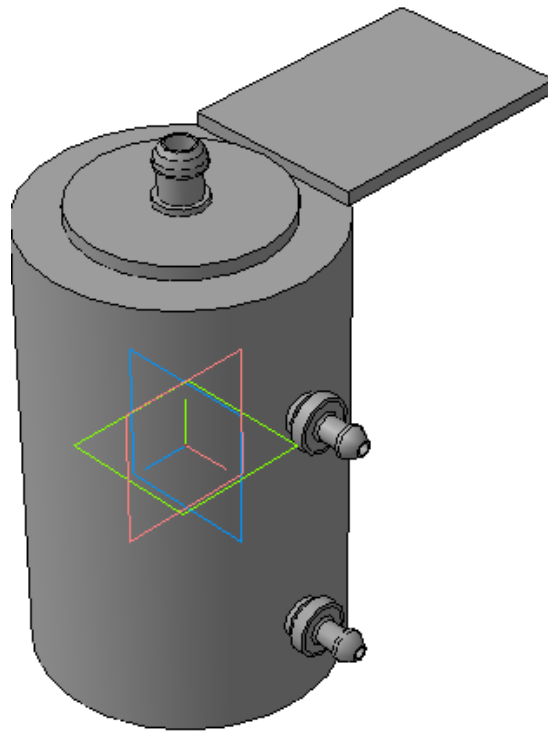


Рисунок 3.8 – 3D модель розпилюючого пристрою.

Порахуємо засобами САПР Компас масу розпилюючого пристрою

Маса $M = 3,28920$ кг

Площа $S = 286335.062003$ мм²

Об'єм $V = 169938.632787$ мм³

Центр мас $X_c = -1.365877$ мм

$Y_c = 23.054127$ мм

$Z_c = -15.685577$ мм

3.12. Розрахунок та вибір виконавчих механізмів установки для автоматизованого відновлення деталей

3.12.1 Механізм обертання деталі

Для розрахунку приводу обертання застосуємо програму Positioning drives компанії Festo

Вихідними даними для розрахунку приводу обертання є момент інерції тіл які треба обертати (в нашому випадку становить $J_y = 18527,7$ кг*мм² 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 3,1 об/хв приймаємо – 5 що дасть змогу одробляти більшу номенклатуру деталей. Час розгону приймаємо 1 с. Тип приводу - сервопривід змінного струму. Включно з вбудованими гальмами та варіантами з вбудованим редуктором. Монтажне розташування вертикальне

Замовимо на сайті FESTO.COM.UA 3D модель вибраного приводу обертання у форматі sat 3. [20].

Таблиця 3.11 – Комплектуючі механізму обертання

Найменування	Код
• Серводвигун	• MTR-DCI-62S-VDSC-EG7
• Осьовий набір	• 556996_EAMM_A_E72_62B_6_0
• Контролер	• CMMP-AS-C2-3A-Mx
Муфта	• EAMC-30-35-20-12

Спроекуємо вузол обертання. Для цього необхідно з'єднати сервомотор з валом шпинделя та закріпити підшипниковий вузол шпинделя та сервомотор на одній платформі. Спочатку на сайті Festo.com.ua вибираємо муфту яка з'єднає вали сервомотора та шпинделя. Вибір виконуємо на основі відомого діаметру вала сервомотора який становить 12 мм.

3.12.2 Привід переміщення плазмового розпилюючого пристрою

Вихідними даними для вибору приводу переміщення плазмового розпилюючого пристрою є маса яку необхідно переміщувати це маса розпилюючого пристрою 3,2 кг плюс маса кронштейна за допомогою якого плазмовий розпилюючий пристрій кріпиться до каретки, та приєднаних комунікації, яка приблизно становить до 1,5 кг. Разом ця маса становить $3,2+1,5=4,7$ кг. Ще однією величиною для вибору приводу є величина переміщення каретки яка дорівнює довжині відновлюваної деталі і становить 300 мм с запасом.

Замовимо на сайті FESTO.COM.UA 3D модель вибраного привода DMES_40_1000_3_0_1 форматі sat3 [20].

Таблиця 3.12 – Комплектуючі переміщення плазмового розпилюючого пристрою

Найменування	Код
• Кроковий двигун	• EMMS-AS-40-M-TS
• Лінійний привід	• DNCE-32-LS-"1,5" P-Q
• Осьовий набір	• EAMM-A-D40-40G
• Редуктор	• EMGA-40-P-G3-SAS-40
• Контролер	• CMMP-AS-C5-3A
• Кронштейн	• 1098473_EAHF_V1_32_P_6_0

Для того щоб цей привід працював до нього треба приєднати розпилюючий пристрій та монтажний кронштейн. Типорозмір кронштейна вибираємо згідно розділу "documentations" та розділі "accessories" яки є доступними при виборі конкретного механізму на сайті Festo.com.ua

Поєднаємо усі механізми згідно їх функціонального призначення та отримаємо функціональний вузол вертикального переміщень розпилюючого пристрою та обертання деталі. Розмістимо у просторі всі деталі згідно їх призначення (рисунок 3.9)

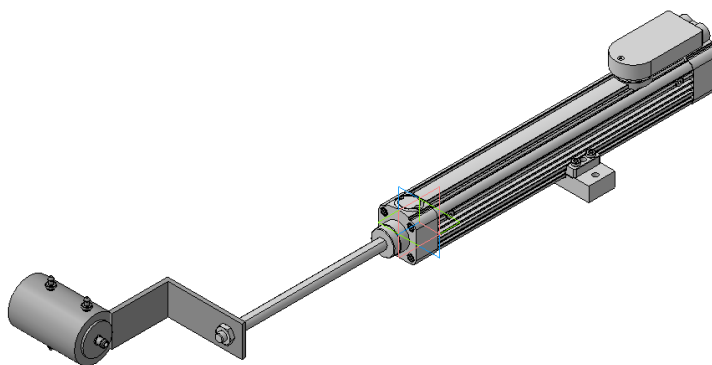


Рисунок 3.9 – Механізм переміщення плазмового розпилюючого пристрою (3D модель).

Наступним кроком є створення рамної конструкції яка забезпечить задане взаємне розташування всіх механізмів. Для створення рамної конструкції використаємо профільний металопрокат: ГОСТ 8240-79 №6,5 та 10. Додатково встановимо косинки для забезпечення жорсткості конструкції рами. Конструкція рами зварна. Зварювання електродугове за ГОСТ 5264-80. [20].

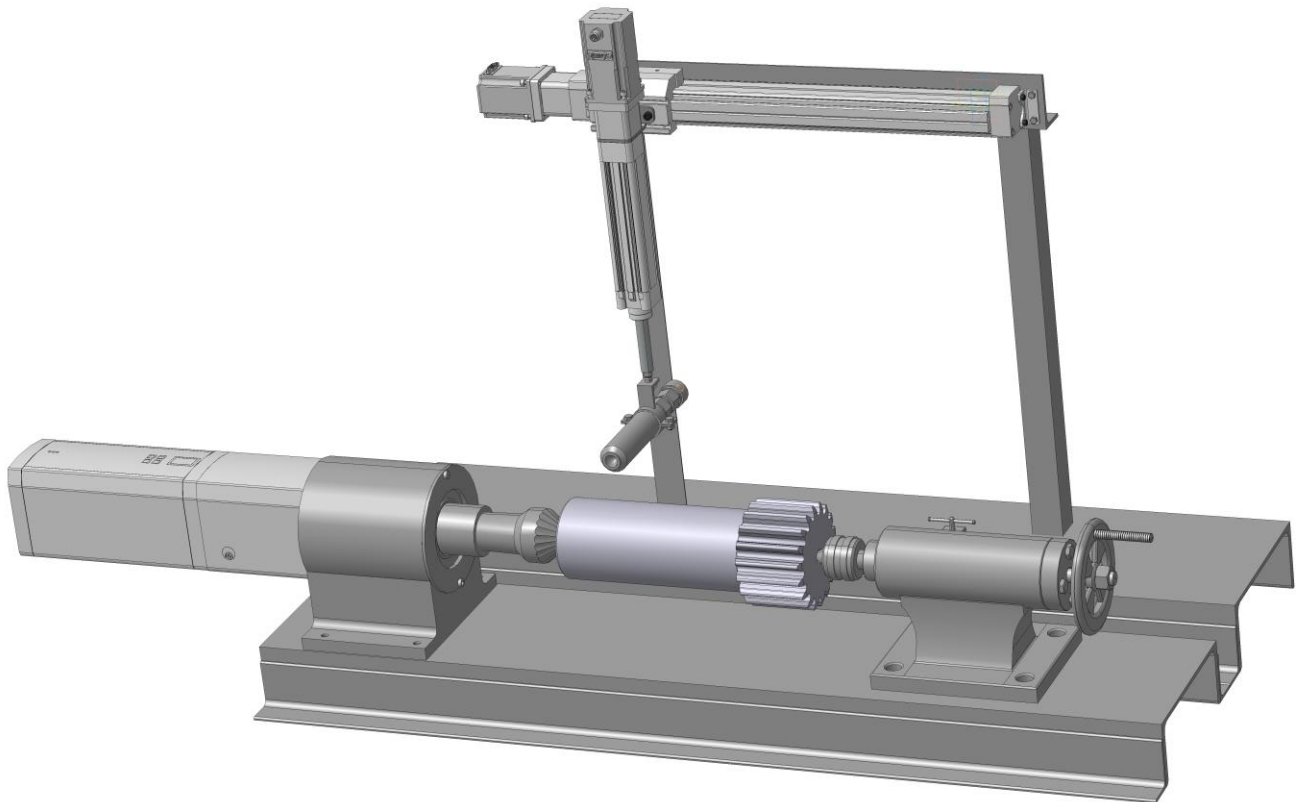


Рисунок 3. 10 – 3d модель установки з ЧПК

Схема організації робочого місця представлена на рисунку 3.11.

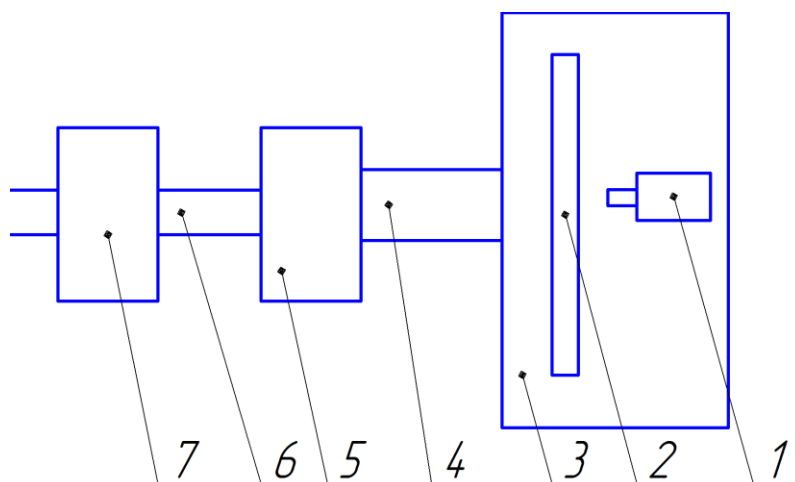


Рисунок 3.11. – Схема організації робочого місця

1- розпилюючий пристрій, 2- деталь, 3- пилезахищена камера 4 – повітряно провід, 5 – фільтр, 6 – повітрянопровід з очищеним повітрям, 7 – витяжний вентилятор.

Робоче місце складається з установки з числовим програмним керуванням 1, яка встановлена у захистному боксі 3, в боксі встановлено живильник 5 який подає розпилювальний матеріал в плазмотрон. Бокс 3 оснащено приточновитяжною вентиляцією 2. Електроживлення плазмотрона здійснюється від джерела живлення 6. Керування установкою здійснюється від комп'ютера 7 та контролерів вбудованих в електропривода. Плазмоутворюючий газ подається від балона 8... Шинопровід забезпечує підвід всіх комунікацій до виконавчих механізмів.

Для здійснення керування установкою застосовуються програма Mach-3.

Для плазмового напилювання опорного вала на базі плазмової установки УНП –4 – 64 з використанням порошкових матеріалів проектуємо робоче місце обладнане приладами Festo [20].

Після запуску систем охолодження, вентиляції і живлення з балону через пульт управління в плазмотрон подається плазмоутворюючий газ. Потім кнопкою “Пуск” у роботу включається осцилятор чи блок відпалу, і між катодом (вольфрамовий стержень) і анодом (мідне сопло плазмотрона) виникає плазмовий струмінь (потік), до якого з живильника подається транспортуючим газом

порошок. Частки порошку, розплавляючись у плазмі, направляються поверхню деталі, вдаряючись об яку деформуються, розтікаються і, кристалізуючись, утворюють шар покриття. Після нанесення покриття деталь піддають повільному рівномірному охолодженню з метою зменшення внутрішніх напруг. Найпростішим способом регулювання режиму охолодження напиленої деталі є замотування у термоізоляційний матеріал.

У випадку недостатніх витрат та тиску газу чи води спрацьовує відповідне реле і автоматично відключає джерело струму, запобігаючи від розплавлення плазмотрону.

Радіус обслуговування визначається довжиною гнучкого кабелю, який забезпечує підведення струму і охолоджуючої води до плазмотрона.

Джерелами живлення даної установки використовують два зварювальних перетворювача ПСО-500 або випрямляч ВКС-500 (який обираємо ми із-за вищого ККД), які дозволяють у широких межах змінювати напругу, яка підводиться до плазмотрона, і забезпечувати потрібний режим роботи [20].

Продуктивність даної установки 30 кВА, ККД=75%, коефіцієнт використання матеріалів 60 – 80%, продуктивність напилювання 0.2...2 кг/год.

На рис. 3.12. показано робоче місце.

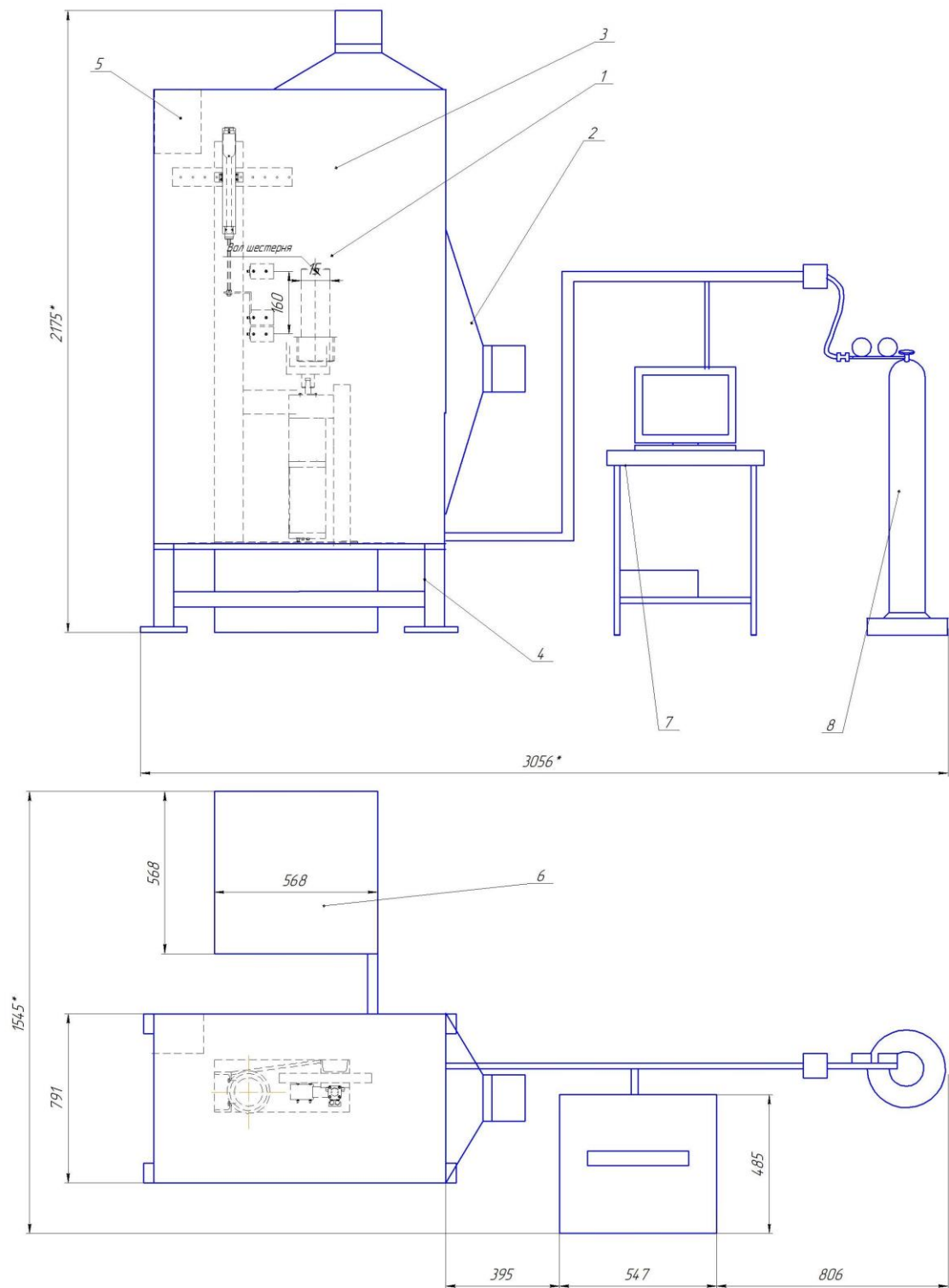


Рисунок 3.12 – Робоче місце

4. ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Система організації праці на підприємстві являє собою комплекс основних напрямків діяльності різних видів, форм і методів організації, нормування та оплати праці, спрямованих на забезпечення постійного зростання ефективності виробництва, продуктивності праці і якості роботи. Від рівня організації, нормування та оплати праці безпосередньо залежать обґрунтованість нормативів трудових витрат і доходів підприємства.

Глиbokі зміни в організаціях, пов'язані із завершенням переходу держави на нову модель господарювання визначили необхідність пошуку ефективних методів поліпшення умов праці на робочому місці, від яких залежить результативність та ефективність праці. Робоче місце відіграє провідну роль в економіці як підприємства та його структурних підрозділів, так і регіону і держави в цілому.

У приміщенні, де відбувалася розробка підвищення якості відновлення робочих поверхонь опорного валу скребкового конвеєра типу КС присутні такі шкідливі та небезпечні фактори [30]:

- підвищена чи понижена температура повітря робочої зони;
- недостатнє освітлення робочої зони;
- недостатність природного освітлення;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- відсутність чи нестача природного світла;
- фізичні перевантаження (статичні);
- нервово - психічні перевантаження (перенапруга аналізаторів, емоційні навантаження).

Відповідно до визначених факторів формуємо рекомендації щодо безпечних умов праці під час виконання роботи.

4.1. Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

Широке промислове та побутове використання ПК актуалізувало питання охорони праці його користувачів. Дотримання вимог цих правил може значно знизити наслідки несприятливої дії на працівників шкідливих та небезпечних факторів, які супроводжують роботу з відеодисплейними матеріалами, зокрема можливість зорових, нервово-емоційних переживань, серцево-судинних захворювань.

Виходячи з цього, роботодавець повинен забезпечити гігієнічні й ергономічні вимоги щодо організації робочих приміщень для експлуатації ПК, робочого середовища, робочих місць з ПК, режиму праці і відпочинку при роботі з ПК тощо, які викладені у Правилах.

Основні вимоги до виробничого приміщення для експлуатації ПК:

- приміщення не може бути розміщено у підвалах та цокольних поверхах;
- площа на одне робоче місце в такому приміщенні повинна становити не менше $6,0\text{ м}^2$, а об'єм не менше $20,0\text{ м}^3$;
- приміщення повинно мати природне та штучне освітлення відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [31];
- необхідно щоденно проводити вологе прибирання;
- поруч з приміщенням для роботи з ПК мають бути обладнані: побутова кімната для відпочинку під час роботи; кімната психологічного розвантаження.

Організація робочого місця користувача комп'ютера повинна забезпечувати відповідність усіх елементів робочого місця та їх взаємного розташування ергономічним вимогам. Виконуючи практичні завдання щодо використання робочої пози, потрібно:

- зменшувати величину статичних напружень;
- розподіляти статичні напруження;
- передбачати можливість змін пози під час роботи.

Для роботи операторів ПК у положенні сидячи рекомендовані такі параметри робочого простору: ширина - не менше 700 мм, глибина - не менше 400 мм, висота робочої поверхні над підлогою – 700 ...750 мм. Під робочою поверхнею необхідно передбачити простір для ніг: висота - менше 600 мм, ширина - не менше 500 мм, глибина - не менше 400 мм. За необхідності огляду робочого місця його висота не повинна перевищувати 1200 мм

Під час роботи сидячи нижня частина корпусу розслаблена, а основне статичне навантаження припадає на м'язи ший, спини, таза, стегон. Неправильна сидяча поза може викликати застій крові в ногах, а якщо виконується великий обсяг роботи для пальців рук – запалення суглобів.

При проектуванні письмового столу варто враховувати наступне:

- висота столу повинна бути обрана з урахуванням можливості сидіти вільно, у зручній позі, при необхідності спираючи на підлокітники;
- нижня частина столу повинна бути сконструйована так, щоб оператор міг зручно сидіти, не був змушений підбирати ноги;
- поверхня столу повинна мати властивості, що виключають появу відблисків у поле зору оператора;
- конструкція столу повинна передбачати наявність висувних шухляд (не менш 3-х для збереження документації, канцелярського приладдя, особистих речей).

На робочому місці розробника підвищення якості відновлення робочих поверхонь опорного валу скребкового конвеєра типу КС існує небезпека поразки електричним струмом. Електричний струм, впливаючи на тіло людини, може заподіяти йому явні чи приховані пошкодження, в тому числі опіки всього тіла або окремих його ділянок; електричні удари характерні внутрішніми ушкодженнями тощо.

Приміщення, де виконується робота, згідно ПУЕ «Правила влаштування електроустановок» класифікується як приміщення без підвищеної небезпеки [32].

Безпечна експлуатація електроустановок здійснюється у відповідності з вимогами ПУЕ [32] та «Правила безпечної експлуатації електроустановок» [33] і передбачає такі заходи та засоби:

- недоступність струмоведучих частин, прокладання електрокабелів під підлогою, в спеціальних каналах, скрите виконання освітлювальної проводки, ізоляцію струмо-провідних елементів ($R_{із} \geq 0.5 \text{ МОм}$);
- захисне заземлення всіх металевих струмопровідних частин електроустановок та ПК ($R_{з \text{ доп}} \leq 4 \text{ Ом}$);
- використання пониженої напруги 36 В (для аварійного освітлення щита) в операторському пункті та виробничому приміщенні;
- застосування попереджувальної сигналізації, написів, плакатів при проведенні планово-попереджувальних ремонтів і профілактичних випробувань електрообладнання;
- проведення організаційних заходів (спеціальне навчання, атестація та переатестація осіб електротехнічного персоналу, інструктажі тощо).

4.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Температура, відносна вологість, швидкість руху повітря біля тіла людини, а також температура стін і навколишніх предметів утворюють мікроклімат на робочому місці. Температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря вимірюють на висоті 1,0 м від підлоги або робочої площадки при роботах, що виконуються сидячи, і на висоті 1,5 м – при роботах, що виконуються стоячи, і не ближче 1 м від нагрівальних приладів і зовнішніх стін.

Робота, яка виконується розробником розробка підвищення якості відновлення робочих поверхонь опорного валу скребкового конвеєра типу КС згідно за енерговитратами відноситься до категорії I а (енерговитрати до 139 Дж/с) [29]. Допустимі параметри мікроклімату для цієї категорії наведені в табл.4.1.

Таблиця 4.1. – 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 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).

4.2.2. Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується граничнодопустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³ згідно ДСН 3.3.6.042-99 [34]. Джерелами запиленості повітря в приміщенні є одяг людей і пил, що проникає з вулиці. У приміщенні немає значного виділення шкідливих газів. ГДК шкідливих речовин, які знаходяться в досліджуваному приміщенні, наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

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

Параметри іонного складу повітря на робочому місці, що обладнане ПК, повинні відповідати допустимим нормам (табл.4.3).

Таблиця 4.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

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

Забезпечення складу повітря робочої зони здійснюється за допомогою системи припливно-витяжної вентиляції, регулярного провітрювання, та вологого прибирання.

4.2.3 Виробниче освітлення

Правильно спроектоване освітлення, яке відповідає вимогам санітарних норм здійснює позитивний психологічний вплив на працівника, знижує втому, створює оптимальні умови для роботи органів зору, і тим самим підвищує безпеку праці і знижує травматизм.

Освітлення створюється природним сонячним світлом (природне) і світлом від електричних ламп (штучне). Природне освітлення є найсприятливішим для людини, так як сонячне світло має оптимальний спектр, в ньому наявна достатня кількість ультрафіолетових променів. Штучне освітлення передбачається у приміщеннях, де недостатньо природного світла, і для освітлення у вечірні та нічні години.

Таблиця 4.4 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк		КПО, e_n , %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	або верхнє	Бокове верхнє	або верхнє	Бокове
Високої точності	0,3 – 0,5	III	г	великий	світлий	700	300	5	2	3	1,2

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату) при природному та сумісному освітленні, які необхідно забезпечити під час виконання роботи зазначені у таблиці 2.4 (за ДБН В.2.5-28-2018 Природне і штучне освітлення [32]):

Для забезпечення достатнього освітлення передбачені такі заходи:

- 1) Максимальне використання бічного природного освітлення.
- 2) Систематичне очищення скла від бруду.
- 3) Використання жалюзі на вікнах для регулювання кількості природного світла у приміщенні.
- 4) Загальне штучне освітлення створюється за допомогою люмінесцентних ламп.

4.2.4 Виробничий шум

Шум визначають як сукупність аперіодических звуків різної інтенсивності та частоти. Шум заважає роботі, знижує працездатність і продуктивність праці, при тривалій і інтенсивній дії викликає захворювання організму.

У закритих приміщеннях шум, багаторазово відбиваючись від стін та стелі, посилюється. Тому рекомендується проводити їх акустичну обробку за допомогою звукопоглинальних облицювань з пористих матеріалів, які мають великий коефіцієнт звукопоглинання.

Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є ДСН 3.3.6.037-99 [35].

Таблиця 4.5 - Рівень звукового тиску

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 зменшення шуму здійснюють своєчасний ремонт та профілактику обладнання.

4.2.5. Виробничі випромінювання

На робочій місці розробника у зв'язку із експлуатацією електричної апаратури, існує ризик виникнення підвищеного рівня електромагнітного випромінювання.

Ступінь біологічного впливу електромагнітних полів на організм людини залежить від частоти коливань, напруженості та інтенсивності поля, тривалості його впливу.

Підвищений рівень електромагнітних випромінювань шкодить здоров'ю людини. Від цього страждає передусім нервова і серцево-судинна системи, виникають головний біль і перевтома, знижується точність робочих рухів, порушується сон. Електромагнітне випромінювання викликає зміни тиску крові, гіпотонію або гіпертонію.

Рівні електромагнітних випромінювань моніторів, які вважаються безпечними для здоров'я користувачів, регламентуються нормами MPR II 1990:10 Шведського національного комітету з вимірювань та досліджень (табл.4.6) [34, с.348].

Таблиця 4.6 - Допустимі рівні випромінювань моніторів ПК

Вид поля	ТСО	MPR II
Змінне електричне поле 5 Гц – 2 кГц 2 кГц – 400 кГц	10 В/м 1 В/м на відстані 0,3 м від центра екрана і 0,5 м навколо монітора	2,5 В/м 2,5 В/м на відстані 0,5 м навколо монітора
Змінне магнітне поле 5 Гц – 2 кГц 2 кГц – 400 кГц	250 нТл 200 мА/м 25 нТл 20 мА/м на відстані 0,3 м від центра екрана і 0,5 м навколо монітора	250 нТл 200 мА/м 25 нТл 20 мА/м на відстані 0,5 м навколо монітора

Для захисту людини від дії електромагнітних випромінювань використовують обмеження часу перебування персоналу в робочій зоні та

встановлюють раціональні режими експлуатації ПК і роботи працюючого персоналу.

4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи в умовах дії загрозливих чинників НС

4.3.1 Дія вогню на будівлі виробничих приміщень під час пожежі

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

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

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

Аналіз пожеж показує, що рівень гранично допустимих чинників пожежі виникає через 5-10 хв з початку пожежі, несучу здатність будівельні металеві конструкції втрачають через 10-15 хв, а середній час початку ефективних дій пожежних підрозділів становить 20-25 хв.

Пожежну небезпеку посилює зростання концентрації горючих речовин і матеріальних цінностей, що припадає на одиницю площі будівель (пожежне навантаження), що призводить до дуже високого рівня їх пожежної небезпеки.

Тяжкість наслідків від пожеж значною мірою зумовлена недостатньою захищеністю будівель та споруд системами автоматичного протипожежного захисту та їх некваліфікованим обслуговуванням.

Причиною зростання кількості жертв та матеріальних збитків на пожежах стає те, що технічна оснащеність пожежної охорони значно відстає від сучасних вимог і недостатньо укомплектована засобами рятування людей та засобами пожежогасіння.

Втрати від пожеж визначаються сукупністю видів збитків від них. Втрати на пожежах пов'язані з прямими, побічними, соціальними та екологічними збитками [36].

4.3.2 Визначення кількості вогнегасників

Вихідні дані: розміри приміщення (м): $14 \times 6 \times 3,5$.

Відповідно до ОНТП 24-86, приміщення, де використовуються персональні комп'ютери, слід оснащувати переносними вуглекислотними або порошковими вогнегасниками ємністю 3 л з розрахунку: один вогнегасник на кожні 20 м^2 підлоги приміщення.

Таким чином, орієнтовна кількість вогнегасників визначається за формулою:

$$n = \frac{S_{II}}{S_{III}} \text{ [шт]}, \quad (4.1)$$

де S_{II} – площа підлоги приміщення, м^2 ;

S_{III} – площа підлоги, що припадає на один вогнегасник ($S_{III} = 20 \text{ м}^2$).

За відомими розмірами приміщення знайдемо площа підлоги приміщення:

$$S_{II} = ab \text{ [м}^2\text{]}, \quad (4.2)$$

де a – довжина приміщення, м;

b – ширина приміщення, м.

Таким чином, площа підлоги приміщення складає

$$S_{II} = 14 \cdot 6 = 84 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Отже, визначаємо орієнтовну кількість вогнегасників:

$$n = 84 / 20 = 4,2 \text{ (шт)}.$$

Отримане значення заокруглюємо до найближчого більшого значення $n = 5$ шт.

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

Для попередження пожежі проводяться організаційні, технічні, експлуатаційні та режимні заходи.

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

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

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

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Для успішного впровадження науково-технічної розробки важливо, щоб вона відповідала актуальним вимогам науково-технічного прогресу та урахувала економічні аспекти. Надання оцінки економічної ефективності результатів науково-дослідної роботи є важливою складовою цього процесу. Дослідження, що представлено у магістерській роботі та присвячене розробці на тему: «Підвищення якості відновлення робочих поверхонь опорного валу конвеєра типу КС» віднесено до науково-технічних робіт, спрямованих на виведення на ринок. Рішення щодо комерціалізації розробки може бути прийняте під час самого виконання роботи, розкриваючи можливості для подальшого введення на ринок. Цей напрямок розглядається як пріоритетний, оскільки розроблені результати можуть бути корисними для різних зацікавлених сторін і приносити економічні вигоди. Однак для успішної реалізації цього процесу важливо залучити зацікавленого інвестора, який виявить інтерес до втілення даного проекту, і переконати його у доцільності інвестування у цю розробку. З цією метою були визначені наступні 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.

5.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки

Метою проведення комерційного і технологічного аудиту дослідження за темою «Підвищення якості відновлення робочих поверхонь опорного валу конвеєра типу КС» є розробка ефективної технології відновлення робочих

поверхонь опорного валу конвеєра на основі зміни впливу параметрів режимів відновлення та зміни потужності плазмотрону

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. 5.1 [36].

Таблиця 5.1 – Рекомендовані критерії оцінювання науково-технічного рівня і комерційного потенціалу розробки та бальна оцінка

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

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

Результати оцінювання науково-технічного рівня та комерційного потенціалу науково-технічної розробки потрібно звести до таблиці. Для оцінки науково-технічного рівня і комерційного потенціалу розробки експертами було запрошено трьох незалежних експертів Вінницького національного технічного університету:

- Савуляк Валерій Іванович, професор кафедри «Галузевого машинобудування»;

- Шиліна Олена Павлівна, доцент кафедри «Галузевого машинобудування»;
- Шенфельд Валерій Йосипович, доцент кафедри «Галузевого машинобудування».

Таблиця 5.2 – Результати оцінювання науково-технічного рівня і комерційного потенціалу розробки експертами

Критерії	Експерт (ПІБ, посада)		
	Савуляк В. І.	Шиліна О. П.	Шенфельд В. Й.
	Бали, виставлені експертами:		
1. Технічна здійсненність концепції	3	4	3
2. Ринкові переваги (наявність аналогів)	4	2	3
3. Ринкові переваги (ціна продукту)	3	3	2
4. Ринкові переваги (технічні властивості)	3	4	3
5. Ринкові переваги (експлуатаційні витрати)	3	3	3
6. Ринкові перспективи (розмір ринку)	2	2	3
7. Ринкові перспективи (конкуренція)	3	4	3
8. Практична здійсненність (наявність фахівців)	4	3	4
9. Практична здійсненність (наявність фінансів)	3	3	3
10. Практична здійсненність (необхідність нових матеріалів)	2	3	2
11. Практична здійсненність (термін реалізації)	3	3	3
12. Практична здійсненність (розробка документів)	4	4	4
Сума балів	СБ ₁ =37	СБ ₂ =38	СБ ₃ =36
Середньоарифметична сума балів СБ _с	$\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{3} = \frac{37+38+36}{3} = 37$		

За результатами розрахунків, наведених в таблиці 5.2, зробимо висновок щодо науково-технічного рівня і рівня комерційного потенціалу розробки. При цьому використаємо рекомендації, наведені в табл. 5.3 [36].

Таблиця 5.3 – Науково-технічні рівні та комерційні потенціали розробки

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

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки становить 37 балів, що, відповідно до таблиці 5.3 рівень комерційного потенціалу розробки вище середнього, що свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень.

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

Магістерська кваліфікаційна робота 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.

5.2 Визначення рівня конкурентоспроможності розробки

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

В якості аналога для розробки було обрано технологічний процес відновлення опорного валу конвеєра типу КС електродуговим наплавленням.

Серед недоліків процесу відмічені такі: перегрів, окислення і вигорання легуючих елементів матеріалу, що наплавляється. Порівняння плазмового напилення та електродугового наплавлення показує, що за критеріями собівартості та продуктивності, переваги має плазмове напилювання порошковими матеріалами з оптимальними значеннями потужності плазмотрону та його відстанню від деталі.

Також до недоліків можна віднести надмірний перегрів деталі під час відновлення, як результат жолоблення деталі та необхідність наступної термічної обробки і це значно збільшую енергоємність процесу відновлення.

У розробці дана проблема вирішується модернізацією технологічного процесу. У порівнянні з базовим методом модернізований відрізняється способом відновлення. У даному процесі основними способами відновлення було обрано плазмове напилювання для відновлення валу опорного. Застосування плазмового напилювання дозволяє зменшити кількість витратного матеріалу, а також значно зміцнити робочі поверхні.

Одиничний параметричний індекс розраховуємо за формулою [36]:

$$q_i = \frac{P_i}{P_{базі}}. \quad (5.1)$$

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

P_i – значення i -го параметра виробу;

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

Загальні технічні та економічні характеристики розробки представлено в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Основні техніко-економічні показники аналога та розробки, що проектується

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий (товар-конкурент)	Новий (інноваційне рішення)		
1	2	3	4	5
Продуктивність, кг/год	2-15	1,5-6,5	2,3	0,3
Продуктивність, см ² /хв	16-24	18-36	1,5	0,2
Коефіцієнт технікоекономічного ефекту, %	0,4	0,44	1,1	0,2
Деформація деталі після нарощування	значна	незначна	-	-
Припуск на механічну обробку, мм	0,8-1,5	0,7-1,3	1,2	0,3

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 [36]:

$$I_{нп} = \prod_{i=1}^n q_i, \quad (5.2)$$

де $I_{нп}$ – 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 $I_{нп} = 1$.

Значення групового параметричного індексу за технічними параметрами визначаємо з урахуванням вагомості (частки) кожного параметра [36]:

$$I_{ТП} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i, \quad (5.3)$$

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

q_i – одиничний параметричний показник i -го параметра;

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

n – кількість технічних параметрів, за якими оцінюється конкурентоспроможність.

Проведемо аналіз параметрів згідно даних таблиці 5.4.

$$I_{mn} = 2,3 \cdot 0,3 + 1,5 \cdot 0,2 + 1,1 \cdot 0,2 + 1,2 \cdot 0,3 = 1,57.$$

Груповий параметричний індекс за економічними параметрами розраховуємо за формулою [36]:

$$I_{ЕП} = \sum_{i=1}^m q_i \cdot \beta_i, \quad (5.4)$$

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

q_i – економічний параметр i -го виду;

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

m – кількість економічних параметрів, за якими здійснюється оцінювання.

Проведемо аналіз параметрів згідно даних таблиці .

$$I_{ЕП} = 0,75 \cdot 0,5 + 0,86 \cdot 0,5 = 0,80.$$

На основі групових параметричних індексів за нормативними, технічними та економічними показниками розрахуємо інтегральний показник конкурентоспроможності за формулою [36]:

$$K_{ИТ} = I_{НП} \cdot \frac{I_{ТП}}{I_{ЕП}}, \quad (5.5)$$

$$K_{ИТ} = 1 \cdot 1,57 / 0,80 = 1,96.$$

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

5.3 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи

Витрати, пов'язані з проведенням науково-дослідної роботи, 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 [36]:

$$Z_o = \sum_{i=1}^k \frac{M_{ni} \cdot t_i}{T_p}, \quad (5.6)$$

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.

$$Z_o = 11500 \cdot 5 / 21 = 2614 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 5.5 – Витрати на заробітну плату дослідників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн
Керівник проекту	11500	522,7	5	2614
Інженер	10000	454,5	28	12727
Технік	8500	386,4	31	11977
Всього				27318

Витрати на основну заробітну плату робітників (Z_p) за відповідними найменуваннями робіт НДР розраховуємо за формулою:

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i, \quad (5.7)$$

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:

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{зм}}, \quad (5.8)$$

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) [36];

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

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

$t_{зм}$ – тривалість зміни, год.

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

$$Z_{p1} = 65,8 \cdot 0,5 = 32,9 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.6 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Тривалість роботи, год	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка, грн	Величина оплати на робітника грн
Мийна UNIX1-20-2В	0,186	1	65,8	12,2
Фрезерувальна Верстат 6Т804Г	0,44	3	88,8	39,1
Токарна верстат: 16К20Ф3	0,11	3	88,8	9,8
Напилити пов.1	0,56	2	72,4	40,5
Напилити пов.2	0,456	2	72,4	33,0
Токарна чорнова верстат: 16К20Ф3	0,114	4	98,7	11,3
Токарна чистова верстат: 16К20Ф3	0,113	4	98,7	11,2
Верстат5А872М; круг 63С50П5СМ25К6	0,6	4	98,7	59,2
Контрольна Дефектоскоп УД-12	0,072	3	88,8	6,4
Всього				222,7

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%.

$$Z_{\text{дод}} = (27318 + 222,7) \cdot 11 / 100\% = 3029,49 \text{ грн.}$$

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:

$$Z_n = (Z_o + Z_p + Z_{\text{дод}}) \cdot \frac{H_{\text{зн}}}{100\%} \quad (5.10)$$

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

$$Z_n = (27318 + 222,7 + 3029,49) \cdot 22 / 100\% = 6725,47 \text{ грн.}$$

5.3.3 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.

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

$$M = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j - \sum_{j=1}^n B_j \cdot C_{ej}, \quad (5.11)$$

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

n – кількість видів матеріалів;

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

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

B_j – маса відходів j -го найменування, кг;

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

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 5.7 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, грн	Норма витрат, кг	Вартість витраченого матеріалу, грн
Порошок ПГ-СР-4	95	2	190
Газ Аргон	10,5	3	31,5
Лобомід	35	0,2	7
Ганчір'я	7	0,1	0,7
Всього			229,2
З врахуванням коефіцієнта транспортування			252,12

5.3.4 Розрахунок витрат на комплектуючі

Витрати на комплектуючі (K_6), які використовують при проведенні НДР на тему «Система шифрування зображень Частина 1. Підсистема зашифрування зображень».

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

$$K = \sum_{i=1}^n H_i \cdot C_i \cdot K_i \quad \text{грн.}, \quad (5.12)$$

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

Зроблені розрахунки бажано звести до таблиці:

Таблиця 5.8 – Витрати на комплектуючі

Найменування комплектувальних	Кількість	Ціна за штуку, грн.	Сума, грн.
Серводвигун MTR-DCI-62S-VDSC-EG7	2	1580	3160
Осьовий набір 556996_EAMM_A_E72_62B_6_0	2	600	1200
Контролер СММР-AS-C2-3A-Mx	2	275	550
Муфта ЕАМС-30-35-20-12	1	340	340
Лінійний привід DNCE-32-LS-"1,5"Р-Q	1	450	450
Редуктор EMGA-40-P-G3-SAS-40	1	5000	5000
Кронштейн 1098473_EAHF_V1_32_P_6_0	1	480	480
Всього з врахування коефіцієнт транспортних витрат			12298,00

5.3.5 Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт

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

Балансову вартість спецустаткування розраховуємо за формулою:

$$B_{\text{спец}} = \sum_{i=1}^k C_i \cdot C_{\text{пр.}i} \cdot K_i, \quad (5.13)$$

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

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

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

k – кількість найменувань устаткування.

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

Отримані результати зведемо до таблиці:

Таблиця 5.9 – Витрати на придбання спецустаткування по кожному виду

Найменування устаткування	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Напилювальна Установка ЧПУ	1	245000	269500
Всього			269500

5.3.6 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:

$$A_{обл} = \frac{Ц_б}{T_г} \cdot \frac{t_{вик}}{12}, \quad (5.14)$$

де $Ц_б$ – балансова вартість обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, які використовувались для проведення досліджень, грн;

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

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

$$A_{обл} = (9000 \cdot 2) / (4 \cdot 12) = 187,5 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 5.10 – Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн
Плазмотрон	9000	4	1	187,50
Приводи „Festo”	30000	4	1	625,00
Комп’ютер	6200	2	1	258,33
Всього				1070,83

5.3.7 Паливо та енергія для науково-виробничих цілей

Витрати на силову електроенергію (B_e) розраховуємо за формулою:

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{eni}}{\eta_i}, \quad (5.15)$$

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, $K_{eni} < 1$;

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

$$B_e = 0,25 \cdot 315 \cdot 7,5 \cdot 0,5 / 0,8 = 369,14 \text{ грн.}$$

5.3.8 Службові відрядження

До статті «Службові відрядження» дослідної роботи 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:

$$B_{cv} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{cv}}{100\%}, \quad (5.16)$$

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

$$B_{cv} = (27318 + 222,7) \cdot 20 / 100\% = 5508,17 \text{ грн.}$$

5.3.9 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:

$$I_v = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{iv}}{100\%}, \quad (5.17)$$

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

$$I_v = (27318 + 222,7) \cdot 50 / 100\% = 13770,4 \text{ грн.}$$

5.3.10 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:

$$B_{нзв} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{нзв}}{100\%}, \quad (5.18)$$

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

$$B_{нзв} = (27318 + 222,7) \cdot 100 / 100\% = 27540,85 \text{ грн.}$$

Витрати на проведення науково-дослідної роботи на тему «Інформаційна технологія моніторингу безпеки даних програмного забезпечення» розраховуємо як суму всіх попередніх статей витрат за формулою:

$$B_{заг} = Z_o + Z_p + Z_{дод} + Z_n + M + K_e + B_{специ} + B_{прз} + A_{обл} + B_e + B_{св} + B_{сп} + I_e + B_{нзв}. \quad (5.19)$$

$$B_{заг} = 27318 + 222,7 + 3029,49 + 6725,47 + 252,12 + 12298,00 + 269500 + 1070,83 + 369,14 + 5508,17 + 13770,4 + 27540,85 = 367605,35 \text{ грн.}$$

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

$$ЗВ = \frac{B_{заг}}{\eta}, \quad (5.20)$$

де η - коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання науково-дослідної роботи, прийmemo $\eta = 0,7$.

$$ЗВ = 367605,35 / 0,7 = 525150,50 \text{ грн.}$$

5.4 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 проведених досліджень передбачають комерціалізацію протягом 3-х років реалізації на ринку.

В цьому випадку основу майбутнього економічного ефекту будуть формувати:

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

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

C_o – вартість послуги у році до впровадження інформаційної системи, прийmemo 11800,00 грн;

$\pm\Delta C_o$ – зміна вартості послуги від впровадження результатів, прийmemo зростання на 300,00 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 [Козловський, Лесько, Кавецький]:

$$\Delta\Pi_i = (\pm\Delta C_o \cdot N + C_o \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\vartheta}{100}\right), \quad (5.21)$$

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

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

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

Збільшення чистого прибутку 1-го року:

$$\Delta\Pi_1 = (1 \cdot 300 + 11800 \cdot 300) \cdot 0,83 \cdot 0,4 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 620151,44 \text{ грн.}$$

Збільшення чистого прибутку 2-го року:

$$\Delta\Pi_2 = (1 \cdot 300 + 11800 \cdot (300 + 200)) \cdot 0,83 \cdot 0,4 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 1033800,3 \text{ грн.}$$

Збільшення чистого прибутку 3-го року:

$$\Delta\Pi_3 = (1 \cdot 300 + 11800 \cdot (300 + 200 + 250)) \cdot 0,83 \cdot 0,4 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 1550550,5 \text{ грн.}$$

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

$$ПП = \sum_{i=1}^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^t}, \quad (5.22)$$

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

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

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

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

$$\begin{aligned} ПП &= 620151,44 / (1+0,18)^1 + 1033800,3 / (1+0,18)^2 + 1550550,5 / (1+0,18)^3 = \\ &= 2136192,6 \text{ грн.} \end{aligned}$$

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

$$PV = k_{инв} \cdot 3B, \quad (5.23)$$

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 525150,50 грн.

$$PV = k_{инв} \cdot 3B = 2 \cdot 525150,50 = 1050301 \text{ грн.}$$

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

$$E_{абс} = ПП - PV \quad (5.24)$$

де $ПП$ – приведена вартість зростання всіх чистих прибутків від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, 2136192,6 грн;

PV – теперішня вартість початкових інвестицій, 1050301 грн.

$$E_{абс} = ПП - PV = 2136192,6 - 1050301 = 1085891,59 \text{ грн.}$$

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

$$E_g = T_{ж} \sqrt[3]{1 + \frac{E_{абс}}{PV}} - 1, \quad (5.25)$$

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

PV – теперішня вартість початкових інвестицій, грн;

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

$$E_g = T_{ж} \sqrt[3]{1 + \frac{E_{абс}}{PV}} - 1 = (1 + 1085891,59 / 1050301)^{1/3} - 1 = 0,45.$$

Мінімальна внутрішня економічна дохідність вкладених інвестицій $\tau_{мін}$:

$$\tau_{мін} = d + f, \quad (5.26)$$

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, приймемо 0,25.

$\tau_{\min} = 0,1 + 0,25 = 0,35 < 0,45$ свідчить про те, що внутрішня економічна дохідність інвестицій E_g , які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки вища мінімальної внутрішньої дохідності. Тобто інвестувати в науково-дослідну роботу за темою «Інформаційна технологія онтологічного моделювання бази знань з організації бібліотеки» доцільно.

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

$$T_{ок} = \frac{1}{E_g}, \quad (5.27)$$

де E_g – внутрішня економічна дохідність вкладених інвестицій.

$$T_{ок} = 1 / 0,45 = 2,2 \text{ р.}$$

$T_{ок} < 3$ -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 становить 37 балів, що, свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень оскільки рівень комерційного потенціалу розробки вище середнього.

При оцінюванні рівня конкурентоспроможності, згідно узагальненого коефіцієнту конкурентоспроможності розробки, науково-технічна розробка переважає існуючі аналоги приблизно в 1,96 рази.

Також термін окупності становить 2,2 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.

ВИСНОВКИ

Розглянувши ряд переваг та недоліків основних методів відновлення. Обрано раціональний метод – плазмове напилювання порошком для напилювання ПГ-10Н-04, створений на нікелевій основі системи Ni – Cr – В – Si – С – Fe. Його твердість регулюється вмістом С, В, Cr в межах 45 - 52 HRC. Напилені даним порошком поверхні мають допустиму робочу температуру до 800°C. Цей порошок використовують для напилювання деталей корозійностійких, вуглецевих та інших сталей. Властивість до самофлюсування даного порошку обумовлена наявністю в його складі бора і кремнію.

Висока продуктивність процесу, незначний нагрів деталі, висока зносостійкість, простота використання обладнання – це все суттєві переваги напилення, як способу нанесення покриттів на деталі, що відновлюються.

1. На підставі дослідження закономірностей зміни потужності плазмотрону показано, що для гарного проплавлення частиц порошку ПГ-12Н-01 на основі нікелю достатньою є потужність 23 кВт;

2. Подальший розвиток отримало дослідження на основі побудованої математичної моделі двофазного плазмового струменя, яке показало, що оптимальна дистанція напилення лежить в межах 650-750 мм .

3. Удосконалено плазмовий розпилювач для напилення покриттів, що дозволяє підвищити продуктивність пристрою та можливість регулювання режимів нанесення покриттів

4. Продовжено дослідження на металі деталі напиленному порошковим сплавом ПГ-12Н-01, які показали, що спостерігається достатньо тісний зв'язок між зносостійкістю і твердістю набутою в процесі напилювання.

5. Застосування обладнання і технології плазмового напилення, забезпечення оптимальних умов формування покриттів, дозволяє значно збільшити сферу практичного застосування цієї технології і підвищити її ефективність.

6. Використовуючи базу “Festo” спроектовано:

– розпилюючий пристрій;

- механізм для обертання деталі;
- установку для відновлення;
- робоче місце та ін.

7. Застосування запропонованої технології дозволить збільшити завантаження підприємства за рахунок надходження заказів на ремонт і відновлення деталей інших підприємств, які не є власником даної технології, а також за рахунок заказів від приватних осіб.

8. При оцінюванні рівня конкурентоспроможності, згідно узагальненого коефіцієнту конкурентоспроможності розробки, науково-технічна розробка переважає існуючі аналоги приблизно в 1,96 рази.

Також термін окупності становить 2,2 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.

9. Визначено кількість вогнегасників у виробничому приміщенні. Розроблено превентивні заходи по підвищенню безпеки роботи в умовах дії надзвичайних ситуацій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Павлов О. Г. Аналіз технологій компенсації зношеного шару металевих поверхонь / О. Г. Павлов, К. А. Мірошніченко // Вісник Сумського національного аграрного університету, випуск №10. – 2013. – С. 22 –23.
2. Нанесення покриття : [навчальний посібник] / [В. М. Корж, В. Д. Кузнецов, Ю. С. Борисов, К. А. Ющенко] ; за редакцією академіка НАН України К. А. Ющенка – К. : Аристей, 2005. – 204 с.
3. Ющенко К.А. Інженерія поверхні / К.А. Ющенко, Ю.С. Борисов, В.Д. Кузнецов // К.:Наукова думка. – 2007. – 557с.
4. Шиліна О. П., Осадчук А. Ю. “Газотермічні методи напилювання покриття”, – ВНТУ, Вінниця, 2005;
5. Шиліна О. П., Осадчук А. Ю. Газотермічна обробка матеріалів . Лабораторний практикум.- Вінниця: ВНТУ , 2004, - 73 с.
6. Канарчук В.С. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. У. 3 кн. Кн. 3.
7. Ремонт транспортних засобів: Підручник / В.Є.Канарчук, О.А.Дудченко, А.Д. Чигрінець.—К.: Вища школа, 1994. - 599с: ил.
8. Кудинов В. В., Пекшев П. Ю., Белащенко В. Е. и др. Нанесение покрытий плазмой. – Киев: Наук. думка, 1983. –264с.
9. Максимович Г.Г., Шатинский В.Ф., Копылов В.И. Физико-химические процессы при плазменном напылении и разрушении материалов с покрытиями. – Киев: Наук. думка, 1983. – 264 с.
10. Наплавлення: навч. посібник // Власов А.Ф., Кузнецов В.Д., Макаренко Н.О., Богущкий О.А. – Краматорськ, ДДМА, 2010. – 336с.
11. Гругурко І.О. Технологія машинобудування (дипломне проектування. Навчальний посібник./І.О. Григурко, М.Ф. Брендюля, С.М. Доценко – 2007р. –768 с.

12. Іванов М.І., Дусанюк Ж.П., Дусанюк С.В., Іванова О.М., Шаргородський С.А. Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування Частина 1. Навчальний посібник.- Вінниця: ВНАУ. 2007;75 с.

13. Іванов М.І., Дусанюк Ж.П., Дусанюк С.В., Іванова О.М. Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування Частина 2. Навчальний посібник.- Вінниця: ВНАУ. 2009;

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

15. Савуляк В.І., Технічне нормування в ремонтному виробництві / В.І. Савуляк С.П. Білошицький. - Вінниця: ВНТУ [Електронний ресурс], 2009.

16. Гайдамак О.Л. Вузли та деталі ремонтного виробництва автотракторної техніки. Лабораторний практикум / О.Л. Гайдамак, В.І. Савуляк. - Вінниця: ВНТУ, 2006. - 92 с.

17. Токаренко В.М. Технологія автодорожнього машинобудування та ремонту машин / В.М. Токаренко. - К.: Вища школа, 1992. - 221 с.

18. Савуляк В.І. Відновлення деталей автомобілів. Лабораторний практикум /

В.І. Савуляк, В.Т. Івацько. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 116 с.

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

20. www.festo.com.ua.

21.15. <http://www.plasmacentre.ru/technology/17.php>

22. <http://www.plackart.com/coatings/plazmennoe-pokrytie-napylenie.html>

23. <http://www.findpatent.ru/patent/226/2263725.html>

24. <http://weldzone.info/technology/gas-sputtering/811-plazmennoe-napylenie>

25 http://www.yondi.ru/inner_c_article_id_1305.phtm

26. <http://www.allmetals.ru/sortament/index.php?cid=1&sid=9&gid=33806>

27. <http://uk.wikipedia.org/wiki/Шліфування>

28. <http://uk.wikipedia.org/wiki/Фрезерування>

29. 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

30. ДСТУ ISO 45001:2019 Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 45001:2018, IDT). URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=88004.

31. НПАОП 0.00-4.12-05. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-05>

32. ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. URL: <https://www.alutal.com.ua/wp-content/uploads/2021/02/dstu-8829-2019-1.pdf>

33. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125>

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

35. НАПБА.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. К. : МВС України, 2014. 47 с ДБНВ.2.5-27-2006. Захисні заходи

36. 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.

36. 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
(обов'язковий)

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

**ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ
ОПОРНОГО ВАЛУ КОНВЕЄРА ТИПУ КС**

ПОГОДЖЕНО



Керівник або заступник

Назва підприємства або установи

Евразіа Р.М.

Ініціали та Прізвище

Сергеев

2023 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ГМ,

д.т.н., проф.

Л. Кошму Леонід ПОЛЩУК

"18" вересня 2023 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХПОВЕРХОНЬ ОПОРНОГО ВАЛУ КОНВЕЄРА ТИПУ КС

08 – 62.МКР.008.00.000 ТЗ

Керівник: к.т.н., доцент каф. ГМ

Олена ШИЛІНА

Виконав: ст.гр. 13В-22м

Дмитро ПЕЧЕНИЦЯ

Вінниця ВНТУ 2023

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

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

1 Назва та об’єкт проектування

Назва: Підвищення якості відновлення робочих поверхонь опорного валу конвеєра типу кс

Умовне позначення: 08 – 62.МКР.008.00.000 ТЗ

Деталь «вал – шестерня поворотного редуктора» - є складовою зернозбирального комбайну у сільськогосподарському виробництві.

Вал-шестерня входить до поворотного редуктора. Ось несучого вала, співпадає з віссю вихідного вала редуктора, і це дозволяє найбільш раціональним способом скомпонувати редуктор, виконати в одну лінію вісь повороту механізму повороту і ведучого валу, що спрощує конструкцію, зменшує її габарити, металоємкість і вартість комбайна.

Найбільш точними є поверхні $\phi 120k6_{(-0,022)}$ і $\phi 100k6_{(-0,022)}$ оскільки вони виконані по 6 квалітету точності, він може бути забезпечений при механічній обробці на верстатах з числовим програмним керуванням.

Деталь в цілому технологічна, майже всі поверхні мають добрий доступ для обробки але і є нетехнологічні елементи.

Поверхні $\phi 120k6_{(-0,022)}$ і $\phi 100k6_{(-0,022)}$ виконанні під посадку підшипника. Поверхня $\phi 125$ в контакт з зубчастим колесом, в результаті чого зубець шліца зношується по товщині.

Не технологічними елементами даної деталі є зубчасте колесо ($\phi 202$), та шліцьова поверхня ($D10 \times 112 \times 125h7_{(-0,022)}$) які досить важко піддаються механічній обробці.

Вал-шестерню використовують у відповідальних передачах з великими навантаженнями, але виготовлення таких валів потребує спеціального обладнання

та складних методів обробки. Отже нанесення покриття на зношену, але сформовану поверхню є доцільний та економічно-вигідний і таким методом є наплавлення в середовищі вуглекислого газу.

Цей метод дозволяє не тільки економити матеріал, збільшувати довговічність поверхонь які більш всього піддаються навантаженням, економити енергоресурси, але й дає можливість значно прискорити виробничій процес та за короткий час відновити вал-шестерню для подальшої експлуатації.

2 Мета, призначення та джерела розробки

Розробка технологічного процесу проводиться на основі завдання на дипломний проект згідно наказу ректора, складеного у відповідності до вимог навчального плану підготовки магістрів у ВНТУ “18” вересня 2023 року № 247

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

Мета і завдання роботи

Метою є розробка ефективної технології відновлення робочих поверхонь опорного валу конвеєра на основі досліджень впливу параметрів режимів відновлення та зміни потужності плазмотрону.

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

- Дослідити закономірність зміни потужності плазмотрону для гарного проплавлення частиц порошку ПГ-12Н-01 на основі нікелю.
- Встановити оптимальну дистанцію при плазмовому напилюванні.
- Вдосконалити плазмовий розпилювач для підвищення продуктивності пристрою та можливості регулювання режимів нанесення покриттів.

- Розрахувати та призначити режими механічної обробки до та після нанесення покриття.
- Розробити установку з числовим програмним керуванням, яка здатна значно підвищити якість процесу відновлення робочих поверхонь деталі.

Джерелами розробки є:

- методика проектування технологічного процесу відновлення вал-шестерні;
- методика модернізації та проектування конструкції технологічного обладнання;
- вимоги до комплекту документів “Єдина система конструкторської та технічної документації”;
- загальні правила класифікації, розробки технологічних процесів і вибір засобів технологічного оснащення та процесів Р 50-54-93-88;
- ДЕСТ 14.305-93 – Правила вибору технологічної оснастки;
- технічна література, довідникові видання:
 1. Савуляк В.І., Ремонт та відновлення деталей машин та апаратів. Методичні вказівки до виконання курсових проектів / В.І. Савуляк. - Вінниця: ВНТУ [Електронний ресурс], 2009.
 2. Шиліна О.П. Газотермічні методи напилювання покриттів. Навчальний посібник./ О.П. Шиліна, А.Ю. Осадчук/ ВНТУ, 2006. – 103 с
 3. Гругурко І.О. Технологія машинобудування (дипломне проектування. Навчальний посібник./І.О. Григурко, М.Ф. Брендюля, С.М. Доценко – 2007р. –768 с.
 4. Восстановление и повышение износостойкости и срока службы деталей машин / Под ред. д.т.н., проф. В.С. Попова. – Мотор Сич, 2004. – 394 с.
 5. Нанесення покриття : [навчальний посібник] / [В. М. Корж, В. Д. Кузнецов, Ю. С. Борисов, К. А. Ющенко] ; за редакцією академіка НАН України К. А. Ющенко – К. : Аристей, 2005. – 204 с.

6. Наплавлення: навч. посібник // Власов А.Ф., Кузнецов В.Д., Макаренко Н.О., Богуцький О.А. – Краматорськ, ДДМА, 2010. – 336с.

7. Козловський, В. О. Основи підприємництва : навчальний посібник. Видання 3-ге, переробл. та доповн. / В. О. Козловський. Вінниця : 2023. 132 с.

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

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

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

3 Технічні вимоги та економічні показники

3.1 Вимоги до загальної структури і послідовності проектування

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

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

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

Зміст стадій проектування та строки їх виконання визначаються завданням на дипломний проект.

3.2 Вихідні дані для технологічного проектування

Приймаємо наступні вихідні дані для технологічного проектування:

- річний обсяг ремонту вала-шестерні 1000 шт,
- знос поверхонь, що відновлюються менше 0,3 мм, від робочого креслення.

3.3 Вимоги до рівня уніфікації та стандартизації

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

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

3.4 Вимоги до охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

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

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

4 Стадії та етапи розробки

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

- розробка основної проектної задачі;
- технологічне проектування технологічного процесу;
- розробка обладнання та пристосування для технологічного процесу;
- охорона праці та безпеки життєдіяльності;
- економічна ефективність розробок.

5 Порядок контролю та приймання

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

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

Додаток Б
(обов'язковий)

ТЕХНІЧНА ДОКУМЕНТАЦІЯ

**ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ
ОПОРНОГО ВАЛУ КОНВЕЄРА ТИПУ КС**

Дубл.			
Взам.			
Подп.			

08-62.МКР.008.00.000.ТП

ВНТУ

08-62.
МКР.008.00.000.ТП

Опорний вал скребкового конвеєра типу КС

М К Р

Вінницький національний технічний університет
Кафедра Г М

Керівник
Доц., к.т.н. Шиліна О.П.

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ
На технологічний процес ремонту робочих
поверхонь опорного валу скребкового конвеєра типу КС

Студент гр. 13В-22м
Печениця Д.В.

Дубл.															
Взам.															
Подп.															
										08-62.МКР.008.00.000.ТП		1	1		
Розроб.	Печениця Д.В.			ВНТУ	УК.41.00.							08-62.МКР.008.00.002.ТП			
	Шиліна О.П.														
Перевір.															
				Вал опорний											
Н.контр.	Шиліна О.П.														
Наименование операции			Материал		Твердость		ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД		
010 Фрезерування			Сталь 40Х ГОСТ 4543-71		НВ 241-269		кг	23.5					1		
Оборудование, устройство ЧПУ			Обозначение программы		Т _о	Т _в	Т _{п-з}	Т _{шт}							
Повздожньо фрезерний верстат 6Т804Г					1,3	1,14	0,14	2,58							
Р					ПШ		D	L	t	i	s	n	V		
O 01	1. Установити заготовку; закріпити; зняти														
T 02	Центр І-5-Н ГОСТ 14034-74														
O 03	2. Фрезерувати послідовно поверхні 1 – 20 шт														
O 04	Дискова прорізна фреза Р6М5 ГОСТ 2679-73 D 80 мм														
T 05	Фреза Р6М6 ГОСТ 1336–62.														
O 06							130 _{-0,25}	110	0.5	14	0,07	800	101,53		
T07															
P08															
O09															
T10															
P11															
O12															
T13															
P 14															
OK	Операційна карта														

Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
										08-62.МКР.008.00.000.ТП									
Розроб.	Печениця Д.В.						ВНТУ			УК.41.00.						08-62.			
Перев.	Шиліна О.П.												МКР.008.00.004.ТП						
										Вал опорний									
Н.контр.	Шиліна О.П.																		
01	Код, наименование операции						Обозначение документа						МИ						
	020 Напилювання						НОТ №1875-82												
02							Код, наименование оборудования						Тв	То					
							Установка ЧПК та установка УПН – 4 – 64						0,96	25,86					
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала						Код, обозначение			ОП П	ЕВ	ЕН	КИ	Нрасх.					
Р	І, А	Р, кг/год	В, %	У, л/хв	т, кг														
Б 03	Напилювальний плазмотрон																		
М 04	Порошок ПГ-10Н-04																		
05	Аргон першого сорту																		
О 06	1. Установити деталь, закріпити, зняти																		
07	2. Напилити поверхню деф. 1 до розміру $\varnothing 131,873$ мм																		
08	Напилити поверхню деф. 2 до розміру $\varnothing 101,873$ мм																		
Р 09	90	1,5	5	13	0,7														
Р 10																			
О 11																			
Р 12																			
О 13																			
Р 14																			
15																			
ОК	Операційна карта наплавлення																		

Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
										08-62.МКР.008.00.000.ТП									
Розроб.	Печениця Д.В.			ВНТУ			УК.41.00.			08-62. МКР.008.00.006.ТП									
Перев.	Шиліна О.П.																		
				Вал опорний															
Н.контр.	Шиліна О.П.																		
01	Код, наименование операции					Обозначение документа							МИ						
	030 Шліфування					НОТ №1875-82													
02						Код, наименование оборудования					Тв	То							
						5A872M					0,88	17,82							
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала					Код, обозначение			ОП П	ЕВ	ЕН	КИ	Нрасх.						
Р									t,мм	S 1,8мм/хв	Vs, м/с	n,об/хв	Vкр,м/с						
О 03	1. Установити деталь, закріпити, зняти																		
Т 04	Центр I-5-Н ГОСТ 14034-74																		
О 05	2. Шліфувати послідовно поверхні 1 – 20 шт до Ø130 _{-0,25} мм.																		
О 06	63С50ПСМ25К8 ПП-21 ГОСТ 17123-79																		
Т 07																			
О 08									0,015	1,8	0,27	2200	35						
О 09																			
Т 10																			
11																			
Р 12																			
13																			
14																			
15																			
ОК	Операційна карта шліфування																		

Дубл.															
Взам.															
Подл.															
										08-62.МКР.008.00.000.ТП					
Розроб.	Печениця Д.В.			ВНТУ			УК.41.00.			08-62. МКР.008.00.007.ТП					
Пров.	Шиліна О.П.														
Н.контр.	Шиліна О.П.			Вал колесного крана											
Наименование операции							Наименование, марка материала							МД	
							Сталь 40Х ГОСТ 4543-81								
Наименование оборудования					То	Тв						Обозначение ИОТ			
035 Контрольна												№14-315			
Р	Контролируемые параметры			Код средств ТО			Наименование средств ТО					Объем и ПК		То/Тв	
01	1. $\varnothing 130_{-0,25\text{мм}}$, 2. $\varnothing 100_{+0,003\text{мм}}$,						ШЦ-1-125-0.1 ГОСТ 166-73					2	3,2/0,48		
02							Шаблони					2			
03	3.Шорсткість оброб. поверхні						Зразки шорсткості поверхні ГОСТ 2789-73								
04	4. Відхилення від циліндричності						Пристрій контрольний					2			
05															
06															
07															
08															
09															
10															
11															
12															
13															
14															
ОК		Технічний контроль													

Дубл.														
Взам.														
Подп.														

08-62.
МКР.008.00.000.ТП

Розроб.	Печениця Д.В.			ВНТУ										
Перев.	Шиліна О.П.													
М.контр.					Вал опорний									
Н.контр.	Шиліна О.П.													

А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа													
						СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К _{шт}	Т _{пз}	Т _{шт}			
Б					Код, наименование оборудования														
01				010	Центр I-5-Н ГОСТ 14034-74; Фреза Р6М6 ГОСТ 1336-62; ШЦ-1-125-0,1														
02				015	Патрон трикулачковий. РізецьТ15К6 ГОСТ 18869-73; ШЦ-1-125-0,1														
03				020	Центр I-5-Н ГОСТ 14034-74; плазмотрон; ШЦ-1-125-0,1; установка ЧПК; установка УПН – 4 – 64														
04				025	Патрон трикулачковий РізецьТ5К10 ГОСТ 18869-73; ШЦ-1-125-0,1														
05				030	Центр I-5-Н ГОСТ 14034-74; абразивний круг 63С16СМ1К8 ПП-21 ГОСТ 17123-79; ШЦ-1-125-0,1														
06				035	Шаблон, кутомір, зразки шорсткості поверхні ГОСТ 2789 – 73.														
07																			
08																			
09																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			

Дубл.														
Взам.														
Подп.														
										08-62.МКР.008.00.000.ТП		1	1	
Розроб.	Печениця Д.В.			ВНТУ							08-62.МКР.008.00.002ТП			
Перевір.	Шиліна О.П.													
Н.контр.	Шиліна О.П.			Вал опори										
Найменування операції			Матеріал		Твердість		ЕВ	МД	Профіль и розміри				МЗ	КОИ Д
015 Токарна			Сталь 40Х ГОСТ 4543-71		НВ 230		кг	23.5					23	1
Оборудование, устройство ЧПУ			Позначення програми		Т _о	Т _в	Т _{п.-з}	Т _{шт}						
Токарний верстат 16К20Ф3			500		2,01	0,83	2,66	5,5						
Р					ПШ		Дмм	L мм	t мм	i	S мм/об	Ноб/х в	Vм/хв	
О 01	1. Установити заготовку; закріпити; зняти													
Т 02														
О 03														
Т 04	1. Точити поверхню Ø100 _{+0,003} мм,													
Р 05	перехід 1						100	240	0,3	1	0,24	500	157	
06														
07														
08														
09														
10														
11														
12														
13	Різець Т15К6 ГОСТ 18869-73; ШЦ-1-125-0,1													
ОК	Операційна карта													

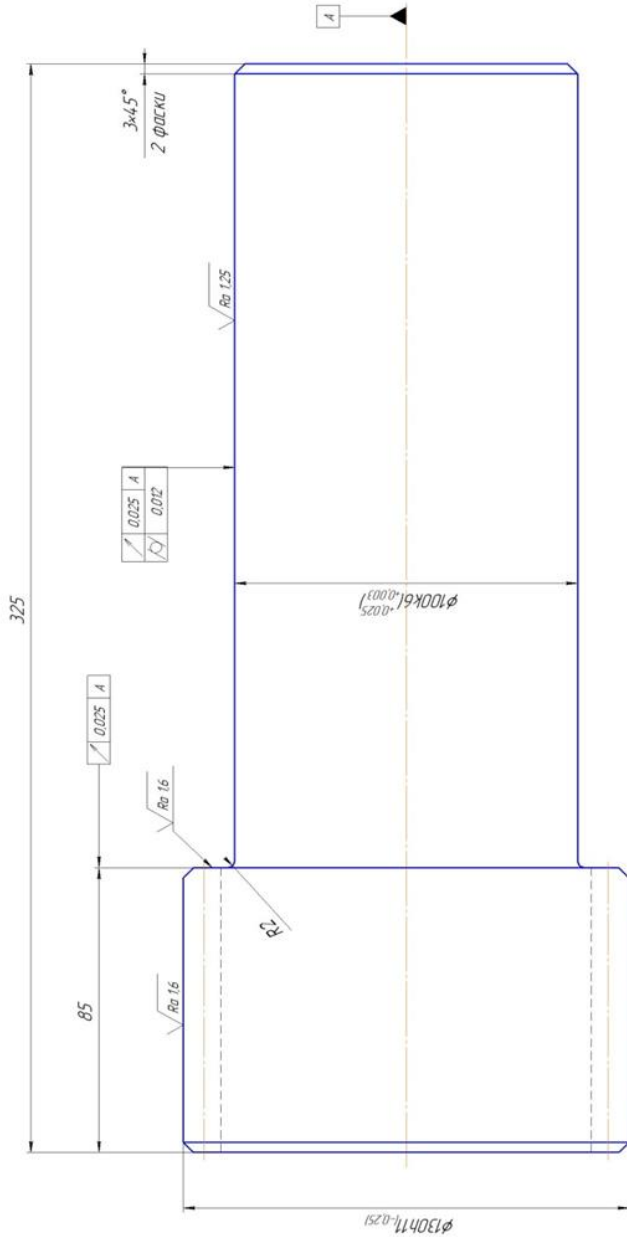
Дубл.														
Взам.														
Подп.														
						08-62.МКР.008.00.000.ТП			1	1				
Розроб.	Печениця Д.В.			ВНТУ								08-62.МКР.008.00.005.ТП		
Перевір.	Шиліна О.П.													
Н.контр.	Шиліна О.П.			Вал опори										
Найменування операції				Матеріал	Твердсть	ЕВ	МД	Профіль и розміри				МЗ	КОИ Д	
025 Токарна				Сталь 40Х ГОСТ 4543-71	НВ 552	23кг	3					4,9	1	
Оборудование, устройство ЧПУ				Позначення програми	T_o	T_B	T_{п-з}	T_{шт}						
Токарний верстат 16К20Ф3				500	4,21	1,66	5,32	13,61						
P					ΠИ	D	L	t	i	s	n	V		
О 01	1. Установити заготовку; закріпити; зняти					мм	мм	мм		мм/об	Об/хв	м/с		
Т 02														
О 03														
Т 04	1. Точити поверхню 1 перший перехід					100.3	240	0,7	1	0,7	160	50,24		
Р 05	2 другий перехід					100	240	0,3	1	0,24	500	157		
06														
07														
08														
09														
10														
11														
12														
13	Різець BK8 ГОСТ 18869-73; ШЦ-1-125-0,1													
ОК	Операційна карта													

Додаток В
(обов'язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА
ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ
ОПОРНОГО ВАЛУ КОНВЕЄРА ТИПУ КС

08-62 МКР 008.01.001

$\sqrt{Ra\ 6.3}$



Модуль	m	4
Кількість зубців	z	18
Діаметр ділячного кола	D_e	120
Діаметр впадин зубців	d	108
Ступінь точності		10-8-8-8

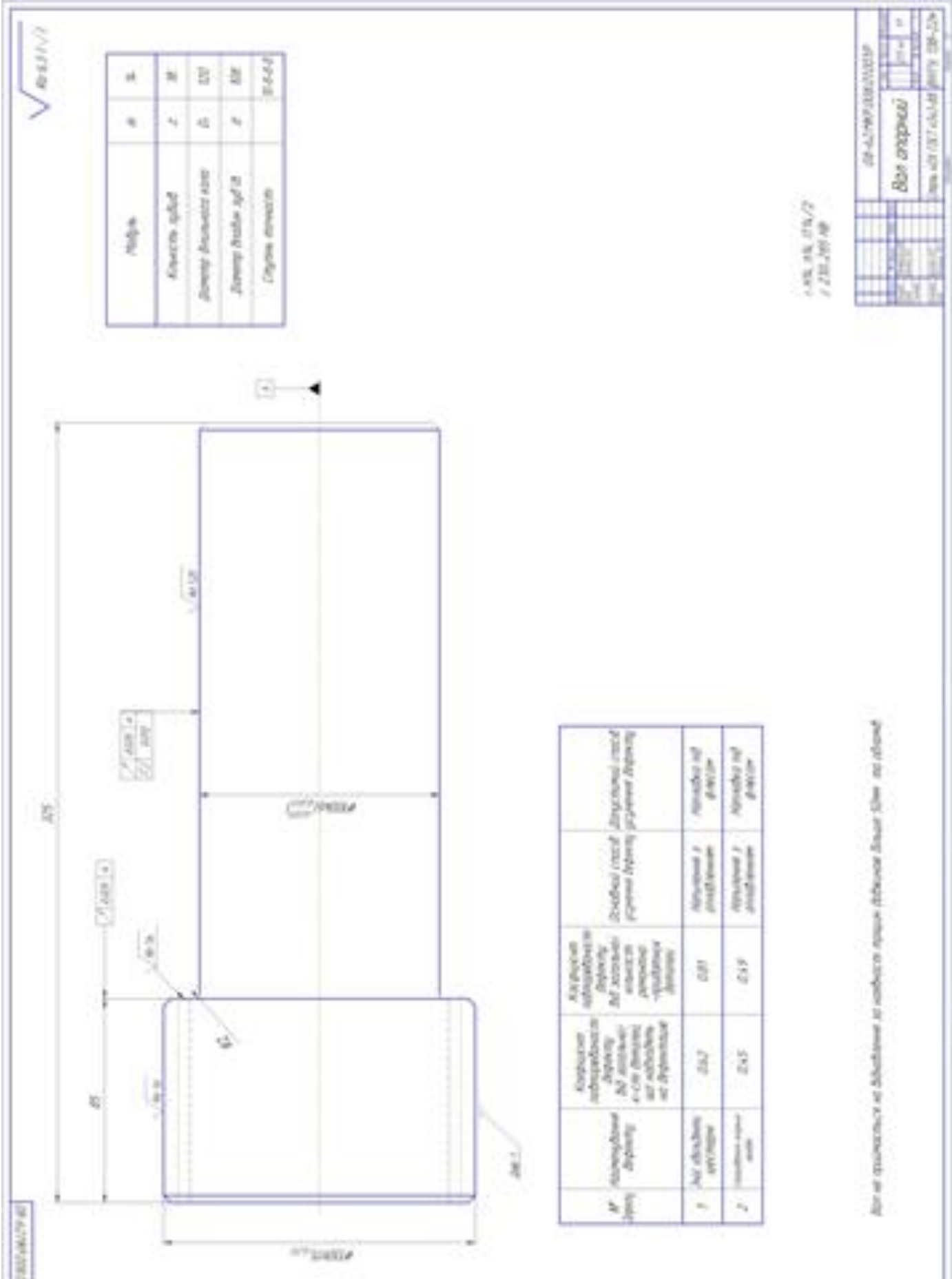
1 НК, НК, ПН, 2
2 Збільшено - 40.45 НРС

08-62 МКР 008.01.001	
Вид	235x2
Категорія	1
Матеріал	Сталь 45 ГОСТ 1050-88 ВНЧ, зр.138-22ч

Вал опору

Кресло № 1





РЕЗУЛЬТАТ

Наименование	№	М.
Корпус изделия	1	М
Крышка изделия	2	М
Свойства материала	1	М
Свойства материала	2	М
Свойства материала	3	М

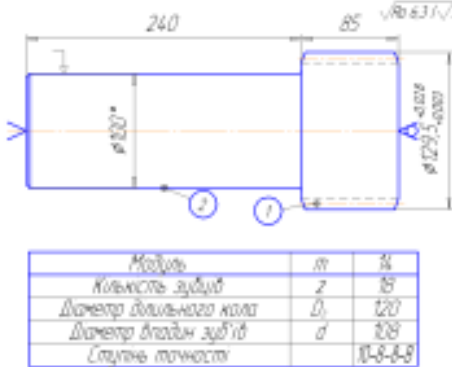
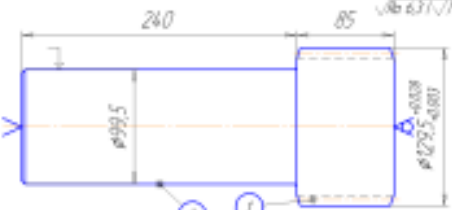
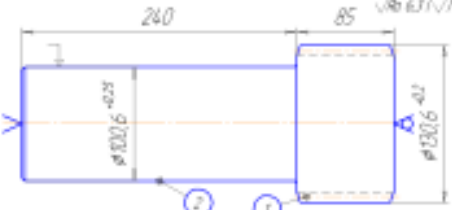
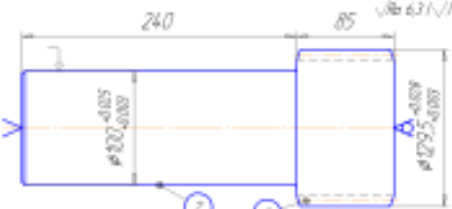

1-100, 110, 120, 130
1-100, 110, 120, 130

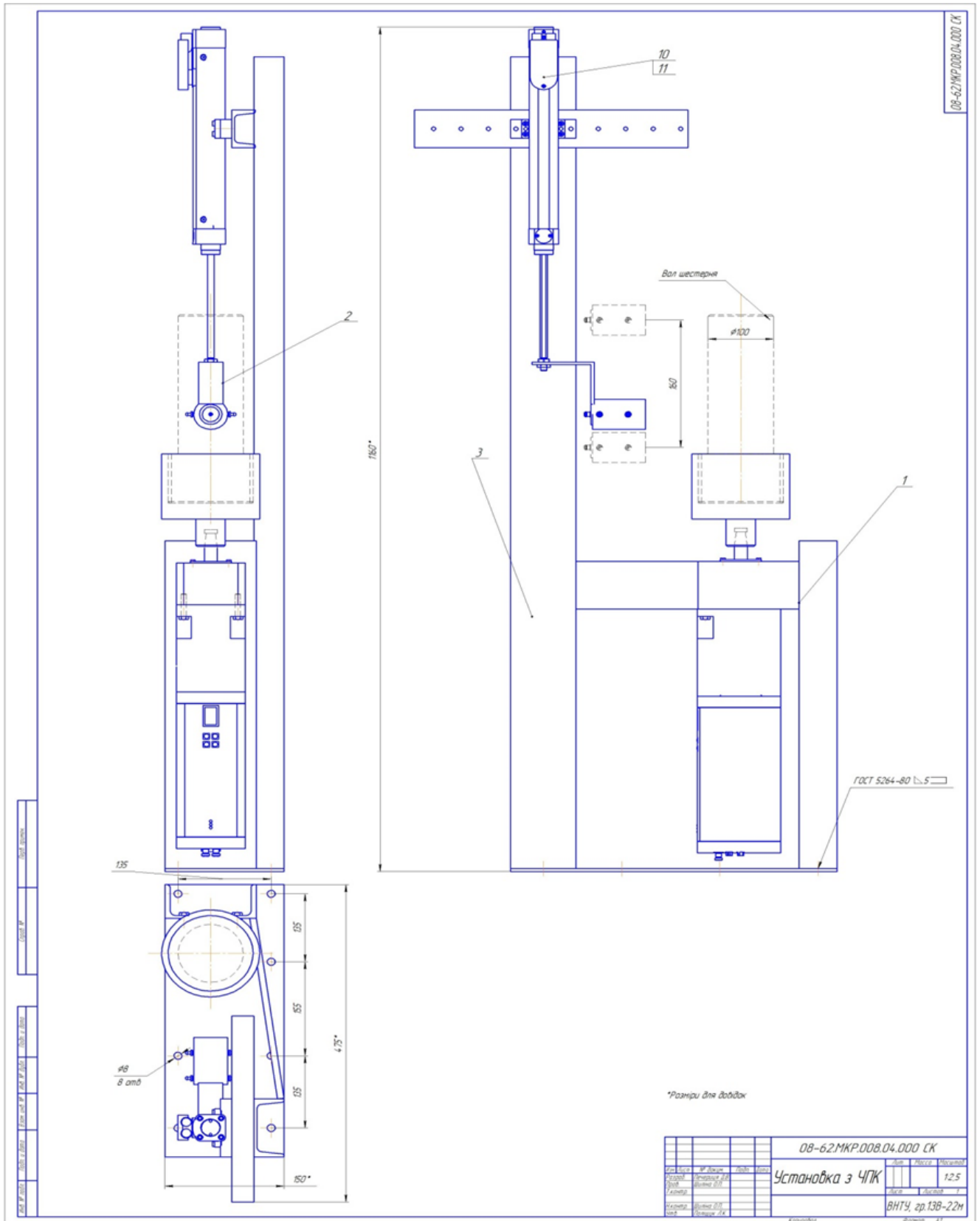
№		№	
1	100	1	100
2	110	2	110
3	120	3	120
4	130	4	130

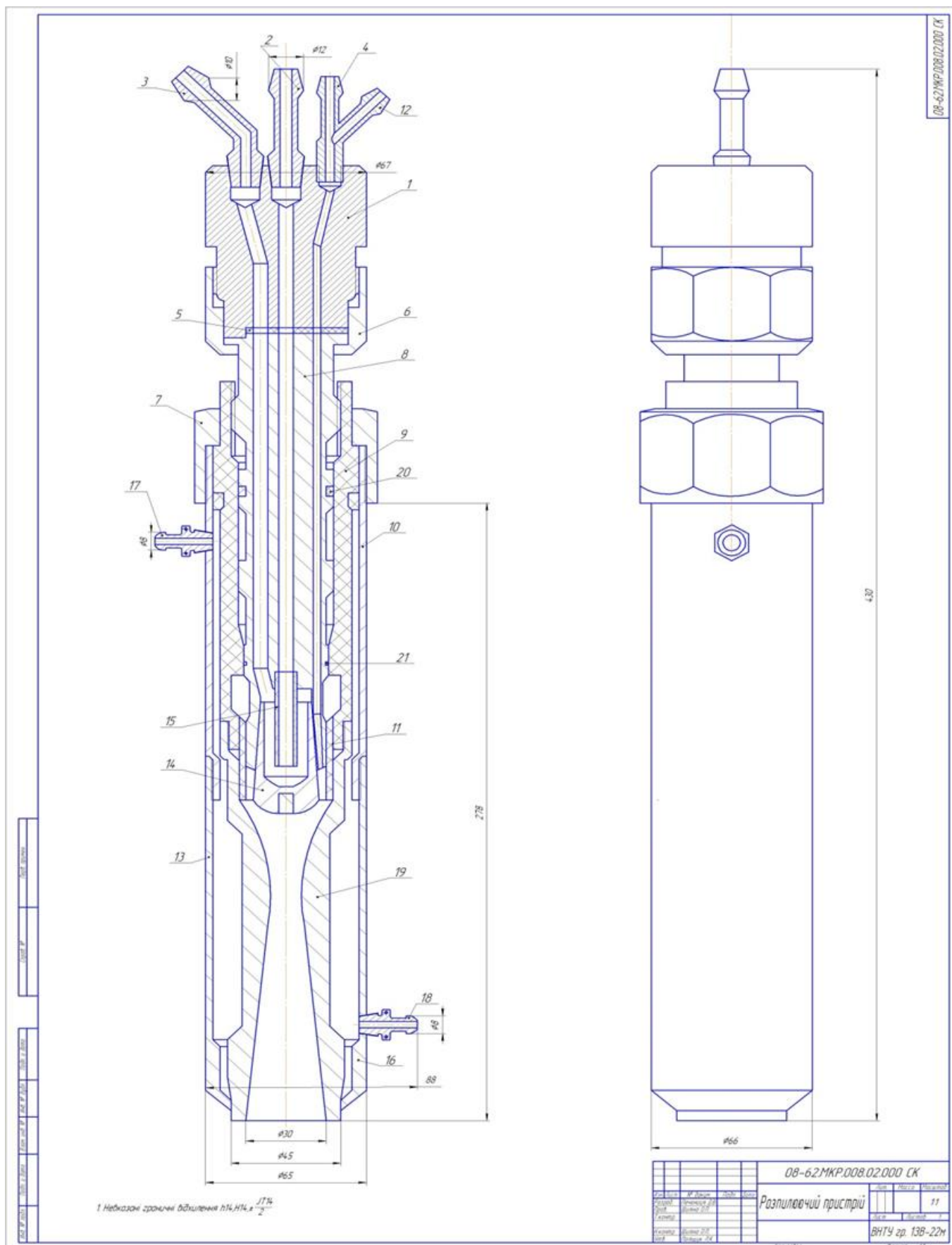
100-100/100/100/100

100-100/100/100/100

Fig. 1. Dimensions of the box and its parts. Scale: 1:1

№ опер	Операційні перекази	Операційний ескіз	модель верстата															
005	<p><i>Мийна</i></p> <p>1. Установити зняти деталь</p> <p>2. Мити заготовку різном лобачку 102</p>		<p>1. Мийний різнин «Лобачид»</p> <p>2. Мийна машина 0М-4610</p>															
010	<p><i>Фрезерувальна</i></p> <p>1. Установити зняти деталь</p> <p>2. Фрезерувати поверхню 1 до $\phi 129,5_{-0,007}^{+0,008}$</p>	 <table border="1" data-bbox="651 571 1045 689"> <thead> <tr> <th>Модель</th> <th>z</th> <th>В</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Кількість зубів</td> <td>18</td> <td>18</td> </tr> <tr> <td>Діаметр головного кола</td> <td>D</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>Діаметр впадин зубів</td> <td>d</td> <td>108</td> </tr> <tr> <td>Ступінь точності</td> <td colspan="2">IT8-IT9</td> </tr> </tbody> </table>	Модель	z	В	Кількість зубів	18	18	Діаметр головного кола	D	120	Діаметр впадин зубів	d	108	Ступінь точності	IT8-IT9		<p>1. Побудовально-фрезерний верстат 6Т804Г</p>
Модель	z	В																
Кількість зубів	18	18																
Діаметр головного кола	D	120																
Діаметр впадин зубів	d	108																
Ступінь точності	IT8-IT9																	
015	<p><i>Точарна</i></p> <p>1. Установити зняти деталь</p> <p>2. Частки поверхні 2 згідно ескізу до $\phi 99,5_{-0,007}^{+0,008}$</p>	 <table border="1" data-bbox="651 571 1045 689"> <thead> <tr> <th>Модель</th> <th>z</th> <th>В</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Кількість зубів</td> <td>18</td> <td>18</td> </tr> <tr> <td>Діаметр головного кола</td> <td>D</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>Діаметр впадин зубів</td> <td>d</td> <td>108</td> </tr> <tr> <td>Ступінь точності</td> <td colspan="2">IT8-IT9</td> </tr> </tbody> </table>	Модель	z	В	Кількість зубів	18	18	Діаметр головного кола	D	120	Діаметр впадин зубів	d	108	Ступінь точності	IT8-IT9		<p>1. Точарно-гвинтовий верстат 16К20Ф3</p> <p>2. Центр 1-5-Н</p>
Модель	z	В																
Кількість зубів	18	18																
Діаметр головного кола	D	120																
Діаметр впадин зубів	d	108																
Ступінь точності	IT8-IT9																	
020	<p><i>Напильвальна</i></p> <p>1. Установити зняти деталь</p> <p>2. Напилити поверхню 1 згідно ескізу до $\phi 100,6_{-0,007}^{+0,008}$</p> <p>3. передстановити деталь</p> <p>4. Напилити поверхню 2 згідно ескізу до $\phi 100,6_{-0,007}^{+0,008}$</p>	 <table border="1" data-bbox="651 571 1045 689"> <thead> <tr> <th>Модель</th> <th>z</th> <th>В</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Кількість зубів</td> <td>18</td> <td>18</td> </tr> <tr> <td>Діаметр головного кола</td> <td>D</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>Діаметр впадин зубів</td> <td>d</td> <td>108</td> </tr> <tr> <td>Ступінь точності</td> <td colspan="2">IT8-IT9</td> </tr> </tbody> </table>	Модель	z	В	Кількість зубів	18	18	Діаметр головного кола	D	120	Діаметр впадин зубів	d	108	Ступінь точності	IT8-IT9		<p>1. Установка УМП-4-64 з чпу</p> <p>2. Плазматрон</p>
Модель	z	В																
Кількість зубів	18	18																
Діаметр головного кола	D	120																
Діаметр впадин зубів	d	108																
Ступінь точності	IT8-IT9																	
025	<p><i>Точарна</i></p> <p>1. Установити зняти деталь</p> <p>2. Частки почини поверхні 2 згідно ескізу до $\phi 100,6_{-0,007}^{+0,008}$</p> <p>3. Частки почини поверхні 2 згідно ескізу до $\phi 100,6_{-0,007}^{+0,008}$</p>	 <table border="1" data-bbox="651 571 1045 689"> <thead> <tr> <th>Модель</th> <th>z</th> <th>В</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Кількість зубів</td> <td>18</td> <td>18</td> </tr> <tr> <td>Діаметр головного кола</td> <td>D</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>Діаметр впадин зубів</td> <td>d</td> <td>108</td> </tr> <tr> <td>Ступінь точності</td> <td colspan="2">IT8-IT9</td> </tr> </tbody> </table>	Модель	z	В	Кількість зубів	18	18	Діаметр головного кола	D	120	Діаметр впадин зубів	d	108	Ступінь точності	IT8-IT9		<p>1. Точарно-гвинтовий верстат 16К20Ф3</p> <p>2. Центр 1-5-Н</p>
Модель	z	В																
Кількість зубів	18	18																
Діаметр головного кола	D	120																
Діаметр впадин зубів	d	108																
Ступінь точності	IT8-IT9																	
030	<p><i>Шліфувальна</i></p> <p>1. Установити зняти деталь</p> <p>2. Шліфування чистоте поверхні 1 згідно ескізу до $\phi 100,6_{-0,007}^{+0,008}$</p> <p>3. Шліфування чистоте поверхні 1 згідно ескізу до номінального розміру</p>	 <table border="1" data-bbox="651 571 1045 689"> <thead> <tr> <th>Модель</th> <th>z</th> <th>В</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Кількість зубів</td> <td>18</td> <td>18</td> </tr> <tr> <td>Діаметр головного кола</td> <td>D</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>Діаметр впадин зубів</td> <td>d</td> <td>108</td> </tr> <tr> <td>Ступінь точності</td> <td colspan="2">IT8-IT9</td> </tr> </tbody> </table>	Модель	z	В	Кількість зубів	18	18	Діаметр головного кола	D	120	Діаметр впадин зубів	d	108	Ступінь точності	IT8-IT9		<p>1. Зубошліфувальний верстат 5А872М</p> <p>2. Центр 1-5-Н</p>
Модель	z	В																
Кількість зубів	18	18																
Діаметр головного кола	D	120																
Діаметр впадин зубів	d	108																
Ступінь точності	IT8-IT9																	
035	<p><i>Контрольна</i></p> <p>1. Виміряти розміри відокремленої поверхні</p> <p>2. Порівняти з розмірами на кресленні</p>		<p>1. Контрольний сліп</p> <p>Штангенциркуль</p>															

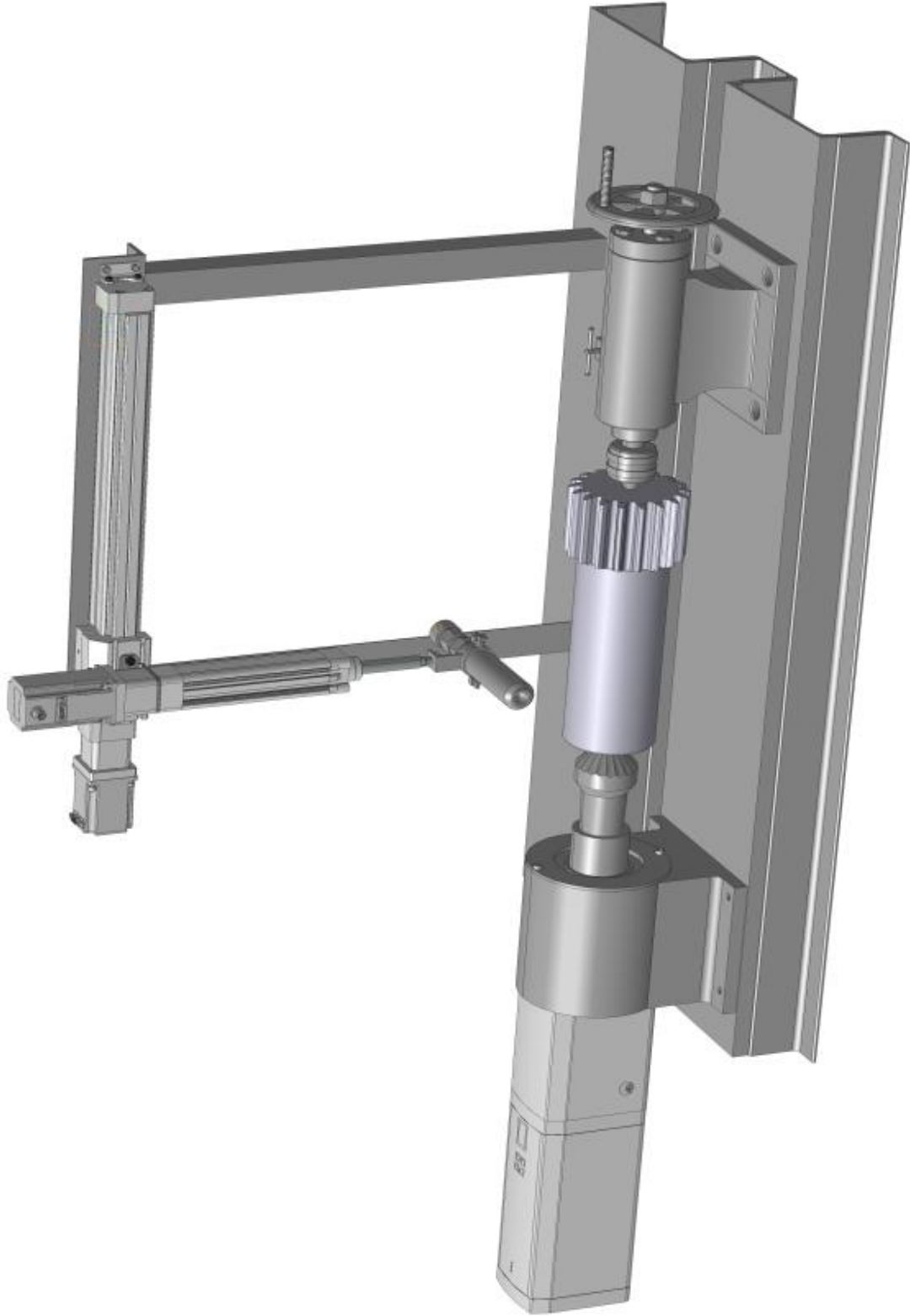


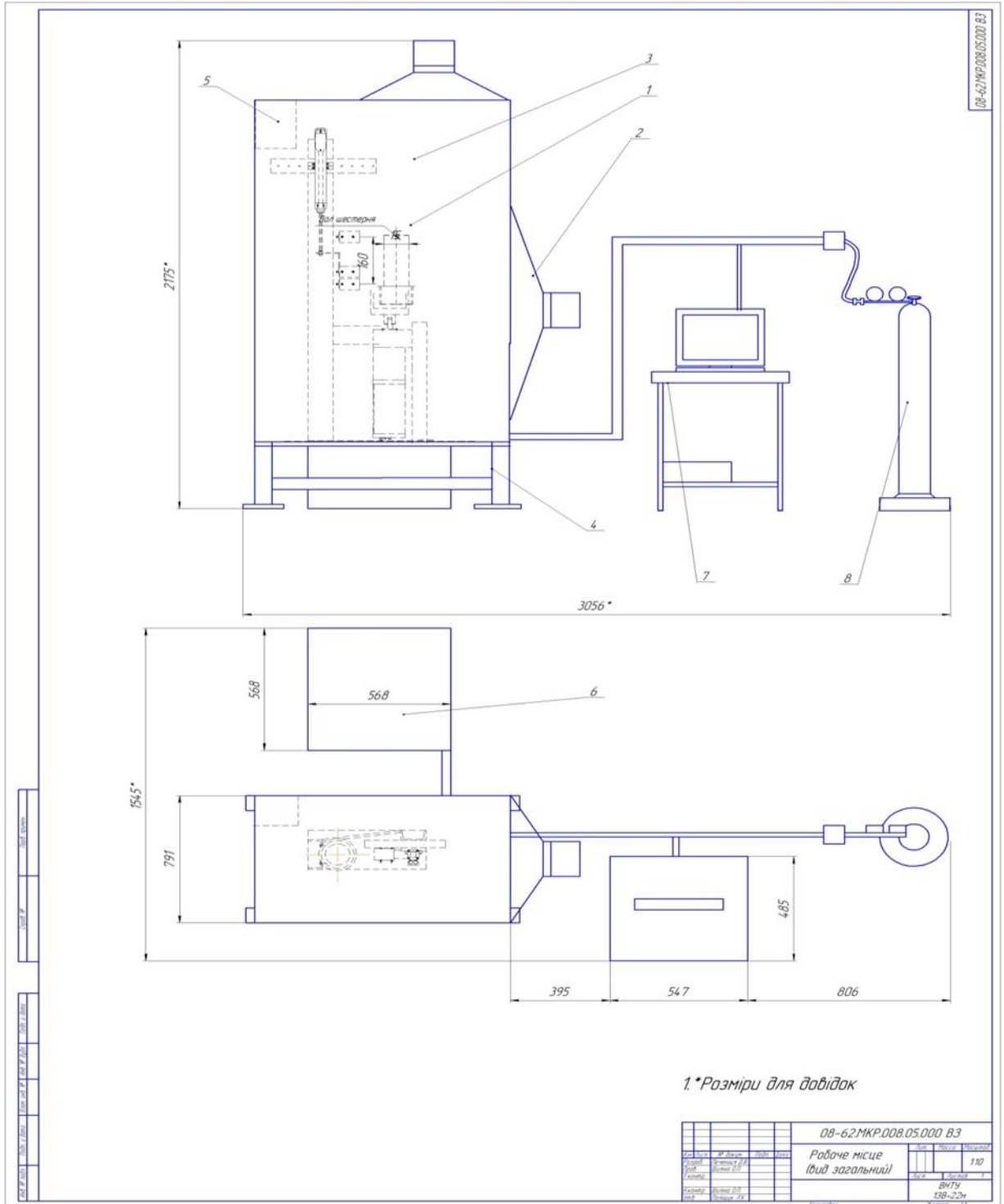


08-62МКР.008.02.000 СК

1 Неказані границі відхилення $\pm 1\%$, $\pm 1/2$

08-62МКР.008.02.000 СК				11
Разливочний пристрій				11
Категорія	Класифікація	Код	Вид	ВНТЗ зр. 136-22м
Категорія	Класифікація	Код	Вид	ВНТЗ зр. 136-22м





Додаток Г
(обов'язковий)

СПЕЦИФІКАЦІЯ
ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ
ОПОРНОГО ВАЛУ КОНВЕЄРА ТИПУ КС

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
08-30.ПРТТ.00.00.000						
A4			08-62.МКР.008.04.00.000 СК	Складальне креслення		
<u>Документація</u>						
<u>Складальні одиниці</u>						
A1	1		08-62.МКР.008.04.01.000	Обертач	1	
A1	2		08-62.МКР.008.04.02.000	Плазмотрон	1	
A1	3		08-62.МКР.008.04.03.000	Рама		
<u>Стандартні вироби</u>						
		10		Ось DNCE_32_200_LAS_H_6_0	1	
		11		Болт М6-6х25.58.016 ГОСТ 7898-70	2	
08-62.МКР.008.04.00.000						
Изм. Лист		№ докум.		Подп.	Дата	
Разраб.		Печениця Д.В.				
Проб.		Шилина О.Л.				
Н.контр.		Шилина О.Л.				
Утв.		Поліщук Л.К.				
				Установка з ЧПК		
			Лит.		Лист	Листов
			4		1	1
			ВНТУ ст.гр.13В-22м			
Копировал				Формат А4		

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
06-17.ДП.13-0273.00.00.000						<u>Документація</u>			
		A1			08-62.МКР.008.05.00.000 ВЗ	Вид загальний			
Справ. №						<u>Складальні одиниці</u>			
		A1	1		08-62.МКР.008.05.01.000	Установка з ЧПК	1		
		A1	2		08-62.МКР.008.05.02.000	Вентиляція	1		
		A1	3		08-62.МКР.008.05.03.000	Захисна камера	1		
		A1	4		08-62.МКР.008.05.04.000	Станина	1		
		A1	5		08-62.МКР.008.05.05.000	Механізм подачі порошку	1		
Підп. и дата						<u>Стандартні вироби</u>			
			6			Блок живлення ВДУ-506	1		
			7			Комп'ютер	1		
			8			Балон з плазмоутворюючим газом	1		
Підп. и дата									
Взам. инв. №									
Инв. № дубл.									
Підп. и дата									
					08-62.МКР.008.05.00.000				
Инв. № подл.		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
		Разрад.		Печениця Д.В.			Лит.	Лист	
		Проб.		Шилина О.П.			4	1	
		Н.контр.		Шилина О.П.			Листов		
		Утв.		Поліщук Л.К.			1		
Робоче місце							ВНТУ, ст.гр.13В-22м		

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документація</u>						
A1			08-62.МКР.008.02.000СК	Складальне креслення		
<u>Деталі</u>						
A4	1		08-62.МКР.008.02.002	Розподільник	1	
A4	6		08-62.МКР.008.02.003	Гайка накидна	1	
A4	7		08-62.МКР.008.02.004	Гайка корпусу	1	
A4	9		08-62.МКР.008.02.005	Ізолятор	1	
A4	10		08-62.МКР.008.02.006	Корпус	1	
A4	8		08-62.МКР.008.02.007	Корпус охолоджувача	1	
A4	14		08-62.МКР.008.02.008	Електродотримач	1	
A4	15		08-62.МКР.008.02.009	Трубка охолоджувальна	1	
A4	16		08-62.МКР.008.02.010	Мундштук	1	
A4	19		08-62.МКР.008.02.011	Сопло	1	
<u>Стандартні вироби</u>						
		2		Штуцер ГОСТ 16045-70	1	
		3		Штуцер ГОСТ 16045-70	1	
		4		Штуцер ГОСТ 16045-70	1	
		5		Прокладка ГОСТ 8752-79	1	
		12		Штуцер ГОСТ 16044-70	1	
		17		Штуцер ГОСТ 16044-70	1	
		18		Штуцер ГОСТ 16045-70	1	
			08-62.МКР.008.02.00			
Изм./лист		№ докум.		Подп.		Дата
Разраб.		Печениця Д.В.				
Проб.		Шилина О.Л.				
Н.контр.		Шилина О.Л.				
Утв.		Полещик Л.К.				
				Розпилюючий пристрій		
				Лист	Лист	Листов
				4	1	1
				ВНТУ, зр.13В-22М		
				Копировав		
				Формат А4		

Додаток Д
(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ
ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ
ОПОРНОГО ВАЛУ КОНВЕЄРА ТИПУ КС

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: «Підвищення якості відновлення робочих поверхонь опорного валу конвеєра типу КС»

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

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

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 85,5% Схожість 14,5%

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  Печениця Д.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи  Шиліна О.П.
(підпис) (прізвище, ініціали)