

Вінницький національний технічний університет

Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра галузевого машинобудування

Пояснювальна записка

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему: ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ
СОРОЖКИ ПРИВІДНОГО БАРАБАНАУ

Виконав: студент 2 курсу, групи 13В-18м
спеціальності 132 – «Матеріалознавство».
(шифр і назва спеціальності)

Хаян Роман Сергійович
(прізвище та ініціали)

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

Рецензент: _____

Вінниця - 2019 р.

Вінницький національний технічний університет .
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра галузевого машинобудування

Освітньо-кваліфікаційний рівень «магістр»

Спеціальність 132 – «Матеріалознавство»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри ГМ
д.т.н., професор Поліщук Л.К.

« 02 » жовтня 2019 р.

З А В Д А Н Н Я НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Хаяну Роману Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення якості відновлення робочих поверхонь сорочки
привідного барабану

керівник роботи Шиліна Олена Павлівна, к.т.н., доцент, каф. ГМ,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затвержені наказом ВНТУ від « 02 » жовтня 2019 року № 254 .

2. Строк подання студентом проекту (роботи): 18.12.2019 року .

3. Вихідні дані до роботи:

Креслення сорочки привідного барабану

Режим роботи – довготривалий;

Річна програма відновлення деталей N=1000 шт.;

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

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

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Шиліна О.П., к.т.н., доц., кафедри ГМ	2.10.2019р.	10.12.2019р.
Економіка виробництва	Лесько О.Й., д.е.н., проф., зав. кафедри ЕПВМ	2.10.2019р.	10.12.2019р.
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Віштак І.В., доцент кафедри БЖД та ПБ	2.10.2019р.	10.12.2019р.

7. Дата видачі завдання « 01 » лютого 2019 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)	02.10.19 р.	
2	Виконання спеціальної частини МКР. Перший рубіжний контроль виконання МКР	26.10.19 р.	
3	Виконання спеціальної частини МКР. Другий рубіжний контроль виконання МКР	15.11.19 р.	
4	Виконання розділу «Економіка виробництва»	27.11.19 р.	
5	Виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»	15.11.19 р.	
6	Попередній захист МКР	10.12.19 р.	
7	Нормоконтроль МКР	10.12.19 р.	
8	Опонування МКР	15.12.19 р.	
9	Захист МКР	18.12.19 р.	

Студент

(підпис)

Хаян Р.С .

Керівник проекту

(підпис)

Шиліна О.П.

РЕФЕРАТ

Дана магістерська кваліфікаційна робота присвячена питанню підвищення якості відновлення робочих поверхонь сорочки привідного барабану шляхом автоматизації робочого процесу, використання, як новітніх розробок відновлювального обладнання.

Магістерська кваліфікаційна робота складається із вступу, 5 розділів, загальних висновків та додатків. Загальний обсяг роботи 93 стор., у тому числі 50 рис., 38 табл., 39 літературних джерел.

Предмет дослідження – механізми утворення структури поверхневих шарів під впливом розповсюдження температури від газотермічних джерел тепла.

Робота складається з п'яти розділів:

1. Сучасний стан наукової проблеми і шляхи її вирішення;
2. Дослідження направлені на підвищення якості відновлення робочих поверхонь;
3. Технологічні засади підвищення якості відновлення сорочки вала привідного барабану;
4. Розрахунок економічної ефективності інноваційного рішення;
5. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт дослідження – процеси, що супроводжують утворення структури поверхневих шарів під впливом розповсюдження температури від газотермічних джерел тепла.

Головною метою кваліфікаційної роботи є розробка ефективної технології відновлення робочих поверхонь сорочки привідного барабану за рахунок автоматизації робочого процесу, використання, як новітніх розробок відновлювального обладнання, так і актуальних більш старих установок та дослідження впливу режимних параметрів на якість відновлення робочих поверхонь.

ABSTRACT

This master's qualification work is devoted to the issue of improving the quality of restoration of working shafts of the drive shaft shaft by automation of the work process, use as the latest developments of restoration equipment.

Master's qualification work consists of an introduction, 5 sections, general conclusions and applications. The total volume of work is 93 pages, including 30 figures, 38 tables, 39 literary sources.

The subject of study is the mechanisms of formation of the structure of surface layers under the influence of temperature propagation from gas-thermal sources of heat.

The work consists of five sections:

1. The current state of the scientific problem and ways to solve it;
2. Studies are aimed at improving the quality of working surfaces;
- 3 Technological principles for improving the quality of restoration of the drive shaft shaft;
4. Calculation of economic efficiency of innovative solution;
5. Occupational health and safety.

The object of study is the processes that accompany the formation of the structure of surface layers under the influence of temperature propagation from gas-thermal sources of heat.

The main purpose of the qualification work is to develop an effective technology for restoring the working surfaces of the drive shaft shaft due to the automation of the workflow, the use of both the latest developments of restoration equipment and topical older installations and the study of the influence of mode parameters on the quality of restoration of the working surfaces.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	5
ABSTRACT.....	6
ВСТУП.....	8
1 СУЧАСНИЙ СТАН НАУКОВОЇ ПРОБЛЕМИ І ШЛЯХИ ЇЇ ВИРІШЕННЯ.....	12
1.1 Визначення параметрів функціональної схеми установки для газотермічного напилювання	12
1.2 Вплив параметрів на ефективність технологічного процесу.....	14
1.3 Висновки та постановка задач досліджень.....	16
2 ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРАВЛЕНІ НА ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ СОРОЧКИ ПРИВІДНОГО БАРАБАНУ.....	18
2.1 Матеріали та методика досліджень.....	18
2.2 Результати досліджень напилених шарів	18
2.3 Визначення температурних полів та напружень деформації при наплавленні сорочки привідного барабану.....	24
2.4 Висновки до другого розділу.....	32
3 РОЗРОБКА ТА ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ СОРОЧКИ ПРИВІДНОГО БАРАБАНУ.....	33
3.1 Аналіз службового призначення вузла, деталі. Вимоги до деталі, що відновлюється та її поверхонь.....	33
3.2 Можливі дефекти сорочки вала та причини їх виникнення.....	37
3.3 Дефектування сорочки вала.....	38
3.4 Статистичний аналіз якості сорочки вала.....	39
3.5 Вибір витратного матеріалу плазмового напилювання.....	43
3.6 Проектування маршруту технологічного процесу відновлення сорочки вала.....	44

3.7	Призначення кількості переходів та методів обробки відновлення.	46
3.8	Розрахунок припусків на механічну обробку.....	49
3.9	Розрахунок та призначення режимів механічної обробки до та після нанксення покриття.....	50
3.10	Технічне нормування операцій відновлення.....	52
3.9	Розробка конструктивної схеми установки для відновлення.....	54
3.12	Висновки до третього розділу.....	62
4	РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНОВАЦІЙНОГО РІШЕННЯ.....	64
4.1	Прогнозування витрат на виконання конструкторської технологічної роботи.....	64
4.2	Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.....	69
4.3	Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності.....	72
4.4	Висновки до четвертого розділу.....	75
5	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	77
5.1	Аналіз умов праці.....	77
5.2	Виробнича санітарія.....	77
5.3	Техніка безпеки.....	85
5.4	Пожежна безпека.....	86
5.5	Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	88
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	90
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	90
	ДОДАТКИ.....	94
	ДОДАТОК А – Технічне завдання.....	95
	ДОДАТОК Б – Мршрутні карти.....	101
	ДОДАТОК В– Креслення.....	

ВСТУП

Актуальність проблеми. Ефективність виробництва, його технічний прогрес, якість виготовленої і відновленої продукції в великій мірі залежить від передового розвитку виробництва та нового обладнання.

Відновлення деталей має велике господарське значення. Ціна відновлення деталей значно нижча за ціну їх виготовлення. Тому, щоб зробити процес відновлення ще ефективнішим, необхідно впроваджувати нові методи обробки та відновлення, а також удосконалювати та модернізувати існуюче обладнання. Переймати досвід інших підприємств та підтримувати раціоналізаторські ідеї своїх працівників.

Оптимізація процесів відновлення робочих поверхонь деталей в наш час є актуальною темою.

У даній магістерській роботі розглядається технологія підвищення зносостійкості робочих поверхонь сорочки вала, за рахунок використання технічно обґрунтованих та аналітично розрахованих режимів відновлення. Існування пакетів прикладних програм за якими можна моделювати дію тих або інших параметрів технологічного процесу, досліджувати розподіл температурних полів при відновленні.

Відновлення рубашки вала можливе за допомогою декількох методів. Найкраще обирати з них той, який би був економічно доцільним та технологічно придатним, не складним у реалізації та недорогим, щоб собівартість відновлення була як найменшою.

Метою роботи є розробка ефективної технології відновлення робочих поверхонь сорочки привідного барабану за рахунок автоматизації робочого процесу, використання новітніх розробок відновлювального обладнання, дослідження впливу температури на стан поверхневого шару та структуру відновлених робочих поверхонь.

Задачі дослідження:

1. Встановити температурні поля, які утворюються в процесі відновлення сорочки привідного барабану, що виникають під час завершальної стадії відновлення.
2. Дослідити вплив розповсюдження температури від газотермічних джерел тепла та її вплив на якість напиленого шару і структуру поверхневих шарів;
3. Розробити технологічний процес відновлення з використанням плазмового напилювання, який забезпечує відновлення експлуатаційних характеристик робочих поверхонь сорочки вала.
4. Спроекувати устаткування з числовим програмним керуванням;
5. Розробити робоче місце для реалізації технологічного процесу відновлення деталі.

Об'єкт дослідження – процеси, що супроводжують утворення структури поверхневих шарів під впливом розповсюдження температури від газотермічних джерел тепла.

Предмет дослідження – механізм утворення структури поверхневих шарів під впливом розповсюдження температури від газотермічних джерел тепла.

Методи дослідження.

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

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

1. Досліджено, що під дією теплових процесів при газотермічних способах напилювання відбуваються перетворення, які суттєво впливають на мікроструктуру, а отже і на властивості поверхневого шару.

2. Показано, що газотермічні способи нанесення покриттів сприяють можливості розробки нових принципів конструювання деталей машин і вузлів, внесення корінних змін в технологію виготовлення виробів.

3. Доведено, що за рахунок впровадження конструкції обладнання з ЧМК досягається гармонізація взаємного положення та переміщення розпилювального пристрою відносно деталі, що призводить до збільшення площі плями напилювання у поперечному перетині, площі у плані та об'єму.

Практичне значення отриманих результатів полягає у:

1. Визначенні температурні поля, які виникають під час завершальної стадії напилювання сорочки вала привідного барабану методом кінцево-елементного аналізу, які призводять до суттєвої зміни структури і появі теплових напружень.

2. Розроблений технологічний процес відновлення з використанням плазмового напилювання забезпечує покращення експлуатаційних характеристик робочих поверхонь сорочки привідного барабану, опираючись на отриманні значення внутрішніх напружень та деформації викликаних впливом наданої температури.

3. Розробці установки з числовим програмним керуванням на базі вузлів компанії «Festo», що дозволяє проводити відновлення поверхонь деталей типу «сорочки вала» з внутрішнім діаметром до 120 мм і довжиною до 500 мм.

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

Апробація результатів наукової роботи.

Основні положення та результати наукової роботи доповідалися й обговорювалися на XLVIII Науково-технічної конференції факультету машинобудування та транспорту 27 - 28 березня 2019 року.

Публікації.

1. Шиліна О.П. процес складання та зварювання балки хребтової передньої. [Електронний ресурс] // Шиліна О. П. Хаян Р.С.// XLVIII Науково-технічна конференція факультету машинобудування та транспорту (2019) <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2019/paper/view/7221/5894>

1 СУЧАСНИЙ СТАН НАУКОВОЇ ПРОБЛЕМИ І ШЛЯХИ ЇЇ ВИРІШЕННЯ

1.1 Визначення параметрів функціональної схеми установки для газотермічного напилювання

Будь-яка установка для газотермічного напилювання складається з розпилювача, механізму подачі розпилювального матеріалу (дроту або порошку); джерела енергоживлення; системи подачі газів для розпилення; пульта керування. У деяких установках передбачена система охолодження. На рис. 1.1 наведена функціональна схема узагальненої установки для газотермічного напилювання. [34]

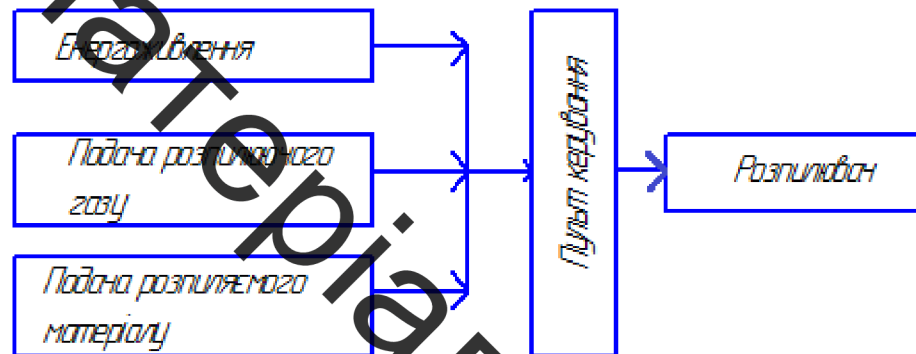


Рисунок 1.1 - Функціональна схема установки для газотермічного напилювання

Вихідним матеріалом для покриття переважно служить порошок, іноді також застосовують дріт, стрижні або прутки. Тому на першій стадії нанесення покриття вирішується задача розпилення, тобто диспергування, розподілу і нагрівання речовини покриття в газовому потоці. У результаті одержують двофазну струмину (або потік), що складається з розпилюваних частинок (розміром 10—160 мкм) і нагрітого газу. Ударяючись об поверхню деталі частинки деформуються і, накладаючись одна на одну, утворюють покриття. Одночасно двофазний потік нагріває поверхню деталі. Енергетичні характеристики двофазного потоку, кількість частинок і їхній розподіл у потоці регулюється залежно від вимог технології. [14, 15]

Властивості покриття і його рівномірне нанесення на поверхню деталі залежать від розподілу частинок у потоці, як за масою та швидкістю, так і за їх енергетичного стану. Однією з найважливіших задач технології й апаратури для нанесення покриттів є створення двофазних потоків із заданим розподілом і енергією часток.

У процесі напилювання в двофазному потоці відбувається взаємодія між частинками і газом. Унаслідок високої температури газу ця взаємодія протікає швидко й у залежності від складу газу може вести до утворення нових речовин - нітридів, оксидів, карбідів і інших сполук. Тому склад газу двофазного потоку і його хімічна активність є важливим параметром процесу одержання покриття.

Для нанесення покриттів застосовують плазмотрони (дугові і високочастотні), газополуменеві пальники, дугові металізатори, детонаційно-газові гармати. Головне призначення апаратури: розпилення і розподіл частинок у двофазном потоці, нагрівання частинок і їхнє прискорення, а також створення навколо частинок в зоні напилювання певної газової атмосфери, що забезпечує заданий хімічний вплив на частинки.

При плазмовому нанесенні покриттів з порошків незважаючи на високу температуру плазми важко домогтися рівномірного і повного плавлення усього напилюваного матеріалу. Це пояснюється такими причинами. Більшість неметалевих матеріалів мають низьку теплопровідність, і тому частинки таких матеріалів повільно прогриваються в плазмі. Час перебування частинок у плазмі складає близько 10^{-3} с і часто виявляється недостатнім для повного плавлення на всю глибину частинок з матеріалів з низькою теплопровідністю. Крім того, деякі із застосовуваних у даний час плазмоутворювальних газів ефективно передають тепло порошоків, що нагрівається.

Однією з важливих задач теорії і практики розпилення є дослідження двофазності струменів при нанесенні покриттів. Двофазний потік, що складається з плазми і напилюваних частинок, а також розподіл частинок у

плазмі, визначають не тільки їх нагрівання і прискорення, але й умови формування покриття і розподіли його товщини по поверхні деталі.

Конструктивні елементи розпилювача впливають на процес напилювання. Для більшості газотермічних методів напилювання найбільш важливим конструктивним параметром є геометрія сопла або стовбура розпилювача.

Режим роботи розпилювача характеризують наступні параметри: енергетичні параметри, що визначають процес розпилення матеріалу: потужність дуги, електронного променя, електричного тліючого розряду й інші, вид і витрата паливних і розпилюючих газів. [14]

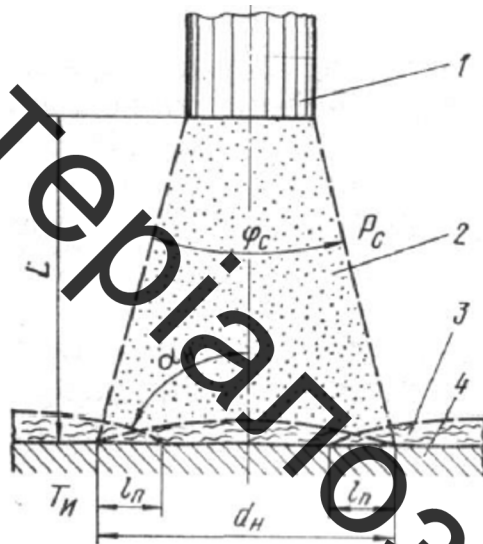


Рисунок 1.2 – Узагальнена схема процесу газотермічного напилювання покриття: 1 - генератор напилюваних частинок; 2 - потік напилюваних частинок; 3 - напиляне покриття; 4 - напилюваний виріб

1.2 Вплив параметрів на ефективність технологічного процесу

Під ефективністю технологічного процесу напилювання варто розуміти, у першу чергу, якість покриття, коефіцієнт використання розпилюваного матеріалу і підведеної енергії, а також продуктивність.

Якість покриття характеризується багатьма показниками. Найбільш значимими є міцнісні показники - адгезійна (σ_a) і когезійна (σ_k) міцність. Ці

показники, в основному, визначають надійність напиляних покриттів. При оцінюванні якості велику увагу приділяють щільності покриттів ($\lambda_{\text{пк}}$) і пов'язаній з нею пористості (Π). До критерію якості входять також шорсткість поверхні покриттів (R_z); рівномірність по товщині ($\delta_{\text{пк}}$); однорідність складу мікро- і макроструктури. Узагальнювальним якісним показником покриттів є експлуатаційні властивості. [7, 34]

Ефективність використання енергії для розпилення матеріалу визначають відношенням зміни ентальпії потоку розпилюваних частинок (ΔH) до загальних витрат енергії (W_{Σ}).

$$\eta_{\Sigma, p} = \frac{\Delta H_{\text{н.ч.}}}{W_{\Sigma}}, \quad (1.1)$$

де $\eta_{\Sigma, p}$ — енергетичний ККД процесу розпилення.

При напилюванні тільки частина потоку порошинок переходить у покриття. Для оцінювання втрат розпилювального матеріалу, вводять коефіцієнт використання матеріалу (K_M), що називають *КВМ*.

$$K_M = \frac{G_H}{G_P}, \quad (1.2)$$

де G_H , G_P — відповідно маса напиляного і розпилюваного матеріалу.

З врахуванням K_M енергетичний ККД процесу напилювання ($\eta_{\Sigma, н}$) запишеться:

$$\eta_{\Sigma, н} = \frac{\Delta H_{\text{н.ч.}}}{W_{\Sigma}} \cdot K_M. \quad (1.3)$$

Залежно від методу напилювання $\eta_{\Sigma, p}$, $\eta_{\Sigma, н}$, K_M знаходяться в широких межах - від сотих частинок до десятих частинок.

Продуктивність процесу напилювання є найважливішим показником ефективності. В основному вона залежить від величини підводжуваної енергії, а також значень $\eta_{э.р}$ і K_m . Продуктивність напилювання оцінюють ваговим методом або за товщиною покриття.

Основні переваги методу наступні:

- висока продуктивність процесу (від 2 - 8 кг/год для плазмотронів потужністю 20 - 60 кВт до 50 - 80 кг/год для плазмотронів потужністю 150 - 200 кВт); [28]
- широкий діапазон видів розпилюваного матеріалу (дріт, порошки з різною температурою плавлення);
- велика кількість параметрів, що забезпечують гнучке регулювання процесу напилювання;
- регулювання в широких межах якості напиляних покриттів. У тому числі отримання особливо якісних покриттів при веденні процесу із загальним захистом.

Високі значення коефіцієнта використання матеріалу при напилюванні дротових матеріалів (0,7 - 0,25), а коефіцієнта використання порошку (0,3 - 0,8); можливість комплексної механізації й автоматизації процесу; широке використання методу, достатня економічність і невисока вартість найпростішого устаткування.

Із удосконалюванням методу плазмового напилювання кількість недоліків і їхній рівень знижується.

1.3 Висновки та постановка задач досліджень.

В результаті модернізації технологічного процесу створено установку з ЧПК для плазмового напилювання, за рахунок якого досягається можливість регулювання відстані між розпилювачем і деталлю, що призводить до зменшення витрат порошкового матеріалу і напилювання тугоплавких матеріалів [14].

Зниження витрат порошкового матеріалу досягається за рахунок того, що система подачі порошкового матеріалу розташована в стінці сопла розпилювача, отже, на малому шляху транспортування порошковий матеріал менше осідає у каналі транспортування і відсутнє осідання порошкового матеріалу в області електричного розряду.

Задачі дослідження:

1. Встановити температурні поля, які утворюються в процесі відновлення сорочки вала, що виникають під час завершальної стадії напилювання.
2. Дослідити вплив розповсюдження температури від газотермічних джерел тепла та її вплив на якість напиленого шару і структуру поверхневих шарів;
3. Розробити технологічний процес відновлення з використанням плазмового напилювання, який забезпечує відновлення експлуатаційних характеристик робочих поверхонь сорочки вала.
4. Спроекувати устаткування з числовим програмним керуванням;
5. Розробити робоче місце для реалізації технологічного процесу відновлення деталі.

2. ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРАВЛЕНІ НА ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ СОРОЧКИ ПРИВІДНОГО БАРАБАНАУ

2.1 Матеріали та методика досліджень

Для знаходження коефіцієнту витрат матеріалу (КВМ) за відомою методикою зважування, використовували лабораторні терези ВЛТ-1.

Пористість покриття знаходилась за методикою гідростатичного зважування.

Приготування шліфів для проведення металографічних дослідів здійснювалось за стандартними методиками. Для виявлення структури покриттів проводили металографічний аналіз з використанням оптичного мікроскопа МИМ-8.

ДюрOMETричні випробування виконувались на приладі ПМТ-3 методом вдавлювання алмазної пірамідки під навантаженням від 0.5 до 2 Н. Як інструмент для вдавлювання використовувалась алмазна пірамідка з квадратною основою та кутом при вершині між протилежними гранями 136° [1].

2.2 Результати досліджень напилених шарів

На рис. 2.1. показана макроструктура плазмового напилювання на зразок циліндричної форми, а на рис. 2.2 макроструктура зразка після напилення на плоску поверхню.



Рисунок 2.1 – Макрошліф сталевого круглого зразка після плазмового напилювання



Рисунок 2.2 – Макрошліф сталевого плоского зразка після плазмового напилювання

Результати напилювання показали, що як на круглому так і плоскому зразках утворюються щільні шари напиленого матеріалу. Спостерігається чітка границя між напиленим шаром та основним матеріалом, що показує якісне формування та розподілення порошкового матеріалу. Товщина

напиленого шару сягає близько 3 мм, що є достатнім для відновлення зношених поверхонь сорочки вала привідного барабану. В якості матеріалу основи використовували зразки зі сталі 40Х. Напилювання відбувалось порошком: ПГ-19М-01 ГОСТ 2677-78.

На рис. 2.3 показано мікроструктуру напиленої поверхні плазмовим розпилювачем.

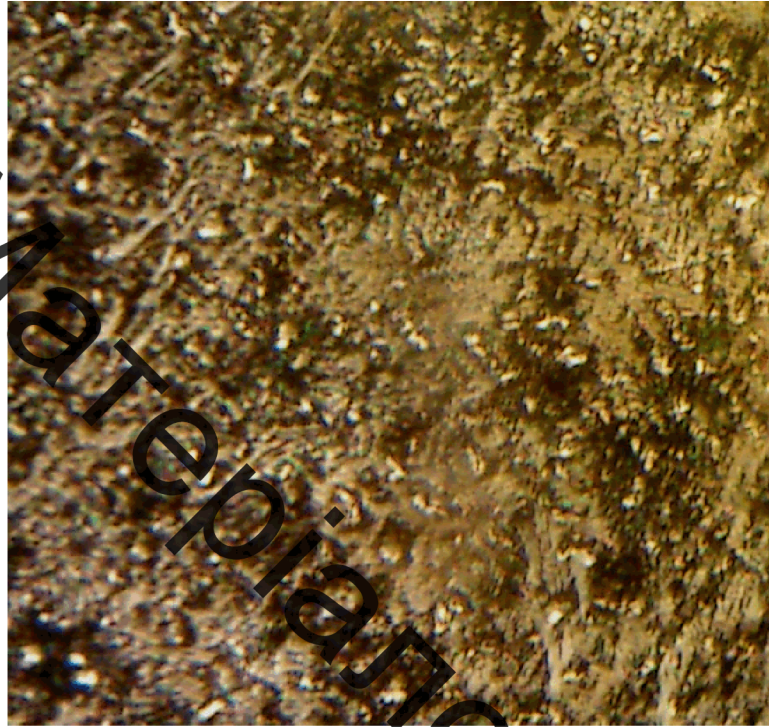


Рисунок 2.3 - Мікроструктура напиленого шару (x100)

Металографічний аналіз показав, що в процесі напилювання під впливом теплоти плазмового струменя відбулося утворення поверхневого напиленого шару з рівномірно розташованими по полю мікрошліфа надлишковими складнолегованими карбідними включеннями в перлітній основі. Такий тип мікроструктури відповідає принципу Шарпі-Бочвара [16].

Катод і анод плазмового розпилювача підключені до джерела електричного живлення, в якості якого використана електрична мережа змінного струму напругою 127 і 220 В. В якості плазмоутворюючого газу використаний аргон. Система подачі плазмоутворюючого газу пов'язана через редуктор з газовим балоном. Потужність установки складає 100-250 Вт.

В табл. 2.1 та 2.2 надані узагальнені данні, щодо якості напилювання шарів з використанням установки з ЧПК

Таблиця 2.1 – Узагальнені дані щодо прирощення площі і об'єму плями напилювання на ЧПУ[34].

Грануляція порошку, мкм	Витрата порошку, кг/год.	Прирощення площі плями напилення у поперечному перетені, % *	Прирощення площі плями напилення у поперечному перетені, %**	Прирощення площі плями напилення у плані, % *	Прирощення площі плями напилення у плані, %**	Прирощення об'єму плями напилення, %*	Прирощення об'єму плями напилення, %**
63–100	2	37–53	19–31	31–43	22–24	61–75	28–33
	2,5	35–45	17–25	26–34	19–20	50–62	22–28
	3,5	31–35	14–17	20–15	14–15	49–51	14–22
	4	29–32	13–16	18–23	12–14	45–51	12–20
100–160	2	25–33	11–13	17–25	12–13	30–66	11–27
	2,5	23–33	10–14	15–19	7–10	28–59	8–25
	3,5	21–35	8–17	12–17	5–8	25–51	5–22
	4	19–36	7–15	11–16	4–7	24–48	4–21

* - при застосуванні установки з ЧПК; ** - при застосуванні існуючого способу напилювання.

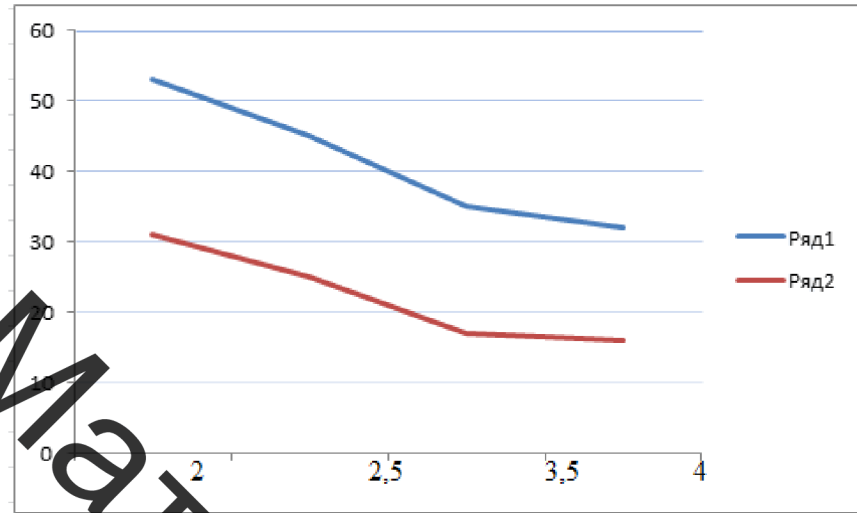
Таблиця 2.2 – Узагальнюючі дані щодо зменшення пористості в покритті при напилюванні на ЧПУ[34].

Грануляція порошку, мкм	Витрата порошку, кг/год.	Зменшення загальної пористості по центру плями напилення, % *	Зменшення загальної пористості на периферії плями напилення, %*	Зменшення загальної пористості по центру плями напилення, %**	Зменшення загальної пористості на периферії плями напилення, %**
63 – 100	2,0	26–35	34–40	14–23	21–30
	2,5	24–32	31–37	11–18	17–24
	3,5	21–28	26–33	8–12	13–17
	4,0	20–27	24–32	7–10	11–15
100 – 160	2,0	16–17	17–21	8–9	10–12
	2,5	13–14	15–19	6–7	8–11
	3,5	8–12	11–17	4–5	6–9
	4,0	7–11	9–16	3–4	5–8

* - при застосуванні установки з ЧПК; ** - при застосуванні існуючого способу напилювання

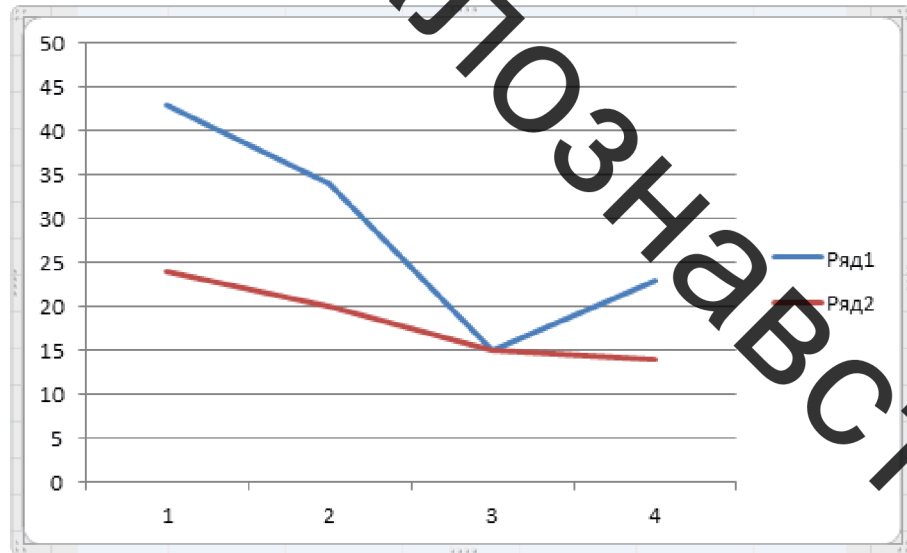
Побудуємо діаграми щодо даних у таблицях 2.1 та 2.2.

Ряд 1 для ** – при застосуванні установки з ЧПУ; ряд 2 ** – при застосуванні існуючого способу напилювання.



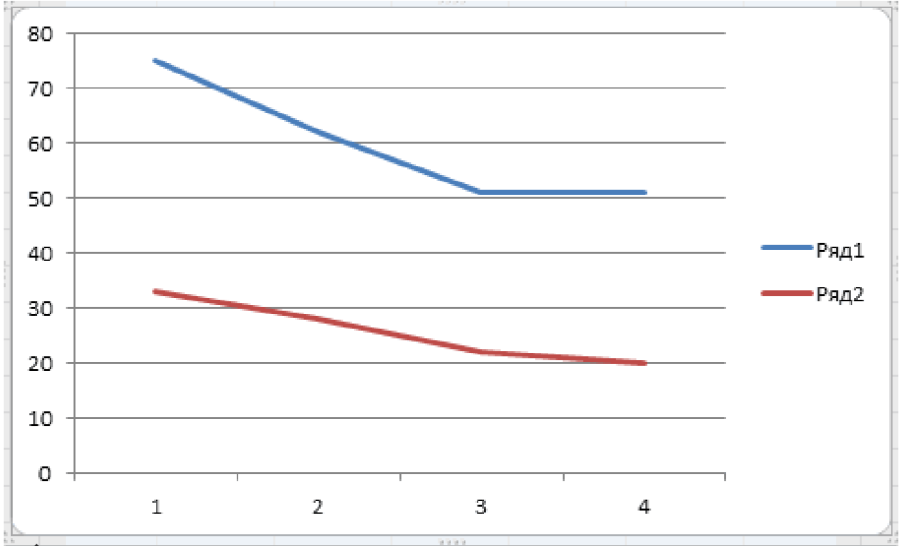
Витрати порошку (кг/год)

Рисунок 2.4 – Прирощення площі плями напилювання у поперечному перетині



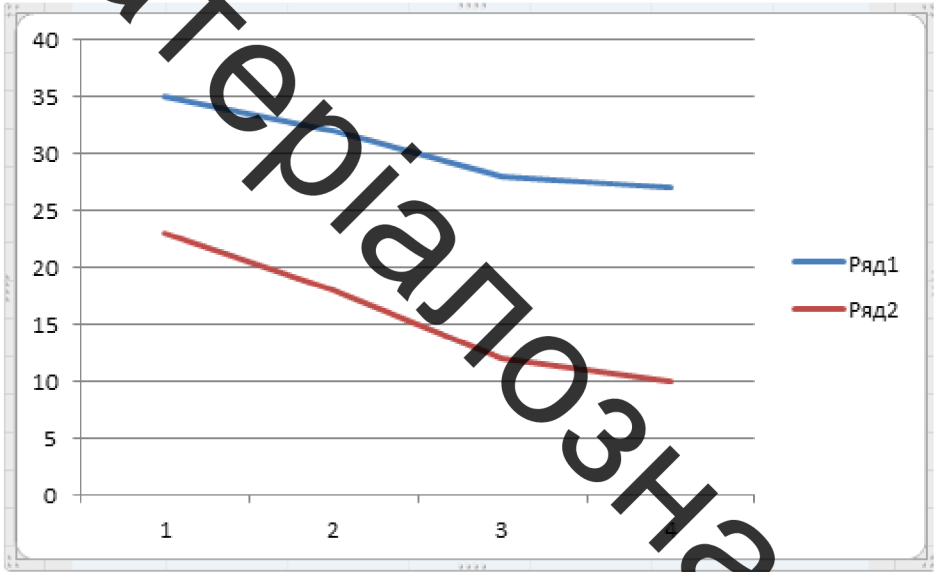
Витрати порошку (кг/год)

Рисунок 2.5 – Прирощення площі плями напилювання



Витрати порошку (кг/год)

Рисунок 2.6 – Прирошення об'єму плями напилювання



Витрати порошку (кг/год)

Рисунок 2.7 - Зменшення загальної пористості по центру плями напилювання

При цьому досягається гармонізація їх взаємного положення, що призводить до потрапляння більшої частини порошку в область високих температур і швидкості потоків плазми. Як наслідок, спостерігається збільшення на (35-53)% площі плями напилювання у поперечному перетині та площі в плані на (29-43)% і об'єму на (55-75)%.

2.3 Визначення температурних полів та напружень деформації при наплавленні сорочки привідного барабану

Щоб змоделювати процес нанесення покриття методом кінцево-елементного аналізу, необхідно прийняти декілька спрощень[2]:

– у якості джерела тепла задавалася сукупність теплового потоку і конвекційний теплообміну, що діяли на певну ділянку 3-вимірному аналогу деталі у відповідний момент часу;

– рух джерела тепла створювався почерговою зміною локації дії тепловкладення. При зміні локації дії тепловкладення керувалися експериментальними даними.

Тепловий потік – це величина, що показує яка потужність джерела тепла діє на одиницю площі визначається за формулою 2.1:

$$H = \frac{P}{S} \quad (2.1)$$

де H – тепловий потік, Вт/м²;

P – потужність джерела тепла, Вт;

S – площа локації впливу джерела тепла, м².

Потужність джерела тепла у випадку моделювання плазмового напилювання визначається за формулою 2.2:

$$P = U \cdot I \cdot k_{\text{еф}} \cdot k_{\text{пр}} \quad (2.2)$$

де U – напруга дуги, В;

I – сила струму дуги, А;

k – коефіцієнт ефективності теплової дії дуги.

$k_{\text{пр}}$ – коефіцієнт пропорційності, що нівелює похибку, яка виникає внаслідок прийняття вищенаведених спрощень, 0,396.

Алгоритм проведення розрахунків у програмному пакеті ANSYS [22].

Використовуємо деталь-представник, що складається із циліндричної частини з отвором (рисунок 2.8).

Першим етапом є створення 3-D твердотілої моделі деталі (рисунок 2.8). Для її побудови використали модуль програми кінцево-елементного аналізу, так і імпортували попередньо створену модель із системи КОМПАС-3D.

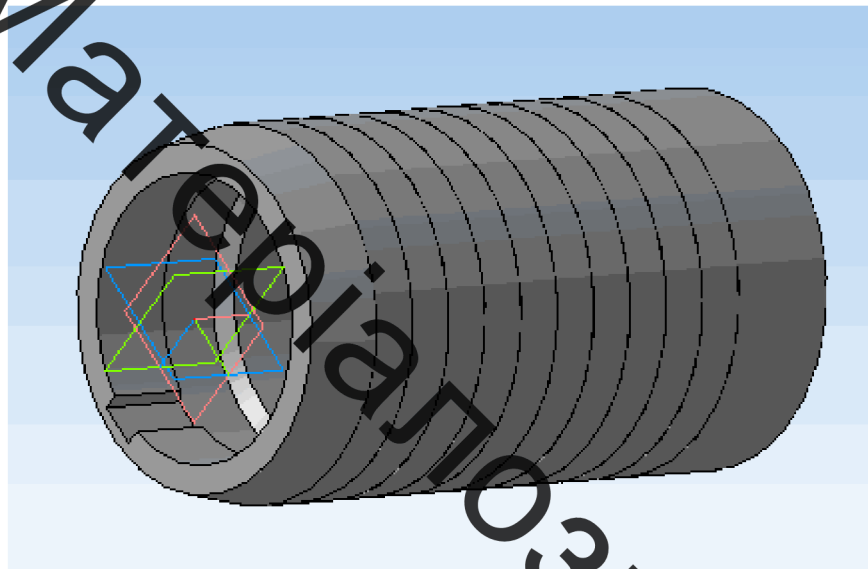


Рисунок 2.8 – 3-D модель сорочки привідного барабану

Начальним етапом є створення 3-D твердотілої моделі деталі. Для її побудови використали модуль програми кінцево-елементного аналізу, імпортували попередньо створену модель із системи КОМПАС-3D.

На даному етапі також вводяться властивості матеріалу деталі, що аналізується, (густина, коефіцієнт теплопровідності та т.і.), або оберається матеріал із бази даних програми із наперед визначеними властивостями. Визначаються його основні характеристики (ізотропність, тощо).

Після створення твердотілої моделі генерується її кінцево-елементний аналог, тобто сітка вузлів та елементів. З метою підвищення точності

розрахунків доцільним є більш детальне розбиття на елементи тієї області деталі, що безпосередньо межує із областю прикладання навантаження, в нашому випадку це зовнішня поверхня сорочки вала. Наступним кроком є обрання виду процесів, що аналізуються. У випадку моделювання процесу напилювання доцільним є аналіз теплових процесів та деформацій і напружень, що виникають внаслідок теплової дії при плазмовому напилюванні (рис. 2.9). У програмах кінцево-елементного аналізу моделювання зазначених процесів виконується шляхом застосування модуля Thermal-Stress (рис. 2.9), що складається з двох систем Transient Thermal та Transient Structural.

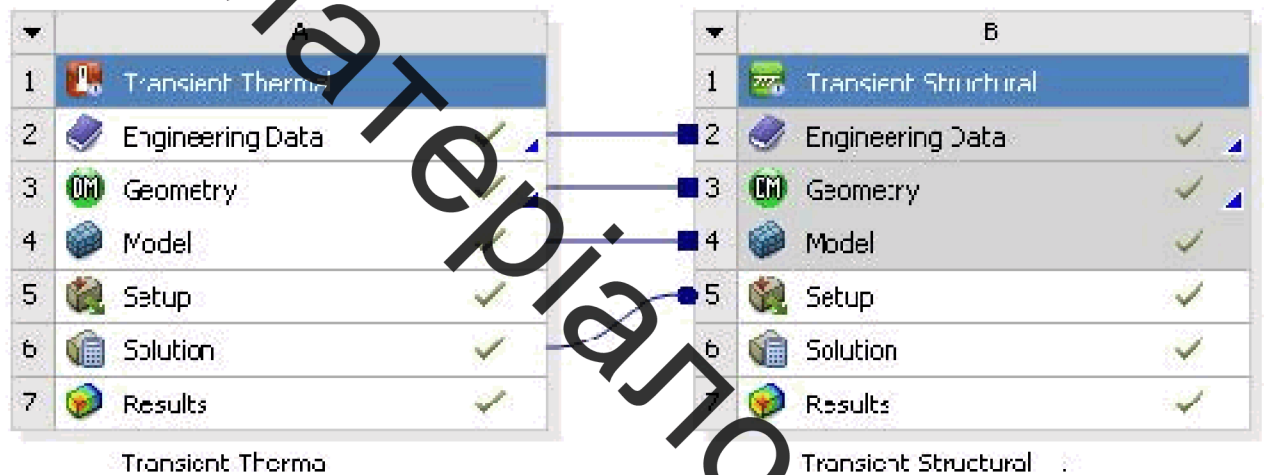


Рисунок 2.9 – Приклад визначення системи, що аналізується

Першою системою (рис. 2.9, А) є аналіз динамічних теплових процесів у деталі внаслідок дії навантаження у вигляді теплового потоку - Transient Thermal. Другою системою (рис.2.9, В) є аналіз динамічних процесів напружено-деформованого стану деталі Transient Structural, що спричинений впливом нерівномірного розповсюдження тепла у деталі під час його нагрівання.

Між двома системами існує взаємозв'язок, адже в них використовуються такі спільні данні, як 3-D твердотіла модель, її фізико-механічні властивості та кінцево-елементний аналог. Проте у вигляді навантаження для другої системи є результати розрахунків першої, тобто

температурне поле в деталі, що було визначене (6 Solution A → 5 Setup B) [22].

Результатом розрахунку першої системи - Transient Thermal є температурне поле, яке може бути показане у графічному вигляді (рис. 2.10) та чисельних масивах, що формуються автоматично. Ці масиви даних є основою для розрахунку деформацій та напружень в матеріалі деталі. Тобто результати розрахунку системи Transient Thermal є входними даними, що вводяться у систему Transient Structural у вигляді навантаження (див. рис.2.12).

Температурний вплив дозволяє розрахувати напруження та деформації деталі, що відновлюється .

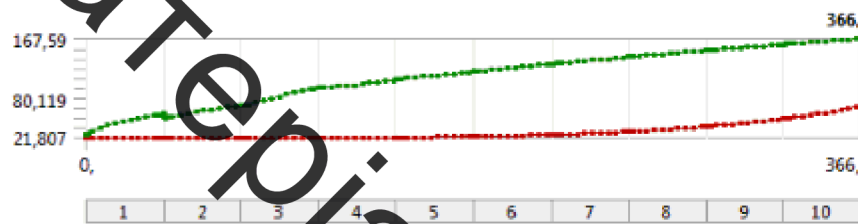


Рисунок 2.10 – Графічне зображення температурного поля за весь проміжок часу наплавл

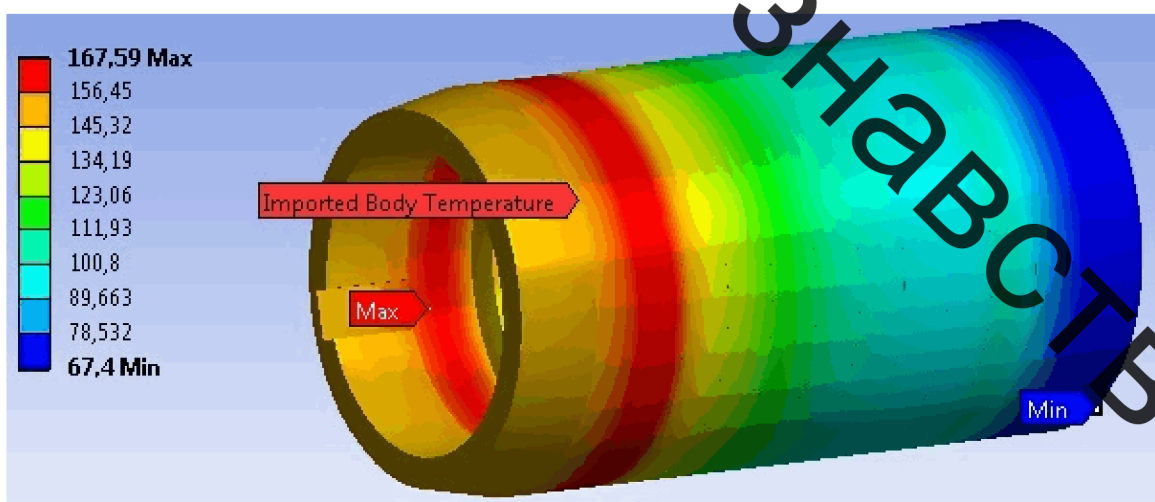


Рисунок 2.11 – Розподілення температури під час напильовання в матеріалі деталі

Розглянемо деформації які утворюються одразу після напилювання:

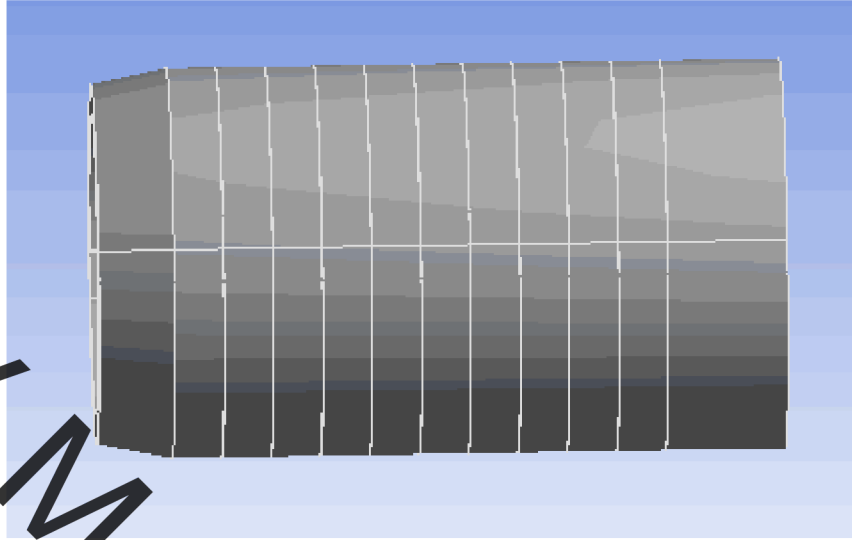
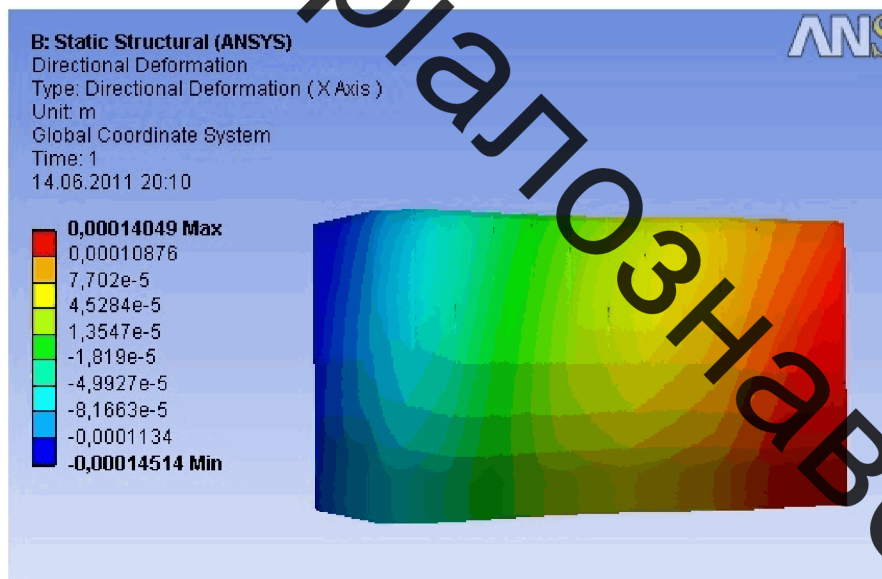


Рисунок 2.12 - Стан деформації деталі до напилювання

На рисунку 2.13 деформації в масштабі які утворились відносно осі X і Y



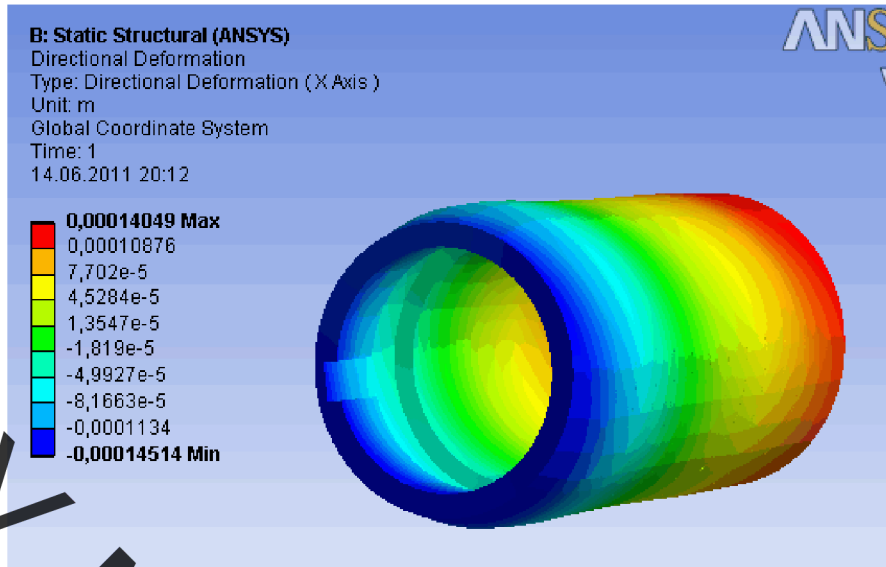
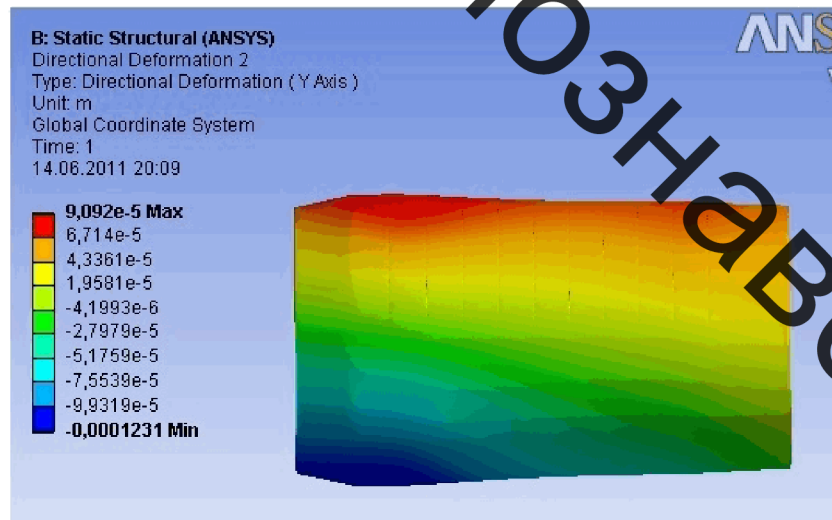


Рисунок 2.13 – Деформації, які утворились відносно осі X і Y після напильовання



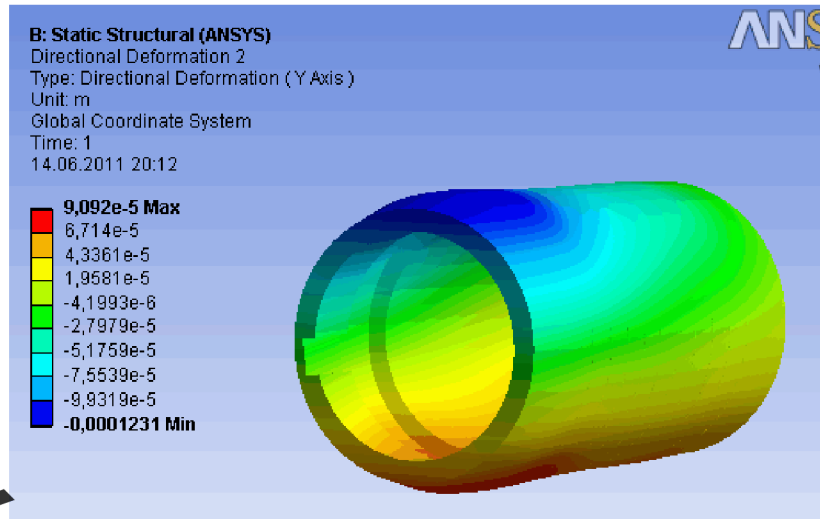


Рисунок 2.14 – Деформації, які утворились

під час напилювання відносно осі Y

Розглянемо напруження які утворюються після напилення відносно осі X і Y.

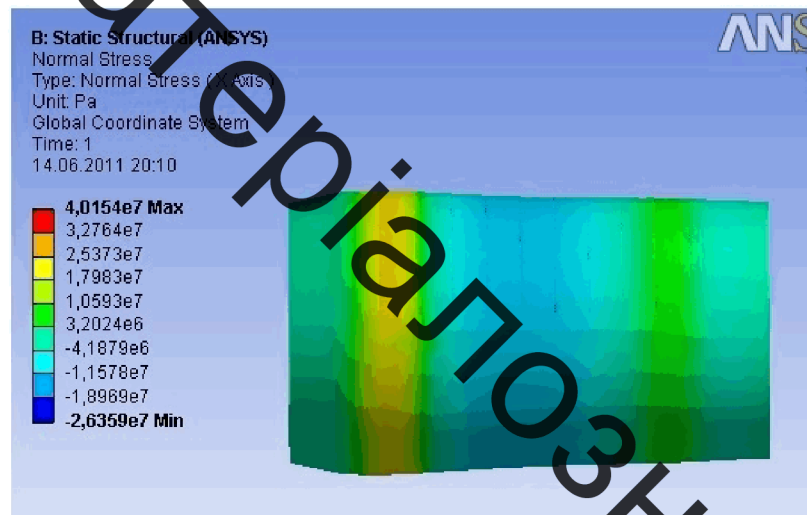


Рисунок 2.15 – Напруження, що виникають після напилювання

відносно осі X

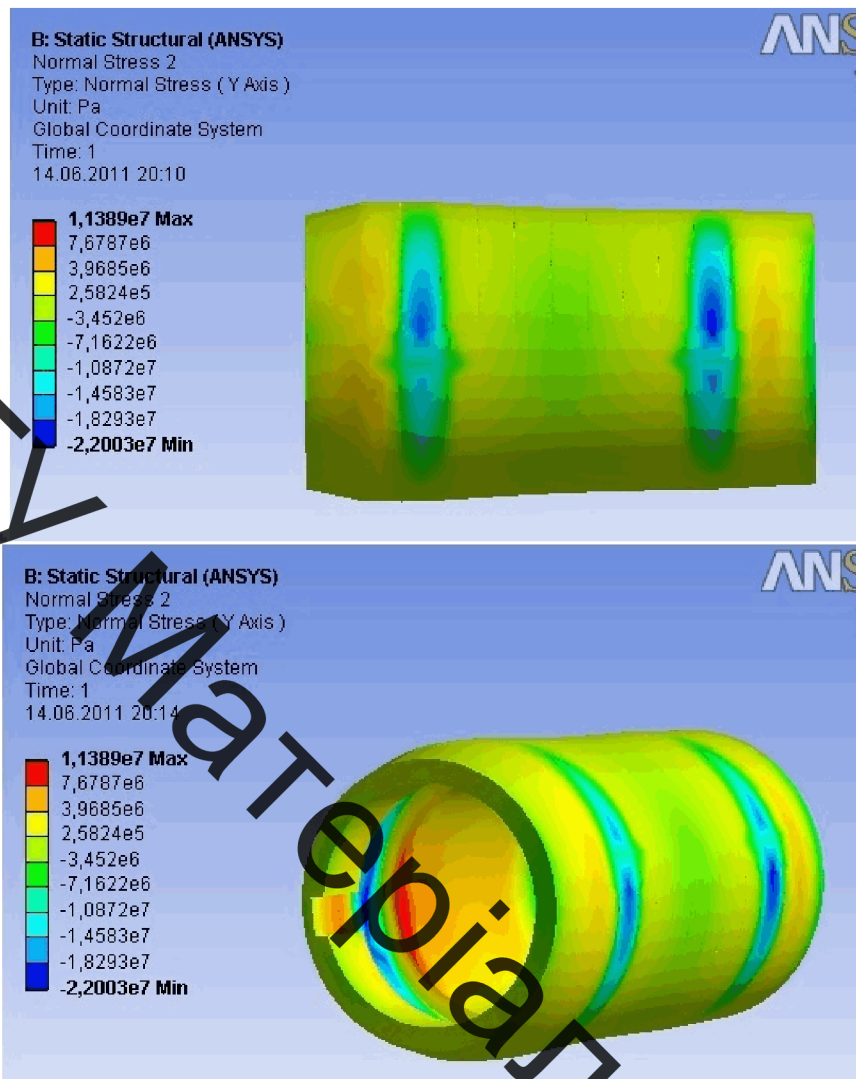


Рисунок 2.16 – Напруження, що виникають після напилювання відносно осі Y

Опираючись на значення внутрішніх напружень та деформації викликаних впливом наданої температури зображених на рисунках можна зробити висновки, що їх вплив є надто незначним, а отже подальша термічна та механічна (правка) обробка є непотрібною. Як результат, зниження собівартості відновлення, без зниження точності не оброблювальних поверхонь сорочки валу.

2.4 Висновки до другого розділу

Для реалізації плазмового напилення розроблено принципову схему плазмового напилювання, для відновлення деталей та повний комплект конструкторської документації на установку з ЧПК. Надано характеристику умов напилення і параметрів напилення в потоці напилюємих частинок.

Аналіз отриманих результатів показав:

- підвищення ефективності застосування плазмового модернізованого устаткування з ЧПК дало змогу отримати якісні поверхневі шари.
- доведено, що за рахунок впровадження конструкції обладнання з ЧПК досягається гармонізація взаємного положення та переміщення розпилюючого пристрою відносно деталі, що призводить до збільшення на (35-53)% площі плями напилювання у поперечному перетині, площі у плані – (29-43)% і об'єму на (55-75 %).

Досліджено розподіл температурних полів при відновленні сорочки валу при плазмовому напилюванні. Розподіл температурних полів має неоднорідний характер, що спричинено різною інтенсивністю відходу тепла із зони нанесення покриття у різних напрямках.

Аналіз отриманих даних за глибиною розповсюдження температур дозволяє зробити висновок, що при використанні плазмового напилювання з'являється можливість розробки нових принципів конструювання деталей машин і вузлів, внесення корінних змін в технологію виготовлення виробів. При таких способах нанесення покриття можна змінюючи властивості різних ділянок деталі та навколошовної зони, виготовленої з порівняно недорогого конструкційного матеріалу, одержати сплави на робочій поверхні деталі з унікальними характеристиками міцності, зносостійкості і корозійної стійкості.

Встановлено, що запропонований підхід дозволяє підвищити загальну точність визначення внутрішніх напружень та деформації викликаних впливом наданої температури при газотермічному напилюванні.

3 РОЗРОБКА ТА ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ СОРОЧКИ ПРИВІДНОГО БАРАБАНУ

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

«Сорочка привідного барабану» виготовляється зі сталі 40Х ГОСТ 4543-71 [38] і використовується для руху стрічки конвеєра (рис. 3.1).

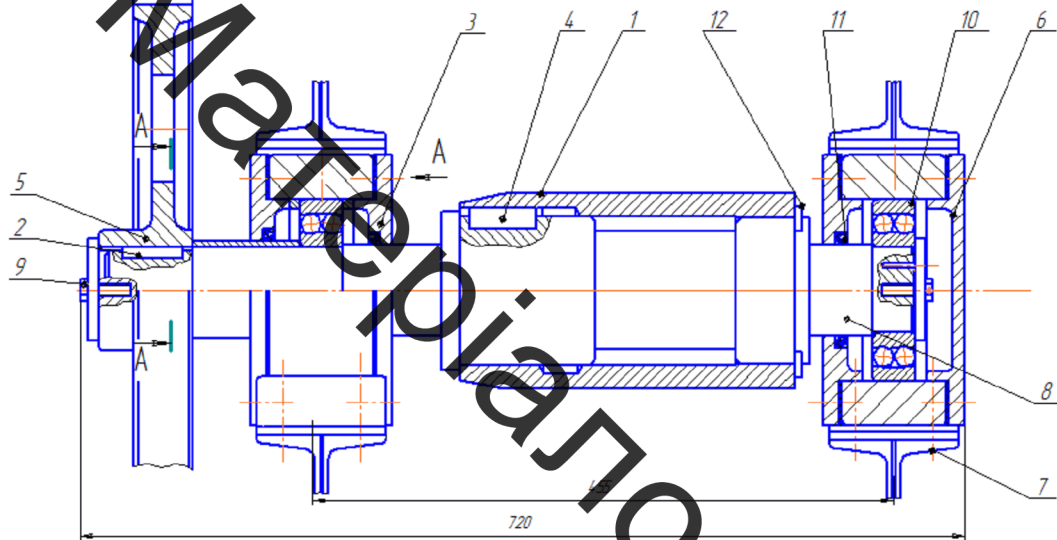


Рисунок 3.1 – Привідний барабан

- 1 – сорочка валу; 2 – шпонка; 3 – кришка; 4 – шпонка
5 – зубчасте кільце; 6 – кришка; 7 – барабан; 8 – вал; 9 – болт;
10 – підшипник; 11 – ущільнювач гумовий; 12 – кільце шпонкове

Сорочка вала обертається і цим самим рухає стрічку яка на неї націплена, працює в умовах знакозмінних навантажень і тертя.

Деталь «Сорочка вала» виготовляється зі сталі 40Х. Аналіз робочого креслення показав, що більш точними поверхнями є зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 130_{-0,1}^{h9}$ і внутрішня $\varnothing 100_{H8}^{(+0,054)}$, що використовуються для правильної орієнтації вала у вузлі. Конструкція деталі

в цілому технологічна. Деталь має хороші поверхні для виконання більшості операцій механічної обробки. Вказані на кресленні деталі якості точності механічної обробки відповідають параметрам шорсткості. Вони можуть бути забезпеченими на верстатах з числовим програмним керуванням. Вимоги взаємного розташування оброблених поверхонь вказані у відповідності з їх службовим призначенням, також можуть бути забезпечені при механічній обробці, оскільки геометричні похибки верстатів, на яких виконується обробка, нижчі цих відхилень.

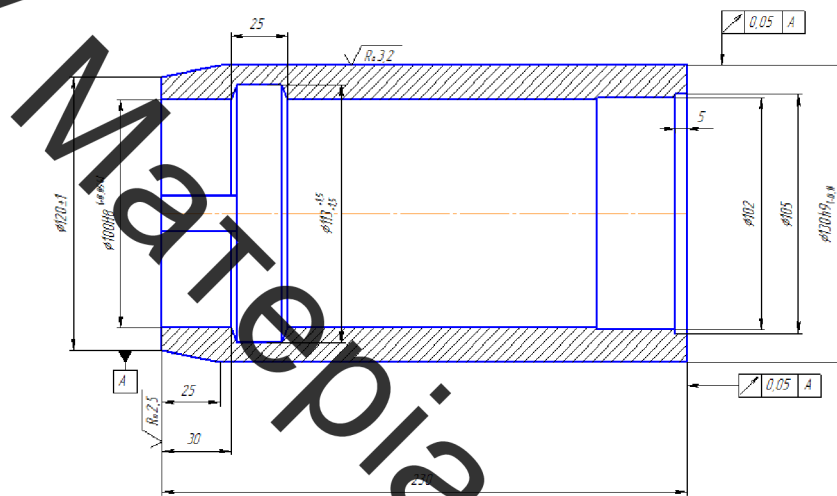


Рисунок 3.2 – Креслення сорочки вала привідного барабану

3.1.1 Матеріал деталі і його властивості.

Сорочка вала виготовлена із легованої сталі 40Х ГОСТ 4543-71.[12] Сталь 40Х має всі якості для обробки на металорізальних верстатах без затруднення.

Технологічні властивості

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

Таблиця 3.1- Вміст хімічних елементів в сталі 40X ГОСТ 4543-71

C	Si	Mn	Ni	Cr	S	P	Cu
0.38 - 0.42	0,17...0,37	0,5...0,8	0...0,3	0,8...1,1	до 0.025	до 0.025	0...0,3

Таблиця 3.2 – Розміри деталі « Сорочка вала»

№ п/п	Лінійні розміри	Діаметральні розміри	Кутові розміри	Шорсткість, Ra
1.	230±1h14	Ø130h9 _{-0,1}	60°(2пов.)	1.Ra 2,5(3пов)
2.	25±2h14*	Ø120 ± 1H14*		2.Ra 3,2(2пов)
3.	40±2h14*	Ø102H14		3.Ra 0,63
4.	70±2h14*	Ø100H8 ^{(+0.054)*}		4.Ra 12,5(6пов)
5.	5±0,5h14*	Ø113H14 ^{+1,5} _{+1,0}		
6.	25±2h14*(2пов.)	Ø105H14 ^{+0,48}		
		Ø112H14 ^{+0,87}		
Q _{ye}	6	3	2	12

* - уніфіковані елементи,

3.1.2 Кількісна характеристика технологічності сорочки вала та визначення коефіцієнтів уніфікації [5, 10, 11]

$$K_{ye} = \frac{Q_{ye}}{Q_e}, \quad (3.1)$$

де Q_{ye} - кількість уніфікованих елементів, Q_e - загальна кількість елементів.

$$K_{ye} = \frac{6 + 3 + 2 + 12}{7 + 7 + 2 + 12} = 0,82$$

1.3.2 Коефіцієнт точності обробки.

$$K = 1 - \frac{1}{T_{cp}} \quad (3.2)$$

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i - n_i}{\sum n_i} \quad (3.3)$$

$\sum T_i$ - квалітет точності,
 n_i - кількість квалітетів,
 T_{cp} - середній квалітет.

Таблиця 3.5 – Середній квалітет деталі «Сорочки вала»

Назва квалітету, T_i	Поверхні із даним квалітетом	Кількість поверхонь, n_i	$T_i \cdot n_i$
H14	$\varnothing 120 \pm 1H14^*$, $\varnothing 102H14$, $\varnothing 113H14^{+1,5}_{+1,0}$, $\varnothing 105H14^{+0,48}$, $\varnothing 112H14^{+0,87}$	5	$14 \cdot 5 = 70$
h14	$230 \pm 1h14$, $125 \pm 2h14^*$, $40 \pm 2h14^*$, $30 \pm 2h14^*$, $5 \pm 0,5h14^*$, $25 \pm 2h14^*$ (2пов.),	7	$14 \cdot 7 = 98$
H8	$\varnothing 100H8^{(+0,054)^*}$	1	$8 \cdot 1 = 8$
H9	$\varnothing 130h9_{-0,1}$	1	$9 \cdot 1 = 9$
Сума		14	185

$$T_{cp} = \frac{185}{14} = 13,2,$$

$$K = 1 - \frac{1}{13,2} = 0,92.$$

1. Коефіцієнт шорсткості поверхонь.

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}} \quad (3.4)$$

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_k \cdot n_k}{\sum n_k} \quad (3.5)$$

$K_{ш}$ – коефіцієнт шорсткості поверхні, $Ш_{cp}$ – середня шорсткість.

Таблиця 3.6 – Середня шорсткість деталі «Сорочка вала»

Величина шорсткості, $Ш_k$	Кількість поверхонь, n_k	$Ш_k \cdot n_k$
2,5	3	$2,5 \cdot 3 = 7,5$
0,63	1	$0,63 \cdot 1 = 0,63$
3,2	2	$3,2 \cdot 2 = 6,4$

Продовження таблиці 3.6

12,5	6	12,5·6=75
Сума	12	142,05

$$Ш_{\text{ср}} = \frac{89,5}{12} = 7,458,$$

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{7,458} = 0,134.$$

Оскільки $K_{\text{ге}} > 0,6$ (0,82), $K_{\text{T}} > 0,8$ (0,92), $K_{\text{ш}} < 0,32$ (0,134), то рубашка вала є технологічною за кількісними показниками [5].

Отже, деталь «Сорочка вала» має високу технологічність, про що свідчать результати якісного і кількісного аналізу.

3.2 Можливі дефекти сорочки вала та причини їх виникнення

На робочих поверхнях сорочки вала в результаті механіко-абразивного, фретинг-корозійного та внаслідок занокозмінних навантажень в процесі експлуатації виникає зношування в місці контакту зовнішньої поверхні рубашки вала та стрічки конвеєра.

Знос внутрішньої поверхні рубашки вала в місці посадки на вал внаслідок ретинг-корозії.

Знос шпонкового паза внаслідок фрейтинг-корозії торця поверхні в місцях фіксації рубашки на валу [32].

Таблиця 3.7–Можливі дефекти сорочки вала

№ п/п	Назва дефекту		Коефіцієнт повторюваності
1.	Знос зовнішньої поверхні	$\emptyset 130h9_{(-0,1)}$	0,8
2.	Знос отвору	$\emptyset 100H8^{(+0,054)}$	0,5
3.	Знос шпонкового пазу	$\emptyset 16H10^{(+0,12)}$	0,4
4.	Знос торця 8	230	0,09

З усіх дефектів деталі лише два мають коефіцієнт повторюваності, близький до 1. Тому ці поверхні підлягають обов'язковому відновленню і внесені у таблицю дефектів на ремонтному кресленні.

3.3 Дефектування сорчки вала

Дефекти, що розглядаємо відносяться до другого виду пошкоджень і є поправними. Дефект 1 (рис. 3.1) розташований на зовнішній циліндричній поверхні $\varnothing 130$ мм, в результаті роботи величина зношення дорівнює 1 мм на діаметр. Дефект 2 (рис. 3.1) розташований на внутрішній циліндричній поверхні $\varnothing 100$ мм, величина зношення 1 мм на діаметр. Дефекти виникають при зношуванні внаслідок тертя зовнішньої та внутрішньої поверхні сорчки вала.

Таблиця 3.8 – Дефекти сорчки вала

№ п/п	Дефект	Спосіб виявлення дефекту Вимірювальний інструмент	Розміри, мм	
			За кресленням	Допустимий
1	Деф.1 Зношування тертям зовнішньої поверхні рубашки вала	Штангенциркул ГОСТ 166-90 Мікрометр ГОСТ 6507-90	$\varnothing 130h9_{-0,1}$	$\varnothing 129,9$
2	Деф.2 Зношування внутрішньої поверхні	Нутромір НМ175 ГОСТ 10-88	$\varnothing 100H8^{(+0,004)}$	$\varnothing 100,054$

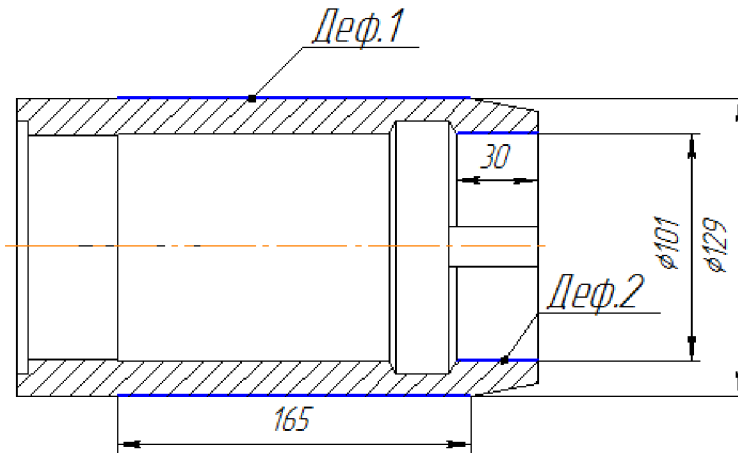


Рисунок 3.3 Схема розміщення дефектів

3.4 Статичний аналіз якості сорочки вала

Для вирішення проблем, що стосуються у якості продукції широко застосовують такі методи, як причинно-наслідкова діаграма та схема процесу (маршрут обробки).

Розглянемо причинно-наслідкову діаграму (діаграма “риб’ячих кісток” або діаграма Ісікави) [27].

Причинно - наслідкова діаграма (рис. 3.4) застосовується тоді, коли потрібно дослідити і зробити всі можливі причини визначених проблем та умов якості сорочки вала. Ця діаграма добре показує співвідношення між наслідком, результатом і різними причинами, що впливають на них. [27]

Наслідок, результат чи проблема позначаються на правій стороні діаграми, а головні дії або “причини” перелічуються на лівій стороні.

Така діаграма надає можливість виявити ключові взаємозв'язки між різними факторами та більш достеменно зрозуміти досліджуваний процес. Діаграма сприяє визначенню головних чинників, які спричиняють найзначніший внесок до проблеми, що розглядається, та попередженню або усуненню їх дії. [30]

Згідно побудованої діаграми Ісікави відносно якості сорочки вала можна зробити наступні висновки, що на якість відновлення сорочки вала впливає:

- сировина з якої виготовлена деталь;
- технологія відновлення;
- обладнання на якому відбувається процес відновлення;
- похибка налагодження обладнання;
- знос пристроїв.

Це ті фактори, які розглядаються при виконанні даної роботи.

Розглянемо схему процесу для сорочки вала.

Схема процесу (схема послідовності операцій, маршрутна карта) застосовується, коли потрібно простежити фактичні або припустимі стадії процесу, що проходять вибір чи послугу, або можна було визначити відхилення (табл. 3.8). Вона являє собою графічне зображення послідовних стадій процесу, дає наочне і зрозуміле уявлення про програму і може бути корисною для розуміння того, як різні стадії процесу співвідносяться одна з одною. [27]



Рисунок 3.4 - Причинно - наслідкова діаграма Ісікави для сорочки вала

3.5 Вибір витратного матеріалу плазмового напилювання

При плазмовому напилюванні в якості напилюючих матеріалів використовують порошки, проволочки і прутки. Найбільш широке використання при плазмовому напиленні зазнали саме порошки через наступні переваги: однорідна і мілка структура покриття, невисока собівартість, можливість отримання комбінованих покриттів.

Для даного способу напилення найбільш придатним являються порошки сферичної форми грануляцією $5 \div 100$ мкм.

Для відновлення зношених поверхонь напиленням широке застосування отримали порошкові самофлюсуючі сплави системи Ni – Cr – В – Si, до яких часто додають карбіди, бориди (вольфраму, ванадію, хрому, молібдену) для утворення композиційних сплавів з більш високими фізико-механічними властивостями [16].

Для напилення візьмемо порошок 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 напилення деталей корозійностійких, вуглецевих та інших сталей. 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 0,2мм 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.

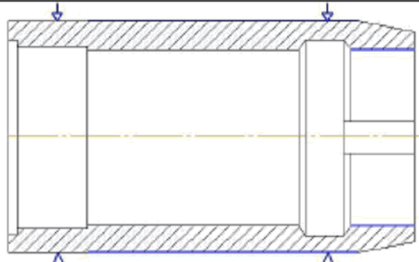
3.6 Проектування маршруту технологічного процесу відновлення рубашки вала

Згідно результатів дефектування і технології відновлення дефектів складаємо план операцій відновлення рубашки вала:

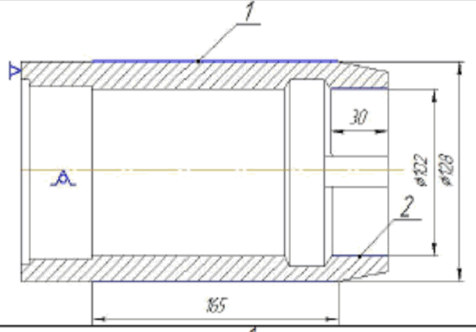
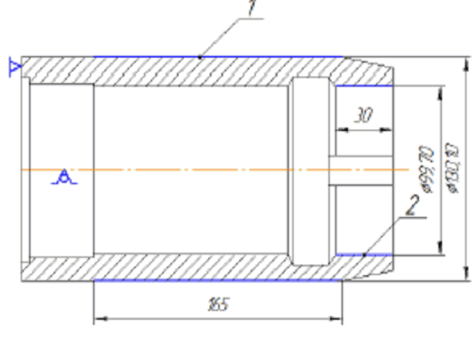
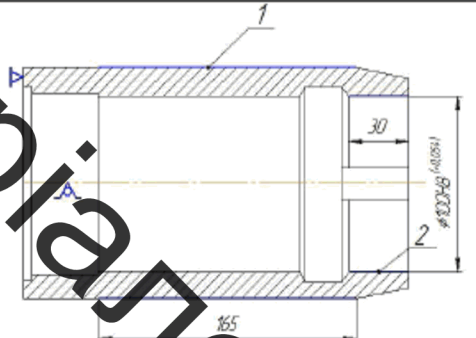
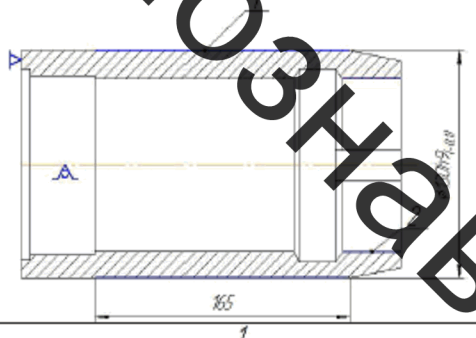
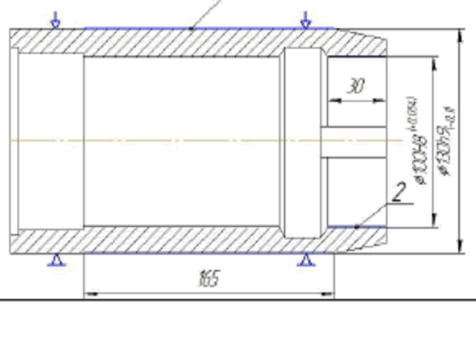
- 005 – Мийна: мити деталь в розчині «Лабаміт – 101»;
- 010 – Токарна: проточити поверхню 1 до $\varnothing 128$, розточити поверхню 2 до $\varnothing 102$;
- 015 – Напилувальна: напилити поверхню 1 до розміру $\varnothing 130,10$; напилити поверхню 2 до розміру $\varnothing 99,70$;
- 020 – Шліфувальна: шліфувати попередньо і остаточно поверхню 2 до розміру $\varnothing 100H8^{(+0,054)}$
- 025 – Шліфувальна: шліфувати остаточно поверхню 1 до розміру $\varnothing 130h9_{(-0,1)}$;
- 030 – Контрольна.

Маршрутна карта процесу відновлення наведена в табл.3.10

Таблиця 3.10 – Маршрут обробки

№операції	Найменування операції та технічних переходів	Схема устанавлення	Обладнання
005	Мийна 1. Установити і зняти деталь 2. Мити в розчині «Лабаміт-101»		Струменева камера машини OM 4610

Продовження таблиці 2.10

010	Токарна 1. Установити і зняти деталь 2. Точити поверхню 1 до розміру $\text{Ø}128$ 3. Точити поверхню 2 до розміру $\text{Ø}102$		Токарно-гвинторізний верстат 16К20Ф3
015	Напилена 1. Установити зняти деталь 2. Напилити поверхню 1 до розміру $\text{Ø}130,10$ 3. Напилити поверхню 2 до розміру $\text{Ø}99,70$.		Установка з ЧПК
020	Шліфувальна 1. Установити і зняти деталь 2. Шліфувати поверхню 2 до розміру $\text{Ø}100H8^{(+0,054)}$		Шліфувальний верстат 3К227В
025	Шліфувальна 1. Установити і зняти деталь 2. Шліфувати поверхню 1 до розміру $\text{Ø}130h9_{-0,1}$		Шліфувальний верстат 3М153
030	Контрольна 1. Контролювати поверхню 1 та 2 згідно ескізу 2. Шорсткість обробки поверхні 3. Відхилення розмірів		Стіл контрольний

3.7 Визначення кількості переходів та методів обробки відновлення

Визначення товщини покриття для відновлення поверхні 1

Величина шару металу що наноситься при відновленні деталі методом плазмового напилення визначається за формулою [32]:

$$h = Z + t; \quad (3.6)$$

Z – припуск на обробку, в мм = 1,10

t – шар металу що знімається при попередній механічній обробці, на діаметр в мм = 1

$$h = 1,10 + 1 = 2,10 \text{ мм на } \emptyset.$$

Отже величина нанесеного шару на одну сторону рубашки вала = 1,05 мм.

Визначення кількості переходів операцій відновлення поверхні 1

1. Кількість переходів механічної обробки при підготовці до відновлення залежить від виду поверхні та способу відновлення [5, 10].

Верстат 16К20 має достатню потужність і швидкість обертання, щоб зрізати шар металу на 0,5 мм за 1 прохід.

2. Кількість переходів при нанесенні покриття .

$$K_{\text{перехпринапил}} = \frac{h}{h_1}; \quad (3.7)$$

h_1 – це величина шару металу що наноситься за 1 прохід відновлення = 0,2 мм.

$$K_{\text{перехпринапил}} = \frac{1,05}{0,2} = 6 \text{ проходів}$$

3. Кількість переходів механічної обробки після нанесення покриття.

$$K_{пер.нап} = \frac{T_{заг}}{T_{дет}}; \quad (3.8)$$

де $T_{заг}$ - допуск на відновлення поверхні після нанесення покриття = 300 мкм.

$T_{дет}$ - допуск на деталі згідно креслення = 100 мкм.

$$K_{перехпіслянапил} = \frac{300}{100} = 3$$

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

Визначення товщини покриття для відновлення поверхні 2

t – шар металу що знімається при попередній механічній обробці, на діаметр = 1 мм.

$$h = 1,30 + 1 = 2,30 \text{ мм на } \emptyset.$$

Отже величина нанесеного шару на одну сторону поверхні 2 сорочки вала = 1,15 мм.

Визначення кількості переходів операцій відновлення поверхні 1

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

Верстат 16К20 має достатню потужність і швидкість обертання, щоб зрізати шар металу на 0,5 мм за 1 прохід.

2. Кількість переходів при нанесенні покриття .

$$K_{\text{перехпринапил}} = \frac{h}{h_1};$$

h_1 – це величина шару металу що наноситься за 1 прохід відновлення = 0,2 мм.

$$K_{\text{перехпринапил}} = \frac{1,15}{0,2} = 6 \text{ проходів}$$

Кількість переходів механічної обробки після нанесення покриття.

$$K_{\text{перехпіслянапил}} = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}};$$

де $T_{\text{заг}}$ - допуск на відновлення поверхні після нанесення покриття = 250мкм.

$T_{\text{дет}}$ - допуск на деталі згідно креслення = 100мкм.

$$K_{\text{перехпіслянапил}} = \frac{250}{50} = 5$$

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

3.8 Розрахунок припусків на механічну обробку

Розрахунки були виконані за стандартною методикою [5, 18, 32].

Отримані значення для кожного розміру занесені в таблиці 3.11; 3.12.

Таблиця 3.11 – Припуски та граничні розміри

Маршрут обробки поверхні діаметром $\varnothing 130h9_{(-0,1)}$	Елементи припуску, мкм				Розрахункові величини		виконува в мкм Допуск на ні розміри,	Прийняті розміри заготовки по переходах, мм		Граничні й припуск, мкм	
	Rz	$T_{дет}^h$	$\rho, \Delta\Sigma$	ε	припу ску $Z_{i min}$, мкм	мінімал ьного діа метра, мм		Max	Min	Z_{max}	Z_{min}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Заготовка(h11)	40	40	368	—	—	130,79	300	131,10	130,80	—	—
Шліфування(h9)	10	20	14,72	—	896	129,9	100	130	129,9	1,10	0,9

Таблиця 3.12 – Припуски та граничні розміри

Маршрут обробки поверхні діаметром $\varnothing 100H8^{(+0,054)}$	Елементи припуску, мкм				Розрахункові величини		виконува в мкм Допуск на ні	Прийняті розміри заготовки по переходах, мм		Граничні й припуск, мкм	
	Rz	$T_{дет}^h$	$\rho, \Delta\Sigma$	ε	припу ску $2 \cdot Z_{i min}$, мкм	мінімаль ного діа метра, мм		Max	Min	Z_{max}	Z_{min}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Заготовка(h11)	40	40	368	—	—	98,650	250	98,70	98,95	—	—
Шліфування:											
Чорнове(H9)	15	25	14,72	99	995	99,945	100	99,85	99,945	1,15	0,99
Чистове(H8)	10	20	—	—	109	100,054	54	100	100,054	0,15	0,10

3.9 Розрахунок та призначення режимів механічної обробки до та після нанесення покриття

Розрахунок режимів проведено згідно [5, 19]

Таблиця 3.13 – Технологічні параметри режимів обробки за технологічним процесом

№ ОП	Найменування операції	Параметри режимів обробки
010	Токарна Верстат 16К20Ф3	Глибина різання - 0,5 мм; подача - 0,7 мм/об. Швидкість різання : $V_1 = 163,7$ (м/хв); $V_1 = 98,9$ (м/хв); [30]; Частота обертання (мм/об): $n = 400$ (d=130мм); $n = 315$ (d=100мм); Потужність: $N_1 = 1,76$ (кВт); $N_2 = 0,486$ (кВт)
015	Напилювання Установка з ЧПК	Маса плями напилювання: $m_1 = 0,5$ (гр.); $m_2 = 0,4$ (гр.). Горизонтальна швидкість напилювального пристрою: $V_r = 3,6$ (мм/с); Швидкість руху плями: $V_{л1} = 33,3$ (мм/с); $V_{л2} = 49,3$ (мм/с); Швидкість обертання деталі: $\omega = 0,4$ (мм/с); Кількість проходів: $n = 6$ [33].
020	Шліфувальна Верстат 3К227В Шліфувальний круг 63С40П5СМ1К6	Діаметр шліфувального круга: $D_{кр} = 600$ мм ; Швидкість обертання круга: $n_{кр} = 1100$ (об/хв); Дійсна швидкість круга: $V_{д,кр} = 35$ (м/с); Швидкість обертання заготовки: $n_{дет} = 85,7$ (об/хв.); Глибина шліфування – $t = 0,005$ мм [34]. Потужність: $N_1 = 0,756$ (кВт);
025	Шліфувальна Верстат 3М153 Шліфувальний круг 63С40П5СМ1К6	Діаметр шліфувального круга: $D_{кр} = 80$ мм ; Швидкість обертання круга: $n_{кр} = 1100$ (об/хв); Дійсна швидкість круга: $V_{д,кр} = 35$ (м/с); Швидкість обертання заготовки: $n_{дет} = 95,5$ (об/хв.); Поперечна подача круга: $t = 0,005$ (мм/хід столу)[35]. Потужність: $N_2 = 0,41$ (кВт)
030	Контрольна Стіл контрольний	

3.10 Технічне нормування операцій відновлення

Норми часу за розрахунково-аналітичним методом визначаються за методикою [29]

Ориманні дані заносимо до таблиць 3.14 – 3.17.

Таблиця 3.14 – Вихідні данні за технологічним процесом відновлення

№	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)	$n_{дет}$
005	Мийна	-	-	-	-	-	47
010	Токарна	130	165	0,7	400	2	47
015	Напилувальна	130	165	3,6	0,4	12	47
020	Шліфувальна	100	30	7,5	2550	2	47
025	Шліфувальна	130	165	18,9	1100	1	47
030	Контрольна	-	-	-	-	-	47

Таблиця 3.15 – Розрахунок основного часу, хв.

№	Розрахунок по формулам
005	0,64
010	0,73
015	11,48
020	2,34
025	0,00
030	5,00

Таблиця 3.16 – Допоміжний час, хв

№	$t_{доп1}$ (уст і зн)	$t_{доп2}$ (вкл і викл)	$t_{доп3}$	$t_{доп4}$ (підв)	$t_{доп5}$ (відв)	$t_{доп6}$ (перемшп)	$t_{доп7}$ (контр)	$t_{доп8}$	$\Sigma t_{доп}$
005	0,13	0,2	0,5	0	0	0	0,33	0	1,16
010	0,46	0,4	0	0,02	0,02	0,36	0,66	0	1,52
015	0,46	0,4	0	0,02	0,02	0,36	0,66	0	1,52
020	0,23	0,2	0,5	0,04	0,04	0,16	0,33	0	1,5
025	0,13	0,2	0,5	0	0	0	0,01	0	0,84
030	0,13	0,2	0,5	0	0	0	0,33	0	1,16

Розрахунки часу обслуговування розміщені в таблиці 3.17.

Таблиця 3.17 – Час на обслуговування, хв

№	$t_{т.обсл}$	$t_{о.обсл}$	$t_{обсл}$
005	5,80	0,02	5,82
010	8,30	0,04	8,20
015	9,30	0,21	8,50
020	2,80	0,03	2,83
025	5,80	0,10	5,90
030	0,10	0,01	0,11

Підготовчо-заключний час знаходиться як сума часів, що витрачається на переналагодження обладнання, встановлення додаткового обладнання, отримання інструменту, тощо. Цей час приймається з відповідних довідників.

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

Таблиця 3.18 – Підготовчо-заключний час, хв.

№	$T_{п-з(змін інстр)}$	$T_{п-з(вст.обл-ня)}$	$T_{п-з(отр і здача інстр)}$	$\Sigma T_{п-з}$
005	9	0	5	47
015	7	0	7	47
020	7	0	7	47
025	14	3,8	7,2	47
030	14	3,8	7,2	47
035	19	2	10	47
040	9	0	5	47
055	9	0	5	47

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

Таблиця 3.19 – Зведена таблиця часу

№	Назва операції	t_o	$t_{доп}$	$t_{оп}$	$t_{обсл}$	$t_{відп}$	$T_{шт}$	$T_{п-з}$	$T_{шт з п-з}$
005	Мийна	0,64	1,16	1,80	5,82	0,09	7,71	14	8,00
015	Токарна	0,59	0,96	1,55	2,52	0,10	4,17	14	4,47
020	Напильовальна	11,46	0,96	12,42	2,65	0,81	15,87	14	16,17
035	Шліфувальна	5,00	1,5	1,50	2,83	0,11	4,44	31	4,10
040	Шліфувальна	2,00	0,84	5,84	5,90	0,29	12,03	14	9,33
055	Контрольна	1,00	0,48	1,48	0,11	0,07	1,67	14	1,97

3.11 Розробка конструктивної схеми установки для відновлення

Розробимо конструктивну схему установки. З'ясуємо з яких основних компонентів має складатися установка для автоматизованого відновлення деталі (рисунок 3.5)

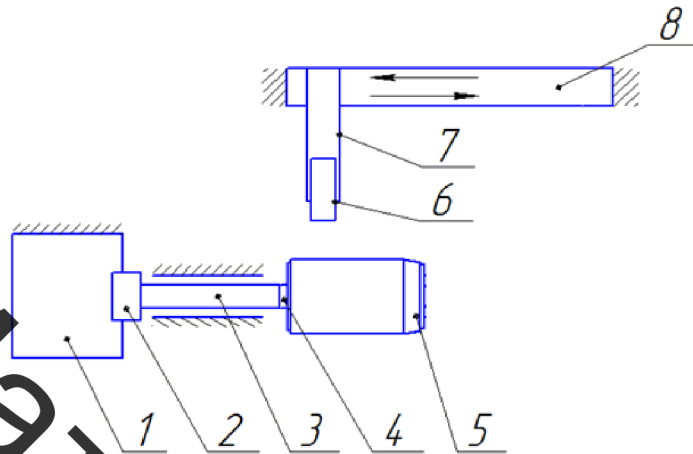


Рисунок 3.5 – Конструктивна схема установки відновлення

Основними елементами конструктивної схеми є розпилюючий пристрій 6, закріплений на кронштейні 7. Кронштейн 7 закріплено на каретці портального приводу 8, що забезпечує можливість переміщення розпилюючого пристрою вздовж деталі 5. Відновлювана деталь 5 закріплюється на оправці 4. Оправку 4 закріплено у шпинделі 3 встановленим на підшипниках. Шпиндель 3 через осовий набір 2 з'єднано з електромотором 1 закріпленим на рамі установки.

3.11.1 Визначення способу закріплення деталі

Враховуючи те, що деталь рубашка вала має наскрізний отвір, тому розробили закріплюючий пристрій для фіксації деталі на оправці [39].

Закріплення оправки на шпинделі - конус Морзе (рисунок 3.6).

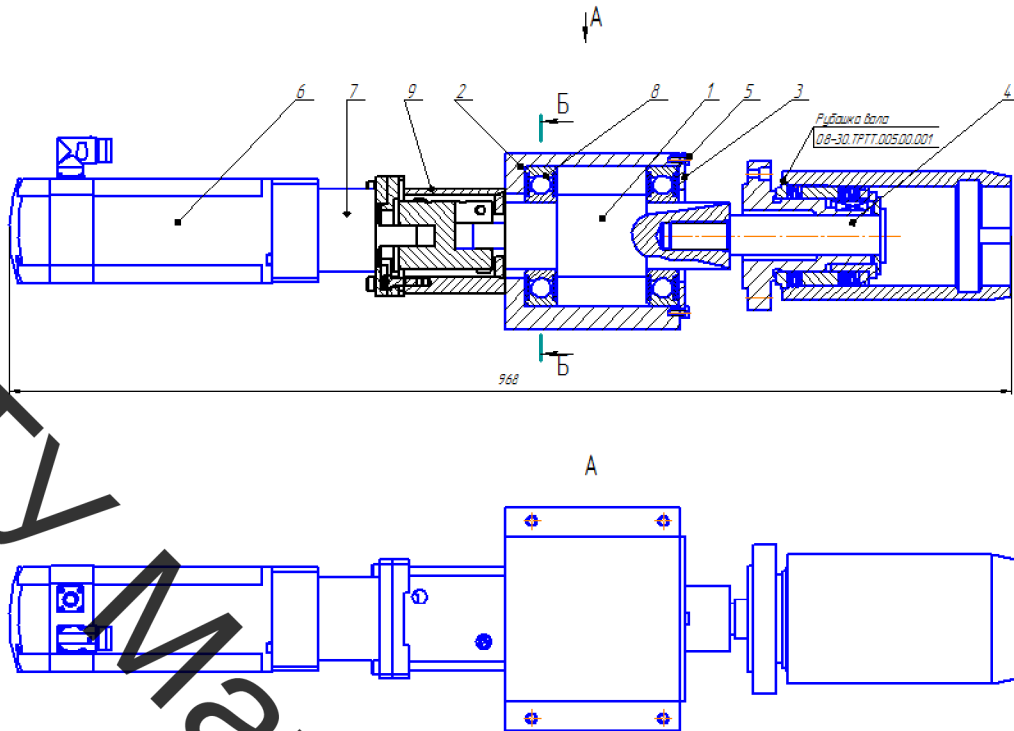


Рисунок 3.6 – 1 – вал, 2 – корпус, 3 – кришка, 4 – оправка, 5 – гвинт, 6 – сервомотор, 7 – редуктор; 8 – підшипник; 9 – осьовий набір;

Знаючи конструкцію шпиндельного вузла та способу закріплення можна визначити мотор який буде здатний обертати рухомі деталі шпиндельного вузла з пристосуванням та відновлюваною деталлю [23].

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

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

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

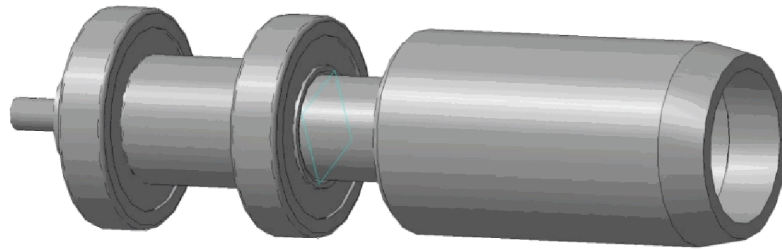


Рисунок 3.7 – 3D модель усіх деталей, що обертаються в процесі відновлення

Розрахунок МЦХ проведемо засобами САПР Компас

МЦХ

Маса $M = 32448.431261$ г

Площа $S = 579867.860103$ мм²

Об'єм $V = 4149415.762287$ мм³

Центр мас $X_c = 280.635263$ мм

$Y_c = 0.000000$ мм

$Z_c = 0.000000$ мм

В центральній системі координат:

Осьові моменти інерції $J_x = 25975673.416271$ г* мм²

$J_y = 597987540.789445$ г* мм²

$J_z = 597987544.518651$ г* мм²

Для розрахунку та вибору приводу обертання необхідно знати:

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

$$J_x = 25975673.416271 \text{ г*мм}^2 = 2597,7 \text{ кг/мм}^2$$

3.11.3 Розрахунок маси розпилюючого пристрою

Розробимо 3D модель розпилюючого пристрою (рисунок 3.8)

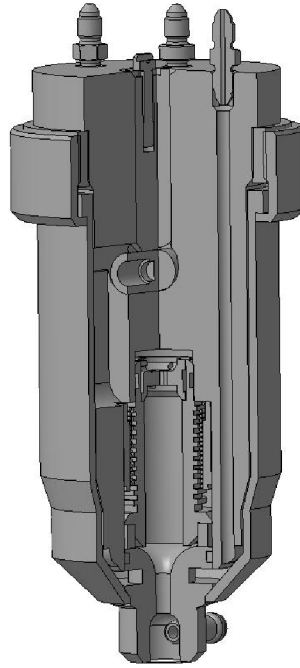


Рисунок 3.8 – 3D модель розпилюючого пристрою.

Анологічно розрахуємо засобами САПР Компас масу розпилюючого пристрою

Маса	$M = 2907.772286 \text{ г}$
Площа	$S = 211487.746732 \text{ мм}^2$
Об'єм	$V = 751001.369489 \text{ мм}^3$
Центр мас	$X_c = 0.003306 \text{ мм}$
	$Y_c = -0.181509 \text{ мм}$
	$Z_c = -107.992955 \text{ мм}$

Виконавчі механізми установки для автоматизованого відновлення деталей сорочки вала обертаємо на сайті Festo.com.ua.

Для розрахунку приводу обертання застосуємо програму Positioning drivers компанії Festo.

Вихідними даними для розрахунку приводу обертання є момент інерції тіл які треба обертати (в нашому випадку становить $J_x = 2597,7 \text{ кг/мм}^2$) додаткові сили, які є гальмівними або прискорюючими (в нашому випадку відсутні). Відстань від центру тяжіння деталей що обертаються –

приймається нульовою, тому що застосовано додатковий проміжний шпиндель який сприймає всі навантаження від маси тіл, що обертаються. Тип приводу - сервопривід змінного струму. Монтажене розташування горизонтальне

Замовимо на сайті FESTO.COM.UA 3D [39] моделі вибраного приводу обертання в форматі sat 6 який розпізнає програма Компас.

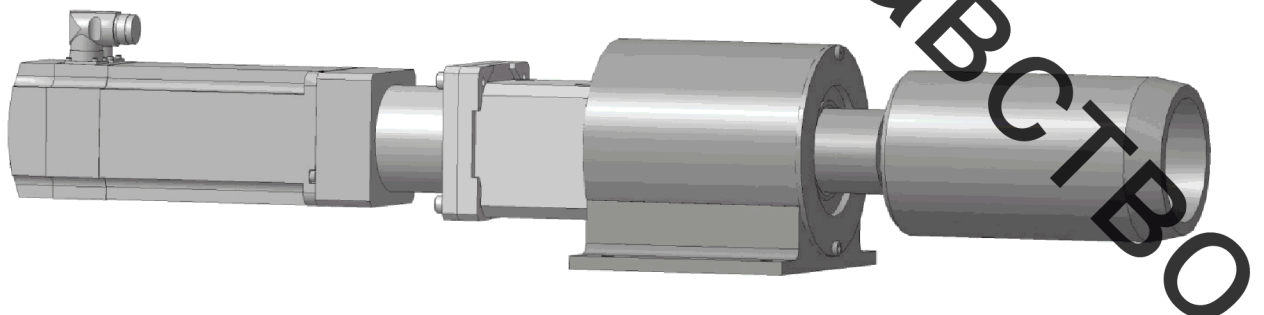
Застосувавши програму Positioning Drivis, знайдемо можливе рішення у вигляді привода позиціонування та занесемо результати в таблиці 3.20 – 3.22.

Таблиця 3.20 – Комплектуючі приводу обертання

• Найменування	• Код
• Сервомотор	• EMMS-AS-100-M-RS
• Осьовий набір	• EAMM-A-F80-80G
• Контролер	• CMMP-AS-C5-11A-P3
• Редуктор	• EMGA-80-P-G5-SAS-100

Спроекуємо вузол обертання. Для цього необхідно з'єднати сервомотор з валом шпинделя та закріпити підшипниковий вузол шпинделя та сервомотор на одній платформі.

Розроблена 3D модель приводу обертання дивись на рисунку 3.9



Рисунку 3.9 – Вузол обертання деталі

Створимо з цієї моделі вузла обертання складальне креслення

3.11.4 Привід горизонтального переміщення

Вихідними даними для вибору привода горизонтального переміщення є маса яку необхідно переміщувати це маса розпилюючого пристрою 2,9 кг плюс маса кронштейну на якому кріпиться розпилюючий пристрій 1,8 кг та маса приєднаних комунікації, яка приблизно становить до 1 кг. Разом ця маса становить $2,9+1,8+1 = 5,7$ кг. Ще однією величиною для вибору привода є величина горизонтального переміщення, яку приймаємо з запасом становить 400 мм.

Замовимо на сайті FESTO.COM.UA 3D модель вибраного привода DMES-25-400-KF-GK-SV у форматі sat6. Обрані комплектуючі наведені у таблиці 3.21.

Таблиця 3.21 – Комплектуючі приводу горизонтального переміщення

• Найменування	• Код
• Сервомотор	• EMMS-AS-40-M-TS
• Осьовий набір	• EAMM-A-E32-40A
• Лінійна вісь	• DMES-25-400-KF-GK-SV
• Центральна опора	• EAHF-V1-32-P
• Контролер	• CMMS-AS-C4-3A

Поєднаємо усі механізми згідно їх функціонального призначення та отримаємо функціональний вузол горизонтального та вертикального переміщень розпилюючого пристрою та обертання деталі. Розмістимо у просторі всі деталі згідно їх призначення враховуючи те, що відстань між поверхнею відновлюваної деталі та соплом розпилюючого пристрою повинна складати 30...50 мм. Наступним кроком є створення рамної конструкції яка забезпечить задане взаємне розташування всіх механізмів. Для створення рамної конструкції використаємо профільний металопрокат, а саме швелер ГОСТ 8240-79 №10 та кутники ГОСТ 8509-93 №4. Додатково встановимо косинки для забезпечення жорсткості конструкції рами. Конструкція рами

зварна. Електродугове зварювання за ГОСТ 5264-80. З правої сторони рами передбачимо щит на якому закріпимо контролер керування приводом горизонтального переміщення розпилюючого пристрою.

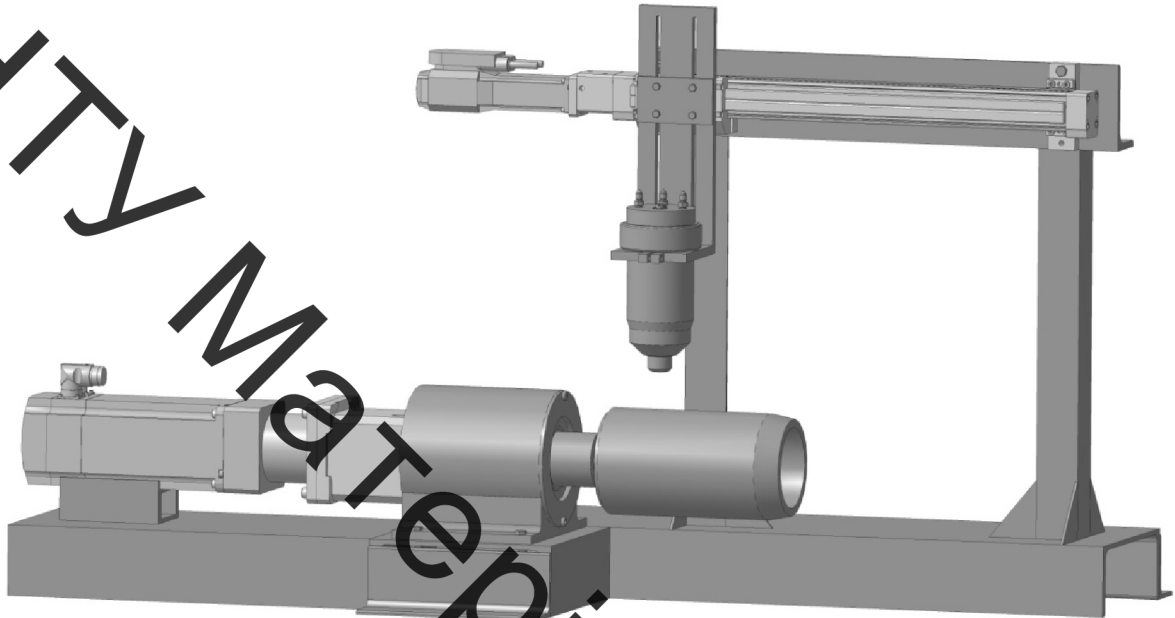


Рисунок 3.10 – 3D модель установки з ЧПК

3.11.5 Розробка робочого місця

Виробничі приміщення цеху, в яких розміщуються напилювальні дільниці, повинні бути побудовані з вогнестійких матеріалів і повинні розташовуватись в окремих кабінах або відокремлюватись ширмами.

Підлога у приміщеннях повинна бути виконана з негорючих матеріалів. На робочих місцях під ногами повинні бути дерев'яні ґрати або гумові коврики.

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

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

Робоче місце і вимоги безпеки

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

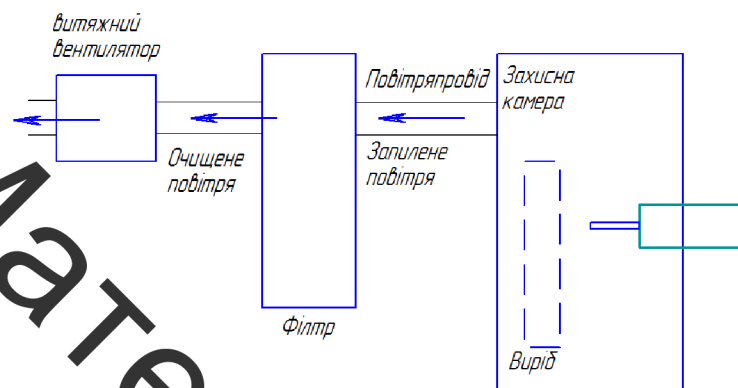


Рисунок 3.11 | Схема організації робочого місця

Пилезахищена камера повинна забезпечувати можливість розміщення в ній оброблюваних виробів за умови доступу до нього соплом напилювального блоку. Персонал повинний бути захищений індивідуальними засобами пилезахисту (окуляри, респіратор).

Робоче місце складається з установки з цифровим програмним керуванням 4, яка встановлена у захистному боксі 3, в боксі встановлено живильник 5 який забезпечує подачу порошку для напилення. Оснащеному приточновитяжною вентиляцією 1, 2. Електроживлення плазмотрона здійснюється від джерела живлення 7. Керування установкою здійснюється від комп'ютера 8. Плазмоутворюючий газ подається від балона 6. Шинопровід забезпечує підвід всіх комунікацій до виконавчих механізмів.

3.12 Висновки до третього розділу:

1. Проведений аналіз існуючих технологічних процесів відновлення деталей типу «сорочка валу» показав, що в процесі відновлення в одному технологічному циклі в різній послідовності виконується операції нагріву, деформації і охолодження деталі.
2. В результаті роботи сорочки валу виникає пошкодження як зовнішньої так і внутрішньої поверхонь сорочки. Середній знос 0,25-0,5 мм, що вимагає відновлення до номінального розміру.
3. Застосували причинно-наслідкову діаграму (діаграми Іссікави) для дослідження причин виникнення проблем та умов погіршення якості сорочки вала. Ця діаграма добре показує співвідношення між наслідком, результатом і різними причинами, що впливають на якість сорочки вала привідного барабану.
4. На основі проведення дефектування деталі розроблено технологічний процес відновлення зношених поверхонь сорочки валу, визначено кількість переходів, припуски на механічну обробку та розрахунок їх режимів; режимів напилювання зносостійкого покриття на робочі поверхні.
5. Для реалізації процесу відновлення розроблено технічну документацію.
6. Розроблена установка з числовим програмним керуванням на базі вузлів компанії «Festo», що дозволяє проводити відновлення поверхонь деталей типу «сорочки вала» з внутрішнім діаметром до 120 мм і довжиною до 500 мм.
7. Креслення деталі, ремонтне креслення та маршрутна карта технологічного процесу виконані за допомогою програми КОМПАС 3D.

4 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ІННОВАЦІЙНОГО РІШЕННЯ

4.1 Прогнозування витрат на виконання конструкторської технологічної роботи

Розроблений новий технологічний процес відновлення рубашки вала відбувається плазмовим напилюванням. Такий спосіб відновлення дає можливість надати зношеним поверхням необхідних характеристик міцності та зносостійкості, крім того значно підвищити економічні показники, адже розроблений технологічний процес характеризується значно меншими затратами, пов'язаними із відновленням поверхонь, має менший термін окупності устаткування, що суттєво впливає на технологічну собівартість відновленої деталі у порівнянні із собівартістю нової.

Розраховуємо основну заробітну плату кожного із розробників чи дослідників за формулами, якщо вони працюють в наукових установах бюджетної сфери, та заносимо дані до таблиці 4.1 [13, 20, 21].

Таблиця 4.1 – Основна заробітна плата розробників

Найменування посади виконавця	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на оплату праці, грн.	Примітка
1. Керівник проекту	1000,00	455,00	5	2275,00	
2. Інженер-технолог	8500,00	386,00	5	1930,00	
3. Технік	4173,00	139,00	5	695,00	
Всього				4900,00	

Мінімальна заробітна плата у 2019 року встановлена на рівні 4173 грн., погодинна ставка робітника 1-го розряду на рівні 25,13 грн/годину.

Величина чинних тарифних коефіцієнтів робітників відповідних розрядів для бюджетної сфери наведена в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Величина чинних тарифних коефіцієнтів робітників відповідних розрядів для бюджетної сфери

Розряд	1	2	3	4	5	6	7	8
K_i	1,00	1,09	1,18	1,27	1,36	1,45	1,54	1,64
Мінімальна погодинна ставка	25,13	27,40	29,65	31,91	34,18	36,44	38,70	41,21

Розраховуємо основну заробітну плату робітників, якщо вони беруть участь у виконанні даного етапу роботи і виконують роботи за робочими професіями. Розрахунки заносимо до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Основна заробітна плата робітників

Найменування робіт	Трудомісткість, н.-годин	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн.	Прим.
1. Мийна	0,03	3	29,65	0,89	
2. Дефектувальна	0,1	4	31,91	3,19	
3. Точіння	0,07	3	29,65	2,08	
4. Напилення	0,09	3	29,65	2,67	
5. Шліфування	0,08	4	31,91	2,56	
6. Шліфування	0,08	4	31,91	2,56	
7. Слюсарна	0,04	4	31,91	1,28	
8. Контрольна	0,04	4	31,91	1,28	
Всього:				16,51	

Розраховуємо додаткову заробітну плату всіх розробників та робітників, які брали участь у виконанні даного етапу роботи. Вона розраховується як (10...12)% від суми основної заробітної плати всіх розробників та робітників. Пораховані дані заносимо до таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Додаткова заробітна плата всіх розробників та робітників, які брали участь у виконанні даного етапу роботи

Найменування робіт	Основна заробітна плата, грн	Додаткова заробітна плата, грн
Розробники:		
1. Керівник проекту	2275,00	277,78,4
2. Інженер-технолог	1950,00	212,3
3. Технік	695,00	76,45
Всього:	4900,00	566,53
Робітники:		
1. Мийна	0,89	0,10
2. Дефектувальна	3,19	0,35
5. Токарна	2,08	0,22
Продовження таблиці 4.4		
4. Напилувальна	2,67	0,29
9. Шліфувальна	2,56	0,28
10. Шліфувальна	2,56	0,28
12. Слюсарна	1,28	0,14
13. Контрольна	1,28	0,14
Всього:	16,51,	1,8

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

$$H_{зп} = (Z_o + Z_p + Z_d) \cdot \frac{\beta}{100}, \quad (4.1)$$

де Z_o – основна заробітна плата розробників, грн.;

Z_p – основна заробітна плата робітників, грн.;

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

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

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

$$H_{зп} = (4900 + 16,51 + 568,3) \times 0,22 = 1206,67 \text{ грн.}$$

Розраховуємо амортизацію обладнання, комп'ютерів та приміщень, які використовувались під час даного етапу роботи. Відрахування розраховуємо по кожному виду обладнання, приміщення тощо. Всі результати заносимо до таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Амортизація обладнання, комп'ютерів та приміщень

Найменування обладнання, приміщень тощо	Балансова вартість, грн.	Норма амортизації, %	Термін використання, міс.	Величина амортизаційних відрахувань, грн.	Примітка
Переобладнання старого приміщення	180000	5	1	750	
Силові приводи	2800	20	1	46,7	
Комп'ютер та інтерфейс	4000	60	1	200	
Всього				996,7	

Розраховуємо витрати на матеріали, що були використані під час виконання даного етапу роботи, визначаємо по кожному виду матеріалу та заносимо до таблиці 4.6

Таблиця 4.6 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, грн.	Витрачено, кг	Вартість витраченого матеріалу, грн.	Прим.
1. Порошок ПГ-10Н-04	200,00	0,375	82,5	
2. Газ аргон Аг	34,00	0,570	19,38	
3. Лобомід	32,88	0,200	6,57	
4. Ганчір'я	7,00	0,100	0,7	
Всього			109,15	

Визначаємо вартість комплектуючих, що були використані під час виконання даного етапу роботи, та заносимо дані до таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Витрати на комплектуючі

Найменування комплектувальних	Кількість	Ціна за штуку, грн.	Сума, грн.	Примітка
1. Установка ЧПК „Festo” для напилювання	1	19500,00	19500,00	
2. Обертач	1	4600,00	4600,00	
3. Плазмострон	1	1450,00	1450,00	
4. Персональний комп'ютер	1	4000,00	4000,00	
Всього			29550,00	

Розраховуємо витрати на силову електроенергію для виконання даного етапу роботи та заносимо до таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Витрати на електроенергію

Найменування операції	Найменування обладнання	Встановлена потужність, кВт	Тривалість операції, год.	Витрати, кВт	Сума, грн.
Мийна	ОМ-4610	0,6	0,0833	0,072	0,12
Дефектувальна	Дефектоскоп УД-12	0,2	0,1	0,02	0,34
Токарна	Токарний верстат 16К-20Ф3	11	0,021	0,231	0,39
Напилювальна	Напилювальна установка з ЧПК «Фесто»	23	0,23	5,29	8,90
Шліфувальна	Круглошліфувальний універсальний верстат 3М153	5,5	0,1	0,55	0,924
Шліфувальна	Внутрішньо шліфувальний верстат 3К227В	5,5	0,033	0,18	0,31
Контрольна	Дефектоскоп УД-12	0,2	0,1	0,02	0,01
Всього					11,02

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

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

$$V_{in} = (1..3) \cdot (3_o + 3_p). \quad (4.2)$$

$$V_{in} = (4900 + 16,51) \times 1 = 4916,51 \text{ грн.}$$

Підсумовуємо всі попередні витрати та визначаємо їх загальну суму. Всі дані заносимо до таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 – Витрати

Статі витрат	Сума, грн.
Основна заробітна плата розробників	4900,0
Основна заробітна плата робітників	16,51
Додаткова заробітна плата	568,30
Нарахування на заробітну плату	1206,67
Амортизація обладнання, комп'ютерів та приміщень	996,70
Витрати на матеріали	109,15
Витрати на комплектуючі	29550,00
Витрати на силову електроенергію	11,03
Інші витрати	4916,51
Всього	42274,9

4.2 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

Собівартість відновлення сорочки вала розраховуємо за формулою:

$$S_s = 3_p + 3_o + H_{zn} + M + B_e + B_{in}, \quad (4.3)$$

де 3_p – основна заробітна плата робітників, $3_p = 16,51$ грн.;

3_o – додаткова заробітна плата робітників, $3_o = 1,8$ грн.;

H_{zn} – нарахування на заробітну плату, $H_{zn} = 4,02$ грн.;

M – витрати на матеріали на одиницю продукції, $M = 109,15$ грн.;

B_e – витрати на силову електроенергію, $B_e = 11,03$ грн.;

B_{in} – інші витрати, $B_{in} = 4916,51$ грн.

$$S_B = 16,51 + 1,80 + 4,2 + 109,15 + 11,03 + 4916,51 = 5059,02 \text{ грн.}$$

Розраховуємо ціну реалізації відновлення вал-шестерні за формулою:

$$C_p = S_e \cdot \left(1 + \frac{P}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{w}{100}\right), \quad (4.4)$$

де P – нормативний рівень рентабельності, $P = 20 \dots 50\%$;

w – ставка додатку на додану вартість, 20% .

$$C_p = 5059,02 \cdot (1 + 0,5) \cdot (1 + 0,2) = 9106,24 \text{ грн.}$$

Приймаємо ціну реалізації 10000 грн.

Величина чистого прибутку, який отримає виробник протягом одного року, розраховуємо за формулою

$$\Pi = \left\{ \left[C_p - \frac{(C_p - M) \cdot f}{100} - S - \frac{q \cdot S_e}{100} \right] \cdot \left[1 - \frac{h}{100} \right] \right\} \cdot N, \quad (4.5)$$

де f – зустрічна ставка податку на додану вартість, $f = 20\%$;

h – ставка податку на прибуток, $h = 18\%$;

q – норматив, який визначає величину адміністративних витрат, витрат на збут та інші операційні витрати, $q = 5 \dots 10\%$;

N – число виробів, які планується реалізувати за рік, штук.

$$\Pi = \left\{ \left[10000 - \frac{(10000 - 109,15) \cdot 20}{100} - 5059,02 - \frac{5 \cdot 5059,02}{100} \right] \cdot \left[1 - \frac{18,1}{100} \right] \right\} \cdot 1000 = 2222085 \text{ грн.}$$

Визначаємо величину чистого дисконтованого доходу від застосування модернізованого технологічного процесу, якщо планується протягом 3-х років відновлювати робочі поверхні сорочки валу.

В розробку інноваційного технологічного процесу підприємство однократно вклало 10000 грн. інвестицій.

Планується 2222085 грн. річного прибутку від реалізації продукції.

Норма дисконту складає 0,2.

Проведемо розрахунки за формулою:

$$NPV = \sum_{i=1}^n \frac{\Pi_t}{(1+d)^t} - K, \quad (4.6)$$

де Π_t – прибуток отриманий від реалізації відповідної кількості нової продукції у t -му році функціонування проекту, грн;

K – величина капітальних вкладень у розробку інноваційного рішення, грн;

d – норма дисконту, величина якої залежить від рівня ризику, рівня банківської ставки по вкладам, рівня інфляції;

n – термін, протягом якого продукція реалізовуватиметься на ринку (термін функціонування проекту), років;

t – відповідний рік функціонування проекту, в якому очікується прибуток, грн.

$$NPV = \frac{2222085}{(1+0.2)^1} + \frac{2222085}{(1+0.2)^2} + \frac{2222085}{(1+0.2)^3} - 42274,9 = 4638505,8 \text{ грн.}$$

Термін окупності розраховуємо за формулою

$$T_{ок} = \frac{K}{\Pi}, \quad (4.7)$$

$$T_{\text{ук}} = \frac{42274,9}{2222085} = 0,019 \text{ років}$$

4.3 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

Загальні витрати ZB на виконання та впровадження результатів НДДКР (або теперішня вартість інвестицій PV) дорівнює 10000 грн. Результати вкладених у наукову розробку інвестицій виявляються у першому році.

Ці результати виявляються у тому, що у кожному наступному році підприємство отримує чистого прибутку 2222085 грн. відносно базового року.

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

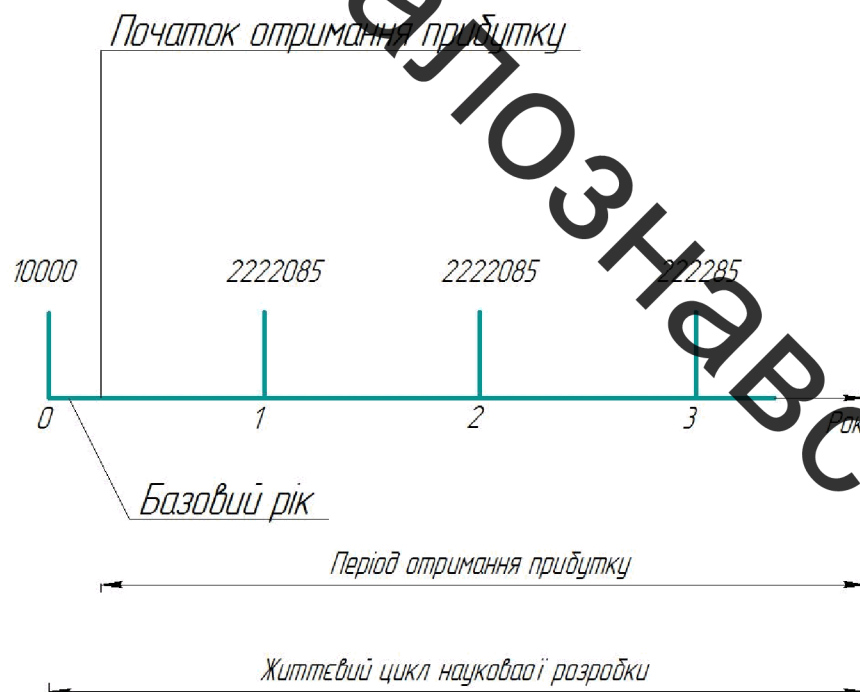


Рисунок 4.1 – Життєвий цикл наукової розробки з фіксацією платежів

Розрахуємо абсолютну ефективність вкладених інвестицій $E_{\text{абс}}$ за формулою:

$$E_{\text{абс}} = \text{ПП} - PV, \quad (4.8)$$

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

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

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

$$\text{ПП} = \sum_1^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^t}, \quad (4.9)$$

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

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

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

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

$$\text{ПП} = \frac{2222085}{(1+0.2)^1} + \frac{2222085}{(1+0.2)^2} + \frac{2222085}{(1+0.2)^3} = 4680780,7 \text{ грн.}$$

$$E_{\text{абс}} = 4680780,7 - 10000 = 4670780,7 \text{ грн.}$$

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

Розраховуємо відносну (щорічну) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій E_B за формулою:

$$E_B = T_{ж} \sqrt{1 + \frac{E_{абс}}{PV}} - 1, \quad (4.10)$$

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

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

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

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

$$\tau = d + f, \quad (4.11)$$

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

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

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

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

$$\tau_{мін} = 0,2 + 0,05 = 0,25.$$

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

$$E_e = \sqrt[3]{1 + \frac{4670780,9}{10000}} - 1 = 6,60$$

Оскільки величина $E_B > \tau_{\min}$, то інвестор буде зацікавлений у фінансуванні даної наукової розробки.

Розрахуємо термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій. Термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій $T_{ок}$ можна розрахувати за формулою:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_B}, \quad (4.12)$$

$$T_{ок} = \frac{1}{6,60} = 0,15 \text{ роки.}$$

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

4.4 Висновки до четвертого розділу .

Розглянувши різні методи відновлення та врахувавши їхні позитивні та негативні сторони можна зробити висновок - як метод, що дозволить розв'язати поставлену задачу по відновленню деталі «Сорочка привідного барабану» можна використовувати метод газотермічного напилювання (плазмове).

Метод задовольняє наступними параметрами: стабільність якості всієї поверхні; низькі параметри шорсткості для пари тертя; висока продуктивність методу при низькій вартості; використання універсального обладнання, відсутність трудоміких технологічних операцій.

Використання модернізованого технологічного процесу на підприємстві дозволить отримати позитивний економічний ефект.

Впровадження модернізованого технологічного процесу потребує від інвестора 10000 грн. капітальних вкладень. Прибуток за рік виробника складе 2222085 грн.

При оцінці ефективності інноваційного проекту отримані такі важливих показників, як:

- чистий дисконтований дохід (інтегральний ефект) 4638505,8 грн.;
- внутрішня норма дохідності (прибутковості) 30%;
- термін окупності 0,15 року.

Отримані показники свідчать про високий рівень дохідності для інвестора і підтверджують доцільність впровадження технологічного процесу відновлення деталі «Сорочки привідного барабану».

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Аналіз умов праці

В процесі виконання процесу відновлення робочих поверхонь сорочки привідного барабану можуть виникати наступні шкідливі виробничі фактори:

- підвищена загазованість приміщення відпрацьованими газами;
- підвищений рівень шуму та вібрацій;
- випари газів шкідливих речовин;
- умови праці не відповідають допустимим;
- недостатнє або нераціональне освітлення та інші.

До небезпечних виробничих факторів відносяться: небезпека ураження людини електричним струмом напругою 220/380 В; використання несправного інструменту; опіки від розігрітих частин обладнання.

До психофізіологічних факторів відносяться: незадовільний психологічний клімат в колективі, незадоволеність працею; можливий стан алкогольного сп'яніння.

5.2 Виробнича санітарія

Застосовується 3-х фазна, 3-х провідна мережа з ізолюваною нейтраллю.

Приміщення є вогнестійкими і оснащені приточно-витяжною вентиляцією, яка забезпечує задовільний стан повітряного середовища.

Робочі місця оснащуються місцевою витяжною вентиляцією.

Штучне освітлення, електропроводку і інше обладнання виконуються в вибухонебезпечному стані. Висота стелі повина бути не меншою за 3,2 метри. Підлогу роблять твердою, негорючою, не слизькою і рівною.

Вхідні двері оббиваються листовою-сталлю і відкриваються назовні. Інтер'єр приміщення дільниці фарбують в світлий колір з дифузійним

відбиттям світла. Пости знаходяться на відстані 4-10 м від місця де знаходяться горючі матеріали.

5.2.1 Мікроклімат

Метеорологічні умови виробничих приміщень визначається діючими на організм людини сукупністю температури, вологості та швидкості руху повітря, а також температури оточуючих поверхонь. В приміщені відновлювальної дільниці метеорологічні умови залежать від технологічного процесу та від зовнішніх погодних умов. Нормальні метеорологічні умови в приміщені дільниці забезпечуються раціональною вентиляцією і опаленням на рівні допустимих значень температури повітря, відносної вологості та швидкості руху повітря.

Роботи, що виконуються відносяться до категорії робіт Пб – середньої важкості. Вони пов'язані з розбиранням і збиранням вузлів і агрегатів, процесами відновлення та зміцнення. Ці роботи пов'язані з середнім фізичним навантаженням.

ГОСТ 12.1.005-88 визначає оптимальні і допустимі норми цих параметрів в залежності від категорії робіт періоду року. Числові значення цих норм додано в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Нормативні параметри мікроклімату на дільниці відновлення

Категорія робіт	Період року	Температура, °C			Відносна вологість, % ;		Швидкість руху, м/с	
		Оптим.	Допустима на постійних робочих місцях		Оптим.	Допустима на постійних робочих місцях	Оптим.	Допустима на постійних робочих місцях
			Верхня межа	Нижня межа				
Середньої важкості Пб б	холодний	15-18	21	15	55-70	75	0,1-0,3	не більше 0,4
	теплий	20-25	27	16	50-65	примітка 1	0,2-0,4	0,2-0,5

Інтенсивність теплового випромінювання не повинна перевищувати

100 Вт/м² при опромінюванні до 25% поверхні тіла.

Шкідливі речовини, які виділяються на дільниці показані в табл. 5.2. Це в основному речовини, які містяться в відпрацьованих газах.

Таблиця 5.2 - Шкідливі речовини та їх ГДК

Назва речовини	Величина ГДК, мг/м ³	Агрегатний стан	Клас небезпеки	Особливість дії на організм
Акролеїн	0.2	П	II	
Азоту окис (NO ₂)	5	П	III	0
Бенз(а)пирен	0.0001	П	I	К
Окис вуглецю (CO)	20	П	IV	0
Масла мінеральні	5	A	III	
Свинець та його сполуки	0.01/0.005	A	I	
Пил мінеральний	0	A	III	Ф
Тетраетилсвинець	0.005	П	I	0

Для захисту від шкідливих речовин, які знаходяться в повітрі робочої зони діагностування застосовують такі заходи:

- 1) обладнання приміщення дільниці загально-обмінною припливно-втяжною механічною вентиляцією;
- 2) обладнання постів діагностування автомобілів місцевими відсмоктувачами відпрацьованих газів;
- 3) спеціальна підготовка та інструктаж обслуговуючого персоналу;
- 4) своєчасний якісний ремонт вентиляційного обладнання;
- 5) регулярне прибирання приміщення;
- 6) застосування засобів індивідуального захисту працюючих (спецодяг, захисні окуляри, тощо);
- 7) попереджувальні та періодичні медичні огляди, профілактичне харчування і дотримання правил особистої гігієни.

Система опалення забезпечує рівномірне нагрівання повітря в зоні, можливість місцевого регулювання і вимикання, зручність в експлуатації, а

також доступ при ремонті.

Чергове опалення забезпечує підтримку температури повітря в зоні в неробочий час не нижче +5 °С. Відновлення нормованої температури забезпечується системою основного опалення до початку роботи.

Температура припливного повітря, яке подається в оглядову канаву в холодний період року знаходиться на рівні +16 °С і не вище 25 °С.

Вхідні двері зони мають справний механічний пристрій примусового закриття. Аварійна вентиляція в зоні діагностики забезпечує кратність повітрообміну загально-обмінної вентиляції.

Викиди в атмосферу із системи вентиляції розташовані на відстані від приймальних пристроїв для зовнішнього повітря більше 10 м. по горизонталі, викиди із системи місцевого відсмоктувача розташоване на висоті більше 2 м. над найвищою точкою покрівлі.

Оглядова канава не забезпечується достатньою кількістю повітря, тому необхідно забезпечити надходження необхідної кількості повітря за допомогою припливної вентиляції.

Розрахунок місцевої витяжної вентиляції.

Припливна вентиляція в оглядових канавах організовується з подачею повітря з розрахунку 125 м³/год. на 1 м³ канави. Подача повітря здійснюється з швидкістю 2 - 2,5 м/с.

Об'єм повітря, який необхідно подавати в канаву визначимо за формулою:

$$L = L_H \cdot V_k, \text{ м}^3 / \text{год} \quad (32)$$

де L_H - нормативна подача повітря на 1 м³ об'єму канави, $L_H = 125$ м³/год.;

V_K - об'єм канави, м³; $V_K = a \cdot b \cdot h, \text{ м}^3$

$$V_K = 1,2 \cdot 8 \cdot 1,5 = 14,4 \text{ м}^3; \quad L = 125 \cdot 14,4 = 18000 (\text{м}^3 / \text{год})$$

Визначимо об'єм повітря який подається системою загально-обмінної вентиляції без урахування подачі повітря в оглядову канаву за формулою:

$$L_n = K_{np} \cdot V_n, \text{м}^3 / \text{год} \quad (5.3)$$

де K_{np} - коефіцієнт кратності повітрообміну, приймаємо

$K_{np} = 6$ год, V_n - об'єм приміщення, $V_n = 345,6 \text{ м}^3$.

$$L_n = 6 \cdot 345,6 = 2073,6 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Загальний об'єм повітря, який подається в діагностичну дільницю:

$$L = L_K + L_n, \text{м}^3 / \text{год} \quad (5.4)$$

$$L = 18000 + 2073,6 = 3873,6 (\text{м}^3 / \text{год})$$

Продуктивність вентилятора визначаємо за формулою:

$$L_B = (1,05 - 1,1) \cdot L, \text{м}^3 / \text{год} \quad (5.5)$$

$$L_B = (1,07 - 3873,6) = 4145 (\text{м}^3 / \text{год}).$$

Приймаємо опір в мережі подачі повітря $P_M = 35 \text{ кгс/м}^2$.

Приймаємо радіальний вентилятор типу Ц4 - 70 №5 з колесом 1,05 $D_{ном}$, який при $L_B = 4145 \text{ м}^3 / \text{год}$ і $P_M = 35 \text{ кгс/м}^2$ має К.К.Д. рівний 0,805, частота обертів ротора 930 об/хв.

Приймаємо, що вентилятор приводить в рух електродвигун через клинопасову передачу.

Потужність двигуна, яка потребується:

$$N_{\text{дв}} = \frac{L \cdot P_m}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_v \cdot \eta_{\text{пер}}}, \text{кВт} \quad (5.6)$$

де η_v - К.К.Д. вентилятора, $\eta_v = 0,805$

$\eta_{\text{пер}}$ - К.К.Д. передачі, $\eta_{\text{пер}} = 0,95$

$$N_{\text{дв}} = \frac{4145 \cdot 35}{3600 \cdot 102 \cdot 0,805 \cdot 0,95} = 0,52 \text{ (кВт)}.$$

Установочна потужність двигуна з урахуванням коефіцієнта запасу

визначається за

$$N_{\text{дв.у}} = K_z \cdot N_{\text{дв}}, \text{ формулою:}$$

(5.7)

де K_z - коефіцієнт запасу для даного типу двигунів $K_z = 1,2$

$$N_{\text{дв.у}} = 1,2 \cdot 0,52 = 0,62 \text{ (кВт)}.$$

Приймаємо електродвигун асинхронний серії 4А закритого обдуваемого виробництва 4A90LA, який має потужність 0,75 кВт при синхронній частоті обертання 750 об./хв.

В мережу вентиляції необхідно встановити:

- 1) фільтр для очистки подаваного повітря;
- 2) калорифер для обігріву подаваного повітря в холодну пору року.

5.2.2 Освітлення

Згідно з СНіП II-4-79 розряд зорової роботи IV а. Освітленість при системі одного загального освітлення 300 лк. Характеристика зорової роботи середньої точності. Найменший розмір розрізнення 1 мм.

На дільниці спроектоване устаткування для освітлення з урахуванням класифікації пожежовибухонебезпечних технологічних одиниць і

устаткувань. Значення якісних та кількісних показників освітлення передбачені вимогами і наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 - Параметри штучного та природного освітлення

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір розрізн об'єкта, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Характеристика фона	Штучне освітлення	Природне освітлення
					Освітленість, лк	КПО %
Малої точності	1	IV	a	малий	300	1,5

Природне освітлення на дільниці - бокове одностороннє. Розрахуємо коефіцієнт природної освітленості:

$$e_n = e_n \cdot m \cdot c_k = 1,5 \cdot 0,9 \cdot 0,7 = 0,945 \approx 1\%, \quad (5.8)$$

де $m=0,9$ - коефіцієнт світового клімату для IV поясу;

$c_k=0,7$ - коефіцієнт сонячності клімату, азимут 90° .

Характеристика штучних джерел світла наведено в табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Штучні джерел освітлення

Характеристика зорової роботи	Освітленість при системі заломленого освітлення, лк	Мінімальний індекс кольоропередачі джерела світла для виробничої будівлі	Діапазон кольорової апаратури джерел світла для виробничої будівлі	Наведені типи джерел освітлення будівель
Робота з малорозрізненими об'єктами	150-300	30	3000-4500	ЛБ, ДБЛ

Люмінесцентні лампи встановлені на висоті 3,2 м. Внутрішня електропроводка виконана з надійною електро- та гідроізоляцією. Робоче місце робітника забезпечене місцевим освітленням. На дільниці передбачене

аварійне освітлення, освітлює підлоги в основних місцях і переходах, відповідає - 0,5 лк.

5.2.3 Шум

Джерелами шуму є: верстати, вентиляційна система, трансформатори, випрямлячі та інше обладнання.

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приведені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 - Рівні звукового тиску

Вид трудової діяльності, робоче місце	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньгеометричними частотами Гц									Рівні звуку та еквівале нтні рівні звуку в дБ(А)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виконання всіх видів робіт на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях і на території	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

При надмірних шумах встановлено звукозоляцію, кожухи, відбиваючі екрани, заглушки та інші пристрої. Шумові машини закриваються звукоізованими кожухами, які виготовлені з металу та облицьовані з середини звукопоглинаючими матеріалами, де неможливо зловити джерела шуму проводять акустичну обробку.

5.2.5 Вібрації

Крім впливу шуму на дільниці робітники піддаються впливу вібрації. Захист від вібрації повинен задовольняти вимогам ГОСТ 12.1.012-90. Вібрації знижуються за допомогою амортизаторів, змащувальних матеріалів і реактивних гасників пульсацій. Для особистого захисту робітників застосовують спеціальне взуття на вібропоглинаючій підшві, рукавиці з м'якими наладонниками. На робітників може також діяти локальна та

загальна вібрації. Загальна вібрація категорії "3" тип "а", критерії оцінки - границя зниження продуктивності праці.

Нормування вібрацій наведено в таблиці 5.5

Таблиця 5.5 - Характеристики вібрацій

Вид вібрації	Категорія вібрації	Напрямок дії	Нормативне коректування по частоті і еквівалентне коректування значень			
			Віброприскорення		Віброшвидкість	
			м/с ² ·10 ⁻²	дБ	м/с ² ·10 ⁻²	дБ
Локальна	—	Xп, Yа, Zп	2,0	12.5	2,0	112
Загальна	3 тип "а"	Z ₀ , Y ₀ , X ₀	0,1	100	0,2	92

Віробезпека праці на підприємстві забезпечується дотриманням правил умов експлуатації машин і введення процесів підтримання технічного стану машин, параметрів технологічних процесів і елементів виробничого середовища, своєчасним проведенням планового і попереднього ремонту машин і обладнання.

5.3 Техніка безпеки

Регулювати системи та пристрої необхідно при непрацюючому обладнанні (окрім регулювання системи живлення та запалення).

Робоче місце повинно бути обладнано регульованим по висоті стільцем який обертається. Пост діагностики обладнаний ефективним відсмоктувачем для видалення відпрацьованих газів.

Конструкція устаткування і його окремих частин повинна виключати можливість їх падіння, опускання, перекидання та довільного зміщення при всіх передбачених умовах експлуатації.

Частини устаткування (у т.ч. трубопроводи гідро- та пневмосистем, запобіжні клапани, кабелі тощо), механічне пошкодження яких може викликати виникнення небезпеки, повинні бути захищені або розташовані так, щоб запобігти їх випадковому пошкодженню.

Пристрої для зупинки та пуску устаткування повинні розміщуватись так, щоб ними можна було зручно користуватися з робочого місця та виключалась можливість самовільного їх включення і створення небезпечних ситуацій через порушення працюючими послідовності дій на органи керування.

Поверхні пристроїв і елементів виробничого устаткування, що можуть служити джерелом небезпеки для працюючих, повинні фарбуватися згідно галузевих нормативних документів.

Усі контрольно-вимірювальні прилади необхідно утримувати у справному стані, періодично перевіряти. Забороняється використовувати прилади з простроченим терміном перевірки.

Вибракування інструменту, пристроїв проводиться у відповідності з установленим графіком, але не рідше одного разу на 3 місяці.

Дільниця відноситься до приміщення з підвищеною небезпекою ураження електричним струмом (струмопровідні підлоги).

Для захисту людей від небезпеки ураження електричним струмом використані такі технічні засоби захисту: виконане занулення корпусів електричних машин, електричних апаратів, освітлювачів, каркасів розподільчих щитів, щитів керування, металевих кабельних конструкцій; блокування рубильника, пускачів електроприладів.

5.4 Пожежна безпека

Дільниця відновлення та зміцнення відноситься до приміщення категорії *B* по пожежній небезпеці згідно СНиП 11-90-81 «Производственные здания промышленных предприятий» (речовини здатні при взаємодії з водою, повітрям або один з одним лише горіти).

З метою попередження виникнення пожеж в зоні діагностики передбачено:

- 1) заборона застосування відкритого вогню;

- 2) виконання робіт без порушення технологічного режиму діагностування;
- 3) застосування в електромережах 220/380В струмового захисту з плавкими вставками;
- 4) прокладання електропроводки у металевих трубах і гнучких металевих рукавах;
- 5) своєчасне очищення підлоги від розлитих горючих речовин;
- 6) щоденне спорожнення металевих ящиків від промасленого ганчір'я;
- 7) заборона паління на робочих місцях;
- 8) установка тросового блискавкозахисту III категорії на території підприємства.

Дільниця оснащена засобами гасіння пожежі: один вогнегасник ОХП-10, один - ОП-5 та ящик з піском об'ємом 0,5 м³. Табличка на дверях при вході в дільницю інформує про категорію пожежної небезпеки дільниці.

Приміщення дільниці знаходиться в будівлі I ступеня вогнестійкості. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій згідно СНП 2.01.02-85 наведені в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 - Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій

Ступінь вогнестійкості будівлі	Стіни				Колони	Площадки, балки і марші	Плити, настили (з утеплювачем) і інші несучі конструкції і перекриття	Елементи	
	Несучі	Самонесучі	Зовнішні несучі і в.т.ч. з навісних панелей	Внутрішні несучі перегородки				Плити, настили, прогони.	Балки, ферми, арки, рами.
1	2,5	1,25	0,5	0,5	2,5	1	1	0,5	0,5

5.5 Безпека в надзвичайних ситуаціях

5.5.1 Дія іонізуючих випромінювань на людей

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

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

Вплив радіоактивного випромінювання на організм людини можна уявити в дуже спрощеному вигляді таким чином. Припустімо, що в організмі людини відбувається нормальний процес травлення їжі, що надходить, розкладається на більш прості сполуки, які потім надходять через мембрану усередину кожної клітини і будуть використані як будівельний матеріал для відтворення собі подібних, для відшкодування енергетичних витрат на транспортування речовин і їхню переробку. Під час потрапляння випромінювання на мембрану відразу ж порушуються молекулярні зв'язки, атоми перетворюються в іони. Крізь зруйновану мембрану в клітину починають надходити сторонні (токсичні) речовини, робота її порушується. Якщо доза випромінювання невелика, відбувається рекомбінація електронів, тобто повернення їх на свої місця. Молекулярні зв'язки відновлюються, і

клітина продовжує виконувати свої функції. Якщо ж доза опромінення висока або дуже багато разів повторюється, то електрони не встигають рекомбінувати; молекулярні зв'язки не відновлюються; виходить з ладу велика кількість клітин; робота органів розладнується; нормальна життєдіяльність організму стає неможливою.

Евакуаційні шляхи повинні забезпечувати безпечну евакуацію всіх людей, які знаходяться в приміщенні будівлі через еваковиходи.

Кількість еваковиходів із будівлі потрібно приймати не менше двох.

Мінімальна відстань між найбільш віддаленими один від одного еваковиходами із приміщення визначається по формулі 5.8:

$$l \geq 15 - \sqrt{P} \quad (5.8)$$

де -P - периметр будівлі ($P = 2 \times (20,4 + 8,3) = 57,4$ м);

Тоді

$$l \geq 15 - \sqrt{57,4} = 15 - 7,6 = 7,4$$

Приймаємо $l = 9$ м.

Ширина шляхів евакуації в світлі повинна бути не менше 1 м, а дверей – не менше 0,8м. Приймаємо для даного приміщення 2 пожежних щити. Згідно ГОСТ 12.4.026 їх фарбують в білий колір із червоною смужкою по периметру. Всі засоби пожежогасіння фарбують в червоний колір. На кожному щиті повинен бути набір протипожежного інвентарю і первинних засобів пожежегасіння.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

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

1. Досліджено, що під дією теплових процесів при газотермічних способах відбуваються перетворення, які суттєво впливають на мікроструктуру, а отже і на властивості поверхневого шару.

2. Показано, що газотермічні способи нанесення покриттів сприяють можливості розробки нових принципів конструювання деталей машин і вузлів, внесення корінних змін в технологію виготовлення виробів.

3. Доведено, що за рахунок впровадження конструкції обладнання з ЧПК досягається гармонізація взаємного положення та переміщення розпилювального пристрою відносно деталі, що призводить до збільшення на 35-53% площі плями напилювання у поперечному перетині, площі у плані – 29-43% і об'єму на 55-75 %.

1. Визначенні температурних полів, які виникають під час завершальної стадії напилювання сорочки вала привідного барабану методом кінцево-елементного аналізу та призводять до суттєвої зміни структури і появи теплових напружень.

5. Розроблений технологічний процес відновлення з використанням плазмового напилювання забезпечує покращення експлуатаційних характеристик робочих поверхонь сорочки вала, опираючись на значення внутрішніх напружень та деформації викликаних впливом наданої температури і їх вплив є надто незначним, а отже подальша термічна та механічна (правка) обробка є непотрібною і дозволяє забезпечити твердість та відповідну зносостійкість робочих поверхонь.

6. Розроблена установка з числовим програмним керуванням на базі вузлів компанії «Festo», що дозволяє проводити відновлення поверхонь деталей типу «сорочки вала» з внутрішнім діаметром до 120 мм і довжиною до 500 мм.

СПИСОК ВИКОРИСТОНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Большаков В.І. Прикладне матеріалознавство: Підручник для студентів вищих технічних навчальних закладів. 2-е вид., доп. і перероб./ Большаков В.І., Береза О.Ю., Харченко В.І. Під ред. д-ра техн. наук, проф. В.І. Большакова. – РВА «Дніпро-VAL»: 2000. – 290 с.
2. Василик А.В. Теплові розрахунки при зварюванні / А.В. Василик, Я.А. Дромомирський, Я.А. Криль. – Івано-Франківськ: Факел, 2004. – 209с.
3. Восстановление и повышение износостойкости и срока службы деталей машин / Под ред. д.т.н., проф. В.С.Попова. – Мотор Сич, 2004. – 394 с.
4. Витязь П.А. Теория и практика нанесения защитных покрытий: моногр. / П.А. Витязь, В.С. Ивашко, А.Ф. Илюшенко и др. – Минск: беларуская наука, 1998. – 383 с. – ISBN 985-08-0077-1.
5. Горбачевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: [Учеб. пособ. для машиностроит. специальн. вузов] / А.Ф. Горбачевич, В.А. Шкред 4-е изд. перераб. и доп.-Мн. Виш. шк. 1983. – 256 с.
6. Гоулдстейн Дж., Ньюберн Д., Эчлин П. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ: В 2 кн.: Пер. с англ. – М.: Мир, 1998.
7. Газотермическое напыление покрытий, сборник руководящих технических материалов. – К.: ИЭС им.Е.О. Патона, 1993. – 176 с.
8. ГОСТ 28076-89. Газотермическое напыление. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 15 с.
9. Дубровська Г.М., Системи сучасних технологій. Навчальний посібник./ Дубровська Г.М., Ткаченко А.П. / – К.: Центр навчальної літератури, 2006. 352 с.
10. Иванов М.І., Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування Частина 1 / Ж.П. Дусанюк., С.В. Дусанюк., О.М. Іванова., С.А. Шаргородський, -М.: Машиностроение, 2007 – 276с.

11. Молодык Н.В. Восстановление деталей машин; Справочник / Н.В. Молодык, А.С. Зенкин – М.: Машиностроение, 1989. – 480 с.
12. Материаловедение: Учебник для высших технических учебных заведений. Б.Н. Арзамасов, И.И. Сидорин, Г.Ф. Косолапов и др.; Под общ. ред. Б.Н. Арзамасова. – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1986. – 384 с.
13. Методичні вказівки до виконання студентами-магістрантами економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. В. О. Козловський – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 22 с.
14. Корж, В.М. Нанесення покриття. /В.М. Корж, В.Д. Кузнецов, Ю.С. Борисов, К.А. Ющенко – К.: Арістей, 2005. – 204 с.
15. Кузнецов, В.Д. Фізико-хімічні основи створення покриттів: навч. посібн. /В.Д. Кузнецов, В.М. Пащенко. – К.: НМЦ ВО, 1999. – 176 с. – ISBN 966-622-039-3.
16. Кузнецов, В.Д. Фізико-хімічні основи модифікації структури та легування поверхні: навч. посібн. /В.Д. Кузнецов, В.М. Пащенко. – К.: НМЦ ВО, 2000. – 160 с. – ISBN 966-622-032-6.
17. Кащук В.А., Справочник шлифовщика / В.А. Кащук, В.В. Верещагин - М.: Машиностроение, 1988 – 324с.
18. Косилова А. Г. Справочник технолога машиностроителя. Том 1/ А. Г. Косилова, Р. К. Мещеряков - М.: Машиностроение, 1985.
19. Косилова А. Г., Справочник технолога машиностроителя. Том 2/ А.Г.Косилова , Р. К. Мещеряков - М.: Машиностроение, 1985 – 349с.
20. Козловський В. О. Інноваційний менеджмент. Практикум / В. О. Козловський, О. Й. Лесько. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 166 с.
21. Козловський В. О. Техніко-екопомічні обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах і роботах. Навчальний посібник. / В. О. Козловський - Вінниця: ВДТУ, 2003. – 75 с.
22. Куплун А.Б. ANSYS в руках інженера./ А.Б. Куплун, Е.М. Морозов, М.А. Олферьева – М.: Едиториал УРСС, 2003 – 272 с.

23. Орлов П.И. Основы конструирования. Справочно-методическое пособие в 3-х т. Т.3. – М.: Машиностроение, 1977. – 360 с.
24. Савуляк В.І. Відновлення деталей автомобілів. Навчальний посібник / В.І. Савуляк, В.Т. Івацько. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 104 с.
25. 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.
26. Савуляк В.І. Відновлення деталей автомобілів: Лабораторний практикум. / Савуляк В.І. , Івацько В.Т. – Вінниця : ВНТУ, 2004. – 96 с.
27. Савуляк В.В. Управління якості продукції: навчальний посібник / В.В. Савуляк – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 91 с.
28. Сидоров А.И., Восстановление деталей машин напылением и наплавкой / А.И. Сидоров -М: Машиностроение, 1987 – 432с.
29. Савуляк В.І. Технічне нормування в ремонтному виробництві. Навчальний посібник для студентів механічних спеціальностей/ В.І. Савуляк, С.П. Білошицький – В.:ВНТУ, 2002 – 242 с
30. Савуляк В.І. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів. Навчальний посібник/ В.І. Савуляк, А.Ю. Осадчук - Вінниця: УНІВЕРСУМ. 2004.
31. Токаренко В.М. Технологія автодорожнього машинобудування та ремонту машин / В.М. Токаренко Київ: Вища школа - 1992. – 342 с.
32. Технология ремонта автомобилей: Учебник для студентов вузов по спец. “Автомобили и автомобильное хоз-во ” Л.В. Дехтеринский, В.П. Апсин, Г.Н. Доценко и др. под ред. Л.В. Дехтеринского. – М: Транспорт, 1979.
33. Худокормова, Р.Н. Материаловедение. Лабораторный практикум: Учебн. пос./ Р.Н. Худокормова, Ф.И. Пантелеенко – Минск: Вышэйшая школа, 1998. – 235 с.
34. Шиліна О. П. Газотермічні методи напилювання покриття/ О. П. Шиліна, А. Ю. Осадчук - В.: ВНТУ, 2005.

35. <http://library.weld.kpi.ua/sites/default/files/09sspzed.pdf>
36. <http://uk.wikipedia.org/wiki/>
37. <http://uk.wikipedia.org/плазменое> напыление
38. http://s-metall.com.ua/stal_40h.html
39. <http://WWW.FESTO.COM.UA>

ВНТУ Матеріалознавство

ВНТУ Матеріалознавство

Додатки

Додаток А

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ГМ
д.т.н., проф. _____ Поліщук Л.К.
«__» _____ 2019 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на магістерську кваліфікаційну роботу
ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ
СОРОЧКИ ПРИВІДНОГО БАРАБАНАУ
08-27.МКР.07.00.000 ТЗ

Керівник: к.т.н., доцент каф. ГМ
_____ О.П. Шиліна
Виконав: ст.гр. 13В-18м
_____ Р.С. Хаян

Вінниця 2019

Розробка технічного завдання на магістерську кваліфікаційну роботу

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

Підстава для розробки наказ ректора ВНТУ № 254 від «02» жовтня 2019 року.

1 Назва та об'єкт проектування

Назва Підвищення якості відновлення робочих поверхонь сорочки привідного барабану

Умовне позначення: 08-27.МКР.07.00.000 ТЗ

«Сорочка привідного барабану» обертається і рухає стрічку конвеєра, яка на неї начіплена, працює в умовах знакозмінних навантажень і тертя.

Деталь «Сорочка привідного барабану» виготовляється зі сталі 40Х. Аналіз робочого креслення показав, що більш точними поверхнями є зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 130_{-0.1}^{H8}$ і внутрішня $\varnothing 100H8^{(+0.054)}$, що використовуються для правильної орієнтації вала у вузлі. Конструкція деталі в цілому технологічна. Деталь має хороші поверхні для виконання більшості операцій механічної обробки. Вказані на кресленні деталі якості точності механічної обробки відповідають параметрам шорсткості. Вони можуть бути забезпеченими на верстатах з числовим програмним керуванням. Вимоги взаємного розташування оброблених поверхонь вказані у відповідності з їх службовим призначенням, також можуть бути забезпечені при механічній обробці, оскільки геометричні похибки верстатів, на яких виконується обробка, нижчі цих відхилень.

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

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

2 Мета, завдання, призначення та джерела розробки

Розробка технологічного процесу проводиться на основі завдання на магістерську кваліфікаційну роботу згідно наказу ректора ВНТУ №254 від 02.10.19 р., складеного у відповідності до вимог навчального плану підготовки спеціалістів у ВНТУ і затвердженого кафедрою ГМ.

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

Метою роботи є розробка ефективної технології відновлення робочих поверхонь сорочки привідного барабану за рахунок автоматизації робочого процесу, використання новітніх розробок відновлювального обладнання, дослідження впливу температури на стан поверхневого шару та структуру відновлених робочих поверхонь.

Задачі дослідження:

1. Встановити температурні поля, які утворюються в процесі відновлення сорочки привідного барабану, що виникають під час завершальної стадії відновлення.
2. Дослідити вплив розповсюдження температури від газотермічних джерел тепла та її вплив на якість напиленого шару і структуру поверхневих шарів;
3. Розробити технологічний процес відновлення з використанням плазмового напилювання, який забезпечує відновлення експлуатаційних характеристик робочих поверхонь сорочки вала.
4. Спроекувати устаткування з числовим програмним керуванням;
5. Розробити робоче місце для реалізації технологічного процесу відновлення деталі.

Джерелами розробки є:

- методика техніко-економічного обґрунтування роботи;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

3 Технічні вимоги та економічні показники

3.1 Вимоги до загальної структури і послідовності проектування

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

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

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

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

3.2 Вихідні дані для технологічного проектування

Приймаємо наступні вихідні дані для технологічного проектування:

- річний обсяг ремонту валу коробки відбору потужності 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 техніки безпеки та охорони навколишнього середовища

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

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

4 Стадії та етапи розробки

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

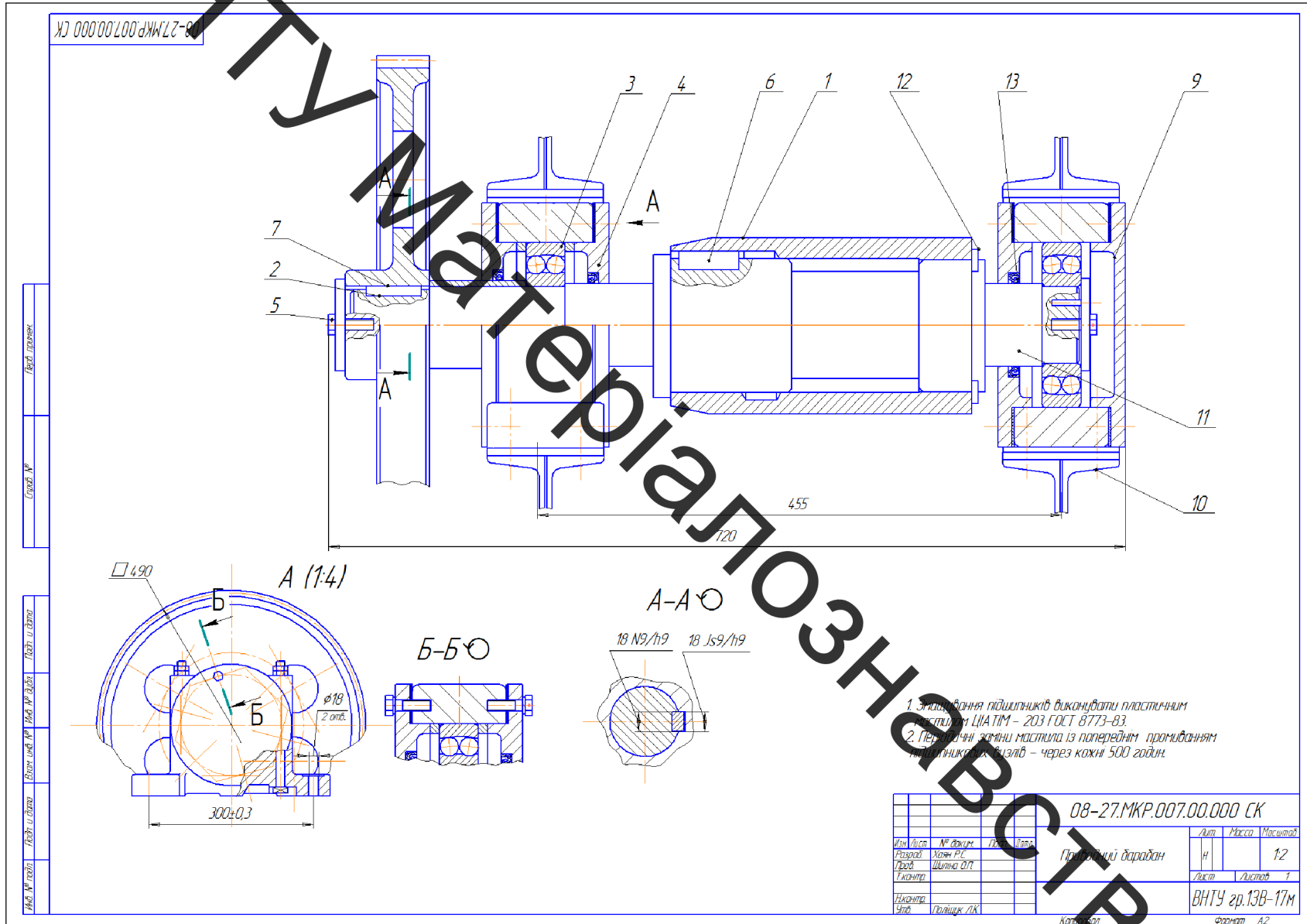
- розробка основної проектної задачі;
- технологічне проектування технологічного процесу;
- розробка обладнання та пристосування для технологічного процесу;
- охорона праці, навколишнього середовища та ЦО;
- економічна ефективність розробок.

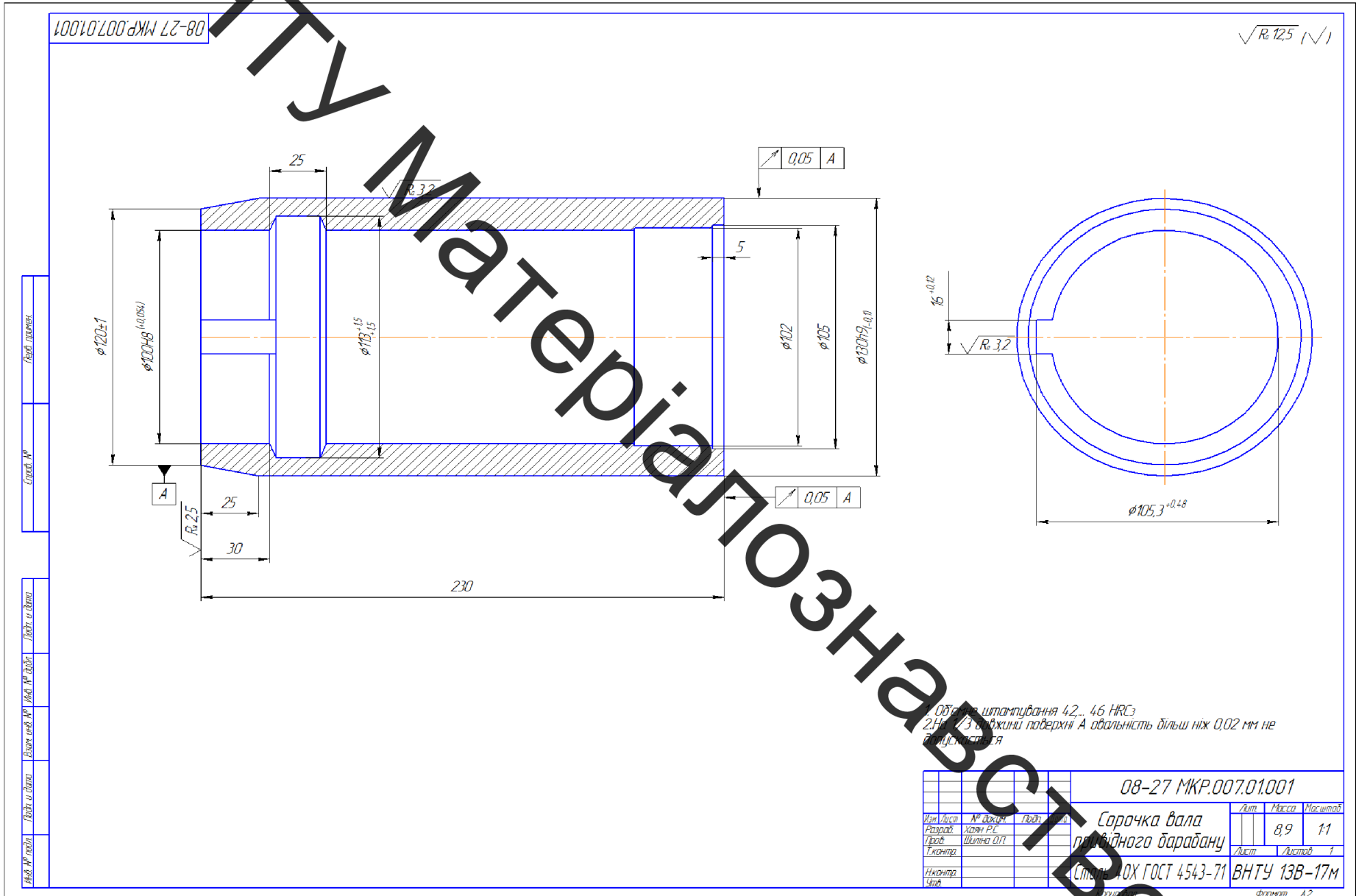
5 Порядок контролю та приймання

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

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

Перш. приміт.		Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						<u>Документация</u>		
Строч. №		А1			08-27.МКР.007.00.000 СК	Складальне креслення		
						<u>Деталі</u>		
		1			08-27.МКР.007.00.001	Рубашка вала	1	
		2			08-27.МКР.007.00.002	Шпанка	1	
		3			08-27.МКР.007.00.003	Кришка	2	
		4			08-27.МКР.007.00.004	Шпанка	1	
		5			08-27.МКР.007.00.005	Зубчасте колесо	1	
		6			08-27.МКР.007.00.006	Кришка	2	
		7			08-27.МКР.007.00.007	Барабан	1	
		8			08-27.МКР.007.00.008	Вал		
						<u>Стандартні вироби</u>		
		9				Вали М10х30 ГОСТ 7805-70	2	
		10				Полішник 80104 ГОСТ 7242-81	2	
		11				Уцілювача гумовий ГОСТ 9833-73	3	
		12				Кільце шпанкове ГОСТ 24119-80	1	
Підп. і дата								
Інв. № довід.								
Взам. інв. №								
Підп. і дата								
						08-27.МКР.007.00.000		
Інв. № надл.		Изм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лист	Листов.
		Разроб.		Хаян Р.С.			1	1
		Проб.		Шліїна О.П.				1
		Н.контр.						
		Утв.		Поліщук Л.К.				
						Приводний барабан	ВНТУ, ст.зр 13В-17м	
						Копіював	Формат А4	





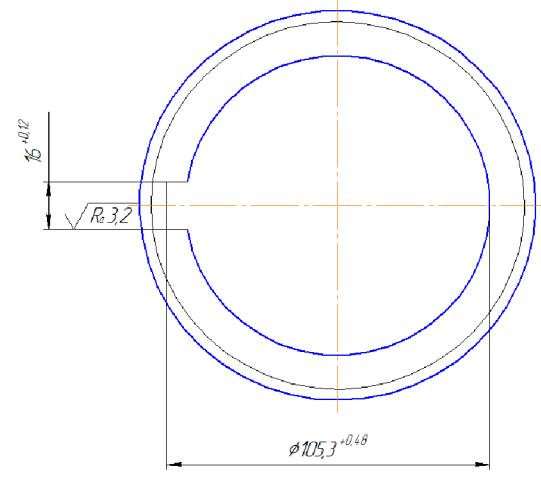
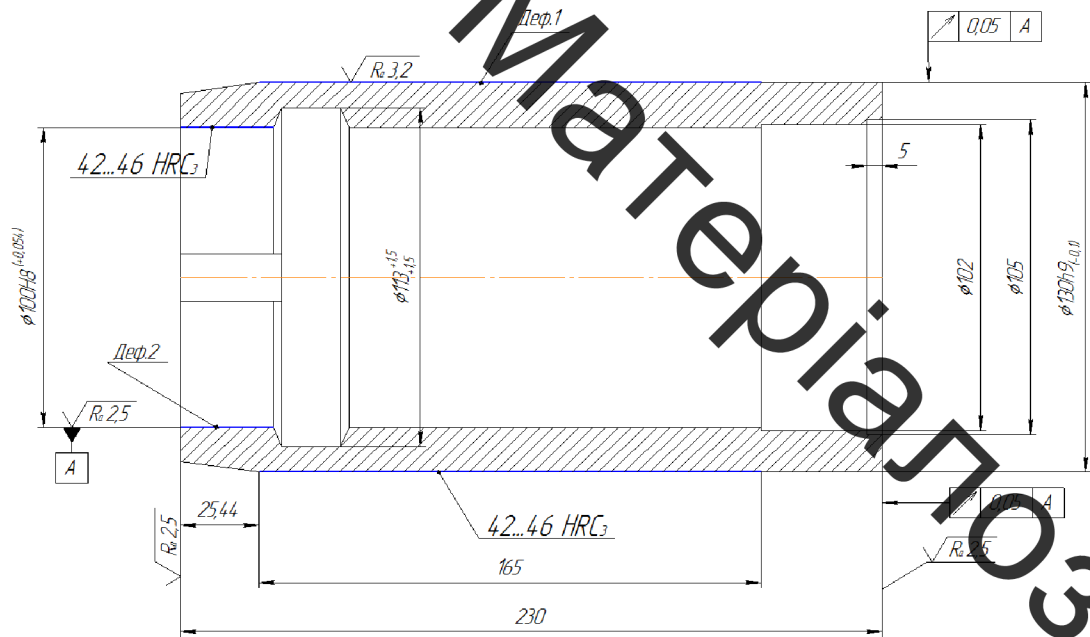
Наим. № детали	Листы и детали	Взам. инв. №	Изм. №	Листы и детали	Листы и детали	Листы и детали

08-27 штампования 42... 46 HRC
 2Н/1/3 в обхвату поверхности А овальность больше 0,02 мм не допускается

				08-27 МКР.007.01.001		
Изм. Лист	№ докум.	Листы	Дата	Лит	Масса	Масштаб
Разработ	Иван Р.С.				89	1:1
Проект	Шпилька СПТ			Лист		Листов 1
Инженер				Стандарт ОХ ГОСТ 4543-71 ВНТУ 13В-17М		
Удобр				Формат А2		

08-27 МКР.007.01.001 Р

$\sqrt{R_{125}}$ (✓)

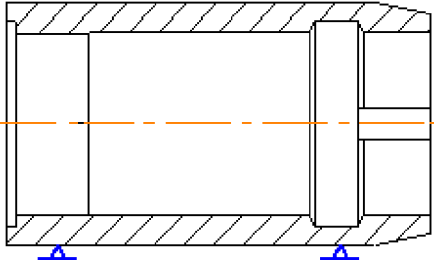
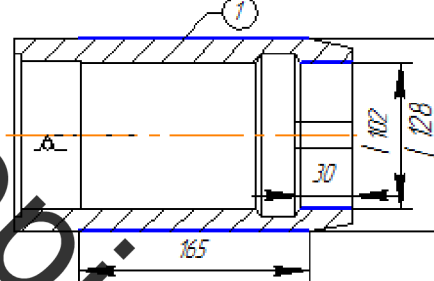
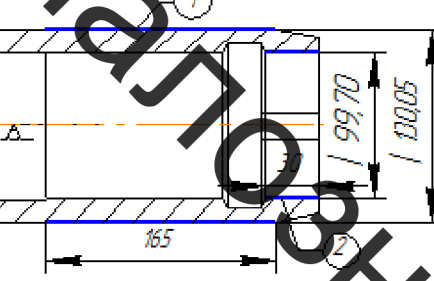
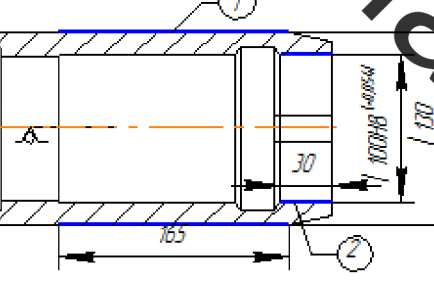


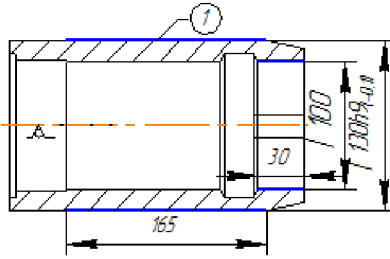
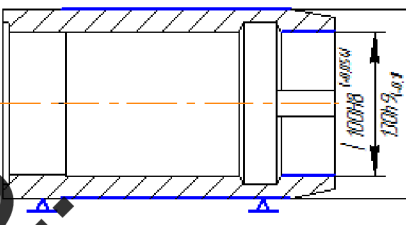
1. Об'ємне нагартування 42...46 HRC3
2. Штанга для встановлення сарочки вала підбирають з внутрішнім розміром відповідно до 100НВ після шліфування.

Лист	№ докум	Лист	Маса	Масштаб
Розроб	Холод Р.С.	Шліфінг С.П.	8,9	1:1
Технік				
Начальн				
Зуб	Пилишук Л.К.			

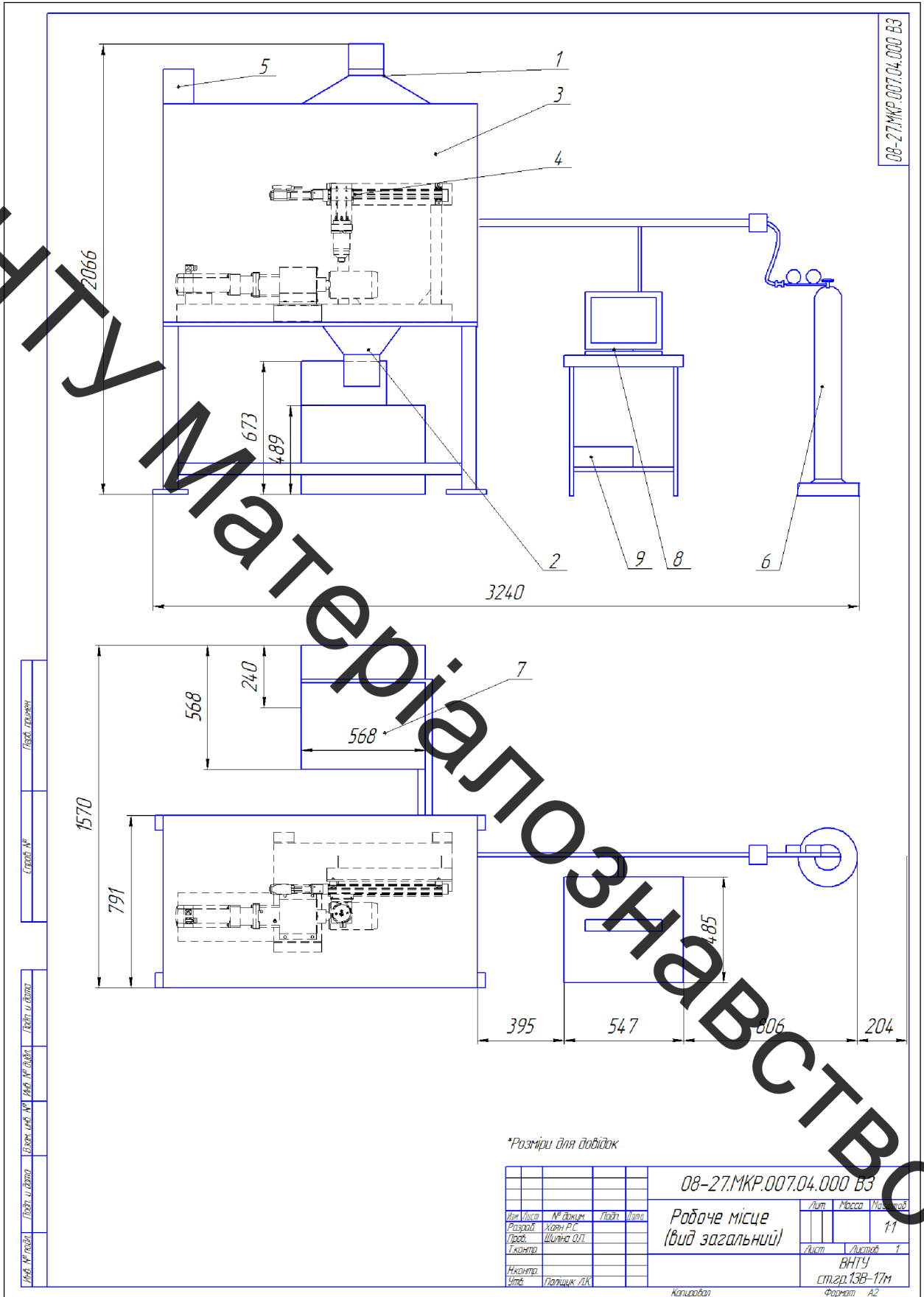
Дефекти	Коефіцієнт		Основні способи усунення дефектів	Допустимий спосіб усунення дефектів
знас поверхні $\phi 130$, до розміру $\phi 129,35$	0,8	0,8	плазмове напilenня	детонаційне напilenня
знас поверхні $\phi 100$, до розміру $\phi 100,054$	0,8	0,8	плазмове напilenня	газовополуменебе напilenня

08-27 МКР.007.01.001 Р				
Сарочка вала призначена для обробки				
Сталь 40Х Г001 454-71 ВНТУ 13В-17М				
Лист	Маса	Масштаб	Лист	Листов
	8,9	1:1		1
Формат А2				

№ операції	Найменування операції та технічних переходів	Операційний ескіз	Обладнання
005	<p>Мийна</p> <ol style="list-style-type: none"> Установити і зняти деталь Мити в розчині "Лабамід-101" 		Струменева камера машини OM4610
010	<p>Токарна</p> <ol style="list-style-type: none"> Установити і зняти деталь Точити поверхню 1 до розміру $\varnothing 128$ Розточити поверхню 2 до розміру $\varnothing 102$ 		Токарно-гвинтарізмний верстат 16K20Ф3
015	<p>Напилення</p> <ol style="list-style-type: none"> Установити і зняти деталь Напилити поверхню 1 до розміру $\varnothing 130,10$ Напилити поверхню 2 до розміру $\varnothing 99,70$ 		Установка з ЧПК
020	<p>Шліфувальна</p> <ol style="list-style-type: none"> Установити і зняти деталь Шліфувати поверхню 2 до розміру $\varnothing 100H8 (+0,054)$ 		Шліфувальний верстат 3K227B

№ операції	Найменування операції та технічних переходів	Операційний ескіз	Обладнання
025	<p>Шліфувальна</p> <p>1. Установити і зняти деталь</p> <p>2. Шліфувати поверхню 1 до розміру $\varnothing 30 \text{ H}9/k9$ (-0,1)</p>		Шліфувальний верстат 3М153
030	<p>Контрольна</p> <p>1. Контролювати поверхню 1 та 2 згідно ескізу</p> <p>2. Шорсткість обробки поверхні</p> <p>3. Відхилення розмірів</p>		Стіл контрольний

Перш. примен.		Формат	Зона	Лаз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		<i>Документация</i>						
A1		08-327.МКР.007.04.000 ВЗ			Вид загальний			
		<i>Складальні одиниці</i>						
Строч. №	A3	1	08-27.МКР.007.41.000		Вентиляція верхня		1	
	A3	2	08-27.МКР.007.42.000		Вентиляція нижня		1	
	A1	3	08-27.МКР.007.43.000		Захисна камера		1	
	A2	4	08-27.МКР.007.44.000		Установка з ЧПК		1	
	A2	5	08-27.МКР.007.45.000		Живильник		1	
		<i>Стандартні вироби</i>						
		6			Балон з плазмоутворюючим газом		1	
		7			Блок живлення ПДУ-31593		1	
		8			Ком'ютер		1	
		9			Контролер СМMS-AS-C4-3A		1	
Підп. і дата								
Инд. № діляк								
Взам. инв. №								
Підп. і дата								
		08-27.МКР.007.44.000						
Инд. № лист.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
	Разр.	Хаян Р.С.				Лит.	Лист	Листов.
	Проб.	Шліїна О.П.				1		1
	Н.контр.					ст.гр. 13В-17м		
Утв.	Поліщук Л.К.							
Робоче місце								
<i>Копіював</i>						<i>Формат А4</i>		



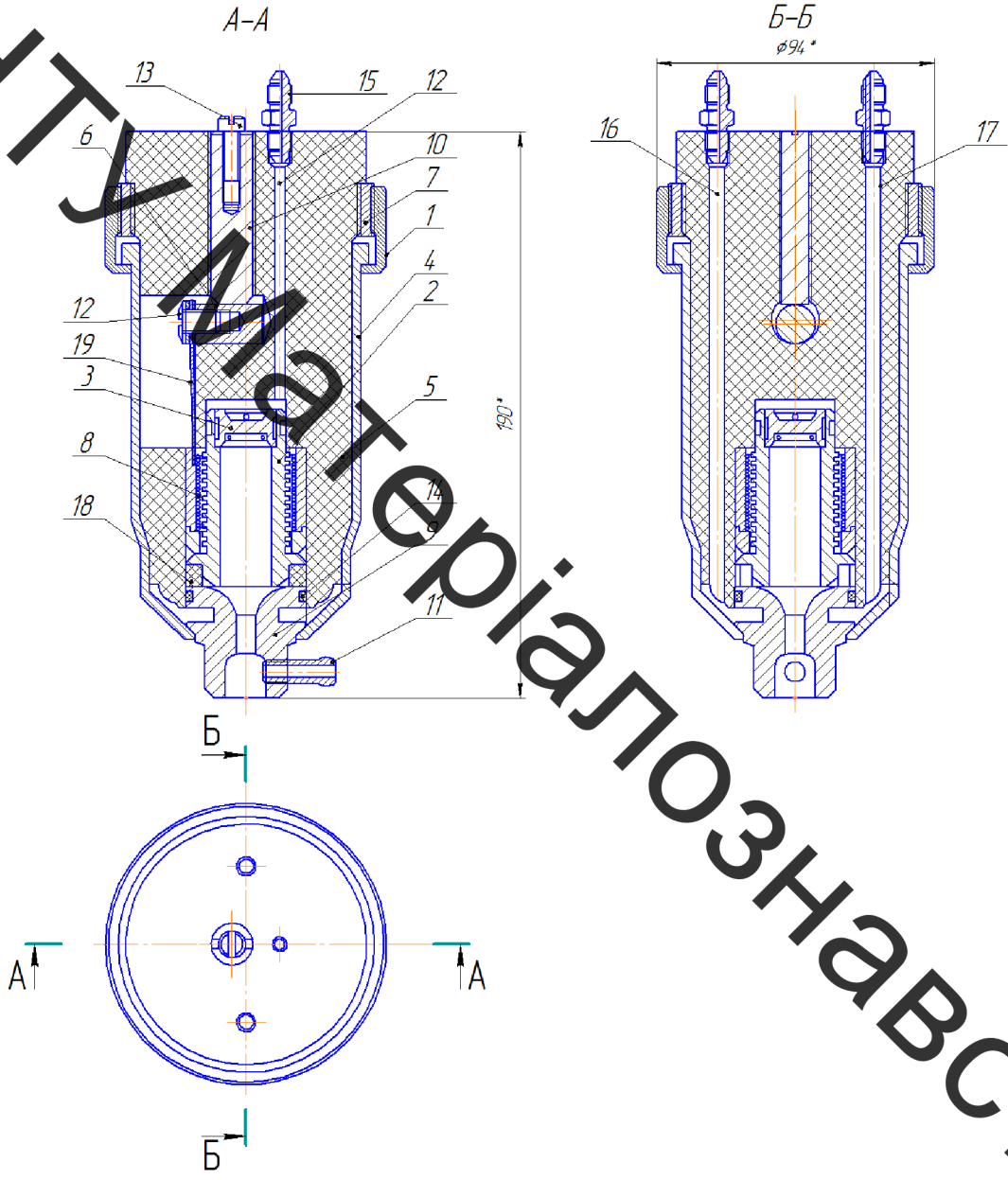
08-27.МКР.007.04.000.В3

*Розміри для довідок

				08-27.МКР.007.04.000.В3			
Мат. ліста	М. ліста	Лист	Лист	Робоче місце (вид загальний)		Лист	Масштаб
Розмір	Харч. Р.С.	Шириня	Діп.				1:1
Текст	Шириня	Діп.				Лист	Листів
Нконтр.						ВНТУ	
Стор.	Політик	ЛК				стор. 138-171	
				Копіювати		Формат А2	

Формат		Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
<i>Документация</i>							
A2				08-27.МКР.007.42.000 СК	Складальне креслення		
<i>Деталі</i>							
Строби №	1			08-27.МКР.007.042.001	Гайка накидна	1	
	2			08-27.МКР.007.042.002	Електрод полий	1	
	3			08-27.МКР.007.42.003	Завихрювач	1	
	4				Корпус	1	
	5			08-27.МКР.007.42.005	Корпус	1	
	6			08-27.МКР.007.42.006	Клема	1	
	7			08-27.МКР.007.42.007	Кільце	1	
	8			08-27.МКР.007.42.008	Соленоїд	1	
	9			08-27.МКР.007.42.009	Сопло	1	
	10				Фіксатор	1	
	11			08-27.МКР.007.42.011	Штуцер	1	
<i>Стандартні вироби</i>							
Взам. інв. №	A3	13			Болт М12х50 ГОСТ 10336-80	1	
	A3	14			Кільце гнучке ГОСТ 9833-73	1	
	A3	15			Проходник прямих ГОСТ 13959-74	3	
				08-27.МКР.007.42.000			
И-в. № лист	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
	Разроб.		Хаян Р.С.			Лист	Лист
	Проб.		Шліїна О.П.			1	1
	Нконтр.		Бакалець Д.В.			ВНТУ, ст.гр. 13В-18м	
Утв.		Поліщук Л.К.					
Плазмовий розпилюючий пристрій							
Копіював						Формат А4	

08-27.MKP.007.42.000 СК



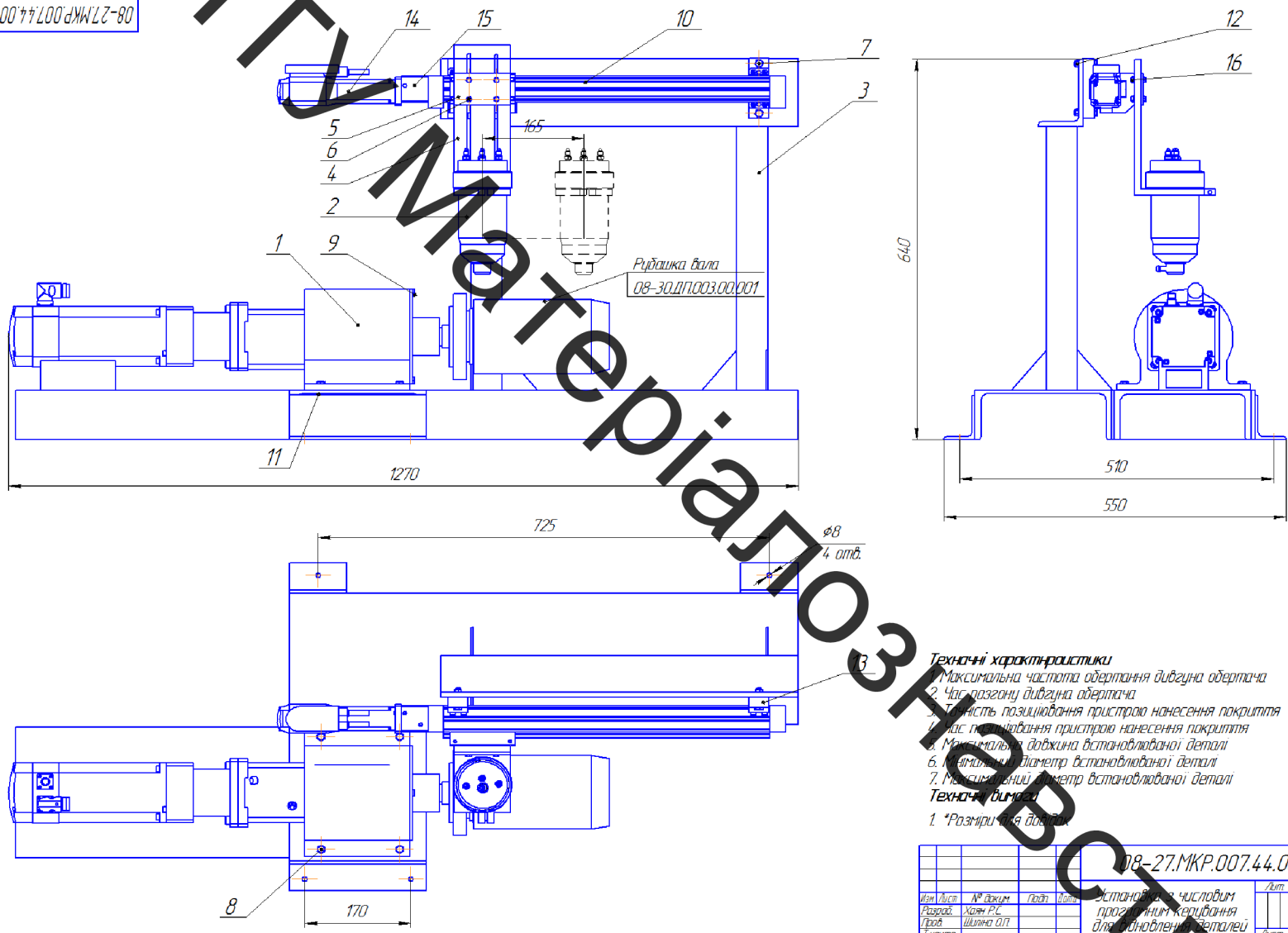
1. * Розміри для довідок

Лист №	Листів у альбомі
Лист № альбому	Листів у альбомі
Лист № альбому	Листів у альбомі
Лист № альбому	Листів у альбомі
Лист № альбому	Листів у альбомі
Лист № альбому	Листів у альбомі

				08-27.MKP.007.42.000 СК		
Вид	Лист	№ докум.	Підп.	Шкала	Лист	Масштаб
Розроб.	Харч Р.С.					1:1
Проєкт.	Шутова О.П.					
Технік.						
Начальн.						
Уліт.	Полещук Л.К.					
					Лист	Листів
					1	1
					ВНТУ, ст.гр.13В-17М	
					Копиробот	Формат А2

Формат		Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
Зона	Лист						
<i>Документация</i>							
08-27.МКР.007.44.000 СК				Складальне креслення			
<i>Складальні одиниці</i>							
Старий №	М	1	08-27.МКР.007.14.1.000	Вузол обертання		1	
	А1	2	08-27.МКР.007.14.2.000	Плазмовий розпилюючий пристрій		1	
		3	08-27.МКР.007.14.3.000	Рама		1	
<i>Деталі</i>							
Площ. і дата		4	08-27.МКР.007.40.004	Кронштейн		1	
		5	08-27.МКР.007.40.005	Пластина		1	
<i>Стандартні вироби</i>							
Взам. інв. №		6		Болт ГОСТ 7798-70 М5-6dх60.58(S11)		4	
		7		М6-6dх160.58(S11)		4	
		8		М8-6dх60.58(S16)		4	
		9		Гвинт АМ4-6dх25.14Н		2	
		10		ГОСТ 1488-84 Вісь DMES-25-400-GF-GK		1	
08-27.МКР.007.44.000							
Інв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Листов
	Разраб.	Хоян Р.С.				1	2
	Проб.	Шиліна О.П.					
	Н.контр.						
Утв.	Поліщук Л.К.						
Установка з числовим програмним керування для відновлення деталей						ВНТУ, ст.гр. ЗВ-17м	
Копіравал						Формат А4	

08-27.МКР.007.4.4.000 СК



- Технічні характеристики**
- 1. Максимальна частота обертання дивгуна обертання 3000об/хв
 - 2. Час розгану дивгуна обертання 7с
 - 3. Точність позиювання пристрою нанесення покриття 0,5мм
 - 4. Час позиювання пристрою нанесення покриття 7с
 - 5. Максимальна довжина встановлюваної деталі 400мм
 - 6. Максимальний діаметр встановлюваної деталі 50мм
 - 7. Максимальний діаметр встановлюваної деталі 200мм

Технічні виміри
 1. *Розміри чийа деталі

08-27.МКР.007.4.4.000 СК						Лист	Маса	Масштаб
Мат. Лист	№ вжив.	Поп.	Вис.	Встановлює числовим програмним керуванням для встановлення деталей		Лист	Маса	Масштаб
Розроб.	Харч. Р.С.					Лист	Листов	1
Проб.	Шляхо ОП					ВНТУ, ст.зр. 38-17м		
Інженер								
Читв	Польщик ЛК						Формат А2	

ВНТУ Матеріалознавство