

Вінницький національний технічний університет

Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра галузевого машинобудування

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему:

**«Підвищення якості відновлення робочих поверхонь вісі маятникових важелів рульового керування тролейбуса ЗиУ-9»**

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

(цифр і назва спеціальності)

**Данило БРУСЛИК**

(прізвище та ініціали)

« 12 » грудня 2023 р.

Керівник: к.т.н., доцент каф. ГМ

**Валерій ШЕНФЕЛЬД**

(прізвище та ініціали)

« 12 » грудня 2023 р.

Опонент: к.т.н., доцент кафедри АТМ

**Віталій ОГНЕВИЙ**

(прізвище та ініціали)

« 18 » грудня 2023 р.

**Допущено до захисту**

**Завідувач кафедри ГМ**

**д.т.н., проф. Леонід ПОЛЩУК**

(прізвище та ініціали)

« 12 » березня 2023 р.

Вінниця - 2023 р.

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ГМ

*Л. Кошик* Поліщук Л.К.

«18» вересня 2023 року

**ЗАВДАННЯ  
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Брусліку Данилу Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи. ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ВІСІ МАЯТНИКОВИХ ВАЖЕЛІВ РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ ТРОЛЕЙБУСА ЗИУ-9

керівник роботи Шенфельд Валерій Йосипович, к.т.н., доц., каф. ГМ,  
затверджені наказом вищого навчального закладу від «18» вересня 2023 року № 247

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

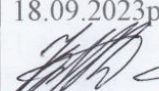
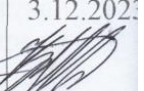
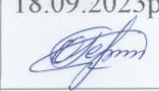
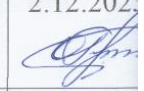
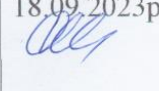
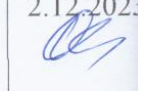
3. Вихідні дані до роботи: Робоче креслення вісі маятникових важелів, програма відновлення N = 1000 шт.

4. Зміст текстової частини: Вступ; 1 Техніко-економічне обґрунтування доцільності розробки способу відновлення зношених поверхонь осі маятникових важелів; 2. Дослідження направлені на підвищення якості відновлення робочих поверхонь вісі маятникових важелів рульового керування троллейбуса ЗиУ-9; 3. Технологічні засади підвищення якості відновлення робочих поверхонь вісі маятникових важелів рульового керування троллейбуса ЗиУ-9; 4. Конструкторська частина; 5. Економічний розділ; 6. Охорона праці і безпека у надзвичайних ситуаціях; Висновки; Список використаних джерел; Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Важелі тяг рульової трапеції (складальне креслення);

2. Вісь маятникових важелів (робоче креслення); 3. Вісь маятникових важелів (ремонтне креслення); 4. Технологічний процес; 5. 3-D еталі; 6. Плазмотрон (складальне креслення); 7. Робоче місце (вид загальний).

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Шенфельд В.Й., к.т.н., доц., кафедри ГМ	18.09.2023р. 	3.12.2023р. 
Економіка виробництва	Ратушняк О. Г., к.е.н., доц., кафедри ЕПВМ	18.09.2023р. 	2.12.2023р. 
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Дембіцька С.В., д.п.н., професор, Березюк О.В. д.т.н. проф. кафедри БЖД та ПБ	18.09.2023р. 	2.12.2023р. 

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

Керівник проекту

  
(підпис)

  
(підпис)

Бруслик Д.О.

Шенфельд В.Й.

## АНОТАЦІЯ

УДК 621.791:681.5.015.23

Бруслік Д. О. Підвищення якості відновлення робочих поверхонь вісі маятникових важелів рульового керування тролейбуса ЗиУ-9. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 132 – матеріалознавство, освітня програма – інтелектуальні технологічні системи в інженерії поверхонь. Вінниця: ВНТУ, 2023. 176 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 32 назв; рис.: 15; табл. 25.

У магістерській кваліфікаційній роботі вдосконалено технологію відновлення робочих поверхонь вісі маятникових важелів рульового керування тролейбуса ЗиУ-9 з використанням електродугового наплавлення та напилення. У науковій частині роботи досліджено вплив механічної обробки на структуроутворення та якість напилених шарів. У технологічній і розрахунково-конструкторській частині розроблений технологічний процес відновлення робочих поверхонь вісі маятникових важелів рульового керування та виконана розробка устаткування з числовим програмним керуванням на базі вузлів Festo.

Графічна частина складається з 7 креслень із результатами моделювання.

У розділі охорони праці опрацьовано такі питання, як причини виникнення, дія на організм людини та нормування шкідливих та небезпечних виробничих факторів у виробничому приміщенні; карта умов праці (обґрунтування вибору нормованих значень шкідливих та небезпечних виробничих факторів, оцінка факторів виробничого і трудового процесів, гігієнічна оцінка умов праці, оцінка технічного і організаційного рівня, атестація робочого місця); рекомендації щодо поліпшення умов праці, а також розглянуто норми пожежної безпеки, а також дія іонізуючих випромінювань на людей.

Ключові слова: вісі маятникових важелів, структура, обробка, плазматрон, напилення.

## ABSTRACT

Bruslik D. O. Improving the quality of restoration of the working surfaces of the axis of the pendulum levers of the steering control of the ZyU-9 trolleybus. Master's qualification work on specialty 132 - materials science, educational program - intelligent technological systems in surface engineering. Vinnytsia: VNTU, 2023. 176 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 32 titles; Fig.: 15; table 25.

In the master's qualification work, the technology of restoring the working surfaces of the axis of the pendulum levers of the steering control of the ZyU-9 trolleybus using electric arc welding and spraying was improved. In the scientific part of the work, the effect of mechanical processing on the structure formation and quality of the sprayed layers was investigated. In the technological and calculation and design part, the technological process of restoring the working surfaces of the axis of the pendulum steering levers was developed and the equipment with numerical software control based on Festo nodes was developed. The graphic part consists of 7 drawings with simulation results.

In the occupational health and safety section, issues such as the causes of occurrence, effects on the human body, and regulation of harmful and dangerous production factors in the production premises are elaborated; map of working conditions (justification of the choice of standardized values of harmful and dangerous production factors, assessment of factors of production and labor processes, hygienic assessment of working conditions, assessment of technical and organizational level, certification of the workplace); recommendations for improving working conditions, as well as fire safety standards, as well as the effect of ionizing radiation on people.

Keywords: axes of pendulum arms, structure, processing, plasmatron, sputtering.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП .....</b>	<b>9</b>
<b>1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ РОЗРОБКИ СПОСОБУ ВІДНОВ-ЛЕННЯ ЗНОШЕНИХ ПОВЕРХОНЬ ОСІ МАЯТНИКОВИХ ВАЖЕЛІВ.....</b>	<b>12</b>
1.1 Суть технічної проблеми, що існує на сучасному етапі розвитку науки, техніки і технології.....	12
1.2 Аналіз можливих альтернативних способів вирішення існуючої техно- логічної проблеми.....	13
1.3 Висновок про необхідність розробки нового технічного рішення.....	15
1.4 Технічні вимоги до відновлених поверхонь осі.....	16
1.5 Суть технічного рішення, за рахунок якого планується вирішити поста- влену задачу .....	16
1.6 Техніко-економічні характеристики методів відновлення осі.....	17
1.7 Техніко-економічні висновки.....	17
<b>2. ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРАВЛЕНІ НА ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ВІСІ МАЯТНИКОВИХ ВАЖЕЛІВ РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ ТРОЛЕЙБУСА ЗИУ-9.....</b>	<b>18</b>
2.1 Дослідження впливу механічної обробки на структуроутворення та якість напиленних шарів.....	18
2.2 Висновки.....	21
<b>3 ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ВІСІ МАЯТНИКОВИХ ВАЖЕЛІВ РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ ТРОЛЕЙБУСА ЗИУ-9.....</b>	<b>23</b>
3.1 Аналіз службового призначення важеля тяг рульової трапедії та робочих поверхонь осі маятникових важелів.....	23

3.2 Основні дефекти осі маятникових важелів та причини їхнього виникнення.....	25
3.3 Вибір та технічне обґрунтування раціонального методу відновлення поверхонь осі маятникових важелів.....	30
3.4 Вибір витратного матеріалу для наплавлення у середовищі вуглекислого газу та плазмового напилення.....	36
3.5 Формування маршруту технологічного процесу відновлення осі маятникових важелів.....	38
3.6 Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку осі маятникових важелів.....	41
3.7 Розрахунок параметрів технологічного процесу відновлення осі маятникових важелів.....	45
<b>4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....</b>	<b>85</b>
4.1 Вибір плазмової установки для напилення.....	85
4.2 Організація робочого місця операції напилення.....	90
4.3 Механізм обертання деталі.....	92
4.4 Механізм переміщення плазмотрона.....	93
4.5 Використання САПР у магістерській каліфікаційній роботі.....	95
<b>5 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....</b>	<b>101</b>
5.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки .....	102
5.2 Визначення рівня конкурентоспроможності розробки .....	106
5.3 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи .....	109
5.4 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки при її можливій комерціалізації потенційним інвестором.....	118
5.5 Висновки до розділу.....	123
<b>6 ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....</b>	<b>124</b>
6.1. Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи.....	125
6.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	128

6.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи РЕС тролейбуса в умовах дії загрозливих факторів НС.....	133
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	137
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	138
Додаток А (обов'язковий). Технічне завдання.....	142
Додаток Б (обов'язковий). Комплект документів.....	150
Додаток В (обов'язковий). Графічна частина .....	164
Додаток Г (обов'язковий). Специфікації .....	172
Додаток Д (обов'язковий). протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.....	176



## ВСТУП

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

У будь якої машини, незалежно під того, працює вона, простоє чи транспортується, змінюються фізико-механічні параметри деталей. Одночасно знижуються техніко-економічні показники конструкції в цілому і настає момент, коли подальша її експлуатація неможлива або стає економічно недоцільною. Тому виникає необхідність в відновленні деталей.

Відновлення деталей машин забезпечує економію високоякісного металу, палива, енергетичних і трудових ресурсів, а також раціональне використання природних ресурсів і охорону навколишнього середовища. Для відновлення працездатності зношених деталей потрібно в 5...8 разів менше технологічних операцій у порівнянні з виготовленням нових деталей.

Для відновлення не потрібні затрати на виготовлення заготовок, не потрібно обробляти незношені поверхні. Суттєвим є можливість зміцнення поверхонь, які в процесі роботи зазнають найбільшого зносу, з врахуванням умов експлуатації.

Важливим етапом проектування технологічних процесів відновлення є вибір найбільш раціонального способу з врахуванням технічних, економічних і організаційних вимог. При цьому необхідно враховувати умови роботи деталей в спряженнях, технологічні можливості конкретного підприємства.

Залежно від ступеня пошкодження і конструкції деталей затрати на їх відновлення становлять 15... 50 % вартості нових. При цьому чим дорожча і

складніша деталь, тим нижча відносна вартість її відновлення. Низька вартість відновлення деталей зумовлена рядом факторів: непотрібні технологічні операції виготовлення заготовки; відновлюються тільки поверхні, на яких є недопустимі пошкодження; витрачається мало матеріалів. Крім того, організація відновлення деталей дає можливість зменшити випуск товарних запасних частин, тобто знизити собівартість ремонту машин. Впровадження централізованого відновлення деталей, широке застосування потокових ліній, автоматизація процесів ремонту деталей, машин та механізмів сприяє підвищенню ефективності ремонту.

Ось маятникових важелів піддається дії значних згинаючих, контактних та ударних навантажень і працює в умовах абразивного зношування..

Найбільш інтенсивному зношуванню підлягають поверхні під встановлення підшипників та сальників, а також різьба.

Осі маятникових важелів виготовляють із середньо вуглецевої легованої сталі 40X, після послідовної термічної обробки твердість якої складає близько 45 HRC.

На сьогоднішній день ремонтне виробництво має достатньо велике число перевірених практикою методів ремонту, що дозволяють повернути працездатність зношеним і пошкодженим деталям. До них відносять: методи додаткових деталей, пластичної деформації, електролітичних і гальванічних покриттів, наплавки та інші.

Проте не всі з вказаних методів є рівноцінними. Найбільше розповсюдження на ремонтних підприємствах отримали наступні методи відновлення осі маятникових важелів: наплавка в середовищі вуглекислого газу, вібродугова наплавка, плазмове та газополуменеве напилення.

Перспективним направленням технології відновлення осі маятникових важелів в організаційному плані є поглиблення принципу групової технології відновлення.

Тому відновлення осі є перспективною і актуальною темою, яку ми розглянемо в даному дипломному проекті.

Метою даної роботи є підвищення ефективності та якості технологічного процесу відновлення зношених поверхонь вісі маятникових важелів за рахунок впровадження сучасних методів відновлення із врахуванням умов експлуатації та причин появи несправностей.

Для здійснення поставленої мети необхідно виконати наступні задачі:

- 1) на основі аналізу службового призначення вузла та деталі провести дефектацію осі маятникового важеля з метою виявлення несправностей;
- 2) вибрати та обґрунтувати раціональний спосіб відновлення та зміцнення зношених поверхонь і на основі цього розробити маршрут технологічного процесу відновлення осі ;
- 3) спроектувати розпилюючий пристрій необхідний для відновлення зношених поверхонь плазмовим напиленням;
- 4) розрахувати виробничу собівартість та ціну реалізації нового технічного рішення з метою визначення прибутку, який може отримати виробник протягом року від реалізації нового технічного рішення.

# **1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ РОЗРОБКИ СПОСОБУ ВІДНОВЛЕННЯ ЗНОШЕНИХ ПОВЕРХОНЬ ВІСІ МАЯТНИКОВИХ ВАЖЕЛІВ**

1.1 Суть технічної проблеми, що існує на сучасному етапі розвитку науки, техніки і технології

Відновлення спрацьованих деталей – складний організаційно-технологічний процес, в якому на відміну від виробництва нових деталей в якості заготовки використовують спрацьовану деталь. В цьому випадку витрати на використання таких операцій як лиття, кування, штампування відсутні, проте при відновленні спрацьованих деталей з'являється ряд додаткових операцій таких як розбирання, дефектація, миття. Ці витрати обов'язково слід врахувати при виборі способу відновлення зношених поверхонь.

Однією із основних переваг відновлення деталей є економія високоякісного металу, пального, енергетичних та трудових ресурсів, а також раціональне використання природних ресурсів та охорона навколишнього середовища.

Необхідність у такому технологічному процесі як відновлення спрацьованих деталей, пояснюється дуже високою вартістю нових комплектуючих, тому більшість із підприємств не можуть собі дозволити у разі несправності вузла купувати новий. Крім того, відновлення зношених деталей дозволяє отримати значний економічний ефект за рахунок порівняно невеликих витрат металу і допоміжних матеріалів, а собівартість відновленої деталі складає 60...80% від вартості нової. Відповідно до цього необхідно розробити такий технологічний процес відновлення зношених поверхонь, який дасть змогу ефективно і якісно відновлювати виявлені дефекти вісі,

підвищити продуктивність та зменшити витрати, пов'язані із виготовленням нової деталі.

## 1.2 Аналіз можливих альтернативних способів вирішення існуючої технологічної проблеми

Серед усіх існуючих на сьогоднішній день способів відновлення спрацьованих деталей наплавлення у середовищі захисних газів є одним із найбільш розповсюджених. Це обумовлено простотою технологічного процесу і обладнання, яке використовується під час відновлення, досить високою швидкістю наплавки і низькою собівартістю при малій товщині шару. Розглянемо більш детально можливі способи відновлення зношених поверхонь вісі маятникових важелів та проаналізуємо їхні переваги та недоліки, які обов'язково слід враховувати при розробці технологічного процесу відновлення [1].

Альтернативними методами відновлення поверхонь вісі є наплавлення у середовищі вуглекислого газу і вібродугове наплавлення, плазмове і газополуменеве напилення.

Відновлення поверхні вісі у середовищі вуглекислого газу має такі переваги: можливість наплавлення у будь-якому просторовому положенні деталі; відсутність трудомісткої операції по відділенню шлакової кірки, висока продуктивність; можливість наплавлення шару невеликої товщини (0,8...1,5 мм); відомість місця зварювання, низька вартість вуглекислого газу і можливість накладання незручних і складної конфігурації швів.

До числа недоліків цього способу наплавлення варто віднести: підвищене розбризкування металу, підвищена схильність наплавленого шару до утворення тріщин, необхідність застосування легованого дроту для одержання наплавленого металу з необхідними властивостями [1].

У ремонтному виробництві використовують зварювання і наплавлення у середовищі вуглекислого газу, які забезпечують високу якість при низькій

собівартості відновлення деталей. Цей спосіб значною мірою відрізняється від інших способів відновлення деталей - не потрібно ні флюсів, ні електродних покриттів. При цьому в зону наплавлення через сопло пальника надходить вуглекислий газ, який захищає рідкий метал від контакту з киснем і азотом повітря.

Головною перевагою вібродугового наплавлення є те, що воно забезпечує малу зону термічного впливу, покриття різної товщини з високою твердістю, зносостійкістю і незначними деформаціями поверхні деталі, крім того перевагою даного методу є те, що він не вимагає спеціального обладнання [2].

Вібродугове наплавлення полягає в тому, що між деталлю і присадним електродним дротом, який вібрує вздовж осі з амплітудою 1,5...5 мм і частотою 50...100 коливань в секунду, періодично збуджується дуга. Електродний дріт подається до поверхні деталі, яка знаходиться під напругою з коливаннями, за рахунок яких відбувається періодичне замикання і розмикання електричної дуги між електродом і поверхнею деталі. Процес наплавлення складається з трьох фаз: короткого замикання, горіння дуги і холостого ходу.

Головним і найбільш суттєвим недоліком даного методу відновлення є неоднорідність структури, нещільність, пористість металу шва, які зменшують міцність відновленої деталі.

Плазмове напилення має ряд переваг: дозволяє наносити покриття із матеріалів різного хімічного складу; висока продуктивність; повна автоматизація керуванням процесу; плазмові пальники дозволяють у широких межах регулювати енергетичні характеристики плазми, що полегшує отримання покриттів з потрібними технологічними властивостями; використання у плазмових пальниках інертних газів, що не містять кисню, сприяє зменшенню окислення поверхні деталі і матеріалу, що напилюється. Також, при даному виді напилення відсутня деформація деталі після

відновлення, можливе відновлення деталей порівняно малих розмірів (мінімальний діаметр циліндричних деталей складає 10 мм), порівняно із іншими видами напилення найвищі характеристики продуктивності, а покриття, отримане плазмовим напиленням, за своїми фізико-механічними властивостями перевершує покриття, отриманні газополуменевим і дуговим способами напилення.

Суть газополуменевого напилення полягає в тому, що матеріал, що наноситься на зношену поверхню розплавляється ацетилено-кисневим полум'ям і транспортується потоком стиснутого повітря. Перевагами даного способу відновлення є: незначне окислення металу, мілка структура напиленого шару, досить висока міцність щеплення з основою. Головним недоліком є низька продуктивність – 2...4 кг/год [2].

Таким чином, врахувавши наведений аналіз можливих способів відновлення вісі маятникових важелів, обираємо наступні методи: для відновлення спрацьованої різьби і поверхонь під встановлення сальників використаємо наплавлення у середовищі вуглекислого газу. Цей спосіб є порівняно недорогий і дає можливість наплавити поверхню необхідної якості. Для відновлення поверхонь під підшипники обираємо плазмове напилення порошковими сплавами, оскільки цей спосіб, у порівнянні із існуючими способами забезпечує відсутність деформації деталі та високі фізико-механічні властивості нанесеного шару.

### 1.3 Висновок про необхідність розробки нового технічного рішення

Відновлення вісі маятникових важелів наплавленням в середовищі вуглекислого газу та плазмовим напиленням відповідно різьби, поверхонь під сальники та поверхонь під підшипники значно підвищує зносостійкість та працездатність деталі.

Цей технологічний процес дозволяє не тільки економити матеріал, підвищувати довговічність вісі, економити енергоресурси, але й дає можливість значно прискорити виробничий процес та за короткий час відновити вісь для подальшої експлуатації.

#### 1.4 Технічні вимоги до відновлених поверхонь вісі [4]

Відповідно до робочого та ремонтного креслень вісі маятникових важелів до поверхонь, які підлягають відновленню ставитимуться наступні вимоги:

- 1) твердість робочих поверхонь вісі HB 240...280 од.;
- 2) биття поверхонь Б та В відносно поверхні А не більше 0,05;
- 3) висока зносостійкість в умовах абразивного зносу та фретинг-корозії;
- 4) відсутність сколів та обломів;
- 5) термін експлуатації не менше 7 років.

1.5 Суть технічного рішення, за рахунок якого планується вирішити поставлену задачу

Відновлення зношених поверхонь вісі буде здійснюватись із врахуванням особливостей того чи іншого способу відновлення та виходячи із вимог, представлених до поверхні, що підлягає відновленню. Так, для відновлення спрацьованої різьби та поверхні під сальники буде використано наплавлення в середовищі вуглекислого газу, так як плазмове напилення є неприпустимим методом відновлення різьби, адже напилений шар погано працює на ударні та знакозмінні навантаження. В свою чергу поверхні під підшипники буде відновлено плазмовим напиленням, яке забезпечить високу міцність, твердість та зносостійкість відновленої поверхні. Крім того,



запропонований метод дає змогу зекономити на витратних матеріалах, відновлюючи менш відповідальні поверхні більш дешевшим методом.

### 1.6 Техніко-економічні характеристики методів відновлення вісі [2]

Таблиця 1.1 - Характеристики методів відновлення вісі маятникових важелів

Методи нанесення покриттів	Продуктивність методу		Міцність щеплення, МПа	Коефіцієнт продуктивності	Коефіцієнт техніко-економічного ефекту	Деформація після нарощування	Мінімальний діаметр деталі, мм
	кг/год	см <sup>2</sup> /хв					
Наплавка в середовищі вуглекислого газу	1,5-4,5	18-36	550	1,82-1,7	0,403	Значна	15
Вібродугова наплавка	0,5-4	8-22	500	0,85-0,72	0,25	Не значна	10
Плазмове напилення	3...5	до 100	5...60	0,8..0,9	0,4	Немає	10
Газополуменеве напилення	2...4	10...60	10...15	0,65	0,39	Не значна	10

### 1.7 Техніко-економічні висновки

Відповідно до аналізу наведених альтернативних способів відновлення спрацьованих поверхонь вісі маятникових важелів можна зробити висновок про правильність вибору для відновлення саме наплавлення у середовищі вуглекислого газу та плазмове напилення. Завдяки запропонованому технологічному процесу вісь маятникових важелів відновлюватиметься в 2 рази швидше, крім того підвищується надійність експлуатації в 2,1 рази, що дає змогу заощаджувати кошти, які витрачаються при простій техніки (тролейбуса).

Окрім цього значно економиться сировина, енергоресурси та матеріальні витрати, що суттєво впливає на собівартість продукції.

## **2. ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРАВЛЕНІ НА ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ВІСІ МАЯТНИКОВИХ ВАЖЕЛІВ РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ ТРОЛЕЙБУСА ЗИУ-9**

2.1 Дослідження впливу механічної обробки на структуроутворення та якість напилених шарів

Метою досліджень є вивчення можливості застосування механічної обробки щітковим інструментом поверхні деталі під час нанесення газополуменевого покриття в процесі формування поверхневого шару.

Пропонується в процесі газополуменевого порошкового напилювання виконувати механічну обробку спеціальною металевою щіткою.

Зміцнення деталей за допомогою інтегрування двох прогресивних технологічних процесів вельми складна внаслідок відмінності їхнього характеру. Тому, навіть часткове вирішення цієї задачі на основі аналізу та дослідження основних закономірностей формування властивостей напилених поверхонь, дозволить ефективно управляти якістю зміцнених деталей.

Експерименти виконувались при газополуменому напилюванні зразків зі сталі 40Х діаметром 70 мм порошком ПГ-12Н-01, з одночасною механічною обробкою металевою щіткою.

Технологічні параметри щіткової обробки (швидкість обертання щітки 2100 об / хв; діаметр 0,8 мм і довжина голок 40 мм при щільності розташування голок - 32 шт/см<sup>2</sup>) забезпечують збільшення міцності зчеплення покриття з основою з 18 ... 20 МПа при традиційному способі напилення до 26,5 ... 28 МПа - при інтегрованому напиленні. Визначено, що застосування щіткової обробки при газополум'яної напиленні дозволяє в середньому на 22% збільшити міцність зчеплення покриття з основою.

Газополум'яневе покриття утворюється з окремих розплавлених або близьких до цього стану частинок, які з високою швидкістю (40...50 м\*с<sup>-1</sup>) соударяються і нашаровуються на поверхню основи (причому в процесі

напилення температура основи підвищувалася від кімнатної - 20 °С до 150 °С). Покриття являє собою шарувату структуру утворену деформованими плоскими частинками. При русі напилюваних частинок у високотемпературному газовому струмені їх поверхні окислюється. В результаті кожна частинка покривається плівкою оксидів, яка залишається на кордонах частинок в покритті і перешкоджає їх сплавленню. При першому зіткненні частинок напилюваного матеріалу з основою у поверхневому шарі виникає різкий градієнт температур, який зумовлює велику швидкість кристалізації несформованого покриття і відбувається явище переохолодження, що веде до утворення великої кількості центрів кристалізації.

На рис. 2.1 а в структурі покриття напиленого порошком ПГ-12Н-01, газополуменевим способом за традиційною технологією, видно численні порожнечі (пори), особливо на кордоні покриття з основою і недеформовані частинки напиляного матеріалу. Кількісний мікроаналіз показав, що пори мають округлу форму розміром від 10 до 40 мкм, залишкова пористість покриття складає 16...18%. Зчеплення покриття з основним металом недостатнє, що обумовлено досить високою пористістю шару поблизу основи. При аналізі покриття, нанесеного із застосуванням щіткової обробки на різних режимах, мікроструктура основи металу не змінюється. Поверхня розділу «покриття - металева основа» характеризується відсутністю скупчення пор (рис. 2.1 б).

Щіткова обробка, згідно з даними досліджень, очищає поверхню від забруднень і створює розгорнутий мікропрофіль з необхідною шорсткістю, руйнує окисну плівку, що утворюється на поверхні основного металу. При цьому дрібні частинки окислів відіграють роль додаткових центрів кристалізації, в результаті чого формується перехідний шар, який має дрібнозернисту будову, що обумовлено надшвидкою кристалізацією, яка призводить до утворення великої кількості крайових дефектів біля зерен -

вакансій і дислокацій. Отримана шорсткість поверхні  $R_a$  10...12 мкм при застосуванні щіткової обробки забезпечує збільшення площі контакту основи з напилюваним покриттям і, як наслідок, підвищення адгезії поверхні основи і покриття за рахунок зростання механічної взаємодії.

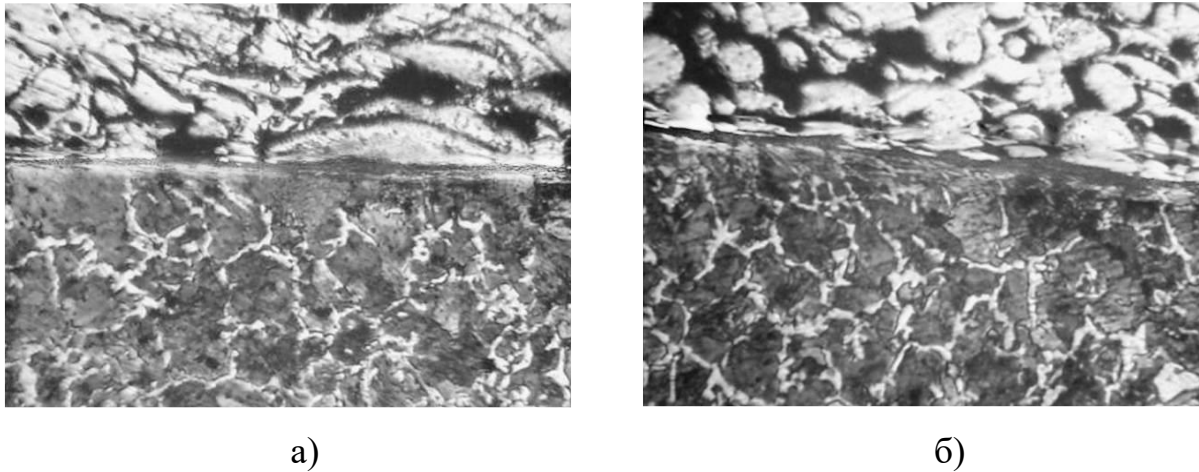
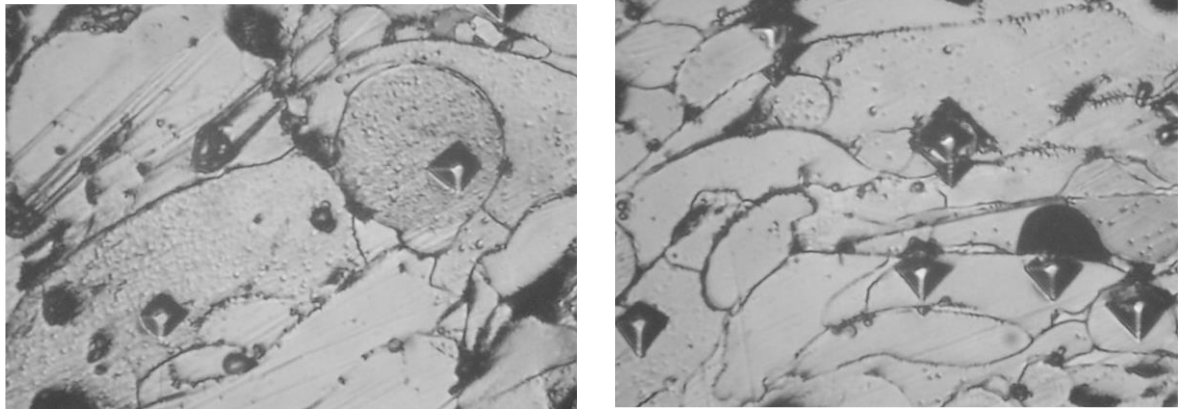


Рисунок 2.1– Структура напилених покриттів з сплаву ПГ-12Н-01 на сталі 40Х (х130) без щіткової обробки (а) та з щітковою обробкою (б) в процесі напилення ( $n_2= 2100$  об/мин)

Зразки, напилені за запропонованою технологією (рис. 2.1, б), відрізняються більш дрібнозернистою будовою. Структура таких покриттів представлена більш протяжними ламелями і більше впорядкована. Умови кристалізації наступних шарів покриття значно відрізняються від умов кристалізації перехідного шару: практично відсутні переохолодження, зменшується температурний градієнт. Тому слід було очікувати утворення крупнозернистої структури в покритті за рахунок зменшення швидкості кристалізації. Застосування ж щіткової обробки в процесі формування напилюваних шарів покриття забезпечує збільшення кількості центрів кристалізації за рахунок руйнування окисних плівок на кордонах частинок в шарах покриття і порушують цілісність структури покриття, тому зерна в покритті виходять більш дрібні. Металографічні дослідження показали, що в результаті мікропластичного впливу щіткової обробки, щільність напилених

покривтів помітно підвищилася, залишкова пористість склала 8...10%, причому пори приймають витягнуту форму і зменшуються до розміру 5 ... 15 мкм, т. е. можна сказати відбувається так зване «заліковування» пор.



а)

б)

Рисунок 2.2 – Мікроструктура покриттів, нанесених газополуменевим напиленням, поєднаним зі щіткової обробкою (x260)

Таким чином, мікроструктура напиленого шару являє собою досить м'яку з підвищеною в'язкістю матрицю, в яку вкраплені тверді і зносостійкі карбіди, що забезпечують підвищену міцність і зносостійкість напиленого покриття в умовах граничного тертя і тертя в умовах мащення (рисунок 2.2). Руйнування окисних плівок на окремих частинках, в процесі формування покриття металеві щіткою забезпечує сплавлення металевих частинок і їх з'єднання під дією сил Вандер-Ваальса.

Металографічні дослідження показали, що структурні особливості напилених газополуменевих покриттів, викликані впливом мікропластичної деформації як результату механічної обробки спеціальної металевої щеткою.

## 2.2 Висновки

1. Металографічні дослідження показали, що в результаті мікропластичного впливу щіткової обробки, щільність напилених

покриттів помітно підвищилася, залишкова пористість склала 8...10%, відбувається так зване «заліковування» пор.

2. Мікроструктура напиленого шару являє собою досить м'яку з підвищеною в'язкістю матрицю, в яку вкраплені тверді і зносостійкі карбіди, що забезпечують зносостійкість напиленого покриття в умовах граничного тертя і тертя в умовах мащення.

### 3. ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ВІСІ МАЯТНИКОВИХ ВАЖЕЛІВ РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ ТРОЛЕЙБУСА ЗІУ-9

3.1 Аналіз службового призначення важеля тяг рульової трапеції та робочих поверхонь вісі маятникових важелів

Деталь «Вісь маятникового важеля» є важливою складовою рульового керування тролейбуса і служить для передачі руху від важеля поперечної рульової тяги до центрального важеля рульової трапеції. В вузлі вісь в двох кінцях закріплюється на підшипниках кочення, що дає змогу здійснювати обертальний рух і для надійності її роботи фіксується гайкою. На рис 3.1 зображено вузол, в якому працює вісь маятникового важеля і в яких умовах працюють її робочі поверхні.

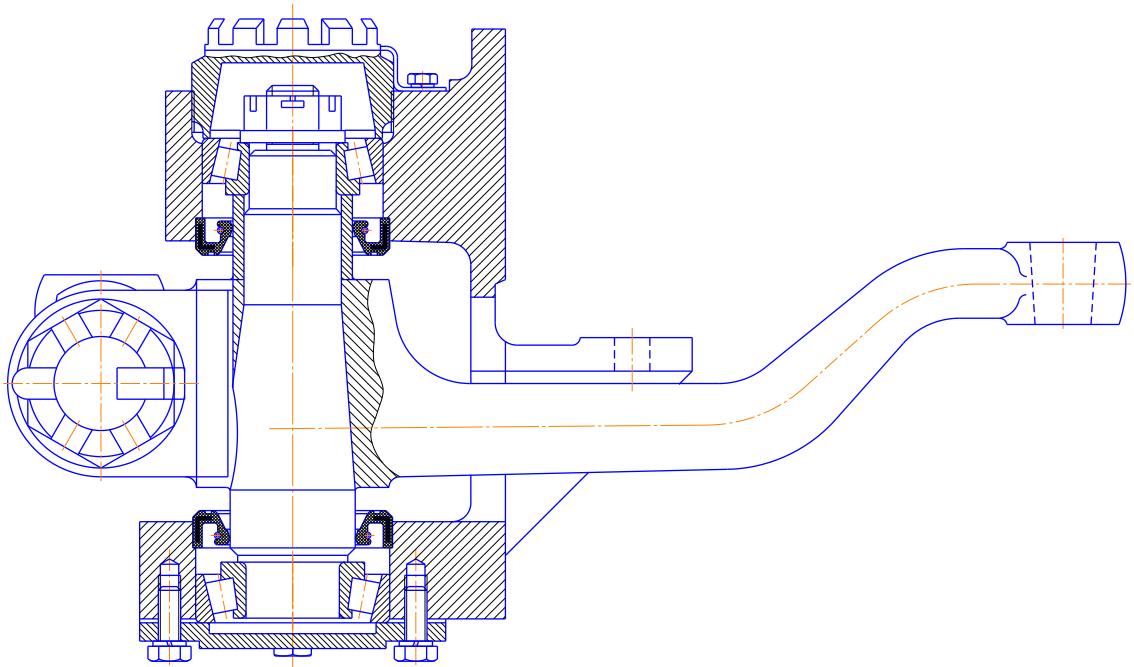


Рисунок 3.1 – Ескіз важелів тяг рульової трапеції

Під час роботи вісі маятникового важеля відбувається знос її поверхонь. Розглянемо детально за яких умов відбувається знос окремих поверхонь і внаслідок чого вони виникають (рис. 3.2).

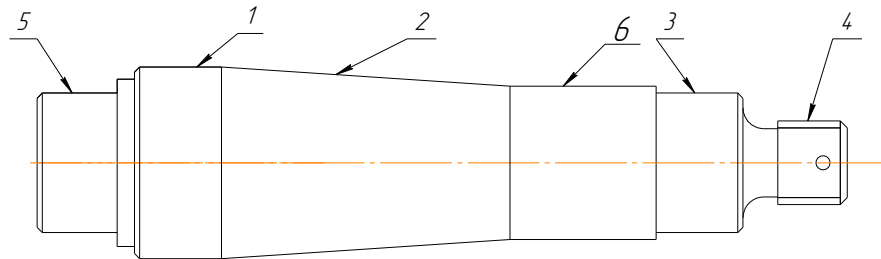


Рисунок 3.2 – Ескіз вісі з вказаними номерами поверхонь

Поверхні 3 і 5 являють собою посадкові місця під підшипники кочення, до них ставляться порівняно високі вимоги на точність і шорсткість. Поверхня повинна бути виконана по 8 квалітету точності з шорсткістю не більше як  $R_a=1,25\text{мкм}$ .

Поверхня 1 і 6 являється поверхнею під установлення сальників, тут присутній досить високий механічний знос деталі в парі тертя за рахунок абразивного зношування частинками, які містяться в мастилі, оскільки вісь маятникових важелів працює в змащувальному середовищі в яке попадають абразивні частинки з зовні. До цієї поверхні ставляться досить високі вимоги, а саме вимагається виготовлення за 7 квалітетом точності і шорсткістю  $R_a=2,5\text{мкм}$  для забезпечення щільного прилягання внутрішньої поверхні сальника.

Поверхня 2 є поверхнею під посадку центрального важеля рульової трапеції, на цій поверхні відбувається знос в результаті фретинг-процесу який виникає під дією перемінних навантажень і вібрацій. Поверхня контролюється по 8 квалітету точності і шорсткість  $R_a=6,3\text{ мкм}$ . Це зумовлено нерухомим з'єднанням між спряженими деталями.



Поверхня 4 являє собою метричну різьбу, до якої ставляться звичайні вимоги відповідно до стандартів на метричну різьбу. На поверхні виконаний шплінтовочний отвір, до якого не висувається високих вимог по точності, шорсткість не повинна перевищувати  $R_a=6,3\text{мкм}$ .

Решта поверхонь не контактують з спряженими деталями і виготовленні штампуванням без наступної механічної обробки.

Вісь маятникового важеля виготовлена із легованої середньовуглецевої сталі 40Х ГОСТ 4543-81 (див. табл. 3.1) і володіє всіма необхідними якостями для обробки на металорізальних верстатах (див. табл. 3.2).

Таблиця 3.1 - Хімічний склад сталі 40Х ГОСТ 4543-81

Вміст елементів в мас. %						
C	Si	Mn	Cr	Ni	P	S
0,36...0,44	0,17...0,37	0,5...0,8	0,8...1,1	0,25	$\leq 0,04$	$\leq 0,04$

Таблиця 3.2 - Механічні властивості сталі 40Х ГОСТ 4543-81

$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, МДж/см <sup>2</sup>	НВ, МПа
1000	800	10	45	0,6	163...168

### 3.2 Основні дефекти осі маятникових важелів та причини їхнього виникнення

Дефектацію деталей проводять з метою визначення їхнього технічного стану: деформацію і знос поверхонь, цілісність матеріалу, зміна властивостей і характеристик робочих поверхонь.

Для прийняття об'єктивного рішення відносно подальшого використання деталей керуються нормативно – технічними документами для даного виду і об'єкта ремонту. У нормативному документі (технічних

вимогах на дефектацію) зазначені два види оцінювання параметрів, тобто критерії технічного стану деталей:

А) критерій допустимого подальшого використання деталей, який забезпечує ресурс до наступного ремонту;

Б) критерій граничного стану, за якого деталь не може бути встановлена на машину.

Отже, в процесі дефектації деталі сортують на групи, які визначають технологічні потоки деталей:

- 1) деталі придатні для подальшого використання в процесі ремонту машин;
- 2) деталі, які відправляють на ремонт;
- 3) непридатні деталі, які утилізують.

Для всіх груп відсортованих деталей даної марки машин за нагромадженою інформацією визначають коефіцієнт повторюваності дефектів  $K_{n.d}$ , який визначає відношення кількості деталей одного найменування з даним дефектом до загальної кількості ремонтпридатних деталей.

$$K_{n.d} = \frac{n_d}{n_{заг}}, \quad (3.1)$$

де  $K_{n.d}$  – коефіцієнт повторюваності дефектів;

$n_d$  – деталі одного найменування з даним дефектом;

$n_{заг}$  – загальна кількість ремонтпридатних деталей.

При вхідному контролі вісі маятникового важеля з метою виявлення дефектів виконують наступні операції:

А) зовнішнім оглядом за допомогою лупи або використовуючи методи магнітопорошкової чи люмінесцентної дефектоскопії визначаємо наявність

на деталі таких дефектів як тріщини, корозію, задири, відколи, викришування металу тощо. Зовнішнім оглядом визначаємо спрацювання різьби.

Б) за допомогою вимірювальних мікрометрів та штангенциркуля встановлюємо наявність зносу на поверхнях під підшипник кочення та сальники.

В) на спеціальному пристосуванні виміряємо наявність прогину вісі.

Проаналізувавши умови роботи вісі маятникового важеля та на основі результатів дефекації можна зробити висновок, що вона може мати наступні дефекти:

- а) тріщини на осі;
- б) знос зовнішньої поверхні під встановлення сальника;
- в) знос посадочного місця під підшипник;
- г) знос різьби.

На рис. 3.3 наведено ескіз осі маятникового важеля із вказаними номерами дефектів, детальний опис яких наведено нижче.

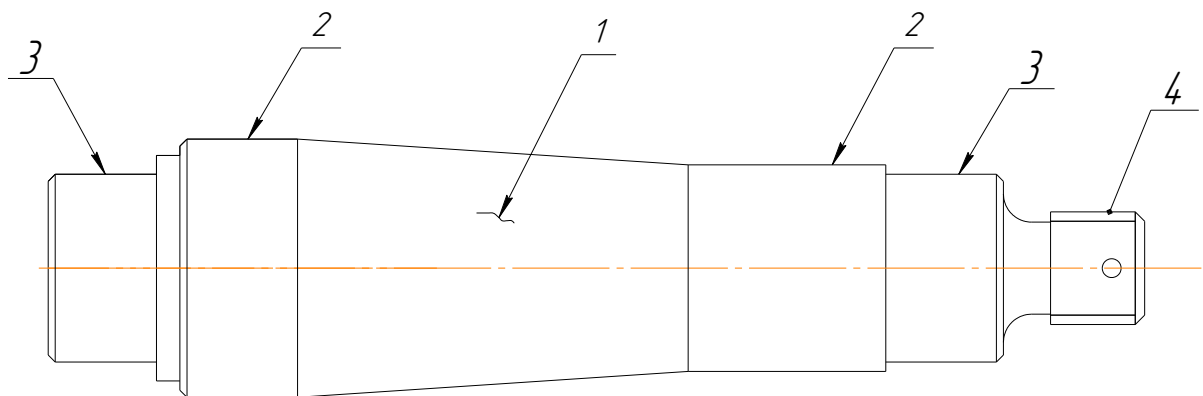


Рисунок 3.3 – Ескіз осі з вказаними номерами дефектів

Результати дефектування осі маятникових важелів наведені в табл 3.3.

Таблиця 3.3 – Дефектація осі маятникового важеля

№ п/п	Дефект	Спосіб виявлення дефекту	Розміри, мм	
			За кресленням	Допустимий
1	Тріщини на осі	Візуальний огляд Лупа	-	-
2	Зношення поверхні під встановлення сальника	Мікрометр М75-1 ГОСТ 166-90	Ø55 <sub>-0,12</sub> Ø44 <sub>-0,039</sub>	Ø54,88 Ø 43,961
3	Знос посадочного місця під підшипник	Мікрометр М50-1 ГОСТ 166-90	Ø40 <sub>-0,008</sub>	Ø39,992
4	Зношення різьби	Візуальний огляд Лупа, калібр	M24x1,5-6g	-

Розглянемо більш детально можливі дефекти вісі маятникових важелів та проаналізуємо причини їхнього виникнення.

Виникнення тріщин на осі (дефект 1) пояснюється підвищенням статичних і динамічних навантажень, а також невідповідність режимам експлуатації. Даний дефект можна встановити за допомогою зовнішнього огляду деталі, при використанні лупи та різних методів дефектоскопії.

Знос поверхні під встановлення сальника (дефект 2), що виходить за межі допустимого розміру Ø 44<sub>-0,039</sub> мм та Ø55<sub>-0,12</sub> мм зумовлюється абразивним зносом і відбувається внаслідок потрапляння абразиву з навколишнього середовища. Дефект визначаємо за допомогою мікрометра М75-1 ГОСТ 166-90.

Знос посадочного місця під підшипник (дефект 3), що виходить за межі допустимого розміру Ø40<sub>-0,008</sub> мм виникає внаслідок фретинг-корозії, яка викликає глибинне місцеве виривання шарів поверхневого металу. Дефект визначаємо за допомогою мікрометра М50-1 ГОСТ 166-90

Зношення різьби (дефект 4) виникає внаслідок зношення та обриву витків різьби під дією підвищених статичних та динамічних навантажень, тертя ковзання, які мають місце в процесі роботи деталі. Зношення різьби визначаємо візуальним оглядом та за допомогою різьбометрів.

Знос виникає на тих ділянках поверхні осі, де реалізується силова взаємодія між нею і підшипником, а також при безпосередньому контакті із сальником. У розглянутій конструкції, вісь, що виготовлена зі сталі 40ХГОСТ 4543-71, зазнає зношення по зовнішніх поверхнях, що є наслідком дії фретинг-процесу або фретинг-корозії, тобто зношуються місця – спряження деталей, які знаходяться в дуже малому відносному переміщенні. Цей вид зношування розвивається на поверхнях валів, у місцях посадки шестерень і підшипників, а також шліцевих, шпонкових і шарнірних з'єднаннях, у провушинах і на поверхні ресор. Ушкоджені поверхні мають вигляд ямок і виразок, як і пітинг, небезпечні тим, що істотно знижують опір утоми деталей.

Єдиної теорії, що пояснює механізм цього виду зношування, немає. Відповідно до однієї теорії визначальним служить механічна взаємодія контактуючих поверхонь. Припускають, що вона викликає руйнування оксидних плівок, частки яких не віддаляються за межі контакту і діють як абразивні. За іншою теорією основними вважаються адгезійна взаємодія в поєднанні з корозією. В наслідок адгезії частки металу спочатку відокремлюються від поверхні, потім окисляються киснем середовища і перетворюються в абразив.

Основні методи захисту від цього виду зношування – підвищення твердості контактуючих поверхонь (цементація, азотування), застосування мастильних матеріалів, лаків, плівкових покриттів з полімерів, що ускладнюють металевий контакт поверхонь тертя і доступ до нього.

Знос поверхні під підшипник більше допустимого виникає внаслідок зношення зовнішньої поверхні під дією сил (підвищенні статичні та

динамічні навантаження, що спричиняють напруження згину і кручення, дії тертя ковзання), що мають місце в процесі роботи осі. В результаті тертя сальника та осі відбувається поступовий знос поверхонь як однієї так і другої деталі, відповідно збільшується зазор в парі, що впливає на якість роботи всього механізму. Місця сполучення осі з сальником знаходяться в дуже малому відносному переміщенні, тому вісь піддається в процесі роботи фреттинг-корозії. Цей вид зношування розвивається на поверхні осі у місцях посадки сальника та підшипника.

### 3.3 Вибір та технічне обґрунтування раціонального методу відновлення поверхонь осі маятникових важелів

Відновлення зношених деталей – складний організаційно-технологічний процес, при якому в якості заготовки використовують зношену деталь. Розроблена велика кількість способів відновлення зношених деталей. При виборі раціонального способу відновлення вісі маятникового важеля потрібно керуватись такими технологічними показниками як простота, економічна доцільність, продуктивність.

Враховуючи умови роботи вісі, характер та причини виникнення дефектів, проаналізувавши її конструктивні особливості, необхідно при відновленні обрати такий метод, який відповідатиме вимогам:

- мінімальна зона термічного впливу;
- відсутність деформації деталі після відновлення;
- висока твердість та зносостійкість покриття;
- простота обладнання та порівняно дешевизна присадкового матеріалу.

Тому для відновлення поверхні під встановлення сальників (дефект 2) можна застосовувати наступні методи відновлення:

- наплавлення в захисних газах;

- наплавлення порошковим дротом;
- вібродугове наплавлення.

Відновлення спрацьованої різьби (дефект 4) будемо здійснювати за допомогою наплавлення у середовищі вуглекислого газу. Для відновлення посадочних місць під підшипники (дефект 3) будемо використовувати плазмове напилення, завдяки якому відновлена поверхня характеризуватиметься високою якістю, міцністю, зносостійкістю відновленого шару. Наведемо більш детальний аналіз обраних методів відновлення зношених поверхонь вісі маятникових важелів.

Відновлення поверхні вісі у середовищі вуглекислого газу у порівнянні з автоматичним наплавленням під флюсом має такі переваги: можливість наплавлення у будь-якому просторовому положенні деталі; більш висока по площі покриття продуктивність процесу (на 20...30%); відсутність трудомісткої операції по відділенню шлакової кірки, висока продуктивність; можливість наплавлення шару невеликої товщини (0,8—1,5 мм); видимість місця зварювання, низька вартість вуглекислого газу в порівнянні з флюсом і можливість накладання незручних і складної конфігурації швів.

До числа недоліків цього способу наплавлення варто віднести: підвищене розбризування металу, підвищена схильність наплавленого шару до утворення тріщин, необхідність застосування легованого дроту для одержання наплавленого металу з необхідними властивостями.

Розплавлений метал можна захищати від дії кисню і азоту повітря струменем газу, який витискає повітря із зони горіння електричної дуги.

У ремонтному виробництві використовують зварювання і наплавлення у середовищі вуглекислого газу, які забезпечують високу якість при низькій собівартості відновлення деталей. Цей спосіб значною мірою відрізняється від інших способів відновлення деталей - не потрібно ні флюсів, ні електродних покриттів. При цьому в зону наплавлення через сопло пальника надходить вуглекислий газ, який захищає рідкий метал від контакту з киснем

і азотом повітря.

Вуглекислий газ надійно ізолює зону наплавлення від навколишнього середовища і забезпечує одержання наплавленого металу високої якості і мінімальною кількістю пор і окислів. Зварювальний дріт безперервно подається у зону наплавлення. Струм до дроту підводиться через наконечник, розміщений у середині мундштука. Під дією високої температури електричної дуги на поверхні деталі утворюється рідка ванна, в якій перемішуються метали електрода і деталі.

Однак у процесі наплавлення частина вуглекислого газу попадає в зону горіння електричної дуги і піддається дисоціації. Кисень, що утворюється при цьому, може викликати окислювання металу.

Для того щоб виключити появу окислів при наплавленні і зварюванні деталей у середовищі вуглекислого газу, застосовують електродний дріт і підвищеним вмістом елементів розкислення (кремнію і марганцю), за допомогою яких відбувається розкислення наплавленого металу й видалення оксидів із зварювальної ванни.

При наплавленні використовують токарний верстат, у патрон якого встановлюють деталь, а на супорті кріплять наплавлювальну головку. Подача вуглекислого газу в зону наплавлення здійснюється за схемою: балон з вуглекислим газом - підігрівник - осушувач – понижуючий редуктор - витратомір - пальник.

Для наплавлення у середовищі вуглекислого газу застосовують наплавлювальні головки (АБС, А-384, А-580 тощо), джерела живлення повинні мати жорстку зовнішню характеристику і швидкість наростання сили струму короткого замикання 70... 110 кА/с (ВС-200, ВСУ-300, ПСГ-300, ПСГ-500 тощо), підігрівач та осушувач газу редуктор-витратомір (ДРЗ-1-5-7) або ротаметри (РС-3, РКС-65). До комплекту газової апаратури входить балон із вуглекислим газом (тиск 7,5 МПа), який містить 25 кг вуглекислоти.

Витрата вуглекислого газу залежить від діаметра електродного дроту.



На витрату газу також впливають швидкість наплавлення, конфігурація виробу й наявність руху повітря.

Не зважаючи на те, що наплавлення порошковими дротами має ряд переваг, а саме: порошкові дроти марок ПП-АН122(30Х5Г2МО) і ПП-АН128 (35Х4Г2СМ) при наплавленні відкритою дугою мають переваги перед іншими матеріалами за фізико-механічними і технологічними властивостями: можна збільшити силу струму, тобто продуктивність процесу зростає в 2 і більше разів, відсутня операція видалення шлакової кірки від деталі після наплавлення. Використовувати даний метод для відновлення дефекту 2 є недоцільним у зв'язку з тим, що даний метод використовуються для поверхонь з відносно великим зносом, які працюють при знакозмінних навантаженнях або в агресивних середовищах. Враховуючи те, що до даної поверхні не висуваються особливо жорстких вимог, відновлювати її цим методом буде не вигідно з економічної точки зору, тому що порошкові дроти мають дуже високу вартість, що і стримує їх введення у ремонтні роботи. Їхня велика вартість пояснюється тим, що до складу проволоки входять ферохром, феротитан, феромарганець, графітний та залізний порошки.

Плазмове напилення в порівнянні з наплавленням у середовищі захисних газів має ряд переваг: дозволяє наносити покриття з матеріалів широкого складу (метали, сплави, оксиди, карбіди, нітриди, бориди, пластмаси і їхні композиції) на різноманітний матеріал основи (метали, кераміка, графіт, пластмаси і т.д.); плазмові пальники дозволяють в широких межах регулювати енергетичні характеристики плазми, що полегшує отримання покриття з властивостями, що вимагаються технологією; використання в плазмових пальниках інертних газів, що не містять кисню, сприяє зменшенню окиснення матеріалу, який напилюється і поверхні деталі; покриття, отримане плазмовим напиленням, за своїми фізико-механічними властивостями перевершує покриття, отримані газополуменевим і дуговим способами напилення.

Висока продуктивність процесу, незначний нагрів деталі (до 120...180° С), висока зносостійкість покриття, простота технологічного процесу та використання обладнання, можливість нанесення покриття товщиною від 0,1 до 10 мм і більше із будь-яких металів та сплавів, отримання покриття потрібного хімічного складу – це все суттєві переваги напилення, як способу нанесення покриттів на деталі, що відновлюються.

Відновлення зношених деталей шляхом напилення окрім підвищення терміну служби машин суттєво зменшує трудомісткість ремонту.

Для відновлення деталей з метою отримання зносостійких покриттів в основному застосовують сплави системи Ni-B-Cr-Si, а для напилення підшарів – екзотермічні сплави. Найбільш якісні покриття отримують при попередньому напиленні підшару терморегуєчим порошком товщиною 0,05...0,15 мм, а потім основного шару зносостійким порошковим сплавом товщиною 2 мм.

Наплавлення напиленням з одночасним оплавленням рекомендується виконувати в такій послідовності: підігріти всю деталь до температури 250...300°С; на поверхні, що відновлюються, для їхнього захисту від наступного окислення напилити шар товщиною 0,2...0,3 мм; напилену ділянку поверхні нагріти до стану «запітнівання», що характерно для процесу оплавлення; на попередньо оплавлений шар нанести новий, доводячи його до стану оплавлення.

Послідовність напилення інших ділянок залежить від форми деталі і розташованих на ній зношених поверхонь. Важливо, щоб в процесі оплавлення не допустити перегріву напиленого шару до стану рідкої ванни, а після оплавлення забезпечити повільне охолодження (в піску, азбесті, печі). Перегрів викликає стікання металу, утворенню пор, а швидке охолодження до виникнення тріщин, до відшарування. Товщина напиленого шару до 3мм. Цей спосіб використовується головним чином для деталей невеликих розмірів в умовах одиничного і дрібносерійного ремонтного виробництва.

Він відрізняється високою якістю отриманого покриття ; припуск на механічну обробку не більше 0,5...0,7 мм, міцність щеплення 300...400 МПа, цілком достатнє для деталей, що працюють в умовах знакоперемінних навантажень. Перевагами цього методу є: невелике окислення металу, достатньо велика міцність покриття. До недоліків слід віднести: порівняно невелику продуктивність процесу (від 2 до 4 кг напиляемого металу за годину).

Суть методу полягає в тому, що присаджувальний матеріал подається транспортуючим газом у зону дії плазми, яка розплавляючи електродний дріт напиляє його на деталь.

Таким чином для відновлення поверхні під підшипник (дефект 3) обираємо плазмове напилення електродним дротом, оскільки цей спосіб, у порівнянні із наплавленням у середовищі захисних газів та вібродуговим наплавленням, має ряд переваг: дозволяє наносити покриття із матеріалів різного хімічного складу; висока продуктивність; повна автоматизація керування процесу; плазмові пальники дозволяють у широких межах регулювати енергетичні характеристики плазми, що полегшує отримання покриттів з потрібними технологічними властивостями; використання у плазмових пальниках інертних газів, що не містять кисню, сприяє зменшенню окислення поверхні деталі і матеріалу, що напилюється. Також, при даному виді напилення відсутня деформація деталі після відновлення, можливе відновлення деталей порівняно малих розмірів (мінімальний діаметр циліндричних деталей складає 10 мм), порівняно із іншими видами напилення найвищі характеристики продуктивності.

Вібродугове наплавлення поєднує в собі ряд переваг попередньо розглянутих методів. Даний метод застосовують при відновленні деталей зі сталі, ковкого й сірого чавуну при нарощуванні зношених зовнішніх і внутрішніх циліндричних поверхонь, а також різьбових поверхонь і шліців. Вібродуговим наплавленням можна одержати порівняно тонкі і дуже міцні

покриття товщиною 0,1...2,5 мм на круглих деталях діаметром від 15 мм і більше. Спосіб розроблений для наплавлення зношених поверхонь з високою твердістю: посадочних поверхонь під підшипники, шківів, шестерень тощо.

Однією із найголовніших переваг вібродугового наплавлення є те, що він забезпечує малу зону термічного впливу, покриття різної товщини з високою твердістю, зносостійкістю і незначними деформаціями поверхні деталі, що є головною умовою при виборі методу відновлення поверхні під встановлення підшипника. Слідуючою перевагою даного методу є те, що він не вимагає спеціального обладнання. Поряд з цим існує і ряд недоліків даного методу, зокрема це неоднорідність структури відновленого шару, невелика товщина, пористість та шаруватість структури, що негативно впливає на комплекс фізико-механічних властивостей відновлених шарів.

Отже, на основі наведеного аналізу альтернативних методів відновлення зношених поверхонь вісі маятникових важелів, обираємо основним способом усунення спрацювання поверхні під підшипник (дефект 3) плазмове напилення.

Відновлення зношених поверхонь під сальники (дефект 2) та спрацьованої різьби (дефект 4) наплавленням у середовищі вуглекислого газу дасть необхідні результати, які передбаченні технологічними вимогами на обробку деталі. Відновлення даним методом забезпечує необхідну точність та шорсткість поверхні, яка передбачена нормативно-технологічною документацією.

### 3.4 Вибір витратного матеріалу для наплавлення у середовищі вуглекислого газу та плазмового напилення.

Для наплавлення зношеної поверхні вісі маятникового важеля під сальник (дефект 2) діаметром  $\varnothing 44_{-0,039}$  мм та  $\varnothing 55_{-0,12}$  мм та спрацьованої різьби M24x1,5 6g (дефект 4), яка виготовляється із сталі 40X,

використовуємо наплавочний дріт Нп-30ХГСА, що містить легуючі елементи хром, кремній, марганець. Хімічний склад наплавочного дроту наведено в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Хімічний склад наплавочного дроту Нп-30ХГСА

Марка дроту	C	Mn	Si	Cr	Ni
Нп - 30ХГСА	0,27...0,35	0,8...1,1	0,9...1,2	0,8...1,1	0,4

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

Недоліком відновлення поверхонь у середовищі вуглекислого газу є те, що під час наплавлення вуглекислий газ потрапляє в зону горіння дуги і за рахунок реакції розпаду вуглекислого газу з утворенням атомарного кисню відбувається окислення наплавленого шару та утворення газових пор. З метою уникнення цього негативного явища для наплавлення у середовищі вуглекислого газу використовують наплавочний дріт, який містить у своєму хімічному складі марганець та кремній. Ці елементи вступають у взаємодію з киснем та інтенсивно розкислюють розплавлений метал наплавленого валика. Продукти реакції переходять у шлакову фазу і при цьому одержується високоякісний наплавлений шар.

Для відновлення посадочного місця під підшипник  $\varnothing 40_{-0,008}$  мм (дефект 3) плазмовим напиленням використаємо у якості присадкового матеріалу як і при напавленні у середовищі вуглекислого газу електродний дріт Нп-30ХГСА ГОСТ 10543-82. Напиленні покриття володіють високими антифрикційними властивостями, малою здатністю до схоплення та низьким коефіцієнтом тертя, що обумовлено наявністю пористості покриття, яка всмоктує змащувальну рідину і дозволяє тривалий час працювати без подачі мастила в зону тертя, що є ідеальною умовою роботи в парі вал-підшипник.

Підготовка електродного дроту порошку полягає в просушуванні при температурі 150...200°C. Суттєвий вплив на формування і міцність щеплення покриття здійснює температура поверхні деталі, що обробляється. Таким чином, крім підготовки поверхні, на якість формування покриття і перебіг процесу напилення великий вплив здійснюють хімічний склад і властивості дроту, витрати, умови подачі до підложки, склад газового середовища, кількість теплоти, що надається частинкам розплавленого металу і деталі.

### 3.5 Формування маршруту технологічного процесу відновлення осі маятникових важелів

З метою забезпечення високої якості і точності відновлених поверхонь вісі маятникових важелів розробленим технологічним процесом передбачено наявність двохступеневої механічної обробки – чорновий та чистовий етапи. При чорновій обробці знімають максимальну кількість металу, залишаючи лише припуск на чистову обробку. На стадії фінішної механічної обробки робочим поверхням надають необхідний квалітет точності і шорсткості. Щоб отримати розміри  $\varnothing 40_{-0,008}$ ,  $\varnothing 55_{-0,12}$ ,  $\varnothing 44_{-0,039}$  необхідної точності та зазначеної шорсткості пропонується наступний план операцій технологічного процесу відновлення вісі маятникових важелів, який проходить згідно розробленого технологічного процесу (рис.3.5)

У зв'язку із таким маршрутом складаємо план операцій:

005 – токарна: а) чорнове точіння до розміру: дефект 2 до  $\varnothing 54,88_{-0,01}$  мм та  $\varnothing 43,96_{-0,01}$  мм, дефект 3 до  $\varnothing 39,8_{-0,01}$  мм; дефект 4 до  $\varnothing 23,7_{-0,01}$ ;

010 – наплавлення: наплавити: а) поверхню 2 до розміру  $\varnothing 45_{-0,01}$  мм та  $\varnothing 56,875_{-0,01}$  мм; б) поверхню 4 до розміру  $\varnothing 25,6_{-0,1}$  мм;

015 – термічна: відпустити поверхню 2;

020 – напилення: напилити поверхню 3 до розміру  $\varnothing 41,957_{-0,02}$  мм;

025 – токарна: точити поверхні до розміру: а) поверхню 2 до  $\varnothing 44,65_{-0,01}$  мм та  $\varnothing 55,76_{-0,01}$  мм, б) поверхню 4 до  $\varnothing 24,6_{-0,01}$  мм;

- 030 – різьбонарізна: нарізати різьбу розміром M24;
- 035 – свердлильна: просвердити отвір розміром  $\varnothing 4$ мм;
- 040 – шліфувальна: а) чорнове шліфування поверхні 3 до розмірів  $\varnothing 40,87_{-0,01}$  мм; б) чистове шліфування поверхні 3 до розмірів  $\varnothing 40_{-0,008}$  мм; в) однократно шліфувати поверхню 2 до розміру  $\varnothing 44_{-0,039}$  мм та  $\varnothing 55_{-0,12}$  мм;
- 045–термічна: гартувати ось;
- 050 – контрольна.

№ опер	Операційні переходи	Схеми установки	Моделі верстатів
005	<p><b>Токарна</b></p> <p>1. Встановити заготовку.</p> <p>2. Точити поверхні згідно ескізу. Поверхні 2, 3, 4 до розміру <math>\varnothing 9,8_{-0,01}</math> мм, <math>\varnothing 37_{-0,01}</math> мм та <math>\varnothing 3,96_{-0,01}</math> мм відповідно.</p> <p>3. Перевернути заготовку.</p> <p>4. Точити поверхні 1, 2 до розміру <math>\varnothing 4,88_{-0,01}</math> мм та <math>\varnothing 9,8_{-0,01}</math> мм відповідно.</p>		<p>Токарно-гвинтарний верстат 76К20, Центр 7-5-Н ГОСТ 8742-75</p>
010	<p><b>Наплавлення</b></p> <p>1. Встановити і зняти заготовку заготовки.</p> <p>2. Наплавити поверхні 1, 3, 4 згідно ескізу.</p>		<p>Токарно-гвинтарний верстат 76К20, Центр 7-5-Н ГОСТ 8742-75 наплавильна голівка ОК 6569</p>
015	<p><b>Термічна</b></p> <p>1. Відпустити заготовку.</p>		<p>Лич ВЧГ-3-160/0,066.</p>
020	<p><b>Плазмове наплення</b></p> <p>1. Встановити заготовку.</p> <p>2. Напалити поверхню 2 до розміру <math>\varnothing 1,95_{-0,01}</math> мм.</p>		<p>Плазмова установка ЗМТ-125</p>
025	<p><b>Токарна</b></p> <p>1. Встановити заготовку.</p> <p>2. Точити поверхні згідно ескізу. Поверхні 3, 4 до розміру <math>\varnothing 4,65</math> мм та <math>\varnothing 4,65</math> мм відповідно.</p> <p>3. Перевернути заготовку.</p> <p>4. Точити поверхню 1 до розміру <math>\varnothing 5,76</math>.</p>		<p>Токарно-гвинтарний верстат 76К20, Центр 7-5-Н ГОСТ 8742-75</p>
030	<p><b>Різьбонарізна</b></p> <p>1. Встановити і зняти заготовку.</p> <p>2. Нарізати різьбу згідно ескізу.</p>		<p>Токарно-гвинтарний верстат 76К20, Центр 7-5-Н ГОСТ 8742-75</p>
035	<p><b>Свердлильна</b></p> <p>1. Встановити і зняти заготовку.</p> <p>2. Просверлити отвір згідно ескізу.</p>		<p>Вертикально-свердильний верстат 2Н106П, Центр 7-5-Н ГОСТ 8742-75</p>
045	<p><b>Шліфувальна</b></p> <p>1. Встановити і зняти заготовку.</p> <p>2. Шліфувати на чистоту поверхні 1, 2, 4 згідно ескізу.</p>		<p>Шліфувальний верстат ЗМ151, Центр 7-5-Н ГОСТ 8742-75</p>
040	<p><b>Термічна</b></p> <p>1. Гартувати заготовку.</p>		<p>ВЧГ-3-160/0,066</p>
050	<p><b>Контрольна</b></p> <p>1. Виміряти діаметр напавленої поверхні.</p> <p>2. Перевернути конусність поверхні.</p> <p>3. Порівняти виміри з розмірами на кресленні.</p>		<p>Мікрометр М375-1</p>

Рисунок 3.5 – Схема технологічного процесу

Для забезпечення правильної геометричної форми і потрібної шорсткості поверхні, перед наплавленням та напиленням поверхні, які підлягають відновленню піддаються токарній обробці. Точіння вісі виконуємо на токарно-гвинторізному верстаті 16К20.

Для відновлення зношених поверхонь вісі маятникових важелів проводимо наплавлення та напилення підготовлених поверхонь. Наплавлення виконуємо на токарно-гвинторізному верстаті 16К20, наплавлювальною головкою АБС. Напилення здійснюємо на плазмовій установці УМП-102.

Після наплавлення поверхні 2 та 4 піддають термічній обробці для того, щоб наплавлена поверхня, загартована за рахунок структурних перетворень під час розплавлення та охолодження зварювальної ванни, добре оброблялась. В якості обладнання для відпуску приймаємо індукційну піч ВЧГ-3-160/0,066.

Спрацьовану різьбу проточуємо на токарно-гвинторізному верстаті , заплавляємо в середовищі вуглекислого газу і нарізаємо нову різьбу розміром М24х1,5-6g.

Операція свердління проводиться для того, щоб просвердлити отвір на відновлювальній поверхні (дефект 4) розміром Ø4мм.

Під час фінішної обробки шліфуємо відновлені поверхні вісі маятникових важелів доводять до розмірів передбачених робочим кресленням та технічними вимогами до нього. Шліфувальну обробку деталі виконуємо на верстаті універсальному круглошліфувальному 3М151.

Після завершення відновлювальних операцій для забезпечення потрібної міцності і твердості вісі проводимо загартування відновлених поверхонь в індукційній печі ВЧГ-3-160/0,066.

З метою перевірки відповідності розмірів відновленої деталі розмірам робочого креслення проводимо контрольну операцію за допомогою мікрометра МК50-1 ГОСТ 166-90.



3.6 Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку осі маятникових важелів

Технологічний маршрут обробки поверхні діаметром  $40_{-0,008}^{+0,008}$  мм складається з чорнового та чистового шліфування. Шліфування проводиться при встановленні заготовки в центрах.

Розраховуємо просторові відхилення для даного випадку за формулою:

$$\rho = \Delta_k L_k, \quad (3.2)$$

де  $\Delta_k$  – питома кривизна поверхні, приймаємо  $\Delta_k = 5$  мкм/мм;

$L_k$  – відстань від перерізу, для якого визначають кривизну, до місця кріплення, при установці в центрах  $L_k \leq 0,5L$  мм.

$L$  – довжина вісі маятникових важелів,  $L = 233$  мм.

$$L_k = 0,5 \cdot 233 = 116,5(\text{мм}).$$

Тоді просторове відхилення буде мати значення:

$$\rho = 5 \cdot 116,5 = 582,5(\text{мм}).$$

Просторове відхилення для чорнового шліфування становитиме:

$$\rho = 0,05 \cdot 582,5 = 29,125(\text{мм}).$$

Для чистового шліфування:

$$\rho = 0,04 \cdot 582,5 = 23,3(\text{мм}).$$

Значення похибки установлення заготовки при шліфуванні  $\varepsilon_i$  приймаємо 50 мкм.

Розрахунок мінімальних значень припусків проводимо за формулою:

$$2Z_{i\min} = 2\left(R_{z(i-1)} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}\right), \quad (3.3)$$

де  $R_{z(i-1)}$  – висота мікронерівностей профілю деталі після попереднього переходу, мкм;

$T_{i-1}$  – товщина дефектного шару після попереднього переходу, мкм;

$\rho_{i-1}$  – сумарне просторове відхилення після попереднього переходу, мкм;

Мінімальний припуск на чорнове шліфування:

$$2Z_{\min 1} = 2\left(200 + 300 + \sqrt{582,5^2 + 50^2}\right) = 1085(\text{мкм}).$$

На чистове шліфування:

$$2Z_{\min 2} = 2\left(10 + 20 + \sqrt{29,125^2 + 50^2}\right) = 88(\text{мкм}).$$

Визначимо розрахункові мінімальні розміри для кожної операції за формулою:

$$d_{p\text{-min}} = d_{\phi} + z \quad (3.4)$$

Розрахунковий розмір  $d_p$  після чистового шліфування:

$$d_{p1} = 39,992(\text{мм}).$$

При чорновому шліфуванні:

$$d_{p_2} = 39,992 + 0,88 = 40,872(\text{мм}).$$

Напилена поверхня:

$$d_{p_3} = 40,872 + 1,085 = 41,957(\text{мм}).$$

Розраховуємо граничні значення припусків для кожної операції.

При чистовому шліфуванні:

$$Z_{\max} = 40,359 - 39,992 = 0,367(\text{мм});$$

$$Z_{\min} = 40,232 - 39,992 = 0,240(\text{мм}).$$

При чорновому шліфуванні:

$$Z_{\max} = 42,13 - 40,359 = 1,77(\text{мм});$$

$$Z_{\min} = 41,936 - 40,232 = 1,73(\text{мм}).$$

Отримані розрахунки зведемо до таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Технологічні переходи обробки поверхні

Технологічні переходи обробки поверхні <i>Ø40-0,008 мм</i>	Елементи припуску, мкм			Розрах. припуск, $2Z_{\min}$	Розрах. розмір, $d_p$	$\varepsilon_y$	Граничний розмір, мм		Загальні значення припусків	
	$R_z$	$T$	$\rho$				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$Z_{\text{заг min}}$	$Z_{\text{заг max}}$
Напилена заготовка	200	300	582,5	–	41,957	-	41,96	42,13	1,97	2,137
Шліфування чорнове	10	20	29,125	2·1085	40,872	50	40,23	40,35		
Шліфування чистове	5	15	23,3	2·88	39,992	50	39,99	40,00		

Загальний припуск на обробку:

$$Z_{\text{заг\_max}} = 1,77 + 0,367 = 2,137(\text{мм});$$

$$Z_{\text{заг\_min}} = 1,73 + 0,24 = 1,97(\text{мм}).$$

Технологічний маршрут обробки відновленої поверхні під сальник діаметром  $\text{Ø}55_{-0,12}$  мм складається з чорнового точіння та чистового шліфування. Механічна обробка проводиться при встановленні заготовки в центрах.

Розраховуємо просторові відхилення для даного випадку.

Тоді просторове відхилення буде мати значення:

$$\rho = 5 \cdot 116,5 = 582,5(\text{мм})$$

Просторове відхилення для чистового шліфування становитиме:

$$\rho = 0,05 \cdot 582,5 = 29,125(\text{мм}).$$

Для чорнового точіння:

$$\rho = 0,04 \cdot 582,5 = 23,3(\text{мм}).$$

Значення похибки установлення заготовки при шліфуванні  $\varepsilon_i$  приймаємо 50 мкм, точінні – 300 мкм.

Мінімальний припуск на чорнове точіння:

$$2Z_{\text{min}_1} = 2(200 + 300 + \sqrt{582,5^2 + 300^2}) = 1155(\text{мкм}).$$

На чистове шліфування:

$$2Z_{\text{min}_2} = 2(10 + 20 + \sqrt{29,125^2 + 50^2}) = 88(\text{мкм}).$$

Розрахунковий розмір  $d_p$  після чистового шліфування:

$$d_{p1} = 54,88(\text{мм}).$$

При чорнового точіння:

$$d_{p2} = 54,88 + 0,88 = 55,76(\text{мм}).$$

Наплавлена поверхня:

$$d_{p3} = 55,76 + 1,115 = 56,875(\text{мм}).$$

Отримані розрахунки зведемо до таблиці 3.6

Таблиця 3.6 – Технологічні переходи обробки поверхні

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 55_{-0,12}$	Елементи припуску, мкм			Розрах. припуск, $2Z_{min}$	Розрах. розмір, $d_p$	$\epsilon_y$	Граничний розмір, мм		Загальні значення припусків	
	$R_z$	$T$	$\rho$				$d_{min}$	$d_{max}$	$Z_{заг min}$	$Z_{заг max}$
Наплавлена поверхня	200	300	582,5	–	56,875	-	56,7 2	56,93	1,87	2,14
Точіння чорнове	200	300	29,125	2·1155	55,76	300	55,7 4	55,78		
Шліфування чистове	10	20	23,3	2·88	54,88	50	54,9 9	55,00		

3.7 Розрахунок параметрів технологічного процесу відновлення осі маятникових важелів

Операція 05 – токарна.

Токарну обробку поверхні валу проводимо на токарно-гвинторізному верстаті 16К20.

Перехід 1 - Точити поверхню 2 до розміру  $\varnothing 39,8_{-0,01}\text{мм}$ .

Вибираємо прохідний різець із пластинкою Т15К6 ГОСТ 18869-73 із перерізом державки 16x25 мм,  $\varphi=45^\circ$ ;  $r=1$  мм;  $m=7$  мм

Глибина різання при чорновому точінні приймається рівною припуску на обробку. При параметрі шорсткості  $R_a= 3,2$  мкм глибина різання приймається  $t=0,5\dots 2,0$  мм. Приймаємо  $t= 1$  мм.

Припуск знімаємо за 1 прохід.

Подачу визначаємо за нормативами [3]. Для різців із сталі Т15К6 з заданими параметрами рекомендується подача  $S=0,5-0,9$  мм/об.

Керуючись паспортом верстата обираємо  $S=0,6$  мм/об.

Швидкість різання  $v$  розраховують за емпіричними формулами, встановленими для кожного виду обробки. Значення коефіцієнта  $C_v$  і показники степеней, що містяться в формулі (2.1), а також періоду стійкості  $T$  інструмента, який використовується для даного виду обробки наведені в таблицях [3]:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v, \quad (3.5)$$

де  $T$  – стійкість різця,  $T=60$  хв;

$C_v$  – коефіцієнт рівний 350;

$m, x, y$  – показники степеня  $m=0,20, x=0,15, y=0,35$ ;

$K_v$  – поправочний коефіцієнт, який дорівнює

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \quad (3.6)$$

$K_{mv}$  – коефіцієнт, що враховує якість матеріалу заготовки;

Для заготовки зі сталі  $K_{mv}$  визначається наступним чином:

$$K_{mv} = K_z \cdot \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (3.7)$$

де  $K_z$  – коефіцієнт, який характеризує групу сталі за здатністю до механічної обробки;

$n_v$  – показник степеня.

$$K_{mv} = 0,7 \cdot \left(\frac{750}{750}\right)^1 = 0,7.$$

$K_{nv}$  – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні,  $K_{nv}=0,85$ ;

$K_{uv}$  – коефіцієнт, що враховує якість матеріалу інструмента,  $K_{uv}=1,15$ .

Поправочний коефіцієнт

$$K_v = 0,7 \cdot 0,85 \cdot 1,15 = 0,68.$$

Швидкість різання

$$v = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,6^{0,35}} \cdot 0,68 = 124,82 (\text{м/хв}).$$

Частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 124,81}{3,14 \cdot 39,8} = 981,4 (\text{об/хв}).$$

Коректуючи по паспорту, приймаємо  $n=1000$  об/хв.

Дійсна швидкість різання складає

$$v = \frac{\pi n d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 1000 \cdot 39,8}{1000} = 127,2 (\text{м/хв}).$$

Силу різання  $H$  прийнято розкласти на складові, направлені вздовж осей координат станка (тангенціальну  $P_z$ , радіальну  $P_y$  і осьову  $P_x$ ). При зовнішньому поздовжньому і поперечному проточуванні ці складові сили розраховуються за наступною формулою:

$$P_{z,y,x} = 10 C_p t^x s^y v^n K_p, \quad (3.8)$$

де  $C_p$  – стала величина,

$x, y, n$  – показники степеня для певних умов обробки та для кожної із складових сил обираємо з [3];

$K_p$  – поправочний коефіцієнт, який визначається

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{r p}, \quad (3.9)$$

$$K_p = 1 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1,25 \cdot 0,93 = 1,28.$$

Тангенціальна складова сили

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 0,6^{0,75} \cdot 127,2^{-0,15} \cdot 1,28 = 1253,78(H).$$

Радіальна складова сили

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 1^{0,9} \cdot 0,6^{0,6} \cdot 127,2^{-0,3} \cdot 1,44 = 595,56(H).$$

$$K_p = 1 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1,25 \cdot 0,82 = 1,44.$$

Осьова складова сили

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 1^{1,0} \cdot 0,6^{0,5} \cdot 127,2^{-0,4} \cdot 1,19 = 434,88(H).$$

$$K_p = 1 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 0,85 \cdot 1 = 1,19.$$

Потужність різання

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{1253,78 \cdot 127,2}{1020 \cdot 60} = 2,61(\kappa Bm).$$

Ефективна потужність на шпинделі складає

$$N = \frac{N_e}{\eta} = \frac{2,61}{0,97} = 2,69(\kappa Bm).$$

Основний час, необхідний для виконання даної операції



$$t_o = \frac{L_p}{nS} \cdot i, \quad (3.10)$$

де  $L_p$  – розрахункова довжина обробки, мм;

$n$  – частота обертання деталі, об/хв.;

$S$  – величина подачі деталі або інструмента, мм/об;

$i$  – число проходів інструменту.

Розрахункова довжина обробки визначається наступним чином:

$$L_p = l + l_1 + l_2, \quad (3.11)$$

де  $l$  – довжина поверхні, що обробляється, мм;

$l_1$  – довжина врізання інструмента, мм;

$l_2$  – перехід інструмента, мм.

В реальних умовах сума  $l_1 + l_2$  приймається в межах 2...3 мм. Тоді розрахункова довжина поверхні, що обробляється становитиме:

$$L_p = 23 + 2,5 = 25,5(\text{мм}).$$

Тоді основний час становитиме:

$$t_o = \frac{25,5}{981,44 \cdot 0,6} \cdot 1 = 0,04(\text{хв})$$

Перехід 2 - Точити поверхню 1 до розміру  $\varnothing 54,88_{-0,01}$  мм.

Вибираємо прохідний різець із пластинкою Т15К6 ГОСТ 18869-73 із перерізом державки 16x25 мм,  $\varphi=45^\circ$ ;  $r=1$  мм;  $m=7$  мм.

Глибина різання при чорновому точінні приймається рівною припуску на обробку. При параметрі шорсткості  $R_a$  3,2 мкм глибина різання приймається  $t=0,5...2,0$  мм. Приймаємо  $t=1$  мм.

Припуск знімаємо за 1 прохід.

Подачу визначаємо за нормативами. Для різців із сталі T15K10 з заданими параметрами рекомендується подача  $S=0,5\dots0,9$  мм/об.

Керуючись паспортом верстата обираємо  $S=0,6$  мм/об.

Швидкість різання

$$v = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,6^{0,35}} \cdot 0,68 = 124,82 \text{ (м/хв)}.$$

Частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 124,81}{3,14 \cdot 54,88} = 724,28 \text{ (об/хв)}.$$

Коректуючи по паспорту, приймаємо  $n=1000$  об/хв.

Дійсна швидкість різання складає

$$v = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 724,28 \cdot 54,88}{1000} = 124,81 \text{ (м/хв)}.$$

Тангенціальна складова сили

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 0,6^{0,75} \cdot 124,81^{-0,15} \cdot 1,28 = 1253,78 \text{ (Н)}.$$

Радіальна складова сили

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 1^{0,9} \cdot 0,6^{0,6} \cdot 124,81^{-0,3} \cdot 1,44 = 595,56 \text{ (Н)}.$$

$$K_p = 1 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1,25 \cdot 0,82 = 1,44.$$

Осьова складова сили

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 1^{1,0} \cdot 0,6^{0,5} \cdot 124,81^{-0,4} \cdot 1,19 = 465,94 \text{ (Н)}.$$

$$K_p = 1 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 0,85 \cdot 1 = 1,19.$$

Потужність різання

$$N_e = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{1253,78 \cdot 124,81}{1020 \cdot 60} = 2,56(\text{кВт}).$$

Ефективна потужність на шпинделі складає

$$N = N_{ог} \cdot \eta = 2,56 \cdot 0,8 = 2,04(\text{кВт}).$$

Розрахункова довжина поверхні, що обробляється становитиме:

$$L_p = 26,4 + 2,5 = 28,9(\text{мм}).$$

Основний час, необхідний для виконання даної операції

$$t_o = \frac{28,9}{724,28 \cdot 0,6} \cdot 1 = 0,07(\text{хв}).$$

Перехід 3 - точити поверхню 3 до розміру  $\varnothing 23,7_{-0,01}$  мм.

Вибираємо прохідний різець із пластинкою Т15К6 ГОСТ 18869-73 із перерізом державки 16x25 мм,  $\varphi=45^\circ$ ;  $r=1$  мм;  $m=7$  мм.

Глибина різання при чорновому точінні приймається рівною припуску на обробку. При параметрі шорсткості  $R_a$  3,2 мкм глибина різання приймається  $t=0,5 \dots 2,0$  мм. Приймаємо  $t=2$  мм.

Припуск знімаємо за 1 прохід.

Подачу визначаємо за нормативами. Для різців із сталі Т15К10 з заданими параметрами рекомендується подача  $S=0,5 \dots 0,9$  мм/об.

Керуючись паспортом верстата обираємо  $S=0,6$  мм/об.

Швидкість різання

$$v = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,6^{0,35}} \cdot 0,68 = 111,44(\text{м/хв}).$$

Частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 111,44}{3,14 \cdot 24} = 1478 (\text{об/хв}).$$

Коректуючи по паспорту, приймаємо  $n=1500$  об/хв.

Дійсна швидкість різання складає

$$v = \frac{\pi n d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 1478 \cdot 24}{1000} = 111,38 (\text{м/хв}).$$

Тангенціальна складова сили

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 0,6^{0,75} \cdot 111,38^{-0,15} \cdot 1,28 = 2558,98 (H).$$

Радіальна складова сили

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 2^{0,9} \cdot 0,6^{0,6} \cdot 111,38^{-0,3} \cdot 1,44 = 1570,44 (H).$$

$$K_p = 1 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1,25 \cdot 0,82 = 1,44.$$

Осьова складова сили

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 2^{1,0} \cdot 0,6^{0,5} \cdot 111,38^{-0,4} \cdot 1,19 = 306,19 (H).$$

$$K_p = 1 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 0,85 \cdot 1 = 1,19.$$

Потужність різання

$$N_e = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{2558,98 \cdot 111,38}{1020 \cdot 60} = 4,7 (\text{кВт}).$$

Ефективна потужність на шпинделі складає

$$N = N_{\text{де}} \cdot \eta = 4,7 \cdot 0,8 = 3,7 (\text{кВт}).$$

Розрахункова довжина поверхні, що обробляється становитиме:

$$L_p = 24,4 + 2,5 = 26,9(\text{мм}).$$

Основний час, необхідний для виконання даної операції

$$t_o = \frac{26,9}{1478 \cdot 0,6} \cdot 1 = 0,02(\text{хв}).$$

Перехід 4 - точити поверхню 4 до розміру  $\text{Ø}43,96_{-0,01}$  мм.

Вибираємо прохідний різець із пластинкою Т15К6 ГОСТ 18869-73 із перерізом державки 16x25 мм,  $\varphi=45^\circ$ ;  $r=1$  мм;  $m=7$  мм.

Припуск знімаємо за 1 прохід.

Керуючись паспортом верстата обираємо  $S=0,6$  мм/об.

Швидкість різання

$$v = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,6^{0,35}} \cdot 0,68 = 124,82(\text{м/хв}).$$

Частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 124,81}{3,14 \cdot 43,96} = 904,2(\text{об/хв}).$$

Коректуючи по паспорту, приймаємо  $n=1000$  об/хв.

Дійсна швидкість різання складає

$$v = \frac{\pi n d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 904,2 \cdot 43,96}{1000} = 124,81(\text{м/хв}).$$

Тангенціальна складова сили

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 0,6^{0,75} \cdot 124,81^{-0,15} \cdot 1,28 = 1253,78(H).$$

Радіальна складова сили

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 1^{0,9} \cdot 0,6^{0,6} \cdot 124,81^{-0,3} \cdot 1,44 = 595,56(H).$$

$$K_p = 1 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1,25 \cdot 0,82 = 1,44.$$

Осьова складова сили

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 1^{1,0} \cdot 0,6^{0,5} \cdot 124,81^{-0,4} \cdot 1,19 = 465,94(H).$$

$$K_p = 1 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 0,85 \cdot 1 = 1,19.$$

Потужність різання

$$N_e = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{1253,78 \cdot 124,81}{1020 \cdot 60} = 2,56(\text{кВт}).$$

Ефективна потужність на шпинделі складає

$$N = N_{\text{ос}} \cdot \eta = 2,56 \cdot 0,8 = 2,04(\text{кВт}).$$

Розрахункова довжина поверхні, що обробляється становитиме:

$$L_p = 42 + 2,5 = 44,5(\text{мм}).$$

Основний час, необхідний для виконання даної операції

$$t_o = \frac{44,5}{904,2 \cdot 0,6} \cdot 1 = 0,08(\text{хв}).$$

Операція 010 – наплавлення.

Перехід 1 – Наплавити поверхню 1 до розміру  $\text{Ø}56,87_{-0,01}$  мм.

При наплавленні поверхні використовуємо наступні режими.

Сила струму при наплавленні в середовищі вуглекислого газу визначається за формулою:

$$I_n = 40 \cdot \sqrt[3]{D_\delta}, \quad (3.12)$$

де  $D_\delta$  – діаметр деталі, що наплавляється, мм.

$$I_n = 40 \cdot \sqrt[3]{54,88} = 150(A).$$

Напруга становитиме:

$$U = 21 + 0,04 \cdot I_n = 21 + 0,04 \cdot 150 = 27(B).$$

Швидкість подачі електродного дроту визначають за формулою:

$$V_{\delta p} = \frac{4 \cdot \alpha_p \cdot I_n}{\pi \cdot d_{\delta p}^2 \cdot \gamma}, \quad (3.13)$$

де  $\alpha_p$ - коефіцієнт розплавлення дроту;

$\gamma$  – питома маса електродного дроту,  $\gamma = 7,6 \dots 7,9$  г/см<sup>3</sup>;

$d_{\delta p}$  – діаметр електродного дроту, мм;

Коефіцієнт розплавлення дроту визначається наступним чином:

$$\alpha_p = \frac{\alpha_n}{\eta}, \quad (3.14)$$

де  $\alpha_n$  - коефіцієнт наплавлення, г/А·год;

$\eta$  – коефіцієнт врахування втрат металу на вигорання і розбризкування, для наплавлення в середовищі вуглекислого газу  $\eta = 0,88 \dots 0,92$ .

Коефіцієнт наплавлення:

$$\alpha_n = 2,3 + 0,065 \cdot \frac{I_n}{d_{\delta p}} = 2,3 + 0,065 \cdot \frac{150}{1,2} = 10,43(г / A \cdot год).$$

Тоді коефіцієнт розплавлення становитиме:

$$\alpha_p = \frac{10,43}{0,9} = 11,59 (\text{г} / \text{А} \cdot \text{год}).$$

Приймаємо  $\alpha_p = 12$  г/А·год.

Відповідно швидкість подачі електродного дроту становитиме:

$$V_{op} = \frac{4 \cdot 12 \cdot 150}{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot 7,8} = 204 (\text{м} / \text{год}).$$

Виліт електродного дроту:

$$H = (6 \dots 10) \cdot d_{op} = 8 \cdot 1,2 = 9,6 (\text{мм}).$$

Приймаємо  $H = 10$  мм.

Зміщення електрода від zenіту:

$$a = (0,05 \dots 0,1) \cdot D_o = 0,1 \cdot 54,88 = 5,48 (\text{мм}).$$

Приймаємо  $a = 6$  мм.

Швидкість наплавлення:

$$V_H = \frac{\pi \cdot d_{op}^2 \cdot V_{op}}{4 \cdot S_n \cdot h_n} \cdot \eta, \quad (3.15)$$

де  $S_n$  – крок наплавлення, мм;

$h_n$  – товщина наплавленого шару.

Крок наплавлення визначається наступним чином:

$$S_n = (2 \dots 2,5) \cdot d_{op} = 2,5 \cdot 1,2 = 3 (\text{мм}).$$



Товщина шару, яку необхідно наплавити:

$$t = U_{\max} + z = 1 + 0,99 = 1,99(\text{мм}),$$

де  $U_{\max}$  – максимальний знос деталі;

$z$  – припуск на механічну обробку.

Тоді швидкість наплавлення складатиме:

$$V_H = \frac{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot 204}{4 \cdot 3 \cdot 1,99} \cdot 0,9 = 34,8(\text{м/год}).$$

Частота обертання деталі:

$$n = 5,31 \cdot \frac{V_H}{D_o} = 5,31 \cdot \frac{34,8}{54,88} = 3,4(\text{хв}^{-1}).$$

Знаючи швидкість подачі дроту, можна визначити продуктивність процесу наплавлення за формулою

$$G_H = 0,367 \cdot d_{op}^2 \cdot V_{op} \cdot \psi, \quad (3.16)$$

де  $G_H$  - маса наплавленого металу;

$d_{op}$  - діаметр електродного дроту, мм;

$V_{op}$  - швидкість подачі дроту, м/хв;

$\psi$  - коефіцієнт втрат металу, % (приймають  $\psi = 8 \dots 12\%$ ).

$$G_H = 0,367 \cdot 1,2^2 \cdot 204 \cdot 0,1 = 10,78(\text{кг/год}).$$

Витрати електродного дроту на наплавлення поверхні деталі визначають за формулою:

$$G_{op} = F \cdot l \cdot \gamma \cdot \alpha_p, \quad (3.17)$$

де  $F$  – площа поперечного перерізу шва,  $\text{см}^2$ ;

$l$  – довжина шва,  $\text{см}$ .

Площа поперечного перерізу наплавленого металу за один прохід визначається за формулою:

$$F = 0,75 \cdot b \cdot g, \quad (3.18)$$

де  $b$  – ширина наплавленого валика за один прохід,  $\text{мм}$ ;

$g$  – висота підсилення наплавленого валика,  $\text{мм}$ .

Якщо при наплавленні поздовжнє переміщення порошкового дроту здійснювати без поперечних коливань, то ширина валика зазвичай складає:

$$b = (0,8 \dots 1,5) \cdot d_{\text{др}}, \quad (3.19)$$

$$b = 1,5 \cdot 1,2 = 1,8(\text{мм}).$$

Коефіцієнт підсилення визначається за формулою:

$$\psi = \frac{b}{g}, \quad (3.20)$$

де  $\psi$  – коефіцієнт підсилення, який в залежності від режимів наплавлення може змінюватись в межах  $7,0 \dots 12,0$ .

Висота підсилення наплавленого валика дорівнюватиме:

$$g = \frac{b}{\psi}, \quad (3.21)$$

$$g = \frac{1,8}{7} = 0,26(\text{мм}).$$

Тому площа поперечного перерізу наплавленого шару дорівнюватиме:

$$F_H = 0,75 \cdot 1,8 \cdot 0,26 = 0,351 \left( \text{мм}^2 \right) \text{ або } 0,00351 \text{ см}^2.$$

Довжину шва можна визначити наступним чином:

$$l = \pi \cdot D_\delta \cdot \frac{l_\delta}{b}, \quad (3.22)$$

де  $D_\delta$  – діаметр поверхні деталі, що наплавляється, мм;

$l_\delta$  - довжина поверхні деталі, що наплавляється, мм.

$$l = 3,14 \cdot 54,88 \cdot \frac{26,4}{1,8} = 2527,98 (\text{мм}).$$

Тоді витрати електродного дроту на наплавлення поверхні деталі становитимуть:

$$G_{op} = 0,00351 \cdot 252,798 \cdot 7,8 \cdot 0,9 = 6,23 (\text{г}).$$

Основний час, необхідний для виконання даної операції розраховується за наступною формулою:

$$t_o = \frac{60 \cdot G_{op}}{\alpha_n I_n} = \frac{60 \cdot 6,23}{10,43 \cdot 150} = 0,24 (\text{хв}).$$

Витрати вуглекислого газу на наплавлення поверхні деталі залежать від сили струму та діаметра електродного дроту: при діаметрі  $\varnothing 1,0 \dots 1,4$  мм витрати вуглекислого газу становлять 8...15 л/хв.

$$G_{CO_2} = 8 \cdot t_o \cdot K_B, \quad (3.23)$$

де  $K_B$  – коефіцієнт перевитрати газу за рахунок того, що подачу газу вмикають раніше, ніж дроту, а вимикають після закінчення наплавлення, а також витрати газу на продування системи,  $K_B = 1,15 \dots 1,25$ .

$$G_{CO_2} = 8 \cdot 0,24 \cdot 1,15 = 2,21(\text{л})$$

Перехід 2 – Наплавити поверхню 3 до розміру  $\text{Ø}25,6_{-0,01}\text{мм}$ .

При наплавленні поверхні використовуємо наступні режими.

Сила струму при наплавленні в середовищі вуглекислого газу:

$$I_n = 40 \cdot \sqrt[3]{23,7} = 114(\text{А}).$$

Напруга становитиме:

$$U = 21 + 0,04 \cdot I_n = 21 + 0,04 \cdot 114 = 26(\text{В}).$$

Коефіцієнт наплавлення:

$$\alpha_n = 2,3 + 0,065 \cdot \frac{I_n}{d_{dp}} = 2,3 + 0,065 \cdot \frac{114}{2} = 6(\text{г/А} \cdot \text{год}).$$

Тоді коефіцієнт розплавлення становитиме:

$$\alpha_p = \frac{6}{0,9} = 6,7(\text{г/А} \cdot \text{год}).$$

Приймаємо  $\alpha_p = 7 \text{ г/А} \cdot \text{год}$ .

Відповідно швидкість подачі електродного дроту становитиме:

$$V_{dp} = \frac{4 \cdot 6 \cdot 114}{3,14 \cdot 2^2 \cdot 7,8} = 28(\text{м/год}).$$

Виліт електродного дроту:

$$H = (6 \dots 10) \cdot d_{dp} = 6 \cdot 2 = 12(\text{мм}).$$

Зміщення електрода від zenіту:

$$a = (0,05 \dots 0,1) \cdot D_o = 0,1 \cdot 23,7 = 2,37(\text{мм})$$

Приймаємо  $a = 3$  мм.

Крок наплавлення визначається наступним чином:

$$S_n = (2 \dots 2,5) \cdot d_{op} = 2 \cdot 2 = 4(\text{мм}).$$

Товщина шару, яку необхідно наплавити:

$$t = U_{\max} + z = 1 + 1 = 2(\text{мм}),$$

де  $U_{\max}$  – максимальний знос деталі;

$z$  – припуск на механічну обробку.

Тоді швидкість наплавлення складатиме:

$$V_H = \frac{3,14 \cdot 2^2 \cdot 28}{4 \cdot 4 \cdot 2} \cdot 0,9 = 9,89(\text{м/год}).$$

Частота обертання деталі:

$$n = 5,31 \cdot \frac{V_H}{D_o} = 5,31 \cdot \frac{9,89}{23,7} = 2,2(\text{хв}^{-1}).$$

Продуктивність процесу наплавлення складає

$$G_H = 0,367 \cdot 2^2 \cdot 28 \cdot 0,1 = 4,1(\text{кг/год}).$$

Ширина наплавленого валика складає:

$$b = 1 \cdot 2 = 2(\text{мм}).$$

Висота підсилення наплавленого валика дорівнюватиме:

$$g = \frac{2}{7} = 0,29(\text{мм}).$$

Тому площа поперечного перерізу наплавленого шару дорівнюватиме:

$$F_n = 0,75 \cdot 2 \cdot 0,29 = 0,435 \left( \text{мм}^2 \right) \text{ або } 0,00435 \text{ см}^2.$$

Довжина шва необхідного для наплавлення даної поверхні:

$$l = 3,14 \cdot 23,7 \cdot \frac{24,4}{2} = 908(\text{мм}).$$

Тоді витрати електродного дроту на наплавлення поверхні деталі становитимуть:

$$G_{op} = 0,00435 \cdot 90,8 \cdot 7,8 \cdot 0,9 = 1,1(\text{г}).$$

Основний час, необхідний для виконання даної операції розраховується за наступною формулою:

$$t_o = \frac{60 \cdot G_{op}}{\alpha_n I_n} = \frac{60 \cdot 1,1}{6 \cdot 114} = 0,1(\text{хв}).$$

Витрати вуглекислого газу на наплавлення поверхні деталі залежать від сили струму та діаметра електродного дроту: при діаметрі  $\varnothing 1,6 \dots 2,0$  мм витрати вуглекислого газу становлять  $10 \dots 15$  л/хв.

$$G_{CO_2} = 10 \cdot t_o \cdot K_v,$$

де  $K_v$  – коефіцієнт перевитрати газу за рахунок того, що подачу газу вмикають раніше, ніж дроту, а вимикають після закінчення наплавлення, а також витрати газу на продування системи,  $K_v = 1,15 \dots 1,25$ .

$$G_{CO_2} = 10 \cdot 0,1 \cdot 1,15 = 1,15(\text{л}).$$

Перехід 3 – наплавити поверхню 4 до розміру  $\varnothing 44,65_{-0,01}$  мм.

При наплавленні поверхні використовуємо наступні режими.

Сила струму при наплавленні в середовищі вуглекислого газу:

$$I_n = 40 \cdot \sqrt[3]{43,96} = 140(\text{А}).$$

Напруга становитиме:

$$U = 21 + 0,04 \cdot I_n = 21 + 0,04 \cdot 140 = 27(\text{В}).$$

Коефіцієнт наплавлення:

$$\alpha_n = 2,3 + 0,065 \cdot \frac{I_n}{d_{op}} = 2,3 + 0,065 \cdot \frac{140}{1,2} = 9,9(\text{г/А} \cdot \text{сод}).$$

Тоді коефіцієнт розплавлення становитиме:

$$\alpha_p = \frac{9,9}{0,9} = 11(\text{г/А} \cdot \text{сод}).$$

Відповідно швидкість подачі електродного дроту становитиме:

$$V_{op} = \frac{4 \cdot 11 \cdot 140}{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot 7,8} = 174,7(\text{м/сод}).$$

Виліт електродного дроту:

$$H = (6 \dots 10) \cdot d_{op} = 8 \cdot 1,2 = 9,6(\text{мм}).$$

Приймаємо  $H = 10$  мм.

Зміщення електрода від zenіту:

$$a = (0,05 \dots 0,1) \cdot D_o = 0,1 \cdot 43,96 = 4,4(\text{мм})$$

Приймаємо  $a = 5$  мм.

Крок наплавлення визначається наступним чином:

$$S_n = (2 \dots 2,5) \cdot d_{op} = 2,5 \cdot 1,2 = 3(\text{мм}).$$

Тоді швидкість наплавлення складатиме:

$$V_H = \frac{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot 174,7}{4 \cdot 3 \cdot 1} \cdot 0,9 = 65,8(\text{м/год}).$$

Частота обертання деталі:

$$n = 5,31 \cdot \frac{V_H}{D_o} = 5,31 \cdot \frac{65,8}{43,96} = 7,95(\text{хв}^{-1}).$$

Продуктивність процесу наплавлення складає:

$$G_H = 0,367 \cdot 1,2^2 \cdot 174,7 \cdot 0,1 = 9,23(\text{кг/год}).$$

Якщо при наплавленні поздовжнє переміщення порошкового дроту здійснювати без поперечних коливань, то ширина валика зазвичай складає:

$$b = 1,5 \cdot 1,2 = 1,8(\text{мм}).$$

Висота підсилення наплавленого валика дорівнюватиме:

$$g = \frac{1,8}{7} = 0,26(\text{мм}).$$

Тому площа поперечного перерізу наплавленого шару дорівнюватиме:

$$F_H = 0,75 \cdot 1,8 \cdot 0,26 = 0,351(\text{мм}^2) \text{ або } 0,00351 \text{ см}^2.$$

Довжину шва можна визначити наступним чином:



$$l = 3,14 \cdot 43,96 \cdot \frac{42}{1,8} = 3221(\text{мм}).$$

Тоді витрати електродного дроту на наплавлення поверхні деталі становитимуть:

$$G_{op} = 0,00351 \cdot 322,1 \cdot 7,8 \cdot 0,9 = 7,94(\text{г}).$$

Основний час, необхідний для виконання даної операції:

$$t_o = \frac{60 \cdot G_{op}}{\alpha_n I_n} = \frac{60 \cdot 7,94}{9,9 \cdot 140} = 0,34(\text{хв}).$$

Витрати вуглекислого газу на наплавлення поверхні деталі залежать від сили струму та діаметра електродного дроту: при діаметрі  $\varnothing 1,0 \dots 1,4$  мм витрати вуглекислого газу становлять  $8 \dots 15$  л/хв.

$$G_{CO_2} = 8 \cdot t_o \cdot K_g,$$

де  $K_g$  – коефіцієнт перевитрати газу за рахунок того, що подачу газу вмикають раніше, ніж дроту, а вимикають після закінчення наплавлення, а також витрати газу на продування системи,  $K_B = 1,15 \dots 1,25$ .

$$G_{CO_2} = 8 \cdot 0,34 \cdot 1,15 = 3,13(\text{л}).$$

015 – термічна операція

Відпустити наплавлені поверхні 1, 4, 3 на наступних режимах.

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

Проводимо індукційний відпуск:

- температура нагріву під відпуск  $t_H = 830 \dots 860$ , °С;
- тривалість витримки при цій температурі  $t_G = 10 \dots 15$  сек;

- охолоджуючою рідиною є мастило з температурою  $t_m=40\dots80$  °С.

Тривалість витримки  $t_e=20$  (хв).

020 - напилення

Перехід 1- напилити поверхню 2 діаметром  $\varnothing 39,8_{-0,01}$  мм довжиною  $l = 43$ мм, з припуском на сторону  $h = 0,1$  мм;

Матеріал деталі – сталь 40Х; кріплення заготовки – в патроні.

Вибираємо продуктивність для напилення по гвинтовій лінії  $W=38\dots42$  см<sup>2</sup>·хв., приймаємо  $W=41$  см<sup>2</sup>·хв.

Визначимо швидкість напилення по гвинтовій лінії:

$$V_{н.в.} = 0,6 \cdot \frac{W}{S}, \quad (3.24)$$

де  $S$  - крок напилення  $0,4\dots0,5$  см/об. Приймаємо  $0,42$  см/об.

$$V_{н.в.} = 0,6 \cdot \frac{41}{0,42} = 58,6 \text{ (м/год)}$$

Визначаємо витрати дроту:

$$Q = 0,1 \cdot W \cdot h \cdot \gamma \cdot K_n, \quad (3.25)$$

де  $h$  – товщина напиленого шару:

$$h = \frac{D-d}{2} + Z = \frac{41,957 - 39,8}{2} + 0,1 = 1,18 \text{ (мм)}.$$

де  $D$ - діаметр деталі після напилення,мм;

$d$  - діаметр деталі після підготовки (точіння),мм;

$Z$  - припуск на механічну обробку (на сторону  $0,1$  мм);

$\gamma$  - густина матеріалу напиляемого шару  $5,5$  г/см<sup>3</sup>;

$K_n$  - коефіцієнт що враховує витрати порошку ( $K_n=1,12\dots1,17$ ),  
приймаємо  $K_n=1,15$ .

$$Q = 0,1 \cdot 41 \cdot 1,18 \cdot 5,5 \cdot 1,15 = 30,6 \text{ (г/хв)}.$$

Визначимо частоту обертання деталі:

$$n = \frac{1000 \cdot V_{н.в.}}{60 \cdot \pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 58,6}{60 \cdot 3,14 \cdot 39,8} = 7,82 \text{ об / хв}$$

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

$$Q = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h = \frac{3,14 \cdot 20^2}{4} \cdot 0,1 = 31,4$$

де  $d$  – діаметр (величина) плями напилення, значення якої коливається в межах 15...25 мм. Вибираємо  $d=20$  мм.

$h$  – мінімальна товщина шару, напиленого за один прохід ( $h=0,02... 0,1$  мм).

Для отримання якісного покриття товщина шару, який має бути напилений за один прохід плазмотрона, повинна знаходитись в межах 0,02...0,1 мм. Згідно з тими ж рекомендаціями рівномірність товщини досягається, якщо кожна наступна смуга покриття перекриває попередню на 40...50%.

Вибираємо  $h=0,1$  мм.

Обчислення маси плями, г:

$$m = Q \cdot \rho = 31,4 \text{ мм}^3 \cdot 7,8 \text{ г/1000 мм}^3 = 0,24$$

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

Розраховуємо лінійну швидкість напилення, мм/с:

$$V_{л} = \frac{P \cdot d}{m} = \frac{4 \cdot 1000 \text{ г} \cdot 20 \text{ мм}}{3600 \text{ с} \cdot 0,24 \text{ г}} = 82,3$$

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

Обчислюємо горизонтальну швидкість переміщення плазмотрона:

$$V_r = \frac{K \cdot d \cdot V_{\lambda}}{\sqrt{h^2 \cdot d^2 + \pi^2 \cdot D^2}} = \frac{0,45 \cdot 20 \cdot 82,3}{\sqrt{0,1^2 \cdot 20^2 + 3,14^2 \cdot 39,8^2}} = 5,93(\text{мм/с})$$

де  $D$  – діаметр деталі після обробки точінням

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

Визначимо основний час для напилення

$$T_0 = \frac{F_H}{W}, \quad (3.26)$$

де  $F_H$  – площа напиленої поверхні:

$$F_H = \pi \cdot d \cdot l = 3,14 \cdot 39,8 \cdot 43 = 53,74(\text{см}^2).$$

$$T_0 = \frac{53,74}{41} = 1,31(\text{хв}).$$

Визначимо штучний час

$$t_{um} = \frac{T_0}{\varphi}, \quad (3.27)$$

де  $\varphi$  - коефіцієнт використання устаткування для напилення  $\varphi=0,5...0,6$ .

$$t_{um} = \frac{1,31}{0,5} = 2,62(\text{хв}).$$

Перехід 3 - Точити наплавлену поверхню 1 до розміру  $\text{Ø}55,76_{-0,01}\text{мм}$ .

Вибираємо прохідний різець із пластинкою Т15К6 ГОСТ 18869-73 із перерізом державки 16x25 мм,  $\varphi=45^\circ$ ;  $r=1$  мм;  $m=7$  мм

Глибина різання при чорновому точінні приймається рівною припуску на обробку. При параметрі шорсткості  $R_a$  3,2 мкм глибина різання приймається  $t=0,5...2,0$  мм. Приймаємо  $t=1$  мм.

Припуск знімаємо за 1 прохід.

Подачу визначаємо за нормативами. Для різців із сталі T15K10 з заданими параметрами рекомендується подача  $S=0,5 \dots 0,9$  мм/об.

Керуючись паспортом верстата обираємо  $S=0,6$  мм/об.

Швидкість різання

$$v = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,6^{0,35}} \cdot 0,68 = 124,82 \text{ (м/хв)}.$$

Частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 124,81}{3,14 \cdot 55,76} = 712,84 \text{ (об/хв)}.$$

Коректуючи по паспорту, приймаємо  $n=1000$  об/хв.

Дійсна швидкість різання складає

$$v = \frac{\pi n d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 712,84 \cdot 55,76}{1000} = 124,81 \text{ (м/хв)}.$$

Тангенціальна складова сили

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 0,6^{0,75} \cdot 124,81^{-0,15} \cdot 1,28 = 1279,49 \text{ (Н)}.$$

Радіальна складова сили

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 1^{0,9} \cdot 0,6^{0,6} \cdot 124,81^{-0,3} \cdot 1,44 = 621,46 \text{ (Н)}.$$

$$K_p = 1 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1,25 \cdot 0,82 = 1,44.$$

Осьова складова сили

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 1^{1,0} \cdot 0,6^{0,5} \cdot 124,81^{-0,4} \cdot 1,19 = 465,94 \text{ (Н)}.$$

$$K_p = 1 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 0,85 \cdot 1 = 1,19.$$

Потужність різання

$$N_e = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{1279,49 \cdot 124,81}{1020 \cdot 60} = 2,61(\text{кВт}).$$

Ефективна потужність на шпинделі складає

$$N = N_{\text{де}} \cdot \eta = 2,61 \cdot 0,8 = 2,09(\text{кВт}).$$

Розрахункова довжина поверхні, що обробляється становитиме:

$$L_p = 26,4 + 2,5 = 28,9(\text{мм}).$$

Основний час, необхідний для виконання даної операції

$$t_o = \frac{28,9}{712,84 \cdot 0,6} \cdot 1 = 0,07(\text{хв}).$$

Перехід 4 - Точити поверхню 3 до розміру  $\text{Ø}24,6_{-0,1}\text{мм}$ .

Вибираємо прохідний різець із пластинкою Т15К6 ГОСТ 18869-73 із перерізом державки 16x25 мм,  $\varphi=45^\circ$ ;  $r=1$  мм;  $m=7$  мм

Глибина різання при чорновому точінні приймається рівною припуску на обробку. При параметрі шорсткості  $R_a$  3,2 мкм глибина різання приймається  $t=0,5 \dots 2,0$  мм. Приймаємо  $t=1$  мм.

Припуск знімаємо за 1 прохід.

Подачу визначаємо за нормативами. Для різців із сталі Т15К10 з заданими параметрами рекомендується подача  $S=0,5 \dots 0,9$  мм/об.

Керуючись паспортом верстата обираємо  $S=0,6$  мм/об.

Швидкість різання

$$v = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,6^{0,35}} \cdot 0,68 = 124,82(\text{м/хв}).$$

Частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 124,81}{3,14 \cdot 24,6} = 1615(\text{об/хв}).$$

Коректуючи по паспорту, приймаємо  $n=1600$  об/хв.

Дійсна швидкість різання складає

$$v = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 1600 \cdot 24,6}{1000} = 123,59(\text{м/хв}).$$

Тангенціальна складова сили

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 0,6^{0,75} \cdot 123,59^{-0,15} \cdot 1,28 = 1279,49(\text{Н}).$$

Радіальна складова сили

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 1^{0,9} \cdot 0,6^{0,6} \cdot 123,59^{-0,3} \cdot 1,44 = 621,46(\text{Н}).$$

$$K_p = 1 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1,25 \cdot 0,82 = 1,44.$$

Осьова складова сили

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 1^{1,0} \cdot 0,6^{0,5} \cdot 123,59^{-0,4} \cdot 1,19 = 465,94(\text{Н}).$$

$$K_p = 1 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 0,85 \cdot 1 = 1,19.$$

Потужність різання

$$N_e = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{1279,49 \cdot 123,59}{1020 \cdot 60} = 2,58(\text{кВт}).$$

Ефективна потужність на шпинделі складає

$$N = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 2,58 \cdot 0,8 = 2,07(\text{кВт}).$$

Розрахункова довжина поверхні, що обробляється становитиме:

$$L_p = 24,4 + 2,5 = 26,9(\text{мм}).$$

Основний час, необхідний для виконання даної операції

$$t_o = \frac{26,9}{1615 \cdot 0,6} \cdot 1 = 0,03(\text{хв}).$$

Перехід 3 - точити наплавлену поверхню 4 до розміру  $\varnothing 44,65_{-0,01}\text{мм}$ .

Вибираємо прохідний різець із пластинкою Т15К6 ГОСТ 18869-73 із перерізом державки 16x25 мм,  $\varphi=45^\circ$ ;  $r=1$  мм;  $m=7$  мм.

Глибина різання при чорновому точінні приймається рівною припуску на обробку. При параметрі шорсткості  $R_a$  3,2 мкм глибина різання приймається  $t=0,5 \dots 2,0$  мм. Приймаємо  $t=1$  мм.

Припуск знімаємо за 1 прохід.

Подачу визначаємо за нормативами. Для різців із сталі Т15К10 з заданими параметрами рекомендується подача  $S=0,5 \dots 0,9$  мм/об.

Керуючись паспортом верстата обираємо  $S=0,6$  мм/об.

Швидкість різання

$$v = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,6^{0,35}} \cdot 0,68 = 124,82(\text{м/хв}).$$

Частота обертання шпинделя



$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 124,81}{3,14 \cdot 44,65} = 890,2(\text{об/хв}).$$

Коректуючи по паспорту, приймаємо  $n=1000$  об/хв.

Дійсна швидкість різання складає

$$v = \frac{\pi n d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 890,2 \cdot 44,65}{1000} = 124,81(\text{м/хв}).$$

Тангенціальна складова сили

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 0,6^{0,75} \cdot 124,81^{-0,15} \cdot 1,28 = 1279,49(\text{Н}).$$

Радіальна складова сили

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 1^{0,9} \cdot 0,6^{0,6} \cdot 124,81^{-0,3} \cdot 1,44 = 621,46(\text{Н}).$$

$$K_p = 1 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1,25 \cdot 0,82 = 1,44.$$

Осьова складова сили

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 1^{1,0} \cdot 0,6^{0,5} \cdot 124,81^{-0,4} \cdot 1,19 = 465,94(\text{Н}).$$

$$K_p = 1 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 0,85 \cdot 1 = 1,19.$$

Потужність різання

$$N_e = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{1279,49 \cdot 124,81}{1020 \cdot 60} = 2,61(\text{кВт}).$$

Ефективна потужність на шпинделі складає

$$N = N_{\text{де}} \cdot \eta = 2,61 \cdot 0,8 = 2,09(\text{кВт}).$$

Розрахункова довжина поверхні, що обробляється становитиме:

$$L_p = 42 + 2,5 = 44,5(\text{мм}).$$

Основний час, необхідний для виконання даної операції

$$t_o = \frac{44,5}{890,2 \cdot 0,6} \cdot 1 = 0,08(\text{хв}).$$

Операція 025 – різьбонарізна

Нарізання різьби поверхні 3 проводимо на токарно-гвинторізному верстаті 16К20.

Нарізати різьбу розміром М24х1,5-6g.

Вибираємо прохідний різець із пластинкою Т15К6 ГОСТ 18869-73 із перерізом державки 16х25 мм.

При нарізанні різьби різцями розрізняють поздовжню подачу  $S$ , що дорівнює кроку різьби  $P$ , і поперечну, яка визначає глибину різання  $t$ , що дорівнює висоті різьбового профілю.

Швидкість різання при нарізанні кріпильної різьби різцями з пластинами із твердого сплаву визначається наступним чином:

$$v = \frac{C_v \cdot i^x}{T^m \cdot s^y} K_v = \frac{244 \cdot 2^{0,23} \cdot 0,4}{70^{0,2} \cdot 0,6^{0,3}} = 57,7(\text{м/хв}).$$

де  $T$  – стійкість різця,  $T=70$  хв;

$C_v$  – коефіцієнт рівний 244;

$m, x, y$  – показники степеня  $m=0,2, x=0,23, y=0,3$ .

$i$  – число робочих ходів [2];

$K_v$  – поправочний коефіцієнт, який дорівнює

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv},$$

$K_{mv}$  – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки,  $K_{mv}=0,4$ ;

$K_{nv}$  – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні,  $K_{nv}=1$ ;

$K_{uv}$  – коефіцієнт, що враховує якість матеріалу інструмента,  $K_{uv}=1$ .

Частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 57.7}{3,14 \cdot 24} = 759(\text{об} / \text{хв}).$$

Коректуючи по паспорту, приймаємо  $n=750$  об/хв.

Дійсна швидкість різання складає

$$v = \frac{\pi n d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 750 \cdot 24}{1000} = 56.5(\text{м} / \text{хв}).$$

Сили різання

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot P^y \cdot K_p}{i^n}.$$

де  $P$  – крок різьби, мм.

$$P_z = \frac{10 \cdot 148 \cdot 2^{1.7} \cdot 1}{3^{0.71}} = 2205,75(\text{Н}).$$

Потужність різання

$$N_e = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{2205,75 \cdot 57,77}{1020 \cdot 60} = 2,08(\text{кВт}).$$

Ефективна потужність на шпинделі складає

$$N = N_{\text{ос}} \cdot \eta = 2,08 \cdot 0,8 = 1,67(\text{кВт}).$$

030 – свердлильна операція

На відновленій поверхні 3 виконуємо свердлильну операцію на вертикально-свердлильному верстаті 2Н106П.

Просвердлити отвір діаметром  $\varnothing 4 \pm 0,02$  мм. Для цього обираємо свердло з ріжучою частиною зі сталі Р6М5 ГОСТ 10902-77.

При свердлінні глибина різання  $t=0,5D$ . Приймаємо  $t=2$  мм.

Подачу визначаємо за [3]. Для сверл діаметром від 2 до 4 мм рекомендується подача  $S=0,02-0,10$  мм/об.

Керуючись паспортом верстата обираємо  $S=0,09$  мм/об.

Швидкість різання

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v,$$

де  $T$  – стійкість різця,  $T=50$  хв;

$C_v$  – коефіцієнт рівний 7;

$m, y$  – показники степеня  $m=0,2, y=0,7$ .

$K_v$  – поправочний коефіцієнт, який дорівнює

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv},$$

$K_{mv}$  – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки,  $K_{mv}=0,4$

$K_{uv}$  – коефіцієнт, що враховує якість матеріалу інструмента,  $K_{uv}=1$ .

$K_{lv}$  – коефіцієнт, що глибину свердління,  $K_{lv}=0,85$ ;

$$v = \frac{7,0 \cdot 4^{0,40}}{50^{0,20} \cdot 0,09^{0,70}} \cdot 0,34 = 9,95 \text{ (м/хв)}.$$

Крутний момент і осьову силу розраховують за наступними формулами:

$$M_{кр} = 10 C_m D^q S^y K_p,$$

$$P_o = 10C_p D^q S^y K_p.$$

Значення коефіцієнтів  $C_m$ ,  $C_p$  та показники степенів вибираємо з довідника.

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 4^{2,0} \cdot 0,09^{0,8} \cdot 1 = 0,828(H \cdot m);$$

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 4^{1,0} \cdot 0,09^{0,7} \cdot 1 = 504,13(H).$$

Потужність різання

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}.$$

де  $n$  – частота обертання інструмента або заготовки, об/хв.

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 9,95}{3,14 \cdot 4} = 729,2.$$

Потужність різання

$$N_e = \frac{0,828 \cdot 729,2}{9750} = 0,06(кВт).$$

Ефективна потужність на шпинделі складає

$$N = N_{oe} \cdot \eta = 0,06 \cdot 0,8 = 0,05(кВт).$$

035 – шліфувальна операція

Перехід 1 - шліфувати поверхню 1 до розміру  $\varnothing 55_{-0,12}$  мм.

Абразивний інструмент: 14A50CM28K1 ПП–200x16x76 ГОСТ 17123-79.

Режими вибираємо за нормативами. Для даного верстата і інструмента повздовжня подача  $s_{ne}=4,8$  мм/об, поперечна подача  $s_{nm}=0,05$  мм, швидкість круга  $v_{кр}=30$  м/с,  $v_o=20$  м/хв.

Частота обертання деталі

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 55} = 115,81(\text{об/хв}).$$

Кількість проходів

$$i = \frac{t}{s_{\text{ш}}} = \frac{0,2}{0,05} = 4.$$

Ефективна потужність шліфування

$$N_e = C_N v_3^r t^x s^y d^q,$$

$$N_e = 1,3 \cdot 30^{0,75} \cdot 0,01^{0,85} \cdot 0,05^{0,7} \cdot 20^{0,2} = 10(\text{кВт}).$$

Потужність верстата

$$N = N_{\text{об}} \cdot \eta = 10 \cdot 0,9 = 9(\text{кВт}).$$

Основний час для виконання даної операції визначається за наступною формулою:

$$t_o = \frac{L_p \cdot h}{n \cdot S_{\text{ш}} \cdot S_t} \cdot k,$$

де  $L_p$  – довжина стола або шліфувального круга, мм;

$h$  – припуск на обробку на сторону, мм;

$n$  – частота обертання деталі, мм/об;

$S_{\text{ш}}$  – позадвжня подача, мм/об;

$S_t$  – глибина різання (поперечна подача), мм;

$k$  – коефіцієнт, який враховує знос круга і точність при шліфуванні: при чорновому шліфуванні  $k = 1,1 \dots 1,4$ , при чистовому –  $1,5 \dots 1,8$ .

Довжина ходу стола без виходу круга визначається:

$$L_p = l - B,$$

де  $l$  – довжина поверхні, що обробляється, мм;

$B$  – ширина шліфувального круга, мм.

$$L_p = 26,4 - 20 = 6,4(\text{мм}).$$

Тоді основний час для виконання даної операції складатиме:

$$t_o = \frac{6,4 \cdot 0,1}{115,81 \cdot 4,8 \cdot 0,05} \cdot 1,1 = 0,03(\text{хв}).$$

Перехід 2 – шліфувати поверхню 2 до розміру  $\varnothing 40,87_{-0,01}$  мм.

Абразивний інструмент: 14A50CM28K1 ПП–200x16x76 ГОСТ 17123-79.

Режими вибираємо за нормативами. Для даного верстата і інструмента повздовжня подача  $s_{nv}=4,8$  мм/об, поперечна подача  $s_{nn}=0,05$  мм, швидкість круга  $v_{kp}=30$  м/с,  $v_d=20$  м/хв.

Частота обертання деталі

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 41,957} = 151,81(\text{об} / \text{хв}).$$

Кількість проходів

$$i = \frac{t}{s_{nn}} = \frac{0,2}{0,05} = 4.$$

Ефективна потужність шліфування

$$N_e = 1,3 \cdot 30^{0,75} \cdot 0,01^{0,85} \cdot 0,05^{0,7} \cdot 20^{0,2} = 10(\text{кВт}).$$

Потужність верстата

$$N = N_{de} \cdot \eta = 10 \cdot 0,9 = 9(\text{кВт}).$$

Довжина ходу стола без виходу круга визначається:

$$L_p = 23 - 20 = 3(\text{мм}).$$

Тоді основний час для виконання даної операції складатиме:

$$t_o = \frac{3 \cdot 0,1}{115,81 \cdot 4,8 \cdot 0,05} \cdot 1,1 = 0,01(\text{хв}).$$

Перехід 3 - шліфувати поверхню 2 до розміру  $\varnothing 40_{-0,008}$  мм.

Абразивний інструмент: 14A50CM28K1 ПП–200x16x76 ГОСТ 17123-79.

Режими вибираємо за нормативами. Для даного верстата і інструмента повздовжня подача  $s_{не}=4,8$  мм/об, поперечна подача  $s_{nn}=0,05$  мм, швидкість круга  $v_{кр}=30$  м/с,  $v_{\delta}=20$  м/хв.

Частота обертання деталі

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 40} = 159,24(\text{об / хв}).$$

Кількість проходів

$$i = \frac{t}{s_{nn}} = \frac{0,2}{0,05} = 4.$$

Ефективна потужність шліфування

$$N_e = 1,3 \cdot 30^{0,75} \cdot 0,01^{0,85} \cdot 0,05^{0,7} \cdot 20^{0,2} = 10(\text{кВт}).$$

Потужність верстата

$$N = N_{\delta} \cdot \eta = 10 \cdot 0,9 = 9(\text{кВт}).$$

Довжина ходу стола без виходу круга визначається:

$$L_p = 23 - 20 = 3(\text{мм}).$$

Тоді основний час для виконання даної операції складатиме:

$$t_o = \frac{3 \cdot 0,1}{115,81 \cdot 4,8 \cdot 0,05} \cdot 1,5 = 0,02(\text{хв}).$$



Перехід 4 - шліфувати поверхню 4 до розміру  $\varnothing 44_{-0,039}$  мм.

Абразивний інструмент: 14A50CM28K1 ПП–200x16x76 ГОСТ 17123-79.

Режими вибираємо за нормативами. Для даного верстата і інструмента повздовжня подача  $s_{ne}=4,8$  мм/об, поперечна подача  $s_{nm}=0,05$  мм, швидкість круга  $v_{кр}=30$  м/с,  $v_o=20$  м/хв.

Частота обертання деталі

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 44} = 144,76(\text{об/хв}).$$

Кількість проходів

$$i = \frac{t}{s_{nm}} = \frac{0,2}{0,05} = 4.$$

Ефективна потужність шліфування

$$N_e = 1,3 \cdot 30^{0,75} \cdot 0,01^{0,85} \cdot 0,05^{0,7} \cdot 20^{0,2} = 10(\text{кВт}).$$

Потужність верстата

$$N = N_{os} \cdot \eta = 10 \cdot 0,9 = 9(\text{кВт}).$$

Довжина ходу стола без виходу круга визначається:

$$L_p = 42 - 20 = 22(\text{мм}).$$

Тоді основний час для виконання даної операції складатиме:

$$t_o = \frac{22 \cdot 0,2}{144,76 \cdot 4,8 \cdot 0,05} \cdot 1,5 = 0,2(\text{хв}).$$

040 – термічна обробка

Загартувати вісь в індукційній печі ВЧГ-3-160/0,066.

Проводимо індукційне гартування з наступним самовідпуском:

- температура нагріву під гартування  $t_n=830\dots860$  °С;
- тривалість витримки при цій температурі  $t_g=10\dots15$  с;
- охолоджуючою рідиною є мастило з температурою  $t_m=40\dots80$ °С.

Тривалість витримки  $t_g=20$  с (також може бути використана вода з кімнатною температурою, при тривалості витримки  $t_g=15$  с);

- товщина гартування  $a=1,2\dots1,6$  мм.

050 – контрольна операція

Контроль виконання механічної обробки операції полягає у контролі точності поверхні після точіння, шліфування і т.д., а також у контролі шорсткості поверхні деталі. Контроль точності поверхні здійснюється вимірюванням розмірів деталі універсальними вимірювальними інструментами. Так вимірювання усіх поверхонь проводиться мікрометром М375-1 ГОСТ 166-90.

Контроль шорсткості поверхні може здійснюватись:

А) Порівнянням поверхні виробу з робочими зразками шорсткості, які мають стандартизовані значення Ra (по ГОСТ 9378-75) і виготовляються для конкретних способів обробки; замість зразків шорсткості можуть бути застосовані атестовані зразкові деталі;

Б) вимірювання параметрів шорсткості з допомогою щупових або оптичних приборів. Числові значення параметрів шорсткості визначаються або безпосередньо по шкалі приборів (профілометрів), або по збільшеному зображенню профілю або записаній профілографі перерізу (на приборах профілографах). Вітчизняне виробництво випускає цілий ряд таких приборів, приведемо деякі з них.

Контроль якості нанесеного шару відбувається методом спостереження під мікроскопом при бічному освітленні або спостереженням у темному полі.

Брак покриття утворюється при порушенні технології на будь-якій стадії технологічного процесу: підготовки деталі, наплавленні, механічної обробки.

Неоднорідність в структурі наплавленого шару може виникнути в результаті порушення технології наплавлення. Так, при очищенні поверхні основи в результаті недотримання режиму іонного бомбардування на її поверхні можуть виникнути ямки травлення, які зберігаються в напиленому шарі.

Якщо поверхня, яка підлягає відновленню буде погано підготовленою, то на її поверхні будуть знаходитись ділянки з різним фазовим складом і різною структурою. Такий стан поверхневого шару призведе до неоднорідного протікання кристалізації при формуванні наплавленого шару, а звідси і до неоднорідного за розміром зерна.

Основним способом усунення вище перерахованих дефектів є дотримання технології нанесення зносостійкого покриття.

Для якісного проведення контролю якості напиленого та наплавленого шарів обираємо ультразвуковий метод. Ультразвуковий контроль наплавлених шарів виконують відповідно до ГОСТ 14782-76. Ультразвуковий метод має наступні переваги:

- висока чуттєвість ультразвукових хвиль дозволяє відносно швидко виявити дефекти, їх розміри та місце розташування в зварному з'єднанні;
- велика проникаюча здатність ультразвукових хвиль;
- економічність контролю.

Для визначення механічної міцності наплавлених та напилених шарів виконують випробування їх на зразках, які вирізають із самого виробу чи на спеціально підготовлених зразках. Випробування на розрив проводять на спеціальній розривній машині та по величині зусилля, при якому відбувся розрив, судять про якість наплавленого шару. Випробування на згин проводять для визначення в'язкості поверхневого шару. Для цього

зразок згинають в тисках чи під пресом до появи першої тріщини. По величині кута згину судять про якість нанесеного шару.

При термічній обробці деталей за допомогою індукційного нагріву є необхідність у здійсненні наступного контролю:

- а) розташування зон гартування ділянки по поверхні;
- б) твердість на поверхні деталі;
- в) товщина знеуглецьованого та загартованого шару у контрольованому перерізі;
- г) мікроструктуру загартованого та перехідного шару;
- д) величини вихідного зерна аустеніту.

## 4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 4.1 Вибір плазмової установки для напилення

В основу розробки конструкції плазмотрона покладено плазмотрон для нанесення покриттів (авторське свідоцтво № 910209).

В результаті аналізу існуючих моделей плазмотронів та вибору оптимальних схем роботи запропоновано наступну схему плазмотрона (рис. 4.1).

Основними вузлами плазмотрона є катодний, соплової вузли, а також вузол завихрення робочого газу. Останній забезпечує найкращі умови формування стовпа дуги. Стержневий електрод-катод виготовляється у вигляді мідного корпусу, який охолоджується системою охолодження з вольфрамовою катодною вставкою. При цьому вольфрамова вставка припаюється за допомогою срібного припою чи зварюється методом дифузійного зварювання в вакуумі. Корпус плазмотрона виконується у вигляді порожнинного циліндра зі встановленою в середині трубкою, через яку подається охолоджуюча рідина, яка омиває внутрішню порожнину корпусу. Найкращим матеріалом для виготовлення сопел є мідь високої частоти (марки М1, М0), яка характеризується дуже високою теплопровідністю. Армвання стінок сопла теплостійкими, але менш теплопровідними матеріалами викликає зменшення терміну його експлуатації. В нашому випадку сопло плазмотрона виготовлено з водяним охолодженням. Сопло кріпиться з кришкою за допомогою різьбового з'єднання та ущільнюється з допомогою гумових прокладок. Сопло і кришку виготовляють штампуванням. При такій конструкції забезпечується найкращі умови тепло відведення від сопла. Робочий газ поступає в камеру через декілька тангенціальних отвори, які просвердлені в корпусі плазмотрона. Ці

отвори забезпечують рівномірність розподілу газу, але при цьому ускладнюється система подачі газу в плазмотрон.

Для ізоляції електродного і соплового вузла використовується ізолятор, при виборі якого необхідно враховувати те, що він повинен витримувати високу напругу осцилятора, зберігаючи при цьому міцність і щільність при підвищеній температурі і вологості. В даній конструкції ізолятор виготовлений із термостійкого склопластику типу АГ-4С, який дещо поступається за своїми властивостями епоксидній смолі. Основним недоліком цього матеріалу є відсутність адгезії з металевими частинами плазмотрону. Ізолятор виготовлений за допомогою лиття із наступним пресуванням.

Основною умовою стабільного горіння дуги є точність центрування електрода і сопла під час збирання плазмотрона.

Відхилення в декілька десятих міліметра може викликати утворення подвійної дуги. Важливою умовою стабільного горіння дуги також є дотримання певних розмірів співвідношення між діаметром катода  $d_k$ , діаметром сопла  $d_c$  і довжиною каналу сопла  $l_c$ .

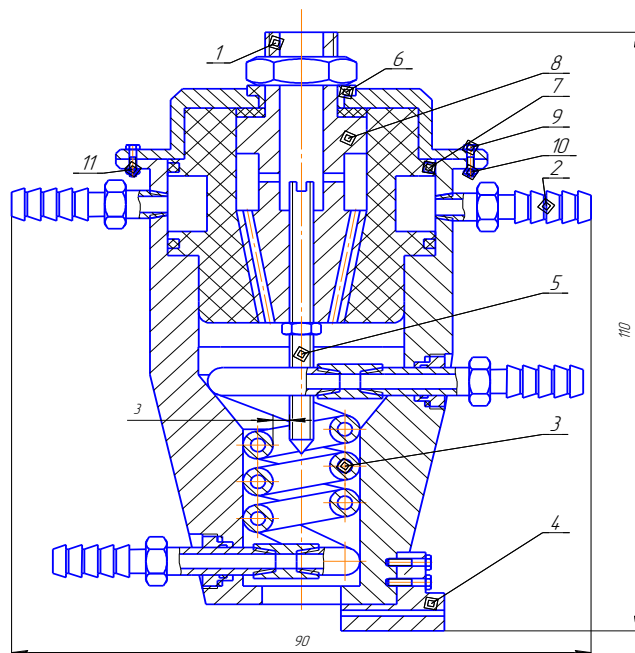


Рисунок 4.1 – Плазмотрон

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

Критерієм, що визначає практичну можливість застосовувати даний метод напилення, є міцність щеплення його з основним металом. Питання про природу походження зв'язку між покриттям і основним металом і на сьогодні залишається суперечним. Одні дослідники вважають, що щеплення напиленого шару з поверхнею носить лише механічний характер і ґрунтується на дії сил адгезії, величина яких залежить від кінетичної енергії частинок і надлишкової енергії поверхневого шару.

Інші вважають, що зв'язки виникають за рахунок хімічної взаємодії і мікро зварювання. В залежності від властивостей напилених металевих частинок, нагріву основи, а також способу і режиму напилення частинки можуть досягати підложки в рідкому, пластичному чи твердому стані, тобто міцність щеплення визначається станом частинок і поверхні, що напилюється, в кожен певний момент. Суттєвий вплив на формування покриття і міцність щеплення покриттів здійснює температура поверхні деталі. Таким чином, крім підготовки поверхні, на якість формування покриття і продуктивність процесу напилення великий вплив чинить хімічний склад і властивості порошку, його грануляція, витрати, умови подачі до підложки, склад газового середовища, кількість теплоти, що надається частинкам порошку і деталі.

Оптимальним режимом роботи плазмотрону слід вважати такий, при якому найбільша кількість частинок досягає підложки (основи) деталі в розплавленому стані. Тому для високоефективного нагріву і транспортування розплавлених частинок присадкового дроту необхідно, щоб конструкція плазмотрона забезпечувала отримання плазмового потоку достатньої потужності. Потужність плазмового потоку і швидкість під час роботи на відповідному газі регулюється головним чином зміною сили струму. При збільшенні сили струму потужність і температура плазмового потоку зростають, а ККД не змінюється. При збільшенні витрат газу середньо масова температура знижується, а потужність і швидкість плазмового потоку зростають. В порівнянні з азотною плазмовою аргонова має більш високу температуру і швидкість, але вона коротша, охоплює меншу зону нагріву поверхні, її ентальпія нижча. Стійкість катода і анода в аргоні значно вища.

Під час напилення частинки проходять через полум'я газового чи плазмового пальника, нагрівається до певної температури, при якій відбувається екзотермічна реакція, що супроводжується додатковим виділенням теплоти і збільшенням температури. Частинки, що оплавляються в польоті або частіше під час дотику до поверхні, що напилюється, утворюють щільний зносостійкий шар з більш високою міцністю щеплення.

Для покращення міцності щеплення основного металу із матеріалом, що напилюється використовують підшар – шар покриття, яке характеризується достатньою шорсткістю і міцністю щеплення з основою. Напилення підшару підшару здійснимо нікель-алюмінієвим проволкою ПН70ЮЗО, який створить базовий шар, на який напиляють базове робоче покриття. Нікель-алюмінієві матеріали характеризуються екзотермічними властивостями.

Нагрітий алюмінієвий порошок легко реагує з повітрям, виділяючи при цьому велику кількість тепла. При температурі 610...640 °C розпочинається взаємодія нікелю з алюмінієм, відбувається утворення інтерметалідів, яке



також супроводжується суттєвим тепловим ефектом. Нікель-алюмінієві покриття являються багатофазними і містять  $\text{NiAl}$ ,  $\text{Ni}_3\text{Al}$ , а також твердий розчин  $\text{Ni}$  в  $\text{NiAl}$ . Для отримання оптимальної міцності щеплення товщина покриття повинна становити 0,05... 0,15 мм.

Плазмотрон призначений для напилення покриттів складається із катода 1, в який вставляється катодотримач 2 з катодом 3. Накидна гайка 4 призначена для піджимання і утримування катодотримача в корпусі 1 катода. Штуцер 5 служить для приєднання корпусу катода до охолоджуваного струмопідведення. Корпус катода з'єднується з корпусом анода 6 з допомогою ізоляційної втулки 7. В корпус анода вставляється спіралеподібна трубка 8, яка виконує роль анода. Накидна гайка 9 використовується для приєднання трубки до водоохолоджуваного струмовідводу. З'єднувальний шланг 12 призначений для створення циркуляції води через трубку 8 і корпус катода на злив. З метою підвищення коефіцієнта використання матеріалу, що напилюється, анод виготовлений у вигляді спіралеподібної трубки, який вмонтовано в систему циркуляції охолоджуючої води. Плазмотрон працює наступним чином. Через штуцер катодотримача 2 в плазмотрон подається плазмоутворюючий газ. Між катодом і анодом виникає плазмова дуга, яка іонізує плазмоутворюючий газ. Плазмова дуга, що утворюється при цьому, по каналу спіралеподібної трубки 8 виходить із плазмотрона.

В зону плазмової дуги за допомогою роликів механізму подається присадковий дріт, який оплавляється і переноситься на робочу поверхню. Запропонована конструкція плазмотрона дозволяє збільшити коефіцієнт використання напилюемого матеріалу на 30% і підвищити ресурс роботи анода в 1.6 разів в порівнянні з уже відомими плазмотронами.

Технічні характеристики плазмотрона:

- рекомендована потужність джерела струму 30 кВт;
- напруга холостого ходу 160 В;
- максимальний струм (при роботі в аргоні) 600 А;

- сила струму дуги 500 А;
- робоча напруга дуги 85...95 В;
- робочий газ: аргон, азот;
- витрати робочого газу – 3 ...4м<sup>3</sup>/год;
- вага комплекту 900 кг.

Дану установку застосовують для напилення зовнішніх і внутрішніх поверхонь циліндричних деталей.

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

Потужність даної установки 30 кВт, ККД=75%, коефіцієнт використання матеріалів 60 – 80%, продуктивність напилення 3...5 кг/год. Матеріали, що застосовані при виготовленні основних деталей плазмотрону:

анодне сопло – М0 ГОСТ 859-2001; корпус Сталь 45 ГОСТ 1050-88; гайка ГОСТ 7798 – 70; ізолятор – склотекстоліт 31-30.ИЗ.0003.003 ТУ.

Конічні дюймові різі, що застосовувалися виконані згідно ГОСТ 6111-52.

Газопідвідні штуцера обрані за ГОСТ 16044-70.

З метою подачі присадкового дроту у плазмовий потік використовують механізм подачі дроту роликового типу.

#### 4.2 Організація робочого місця операції напилення

Для проведення операції напилення для відновлення зношених поверхонь вісі маятникових важелів необхідне наступне обладнання: установка для плазмового напилювання, джерело живлення, газо та гідро апаратура, пульт керування – в даному випадку комп'ютер.

В якості джерела живлення можна застосувати зварювальний генератор ПСО-500 або випрямляч ІПН-160/600.

Установка для плазмового напилювання (рис. 4.2) повинна мати наступні елементи: станину, привід обертання деталі, що відновлюється; привід переміщення плазмотрона; механізм подачі дроту; витяжну систему для відводу відпрацьованих газів, захисні екрани.

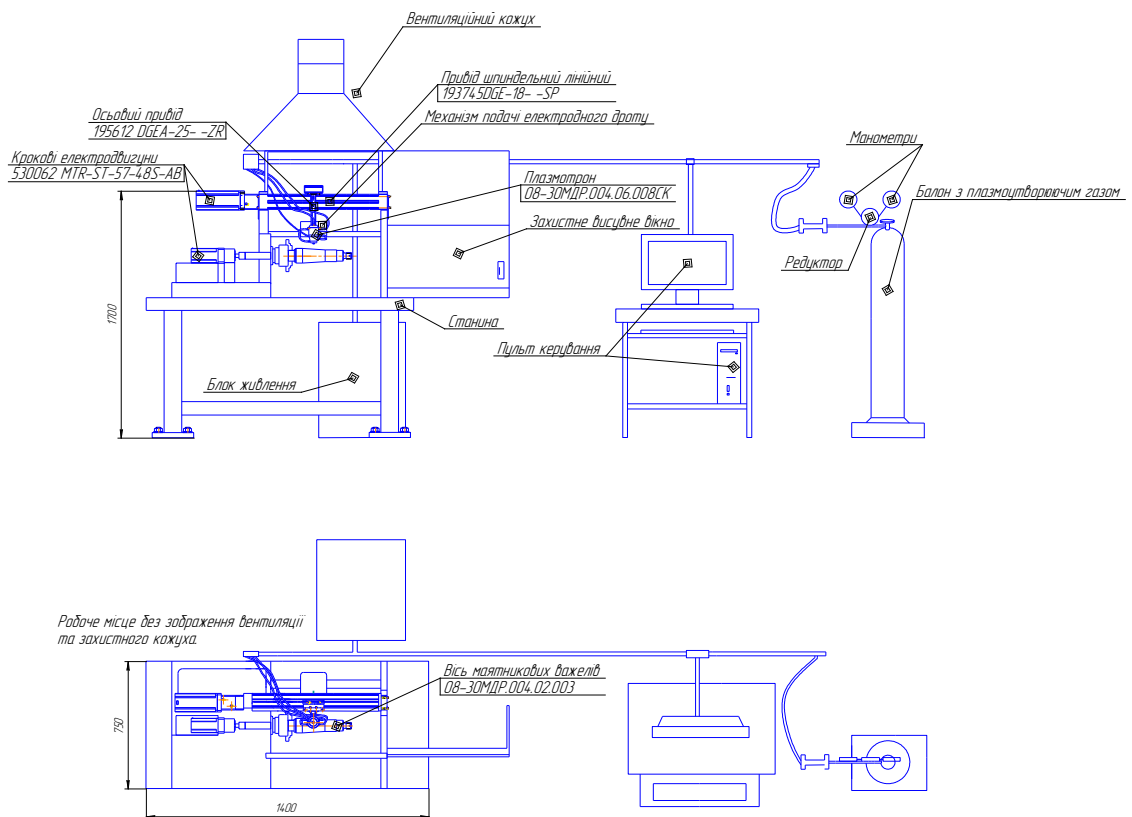


Рисунок 4.2 – Установка для плазмового напилювання

Станина 6 є несучим елементом та являє собою зварну конструкцію на якій розміщені всі складові установки. Обертання деталі 1 здійснюється за допомогою крокового двигуна 4. Переміщення плазмотрона 3 здійснюється за допомогою електромеханічного приводу 5 та крокового двигуна 2. Подача дроту, здійснюється за допомогою роликового механізму.

Живлення плазмотрона підводиться від джерела живлення 8 через пульт керування – комп'ютер 11. Подача газу здійснюється від газового балону 10

через пневмоапаратуру. Відведення газів, що з'являються в процесі наплення здійснюється через вентиляційну систему 7.

#### 4.3 Механізм обертання деталі

Механізмом обертання валу заднього ходу і відбору потужності є кроковий двигун (рис.4.3), який обираємо із каталогу приводів фірми FESTO.

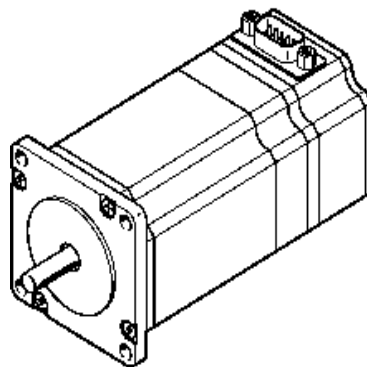


Рисунок 4.3 - Кроковий двигун

Кроковий двигун 530062 MTR-ST-57-48S-AB. Технічні характеристики приводу наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 Технічні характеристики крокового двигуна 530062 MTR-ST-57-48S-AB

Критерій	Властивість
Шаговий кут мотору	1,8 °С
Похибка шагового кута	±5%
Робоча напруга постійного струму для тормоза	24 В
Клас ізоляційного захисту	В
Споживання потужності, тормоз	6 Вт
Номинальна напруга DC	48В
Номинальний струм мотору	3,1 А
Позначення по СІ	У відповідності з директивою ЕС

	89/336/EWG (EMV)
Температура зберігання	-25 - 60 °C
Відносна вологість повітря	45 - 80 %
Клас захисту	IP54
Навколишня температура	0 - 50 °C
Утримуючий момент мотору	1,27 Н·м
Момент інерції тормоза	0,02 кг/см <sup>2</sup>
Момент інерції ротора	0,48 кг/см <sup>2</sup>
Допустиме осьове навантаження на вал	10 Н
Допустиме радіальне навантаження на вал	71 Н
Вага продукту	1 400 г
Система електричних з'єднань	Роз'єм

#### 4.4 Механізм переміщення плазмотрона

Для переміщення плазмотрона оберемо електромеханічний привід із каталогу фірми FESTO. Маса плазмотрону (враховуючи масу комунікаційної апаратури) становить  $\approx 4$ кг. Привід організований на основі двох електромеханічних приводів, що забезпечують осьове та радіальне переміщення.

Осьове переміщення забезпечує привід DGEA-25-ZR (рис. 4.4).

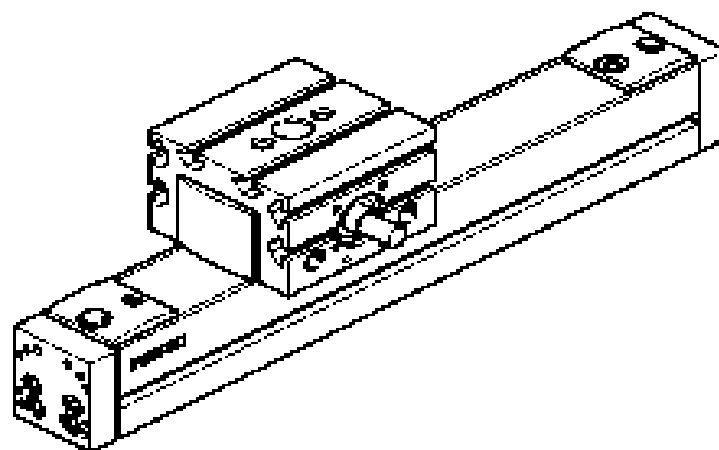


Рисунок 4.4 – Електричний лінійний привід 195612 DGEA-25- -ZR

Таблиця 4.2 - Технічні характеристики приводу 195612 DGEA-25- -ZR

Технічні характеристики приводу	Властивість
Ефективний діаметр привідної шестерні	25,78 мм
Робочий хід	1 - 900 мм
Розмір	25
Резерв хода	81 мм
Видовження зубчатого ремня	0,053 %
Шаг зубчатого ремня	3 мм
Направляюча	Шарико-гвинтова направляюча
Тип двигуна	кроковий двигун
Макс. швидкість	3 м/с
Макс. приводний момент	5,2Н·м
Макс. зусилля F <sub>x</sub>	8 400 Н
Макс. зусилля F <sub>y</sub>	3 080 Н
Макс. зусилля F <sub>z</sub>	3 080 Н
Макс. момент M <sub>x</sub>	28Н·м
Макс. момент M <sub>y</sub>	230 Н·м
Макс. момент M <sub>z</sub>	160 Н·м
Макс. осьове навантаження	400 Н
Макс. момент холостого ходу	0,4 Н·м
Макс. рекомендоване робоче навантаження, незалежно від позиції	10 кг
Макс. рекомендоване робоче навантаження, вертикальна робота	18 кг
Момент інерції J <sub>H</sub> на метр хода	0,8 кг/см <sup>2</sup>
Момент інерції J <sub>L</sub> на кг навантаження	1,66 кг/см <sup>2</sup>

Радіальне переміщення забезпечує привід 193745DGE-18- -SP

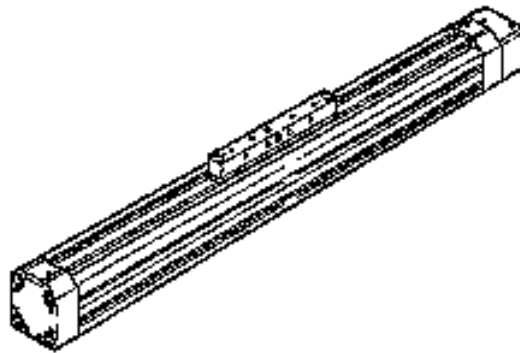


Рисунок 4.5 – Привід шпindelний лінійний DGE-18-SP.

Таблиця 4.3 - Технічні характеристики приводу DGE-18-SP

Розмір	18
Резерв ходу	6,5 мм
Діаметр шпинделя	8 мм
Направляюча	Шарико-гвинтова направляюча
Структура проекту	Electromechanical linear axis
Тип двигуна	Кроковий двигун
Макс. прискорення	6 м/с <sup>2</sup>
Макс. швидкість	0,2 м/с
Макс. привідної момент	0,1 Н·м
Макс. осьове навантаження	140 Н
Макс. момент холостого ходу	0,05 Н·м
Макс. рекомендоване робоче навантаження незалежно від позиції	6 кг
Макс. рекомендоване робоче навантаження, вертикальна робота	3 кг
Момент інерції JH на метр ходу	0,031 кг/см <sup>2</sup>
Момент інерції JL на кг на грузки	0,00405 кг/см <sup>2</sup>

#### 4.5 Застосування САПР у магістерській кваліфікаційній роботі

При розробці конструкції плазмотрона було використано програму КОМПАС-3DV81 за допомогою якої було створено наглядний (електронний

варіант) пристрою. Що дає змогу детальніше побачити недоліки та переваги пристрою. Крім того можна дізнатись вагу, задавши матеріал з якого зроблений плазмотрон, масоцентровочні: характеристики, площу, об'єм, центр мас, центр моменту інерції, що і було зроблено.

Площа	$S = 933085.236188 \text{ мм}^2$
Об'єм	$V = 8172824.855711 \text{ мм}^3$
Маса	$M = 63911.527536 \text{ г}$
Центр мас	$X_c = 3.553854 \text{ мм}$
	$Y_c = -11.628497 \text{ мм}$
	$Z_c = 16.719109 \text{ мм}$

В глобальній системі координат:

Осьові моменти інерції:

$$J_x = 978306052.438953 \text{ г*мм}^2$$

$$J_y = 374996799.843040 \text{ г*мм}^2$$

$$J_z = 959970337.078833 \text{ г*мм}^2$$

Центробіжні моменти інерції:

$$J_{xy} = 1555727.712717 \text{ г*мм}^2$$

$$J_{xz} = 51369462.957104 \text{ г*мм}^2$$

$$J_{yz} = 14559832.409736 \text{ г*мм}^2$$

В центральній системі координат:

Осьові моменти інерції:

$$J_x = 951798712.186976 \text{ г*мм}^2$$

$$J_y = 356324505.381322 \text{ г*мм}^2$$

$$J_z = 950520902.110853 \text{ г*мм}^2$$

Центробіжні моменти інерції:

$$J_{xy} = -1085478.388604 \text{ г*мм}^2$$

$$J_{xz} = 55166911.040596 \text{ г*мм}^2$$

$$J_{yz} = 2134274.575248 \text{ г*мм}^2$$

В головній центральній системі координат:

Осьові моменти інерції:

$$J_x = 1006331234.085492 \text{ г*мм}^2$$

$$J_y = 895998837.101155 \text{ г*мм}^2$$



$$J_z = 356314048.492504 \text{ г*мм}^2$$

Направлення головних осей інерції:

Вісь X	$X = 0.711173$
	$Y = 0.001121$
	$Z = 0.703017$
Вісь Y	$X = -0.703014$
	$Y = 0.004226$
	$Z = 0.711163$
Вісь Z	$X = -0.002174$
	$Y = -0.999990$
	$Z = 0.003794$

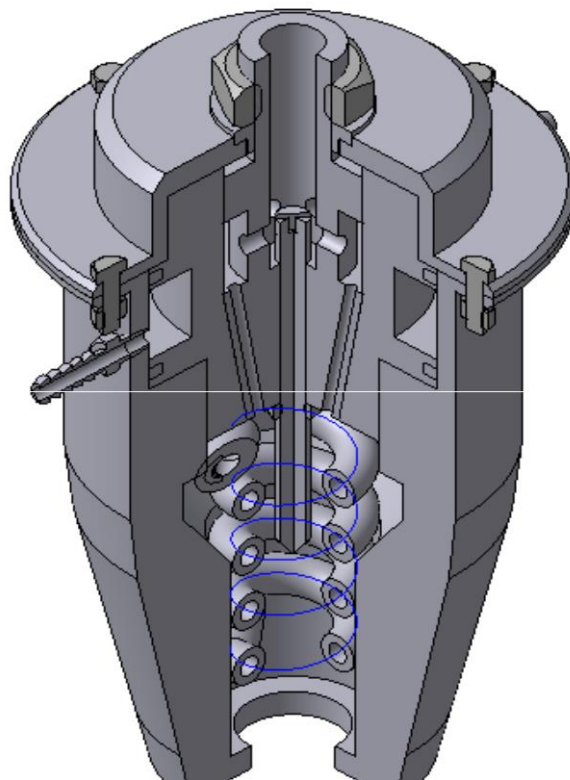


Рисунок 4.6 – 3Д модель плазмотрону

Також для того щоб можна було вибрати приводи ФЕСТО та правильно встановити і збалансувати деталь під час оброблювальних

операцій потрібно знати її центр мас, вагу та інші показники, які дають нам масоцентровочні характеристики компас.

Площа	$S = 36534.791492 \text{ мм}^2$
Об'єм	$V = 372078.010279 \text{ мм}^3$
Матеріал	Сталь 40Х ГОСТ 4543-71
Густина	$R_0 = 0.007825 \text{ г/мм}^3$
Маса	$M = 2911.510430 \text{ г}$
Центр мас	$X_c = -141.792948 \text{ мм}$
	$Y_c = 50.739180 \text{ мм}$
	$Z_c = 0.000094 \text{ мм}$

В глобальній системі координат:

Осьові моменти інерції	$J_x = 8322935.847484 \text{ г*мм}^2$
	$J_y = 69141612.322778 \text{ г*мм}^2$
	$J_z = 76636770.617220 \text{ г*мм}^2$

Центробіжні моменти інерції	$J_{xy} = 20946550.880674 \text{ г*мм}^2$
	$J_{xz} = 3.368473 \text{ г*мм}^2$
	$J_{yz} = -13.618323 \text{ г*мм}^2$

В центральній системі координат:

Осьові моменти інерції	$J_x = 827355.985199 \text{ г*мм}^2$
	$J_y = 10604996.334815 \text{ г*мм}^2$
	$J_z = 10604574.767023 \text{ г*мм}^2$

Центробіжні моменти інерції	$J_{xy} = -188.245119 \text{ г*мм}^2$
	$J_{xz} = -35.552076 \text{ г*мм}^2$
	$J_{yz} = 0.000000 \text{ г*мм}^2$

В головній центральній системі координат:

Осьові моменти інерції	$J_x = 10604996.338684 \text{ г*мм}^2$
	$J_y = 10604574.766909 \text{ г*мм}^2$
	$J_z = 827355.981445 \text{ г*мм}^2$

Направлення головних осей інерції:

Вісь X	$X = -0.000019$
	$Y = 1.000000$
	$Z = 0.000735$

Вісь Y  $X = -0.000004$   
 $Y = -0.000735$   
 $Z = 1.000000$

Вісь Z  $X = 1.000000$   
 $Y = 0.000019$   
 $Z = 0.000004$

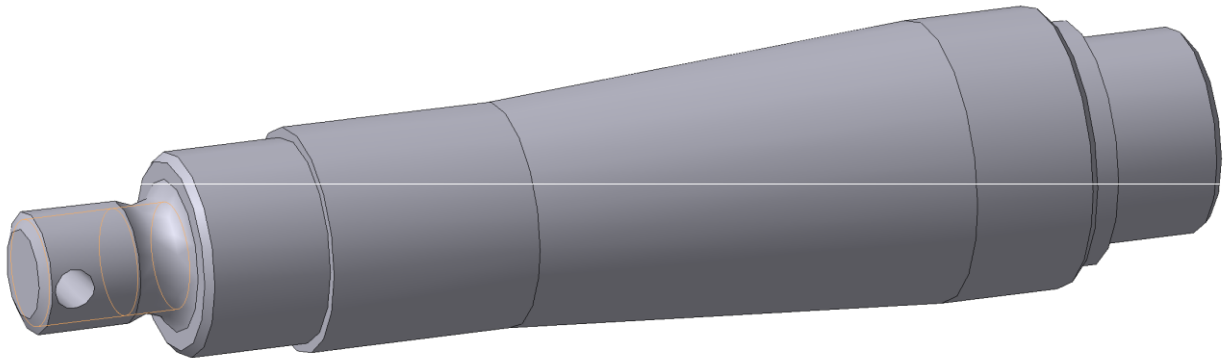
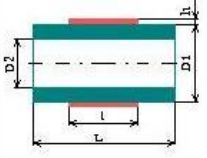


Рисунок 3.7 – 3Д модель осі маятникових важелів

Було проведено перевірку вірності вибору способу відновлення поверхонь 1, 3, 4 (наплавлення в середовищі захисного газу  $\text{CO}_2$ ). За допомогою програми наплавка.

 <p><b>РАЗМЕРЫ ДЕТАЛИ, мм</b></p> <p><math>D1 = 39,8</math>  <math>D2 = 0</math>  <math>L = 45</math>  <math>l = 45</math>  <math>h = 4,8</math></p>	<p>ДЕТАЛЬ <input type="text"/></p> <p>ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ          сталь Cr-Ni-Mn или Cr-Ni, аустенитная, нержавеющая</p> <p>ПОДСЛОЙ <input type="text"/></p> <p>НАПЛАВОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ <input type="text" value="30ХТСА"/></p>
	<p><b>ТЕХНОЛОГИЯ НАПЛАВКИ</b></p> <p>способ наплавки          Проволокой сплошного сечения в защитных активных газах</p> <p>техника наплавки          Кольцевыми валиками с прерывистым смещением на шаг</p> <p>предварительный подогрев <input type="text"/></p> <p>охлаждение <input type="text"/></p> <p>род тока <input type="text" value="постоянный"/> полярность <input type="text" value="обратная"/></p>
<p><input type="button" value="Печать"/></p> <p><input type="button" value="Назад"/> <input type="button" value="Выход"/></p> <p><input type="button" value="Save"/> <input type="button" value="Info"/></p>	<p><b>РЕЖИМ НАПЛАВКИ</b></p> <p><math>d = 1,6</math> мм <math>s = 2...4</math> мм <math>G = 8...10</math> л</p> <p><math>I = 120...170</math> А <math>Sm = 3...5</math> мм</p> <p><math>U = 22...27</math> В</p> <p><math>V = 15...20</math> м/ч <input type="text"/></p> <p><math>h' = 0,8...1,2</math> мм</p>

**РАЗМЕРЫ ДЕТАЛИ, мм**

$D1 = 54,9$   
 $D2 = 0$   
 $L = 25$   
 $l = 25$   
 $h = 2$

**ДЕТАЛЬ** \_\_\_\_\_

**ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ**  
 сталь Cr-Ni-Mn или Cr-Ni, аустенитная.

**ПОДСЛОЙ** \_\_\_\_\_

**НАПЛАВОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ** *Св-08Г2С, 30ХГСА*

**ТЕХНОЛОГИЯ НАПЛАВКИ**

**способ наплавки**  
*Проволокой сплошного сечения в защитных активных газах*

**техника наплавки**  
*по винтовой линии*

**предварительный подогрев** \_\_\_\_\_

**охлаждение** \_\_\_\_\_

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

**РЕЖИМ НАПЛАВКИ**

$d = 1,8$  мм       $s = 3...5$  мм       $G = 8...10$  л  
расход газа

$I = 140...190$  А       $S_m = 5...10$  мм

$U = 24...29$  В

$V = 15...25$  м/ч

$h' = 0,8...1,2$  мм

Печать

Назад      Выход

Save      Info

Рисунок 4.8 - Перевірка вибраного способу в програмі наплавка

Де  $d$  – діаметр проволочки,  $I$  – струм,  $U$  – напруга,  $V$  – швидкість наплавки,  $h'$  - товщина наплавленого шару (один прохід),  $S$  – шаг наплавки,  $S_m$  – зміщення від зениту,  $G$  - витрати газу. Виходячи з даних які показала програма «Наплавка» для данного виду деталі типу осі маятникових важелів підходить спосіб наплавки «Проволокою суцільного поперечного перерізу в захисних активних газах». В свою чергу в якості активних газів при зварюванні та наплавленні використовуються вуглекислий газ, його суміші з киснем та аргоном, суміші з аргона вуглекислого газу та кисню. В данному випадку доцільним було вибрати  $CO_2$  – тому як інші суміші газів являються дорогими.

## 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Для успішного впровадження науково-технічної розробки критично важливо, щоб вона відповідала сучасним вимогам науково-технічного прогресу та враховувала економічні аспекти. Надання оцінки економічної ефективності результатів науково-дослідної роботи є важливою частиною цього процесу. Дослідження, яке представлено у магістерській роботі і присвячене розробці та вивченню "Підвищення якості відновлення робочих поверхонь вісі маятникових важелів рульового керування тролейбуса ЗИУ-9", віднесено до науково-технічних робіт, спрямованих на виведення на ринок. Рішення про комерціалізацію розробки може бути прийняте протягом проведення самої роботи, відкриваючи можливості для подальшого виведення на ринок. Цей напрямок визначається як пріоритетний, оскільки розроблені результати можуть бути корисними для різних зацікавлених сторін і приносити економічні вигоди. Однак для успішної реалізації цього процесу ключовим є залучення зацікавленого інвестора, який виявить інтерес до втілення даного проекту, і переконання його у доцільності інвестування у цю розробку. З метою досягнення цього завдання були визначені такі етапи виконання робіт:

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

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

Метою проведення комерційного і технологічного аудиту дослідження за темою "Підвищення якості відновлення робочих поверхонь вісі маятникових важелів рульового керування тролейбуса ЗИУ-9" є підвищення ефективності та якості технологічного процесу відновлення зношених поверхонь осі маятникових важелів за рахунок впровадження сучасних методів відновлення із врахуванням умов експлуатації та причин появи несправностей.

Оцінювання науково-технічного рівня розробки та її комерційного потенціалу рекомендується здійснювати із застосуванням 5-ти бальної системи оцінювання за 12-ма критеріями, наведеними в табл. 5.1 [1].

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

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

5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної	Ринок малий, але має позитивну	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкуренція немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років

12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту
----	--	--	---	--	---

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

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

Критерії	Експерт (ПІБ, посада)		
	Савуляк В. І.	Шиліна О. П.	Бакалець Д. В.
	Бали, виставлені експертами:		
1. Технічна здійсненність концепції	2	2	2
2. Ринкові переваги (наявність аналогів)	4	3	3
3. Ринкові переваги (ціна продукту)	1	2	1
4. Ринкові переваги (технічні властивості)	4	4	4
5. Ринкові переваги (експлуатаційні витрати)	2	1	2
6. Ринкові перспективи (розмір ринку)	3	3	4
7. Ринкові перспективи (конкуренція)	1	0	1
8. Практична здійсненність (наявність фахівців)	3	3	4



9. Практична здійсненність (наявність фінансів)	3	3	3
10. Практична здійсненність (необхідність нових матеріалів)	4	4	3
11. Практична здійсненність (термін реалізації)	4	4	4
12. Практична здійсненність (розробка документів)	2	3	3
Сума балів	СБ <sub>1</sub> =31	СБ <sub>2</sub> =34	СБ <sub>3</sub> =34
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}_c$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_1^3 СБ_i}{3} = \frac{33 + 32 + 34}{3} = 33$		

За результатами розрахунків, наведених в таблиці .2, зроби5мо висновок щодо науково-технічного рівня і рівня комерційного потенціалу розробки. При цьому використаємо рекомендації, наведені в табл. 5.3 [1].

Таблиця 5.3 – Науково-технічні рівні та комерційні потенціали розробки

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

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки за темою "Підвищення якості відновлення робочих поверхонь вісі маятникових важелів рульового керування тролейбуса ЗИУ-9" становить 33 бали, що, відповідно до таблиці 5.3 рівень комерційного потенціалу розробки вище середнього, що свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень.

Магістерська кваліфікаційна робота "Підвищення якості відновлення робочих поверхонь вісі маятникових важелів рульового керування тролейбуса ЗИУ-9" відноситься до науково-технічних робіт, які орієнтовані на виведення на ринок, тобто при цьому відбувається комерціалізація

науково-технічної розробки. Цей напрямок є для нас пріоритетним, оскільки результатами розробки можуть користуватися не тільки самі розробники, а й інші споживачі, отримуючи при цьому суттєвий економічний ефект.

## 5.2 Визначення рівня конкурентоспроможності розробки

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

В якості аналога для розробки було обрано базовий технологічний процес відновлення деталі. Основними недоліками аналога є, що при застосуванні для відновлення валка газополуменевого напилення покриття буде не якісним (пори, раковини), шар покриття буде занадто великий, що буде вимагати великої кількості переналаштувань обладнання і це збільшує час на обробку після напилення.

У розробці дана проблема вирішується шляхом заміни метода відновлення зношених поверхонь. Також система випереджає аналог за такими параметрами як Зносостійкість відновлених поверхонь збільшується у 1.5 рази

Одиничний параметричний індекс розраховуємо за формулою [1]:

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

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

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

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

Загальні технічні та економічні характеристики розробки представлено в таблиці 5.4.

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

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий (товар-конкурент)	Новий (інноваційне рішення)		
1	2	3	4	5
Продуктивність методу кг/год	4	2	2	50%
Міцність щеплення, МПа	300	60	5	50%
Деформація після нарощування	Значна	Не значна		

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

Груповий показник конкурентоспроможності за нормативними параметрами розраховуємо як добуток частинних показників за кожним параметром за формулою [1]:

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

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

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

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

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

Значення групового параметричного індексу за технічними параметрами визначаємо з урахуванням вагомості (частки) кожного параметра [1]:

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

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

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

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

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

Проведемо аналіз параметрів згідно даних таблиці 5.4.

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

Груповий параметричний індекс за економічними параметрами розраховуємо за формулою [1]:

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

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

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

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

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

Проведемо аналіз параметрів згідно даних таблиці .

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

На основі групових параметричних індексів за нормативними, технічними та економічними показниками розрахуємо інтегральний показник конкурентоспроможності за формулою [1]:

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

$$K_{INT} = 1 \cdot 3,5 / 0,70 = 5.$$

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

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

Витрати, пов'язані з проведенням науково-дослідної роботи на тему "Підвищення якості відновлення робочих поверхонь вісі маятникових важелів рульового керування тролейбуса ЗИУ-9", під час планування, обліку і калькулювання собівартості науково-дослідної роботи групуємо за відповідними статтями.

#### 5.3.1 Витрати на оплату праці

До статті «Витрати на оплату праці» належать витрати на виплату основної та додаткової заробітної плати керівникам відділів, лабораторій, секторів і груп, науковим, інженерно-технічним працівникам, конструкторам, технологам, креслярам, копіювальникам, лаборантам, робітникам, студентам, аспірантам та іншим працівникам, безпосередньо зайнятим виконанням

конкретної теми, обчисленої за посадовими окладами, відрядними розцінками, тарифними ставками згідно з чинними в організаціях системами оплати праці.

Основна заробітна плата дослідників

Витрати на основну заробітну плату дослідників ( $Z_o$ ) розраховуємо у відповідності до посадових окладів працівників, за формулою [1]:

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

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

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

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

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

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

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 5.5 – Витрати на заробітну плату дослідників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн
Керівник проекту	16000	727,3	5	3636
Інженер	9000	409,1	31	12682
Всього				16318

Основна заробітна плата робітників

Витрати на основну заробітну плату робітників ( $Z_p$ ) за відповідними найменуваннями робіт НДР на тему "Підвищення якості відновлення

робочих поверхонь вісі маятникових важелів рульового керування тролейбуса ЗИУ-9" розраховуємо за формулою:

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

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

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

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

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

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

$K_i$  – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду (табл. Б.2, додаток Б) [1];

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

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

$t_{зм}$  – тривалість зміни, год.

$$C_1 = 6700,00 \cdot 1,1 \cdot 1,65 / (21 \cdot 8) = 72,4 \text{ грн.}$$

$$Z_{p1} = 72,4 \cdot 5 = 361,9 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.6 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Тривалість роботи, год	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка, грн	Величина оплати на робітника грн
1. Мийна	5	2	72,4	361,9
2. Токарна	7	4	98,7	690,9
3. Наплавлювальна	5	5	111,9	559,3
4. Токарна	2	2	72,4	144,8
5. Шліфувальна	5	5	111,9	144,8
6. Контрольна	1	3	53,8	53,8
Всього				1955,6

Додаткова заробітна плата дослідників та робітників

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

$$Z_{\text{дод}} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{\text{дод}}}{100\%}, \quad (5.9)$$

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

$$Z_{\text{дод}} = (16318 + 1955,6) \cdot 11 / 100\% = 2010,11 \text{ грн.}$$

### 5.3.2 Відрахування на соціальні заходи

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

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

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



$$Z_n = (16318 + 1955,6 + 2010,11) \cdot 22 / 100\% = 4462,45 \text{ грн.}$$

### 5.3.3 Сировина та матеріали

До статті «Сировина та матеріали» належать витрати на сировину, основні та допоміжні матеріали, інструменти, пристрої та інші засоби і предмети праці, які придбані у сторонніх підприємств, установ і організацій та витрачені на проведення досліджень за темою "Підвищення якості відновлення робочих поверхонь вісі маятникових важелів рульового керування тролейбуса ЗИУ-9" .

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

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

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

$n$  – кількість видів матеріалів;

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

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

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

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

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 5.7 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, грн	Норма витрат, кг	Вартість витраченого матеріалу, грн
Електродний дріт Нп-30ХГСА	100	3	300
Порошок ПГ-10Н-01	170	2	340
Вуглекислий газ	9	10	90
Газ Аргон	25	18	450
Всього			1180
З врахуванням коефіцієнта транспортування			1298

### 5.3.4 Розрахунок витрат на комплектуючі

Витрати на комплектуючі ( $K_e$ ), які використовують при проведенні НДР на тему "Підвищення якості відновлення робочих поверхонь вісі маятникових важелів рульового керування тролейбуса ЗИУ-9".

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

$$K = \sum_1^n N_i \cdot C_i \cdot K_i \quad \text{грн.}, \quad (5.12)$$

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

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

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

$n$  – кількість видів комплектуючих.

Зроблені розрахунки бажано звести до таблиці:

Таблиця 5.8 – Витрати на комплектуючі

Найменування комплектувальних	Кількість	Ціна за штуку, грн.	Сума, грн.
Напилювальна установка з ЧПК	1	75000	75000
Обертач	1	20000	20000
Плазматрон	1	10000	10000
Всього з врахування коефіцієнт транспортних витрат			115500,00

### 5.3.5 Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень

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

$$A_{обл} = \frac{C_{об}}{T_e} \cdot \frac{t_{вик}}{12}, \quad (5.13)$$

де  $C_0$  – балансова вартість обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, які використовувались для проведення досліджень, грн;

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

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

$$A_{обл} = (40000 \cdot 2) / (2 \cdot 12) = 3333,33 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 5.9 – Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн
1. Комп'ютер	40000	2	2	3333,33
2. Приміщення	208000	20	2	1733,33
Всього				5066,67

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

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

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{ени}}{\eta_i}, \quad (5.14)$$

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

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

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

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

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

$$B_e = 0,25 \cdot 285,0 \cdot 7,5 \cdot 0,5 / 0,8 = 333,98 \text{ грн.}$$

### 5.3.7 Службові відрядження

До статті "Підвищення якості відновлення робочих поверхонь вісі маятникових важелів рульового керування тролейбуса ЗИУ-9" належать витрати на відрядження штатних працівників, працівників організацій, які працюють за договорами цивільно-правового характеру, аспірантів, зайнятих розробленням досліджень, відрядження, пов'язані з проведенням випробувань машин та приладів, а також витрати на відрядження на наукові з'їзди, конференції, наради, пов'язані з виконанням конкретних досліджень.

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

$$B_{cb} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{cb}}{100\%}, \quad (5.15)$$

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

$$B_{cb} = (16318 + 1955,6) \cdot 20 / 100\% = 3654,75 \text{ грн.}$$

### 5.3.8 Інші витрати

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

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

$$I_{\varepsilon} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{i\varepsilon}}{100\%}, \quad (5.16)$$

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

$$I_{\varepsilon} = (16318+1955,6) \cdot 50 / 100\% = 9136,87 \text{ грн.}$$

### 5.3.9 Накладні (загально виробничі) витрати

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

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

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

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

$$V_{нзв} = (16318+1955,6) \cdot 100 / 100\% = 18273,74 \text{ грн.}$$

Витрати на проведення науково-дослідної роботи на тему "Підвищення якості відновлення робочих поверхонь вісі маятникових важелів рульового

керування тролейбуса ЗИУ-9" розраховуємо як суму всіх попередніх статей витрат за формулою:

$$B_{заг} = Z_o + Z_p + Z_{доо} + Z_n + M + K_в + B_{спец} + B_{прз} + A_{обл} + B_e + B_{св} + B_{сп} + I_в + B_{нзв}. \quad (5.18)$$

$$B_{заг} = 16318 + 1955,6 + 2010,11 + 4462,45 + 1298 + 115500,00 + 5066,67 + 333,98 + 3654,75 + 9136,87 + 18273,74 = 178010,32 \text{ грн.}$$

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

$$ZB = \frac{B_{заг}}{\eta}, \quad (5.19)$$

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

$$ZB = 178010,32 / 0,5 = 356020,64 \text{ грн.}$$

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

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

Результати дослідження проведені за темою "Підвищення якості відновлення робочих поверхонь вісі маятникових важелів рульового керування тролейбуса ЗИУ-9" передбачають комерціалізацію протягом 3-х років реалізації на ринку.

В цьому випадку основу майбутнього економічного ефекту будуть формувати:

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

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

$C_o$  – вартість послуги у році до впровадження інформаційної системи, прийmemo 90000,00 грн;

$\pm \Delta C_o$  – зміна вартості послуги від впровадження результатів, прийmemo зростання на 750,00 грн.

Можливе збільшення чистого прибутку у потенційного інвестора  $\Delta \Pi_i$  для кожного із 3-х років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, розраховуємо за формулою [1]:

$$\Delta \Pi_i = (\pm \Delta C_o \cdot N + C_o \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\mathcal{G}}{100}\right), \quad (5.20)$$

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

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

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

Збільшення чистого прибутку 1-го року:

$$\Delta \Pi_1 = (1 \cdot 750 + 90000 \cdot 28) \cdot 0,83 \cdot 0,4 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 434198,26 \text{ грн.}$$

Збільшення чистого прибутку 2-го року:

$$\Delta\Pi_2 = (1 \cdot 750 + 90000 \cdot (28 + 16)) \cdot 0,83 \cdot 0,4 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 682860,21 \text{ грн.}$$

Збільшення чистого прибутку 3-го року:

$$\Delta\Pi_3 = (1 \cdot 750 + 90000 \cdot (28 + 16 + 10)) \cdot 0,83 \cdot 0,4 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 837885,26 \text{ грн.}$$

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

$$ПП = \sum_{i=1}^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^t}, \quad (5.21)$$

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

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

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

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

$$\begin{aligned} ПП &= 434198,26 / (1 + 0,18)^1 + 682860,21 / (1 + 0,18)^2 + 837885,26 / (1 + 0,18)^3 = \\ &= 1323182,96 \text{ грн.} \end{aligned}$$

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

$$PV = k_{инв} \cdot ЗВ, \quad (5.22)$$



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

$ZB$  – загальні витрати на проведення науково-технічної розробки та оформлення її результатів, приймаємо 356020,64 грн.

$$PV = k_{инв} \cdot ZB = 2 \cdot 356020,64 = 712041,28 \text{ грн.}$$

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

$$E_{абс} = III - PV \quad (5.23)$$

де  $III$  – приведена вартість зростання всіх чистих прибутків від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, 1323182,96 грн;

$PV$  – теперішня вартість початкових інвестицій, 712041,28 грн.

$$E_{абс} = III - PV = 1323182,96 - 712041,28 = 611141,67 \text{ грн.}$$

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

$$E_e = \sqrt[T_{ж}]{1 + \frac{E_{абс}}{PV}} - 1, \quad (5.24)$$

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

$PV$  – теперішня вартість початкових інвестицій, грн;

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

$$E_g = \sqrt[3]{1 + \frac{E_{абс}}{PV}} - 1 = (1 + 611141,67 / 712041,28)^{1/3} - 1 = 0,40.$$

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

$$\tau_{мін} = d + f, \quad (5.25)$$

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

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

$\tau_{мін} = 0,1 + 0,25 = 0,35 < 0,40$  свідчить про те, що внутрішня економічна дохідність інвестицій  $E_g$ , які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки вища мінімальної внутрішньої дохідності. Тобто інвестувати в науково-дослідну роботу за темою «Інформаційна технологія онтологічного моделювання бази знань з організації бібліотеки» доцільно.

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

$$T_{ок} = \frac{1}{E_g}, \quad (5.26)$$

де  $E_g$  – внутрішня економічна дохідність вкладених інвестицій.

$$T_{ок} = 1 / 0,4 = 2,5 \text{ р.}$$

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

### 5.5 Висновки до розділу

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки за темою "Підвищення якості відновлення робочих поверхонь вісі маятникових важелів рульового керування тролейбуса ЗИУ-9" становить 33 бали, що, свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень оскільки рівень комерційного потенціалу розробки вище середнього.

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

Також термін окупності становить 2,5 роки, що менше 3-х років, що свідчить про комерційну привабливість науково-технічної розробки і може спонукати потенційного інвестора профінансувати впровадження даної розробки та виведення її на ринок.

Отже можна зробити висновок про доцільність проведення науково-дослідної роботи за темою "Підвищення якості відновлення робочих поверхонь вісі маятникових важелів рульового керування тролейбуса ЗИУ-9".

## **6 ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

Державна політика з питань охорони праці в Україні регулюється законодавчими та нормативно-правовими актами, зокрема Законом України «Про охорону праці» від 14 жовтня 1992 р.

Цей Закон визначає основні положення щодо реалізації конституційного права громадян про охорону їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, регулює за участі відповідних державних органів відносини між власником підприємства, установи й організації або уповноваженим ним органом і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

Під час дослідження підвищення якості відновлення робочих поверхонь вісі маятникових важелів рульового керування тролейбуса ЗиУ-9 на працівника могли мати вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1. Фізичні: підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищена чи понижена температура повітря робочої зони; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищений рівень електромагнітного випромінювання; підвищена чи понижена іонізація повітря; пряма і відбита блискість; підвищення яскравість; недостатня освітленість робочої зони.

2. Психофізіологічні: статичне перевантаження; розумове перевантаження; емоційні перевантаження.

Відповідно до наведених факторів здійснюємо планування щодо безпечного виконання роботи.

### 6.1. Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

Під робочим місцем дослідника підвищення якості відновлення робочих поверхонь вісі маятникових важелів рульового керування тролейбуса ЗиУ-9 мається на увазі зона його трудової діяльності, оснащення необхідними засобами праці.

Загальною вимогою раціональної організації робочих місць є створення працівникам максимальної зручності для здійснення їх діяльності, вивільнення від нераціональних переміщень та рухів, зниження на цій основі витрат праці на виконувану роботу. Економія часу і сил працівника - головні критерії раціональності організації робочих місць.

Робоче місце і взаємне розташування усіх її елементів має відповідати антропометричним, фізичним і неординарним психологічним вимогам [22]. Важливе значення має також характеру роботи. Зокрема, з організацією робочого місця проектувальника мають бути дотримані такі основні умови:

- оптимальне розміщення устаткування, що до складу робочого місця;
- достатній робочий простір, що дозволяє здійснювати всі необхідні руху, і переміщення;
- необхідне природне, і штучне висвітлення до виконання поставлених завдань;
- рівень акустичного шуму, який не перевищує допустимого значення;
- достатня вентиляція робочого місця;

Головними елементами робочого місця розробника є письмовий стіл і крісло. Основним робочим положенням є положення сидячи. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи організується відповідно до вимог [22].

Необхідно передбачити при проектуванні можливість різного розміщення документів: збоку від ПК, між монітором і клавіатурою і т.п. Крім того, у випадках, коли ПК має низьку якість зображення, наприклад, помітні миготіння, відстань від очей до екрана роблять більшою (близько 700 мм), ніж відстань від ока до документа (300...450 мм). В загальному випадку, при високій якості зображення на ПК відстань від очей користувача до екрана, документа і клавіатури може бути рівним.

Велике значення надається характеристикам робочого крісла [23]. При проектуванні крісла виходять з того, що при будь-якому робочому положенні дослідника його поза повинна бути фізіологічно правильно обгрунтованою, тобто положення частин тіла повинно бути оптимальним. Для задоволення вимог фізіології, що випливають з аналізу положення тіла людини в положенні сидячи, конструкція робочого сидіння повинна відповідати таким основним вимогам:

- допускати можливість зміни положення тіла, тобто забезпечити вільне переміщення корпусу і кінцівок тіла один щодо одного;
- допускати регулювання висоти в залежності від росту працюючої людини (в межах від 400 до 550 мм);
- мати злегка увігнуту поверхню, мати невеликий нахил, тому поверхню сидіння рекомендується робити м'якою, передній край закругленим, а кут нахилу спинки робочого крісла - регульованим.

Приміщення, де здійснювалася робота за небезпекою ураження електричним струмом можна віднести до 1 класу, тобто це приміщення без підвищеної небезпеки (сухе, мало заповишене, з нормальною температурою повітря, ізольованими підлогами і малим числом заземлених приладів) [4].

На робочому місці з усього обладнання металевим є лише корпус системного блоку комп'ютера, в якого крім робочої ізоляції передбачений елемент для заземлення та провід з заземлюючий жилкою для приєднання до джерела живлення.

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

Для забезпечення безпеки встановлюються наступні технічні рішення:

- Забезпечено недоступність струмопровідних частин (застосована схована проводка, кабель прокладений у спеціальних ринвах).

- Забезпечено ізолювання струмопровідних частин з використанням ізоляції, опір якої не нижче 1кОм/В, передбачені постійний контроль і профілактика ізоляції.

- Напруга освітлювальної мережі приймається 220 В із заземленою нейтраллю.

У випадку виникнення аварійної ситуації працівник зобов'язаний:

- у всіх випадках виявлення пошкодження проводів електричного живлення, несправності заземлення та інших пошкодженнях електрообладнання, виникненні запаху гарі, диму - негайно вимкнути електричне живлення і повідомити про аварійну ситуацію свого безпосереднього керівника й чергового електрика;

- при попаданні людини під електричну напругу негайно звільнити її від дії струму шляхом вимкнення електричного живлення, до прибуття лікаря надати потерпілому долікарську медичну допомогу;

- при будь-яких випадках порушень роботи технічного обладнання або програмного забезпечення негайно викликати представника технічної служби з питань експлуатації обчислювальної техніки;

- у випадку виникнення різі в очах, різкого погіршення зору, виникнення головного болю, больових відчуттів у пальцях та кистях рук, посилення серцебиття - негайно припинити роботу з використанням ПК,

повідомити про те, що сталося, свого безпосереднього керівника й звернутися до медичної установи;

– при загорянні обладнання негайно відключити його від електромережі;

– про загорання повідомити свого безпосереднього керівника, оперативного чергового, пожежну службу; ужити заходів щодо ліквідації вогню за допомогою вуглекислотного або порошкового вогнегасника.

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

### 6.2.1. Мікроклімат

Робота, яка виконується дослідником підвищення якості відновлення робочих поверхонь вісі маятникових важелів рульового керування тролейбуса ЗиУ-9 за енерговитратами відноситься до категорії I а (енерговитрати до 139Дж/с) [25]. Допустимі параметри мікроклімату для цієї категорії наведені в табл. 6.1 (відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 [6]).

Таблиця 6.1 – Параметри мікроклімату

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

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату в приміщенні передбачено система опалення, система кондиціонування та систематичне вологе прибирання.

Вимірювання параметрів мікроклімату проводиться на робочому місці і в робочій зоні на початку, в середині та в кінці робочої зміни. Вимірювання здійснюються не менше 2-х разів на рік (теплий та холодний періоди року) у порядку поточного санітарного нагляду, а також при



прийманні до експлуатації нового технологічного устаткування, внесенні технічних змін в конструкцію діючого устаткування, організації нових робочих місць тощо.

#### 6.2.2. Склад повітря робочої зони

У сучасній техніці застосовується безліч речовин, які можуть потрапляти в повітря і становити небезпеку здоров'ю людей. Для визначення небезпечності досліджується вплив цих речовин на організм людини і встановлюють безпечні для людини концентрації та дози, які можуть потрапити різними шляхами в організм людини.

Для створення здорових і безпечних умов праці потрібно мати гігієнічне нормування шкідливих речовин, надійні способи визначення їх концентрацій у повітрі і сучасне технічне та організаційне забезпечення їх знешкодження.

В приміщенні, де здійснюється дослідження підвищення якості відновлення робочих поверхонь вісі маятникових важелів рульового керування тролейбуса ЗиУ-9 можливими шкідливими речовинами у повітрі є пил та озон. Джерелами цих речовин є офісна техніка. Пил потрапляє у приміщення ззовні. ГДК шкідливих речовин, які знаходяться в досліджуваному приміщенні, наведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

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

Параметри іонного складу повітря на робочому місці, що обладнане ПК, повинні відповідати допустимим нормам (табл. 6.3).

Таблиця 6.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

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

Для забезпечення комфортних умов використовуються як організаційні методи (раціональна організація проведення робіт залежно від пори року і доби, чергування праці і відпочинку), так і технічні засоби (вентиляція, кондиціонування повітря, опалювальна система).

### 6.2.3. Виробниче освітлення

Серед чинників зовнішнього середовища, що впливають на організм людини в процесі праці, світло посідає одне з перших місць. Адже відомо, що майже 90 % усієї інформації про довкілля людина одержує через органи зору. Підчас здійснення будь-якої трудової діяльності втомлюваність очей, в основному, залежить від напруженості процесів, що супроводжують зорове сприйняття. До таких процесів належать адаптація, акомодация та конвергенція.

Світло впливає не лише на функцію органів зору, а й на діяльність організму в цілому. У разі поганого освітлення людина швидко втомлюється, працює менш продуктивно, зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків.

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату) при природному та сумісному освітленні, які необхідно забезпечити під час виконання роботи зазначені у таблиці 6.4 (відповідно ДБН В.2.5-28-2018 [27]):

Таблиця 6.4 - Норми освітленості в приміщенні

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

Для забезпечення достатнього освітлення передбачені такі заходи:

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

#### 6.2.4. Виробничий шум

Для робочих місць в приміщеннях із ПК характерна наявність механічних шумів (виникають внаслідок коливання деталей машин та їхнім взаємним переміщенням), аеродинамічних шумів (виникають в пружних конструкціях у газі або рідині) та шумів електричних машин.

Деякі ПК є потенційними джерелами цілого ряду звукових коливань як чутного, так і ультразвукового діапазону. Найчастіше рівні акустичного випромінювання, що виходить від ПК, охоплюють діапазон частот від 6,3 до 40 кГц.

Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку відображені в ДСН 3.3.6.037-99 [28]. Для умов виконання роботи допустимі рівні звукового тиску повинні наведені в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного широкополосного шуму

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

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

#### 6.2.5. Виробничі випромінювання

Під час дослідження підвищення якості відновлення робочих поверхонь вісі маятникових важелів рульового керування тролейбуса ЗиУ-9 існує ризик виникнення підвищеного рівня електромагнітного поля. Неприятливу дію на організм людини мають електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону, джерелами яких є телевізійні і радіомовні станції, пристрої стільникового радіозв'язку, апарати високочастотного нагрівання і навіть побутова апаратура.

Електромагнітні поля чинять термічний і морфологічний вплив на організм людини, викликаючи в ньому функціональні зміни.

Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань від монітора комп'ютера представлені в табл. 6.6.

Таблиця 6.6 - Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань

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

Для зниження дії цих видів випромінювання рекомендується застосовувати монітори із зниженим рівнем випромінювання (MPR-II, ТСО-92, ТСО-99, ТСО-03), а також дотримувати регламентовані режими праці і відпочинку.

6.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи РЕС тролейбуса в умовах дії загрозливих факторів НС

6.3.1 Дія електромагнітних випромінювань на радіоелектронні системи

Робота радіоелектронної системи (РЕС) в умовах дії радіоактивних випромінювань має таку специфіку: РЕС може раптово втратити працездатність при критичних рівнях радіації; в елементах схем РЕС можуть початись зворотні та незворотні процеси.

При електромагнітному імпульсі можуть спостерігатись високі імпульси струмів і напруг у провідниках та кабелях зв'язку, електропередач, систем обчислювальних машин і автоматичних систем управління, антенах радіостанцій тощо [32].

6.3.2 Дослідження стійкості роботи РЕС тролейбуса в умовах дії електромагнітного імпульсу

Вихідні дані:  $E_B = 27$  кВ/м;  $U_{жс} = 600 \pm 5\%$  В;  $l_\Gamma = 1,5$  м;  $l_B = 0,4$  м.

За критерій стійкості роботи радіоелектронних систем в цих умовах приймаємо коефіцієнт безпеки:

$$K_\epsilon = 20 \lg \frac{U_\delta}{U_{\epsilon(z)}} \geq 40 \text{ [дБ]}, \quad (6.1)$$

де  $U_\delta$  – допустимі коливання  $U_{жс}$ , В;

$U_{\epsilon(z)}$  – напруга наведення в вертикальних (горизонтальних) струмопровідних частинах, В.

Визначаємо горизонтальну складову напруженості електромагнітного поля за формулою

$$E_2 = 10^{-3} E_6 \text{ [кВ/м]}, \quad (6.2)$$

де  $E_6$  – вертикальна складова напруженості електромагнітного поля, кВ/м.

Визначаємо вертикальну та горизонтальну напруги наведення на струмопровідних частинах РЕА за формулами:

$$U_6 = E_2 l_6 \text{ [В]}, \quad (6.3)$$

$$U_2 = E_6 l_2 \text{ [В]}, \quad (6.4)$$

де  $l_6, l_2$  – довжини вертикальної та горизонтальної струмопровідних частин РЕА, відповідно, м.

Визначаємо допустиме коливання напруги живлення:

$$U_d = U_{жс} + \frac{U_{жс}}{100} N \text{ [В]}, \quad (6.5)$$

де  $U_{жс}$  – робоча напруга живлення, В;

$N$  – допустимі коливання напруги, %.

Підставляючи відомі значення у формули (5.2, ..., 5.5, 5.1) отримаємо

$$E_2 = 10^{-3} \cdot 27 = 0,027 \text{ (кВ/м)};$$

$$U_6 = 0,027 \cdot 1000 \cdot 0,4 = 10,8 \text{ (В)};$$

$$U_2 = 27 \cdot 1000 \cdot 1,5 = 40500 \text{ (В)};$$

$$U_{\partial} = 600 + \frac{600}{100} \cdot 5 = 630 \text{ (В)};$$

$$K_{\partial\partial} = 20 \lg \frac{630}{10,8} = 80,2 \text{ (дБ)};$$

$$K_{\partial z} = 20 \lg \frac{630}{40500} = -43,0 \text{ (дБ)}.$$

Оскільки  $(K_{\partial\partial} = 80,2 \text{ дБ}) > (K_{\text{ном}} = 40 \text{ дБ})$  і  $(K_{\partial z} = -43,0 \text{ дБ}) < (K_{\text{ном}} = 40 \text{ дБ})$ , то РЕС є нестійкою до дії електромагнітного імпульсу.

6.3.3 Розробка превентивних заходів по підвищенню стійкості роботи РЕС тролейбуса в умовах дії надзвичайних ситуацій

Найбільш ефективним способом підвищення стійкості роботи РЕС є екранування системи або її елементів. Для цього проводиться розрахунок екрану. Розраховуємо перехідне затухання енергії електричного поля сталевим екраном:

$$A = K_{\text{ном}} - K_{\text{мін}} \text{ [дБ];} \quad (6.6)$$

$$A = 40 - (-43,0) = 83 \text{ (дБ)},$$

де  $K_{\text{ном}}$  – номінальний коефіцієнт безпеки ( $K_{\text{ном}} = 40 \text{ дБ}$ );

$K_{\text{мін}}$  – мінімальний розрахунковий коефіцієнт безпеки.

Товщину захисного екрану визначаємо за формулою:

$$t = \frac{A}{k\sqrt{f}} \text{ [см];} \quad (6.7)$$

$$t = \frac{83}{5,2 \cdot \sqrt{25000}} = 0,101 \text{ (см)} = 1,01 \text{ (мм)},$$

де  $k$  – коефіцієнт, який для сталевих екранів дорівнює 5,2;

$f$  – найбільш характерна частота, Гц ( $f = 25000 \text{ Гц}$ ).

Підвищення стійкості роботи РЕС тролейбуса можна досягти шляхом посилення найбільш слабких елементів і ділянок системи, а також завчасним проведенням комплексу інженерно-технічних, технологічних та організаційних заходів, які спрямовані на максимальне зниження дії уражаючих факторів і створення умов для відновлення працездатності пристрою.

#### Висновки

Було досліджено стійкість роботи РЕС тролейбуса в умовах впливу загрозливих факторів надзвичайних ситуацій. З дослідження впливу електромагнітного імпульсу на стійкість роботи РЕС тролейбуса можна сказати, що РЕС виявилася нестійкою в роботі. Застосування екранування РЕС суттєво підвищує її стійкість в умовах дії електромагнітного імпульсу.



## ВИСНОВКИ

В даній магістерській кваліфікаційній роботі викладено основні положення технологічного процесу відновлення вісі маятникових важелів тролейбуса. Було розглянуто можливі варіанти її відновлення і проаналізовано техніко-економічну доцільність вибору методу відновлення. Наплавлення в середовищі захисного газу та плазмове напилення – одні з найбільш ефективних та недорогих методів відновлення, які дозволяють наплавляти деталі малого діаметру та забезпечити відповідні якісні властивості.

На основі проведення defeкації деталі розроблено технологічний процес відновлення зношених поверхонь осі маятникових важелів, визначено кількість переходів, припуски на механічну обробку та проведено розрахунок режимів токарної обробки, режимів наплавлення та плазмового напилення відповідних поверхонь осі.

Також було проведено розрахунки САПР за допомогою «КОМПАС-3D» та програми «Наплавка» - що дало змогу доцільніше вибрати спосіб відновлення.

Проведені дослідження які показали, що при відновленні поверхонь із різцю, її треба зточувати, через ефект перемішування основного та наплавлюваних матеріалів. Також проведені дослідження по визначенню напружень в напиленому шарі, вони показали, що допустимі напруження значно більші а ніж ті, що виникають в матеріалі, що забезпечить хорошу адгезію між основою та напиленим шаром

Техніко економічні розрахунки показали, що різниця між ціною реалізації нового виробу та ціною аналога складає 23,52г рн – це хороший економічний ефект, адже відновлена деталь має кращі зносостійкі властивості і експлуатується в 2...3 рази довше.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й., Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с
2. Savulyak V.I. Melted steel reaction with carbon fibers / V.I. Savulyak O.V. Postupailo // The Eighth International Congress in Materials Science and Engineering – ISSIM - Iasi – Romania 2013. – p. 65-70.
3. Проектування технологічних процесів відновлення поверхонь : лабораторний практикум / [Савуляк В. І. Шенфельд В. Й., Дусанюк Ж. П.] – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 51 с.
4. Савуляк В.І. Економічні технології високоміцних графітізованих сплавів заліза. Монографія/ В.І. Савуляк, О.Б. Янченко// Вінниця: ВНТУ, 2014. – 160с.
5. Савуляк В.І. Вплив швидкості наплавлення на зносостійкість високовуглецевих шарів, нанесених методом електродугового наплавлення з використанням вуглецевих волокнистих матеріалів// В.І. Савуляк, В.Й. Шенфельд, О.Б. Янченко/«Наукові нотатки» / випуск 41 частина 1 – Луцьк, 2013. – с.224-229.
4. Savulyak V.I. Molten metal phase duration effect on the structure and hardness of high-carbon fused coating// V.I. Savulyak O.V. Postupailo, V.J.Shenfeld, O.B. Janchenco/ TENNOMUS journal / Romania, 2013 – P.29-33.
5. Савуляк В.І. Техніко-економічне обґрунтування способу відновлення деталей// В.І. Савуляк, О.П. Шиліна, Ж.П. Дусанюк, Ю.О. Слободянюк/ Збірник наукових праць ВНАУ. – 2012 . –С. 327-330.
6. Савуляк В.І. Витрати на електроенергію як критерій вибору способу нанесення покриття для відновлення деталей // В.І. Савуляк, О.П. Шиліна, Ж.П. Дусанюк, Ю.О. Слободянюк/ Вісник Вінницького політехнічного інституту – 2012. – №3 – с153-157.

7. Гайдамак О.Л. Розробка газодинамічного напилювального пристрою та дослідження швидкості руху напилюваних порошкових частинок//О.Л. Гайдамак, В.І. Савуляк. Вісник Вінницького політехнічного інституту. №6 (117), 2014. с 138-142.

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

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

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

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

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

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

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

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

12. Мікрометр гладкий МК ДСТУ 6507 – 90.

13. Зразки шорсткості поверхні. ДЕРЖСТАНДАРТ 9378-93.

14. ДСТУ ISO 6508-1:2013 Металеві матеріали. Визначення твердості за Роквеллом. Частина 1. Метод випробування (шкали А, В, С, D, Е, F, G, Н, К, N, Т) (ISO 6508-1:2005, IDT)
15. ГОСТ 6637-80. Фрези черв'ячні для шліцевих валів з евольвентним профілем. Технічні умови, 22с.
16. ДСТУ 2651:2006. Сталь вуглецева звичайної якості. Марки. Міждержавний стандарт, 8с.
17. ДСТУ 2444-94. Розрахунки та випробування на міцність. Опір втомі. Терміни та визначення, 61с.
18. [http://www.s-metall.com.ua/stal\\_40h.html](http://www.s-metall.com.ua/stal_40h.html)
19. <http://www.sdelaysam.info/metal/center.shtml>
20. ДСТУ OHSAS 18002:2015. Системи управління гігієною та безпекою праці. Основні принципи виконання вимог OHSAS 18001:2007 (OHSAS 18002:2008, IDT). К. : ГП «УкрНИУЦ», 2016. 21 с.
21. ДСНіПЗ.3.6.096-2002. Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0203-03>
22. НПАОП 40.1-1.32-01 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок (Правила устройства электроустановок. Электр рооборудование специальных установок). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>
23. ДСТУ EN 62305:2012 Блискавкозахист (європейський стандарт IEC 62305:2010). URL: <https://tdsb.com.ua/ru/dstu-en-62305/>
24. ДСТУБ В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.
25. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>.

26. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: [http://www.poliplast.ua/doc/dbn\\_v.1.1-7-2002.pdf](http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf)
27. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. URL: [http://sop.zp.ua/norm\\_праор\\_0\\_00-7\\_15-18\\_01\\_ua.php](http://sop.zp.ua/norm_праор_0_00-7_15-18_01_ua.php)
28. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>
29. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>
30. Правила улаштування електроустановок - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>
31. СН N 4557-88 Санитарные нормы ультрафиолетового излучения в производственных помещениях - [Електронний ресурс] - Режим доступу: [http://www.znaytovar.ru/gost/2/455788\\_Sanitarnye\\_normy\\_ultraf.html](http://www.znaytovar.ru/gost/2/455788_Sanitarnye_normy_ultraf.html).
32. Методичні вказівки до самостійної та індивідуальної роботи з дисципліни "Цивільний захист та охорона праці в галузі. Частина 1. Цивільний захист" / Уклад. О. В. Поліщук, О. В. Березюк, М. С. Лемешев. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 32 с.

Додаток А  
(Обов'язковий)

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ВІСІ  
МАЯТНИКОВИХ ВАЖЕЛІВ РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ ТРОЛЕЙБУСА  
ЗИУ-9

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри ГМ  
д.т.н., проф. \_\_\_\_\_ Л.К. Поліщук  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ  
на магістерську кваліфікаційну роботу  
ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ  
ВІСІ МАЯТНИКОВИХ ВАЖЕЛІВ РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ  
ТРОЛЕЙБУСА ЗИУ-9  
08 – 62. МКР.001.00.000 ТЗ

Керівник: к.т.н., доцент каф. ГМ  
\_\_\_\_\_ В.Й. Шенфельд  
Виконав: ст.гр. 13В-22м  
\_\_\_\_\_ Д.О. Бруслік

Вінниця 2023

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

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

### **1 Назва та об’єкт проектування**

Назва: Підвищення якості відновлення робочих поверхонь вісі маятникових важелів рульового керування тролейбуса ЗиУ-9.

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

Деталь „Вісь” служить для передачі руху від важеля поперечної рульової тяги до центрального важеля рульової трапеції. Креслення деталі валка містить всі необхідні відомості про деталь. Розглянемо робочі поверхні валка і їх призначення.

Робочі поверхні вісі, використовується для посадки валка по внутрішнім кільцям двохрядних радіальних підшипниках. Робочі поверхні повинні бути виконана по 6 квалітету точності з шорсткістю не більше як  $Ra=0.8$ . Решта поверхонь практично не зазнають ніяких суттєвих змін в процесі експлуатації і мають практично необмежений ресурс роботи. Тільки випадкові навантаження у вигляді ударів можуть пошкодити інші поверхні. Тобто інші ушкодження не можуть носити системний характер.

Якість напиленої поверхні найбільше підходить умовам експлуатації поверхні деталі валка: коефіцієнт продуктивності,  $KП \approx 1,8$  ; зниження опору втомленості – 15% КП ; деформація деталі після нарощування незначна ; міцність зчеплення 550 МПа ; доля основного металу в наплавленому – 20 %.

Цей метод дозволяє не тільки економити матеріал, збільшувати довговічність валка, економити енергоресурси, але й дає можливість значно



прискорити виробничій процес та за короткий час відновити валок для подальшої експлуатації.

Можливе суміщення технологічних і вимірювальних баз при виконанні розмірів, що мають вказані допустимі відхилення.

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

В якості чистових технологічних баз використовується центрові гнізда. Вказані на кресленні допустимі відхилення розмірів, шорсткості та відхилень геометричної форми та відносного розташування поверхонь з геометричними похибками верстатів є відповідними.

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“18” вересня 2023 року № 247, 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.

### **Мета і завдання роботи.**

**Мета роботи** є закріплення і розширення теоретичних та практичних навиків до проектування технологічних процесів відновлення деталей.

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

1. Техніко-економічне обґрунтування доцільності проектування;
2. Дослідження впливу механічної обробки на структуроутворення та якість напилених шарів;
3. Формування маршруту технологічного процесу відновлення деталі;
4. Розрахунок та призначення режимів механічної обробки до та після нанесення покриття;
5. Проектування розпилюючого пристрою для нанесення зносостійких покриттів;
6. Проектування устаткування з числовим програмним керуванням;

### **Джерелами розробки є:**

- методика проектування технологічного процесу відновлення деталей типу вал;
- методика модернізації та проектування конструкції технологічного обладнання;
- вимоги до комплексу документів “Єдина система конструкторської та технічної документації”;
- загальні правила класифікації, розробки технологічних процесів і вибір засобів технологічного оснащення та процесів Р 50-54-93-88;

- ДЕСТ 14.305-93 – Правила вибору технологічної оснастки;
  - технічна література, довідникові видання.
1. Савуляк В.І., Ремонт та відновлення деталей машин та апаратів. Методичні вказівки до виконання курсових проектів / В.І. Савуляк. - Вінниця: ВНТУ [Електронний ресурс], 2009.
  2. Шиліна О.П. Газотермічні методи напилювання покриттів. Навчальний посібник./ О.П. Шиліна, А.Ю. Осадчук/ ВНТУ, 2006. – 103 с
  3. Гругурко І.О. Технологія машинобудування (дипломне проектування. Навчальний посібник./І.О. Григурко, М.Ф. Брендюля, С.М. Доценко – 2007р. –768 с.
  4. Восстановление и повышение износостойкости и срока службы деталей машин / Под ред. д.т.н., проф. В.С. Попова. – Мотор Сич, 2004. – 394 с.
  5. Нанесення покриття : [навчальний посібник] / [ В. М. Корж, В. Д. Кузнецов, Ю. С. Борисов, К. А. Ющенко] ; за редакцією академіка НАН України К. А. Ющенка – К. : Аристей, 2005. – 204 с.
  6. Наплавлення: навч. посібник // Власов А.Ф., Кузнецов В.Д., Макаренко Н.О., Богущкий О.А. – Краматорськ, ДДМА, 2010. – 336с.
  7. Козловський, В. О. Основи підприємництва : навчальний посібник. Видання 3-ге, переробл. та доповн. / В. О. Козловський. Вінниця : 2023. 132 с.
  8. Оснач О. Ф. Промисловий маркетинг: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / О. Ф. Оснач, В. П. Пилипчук, Л. П. Коваленко – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 364 с.
  9. Савуляк В.І. Відновлення деталей автомобілів. Навчальний посібник / В.І. Савуляк, В.Т. Івацько. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 104 с.
  10. Савуляк В. І. Магістерська кваліфікаційна робота. Загальні вимоги та рекомендації до її виконання : навчальний посібник. / В. І. Савуляк, О. П. Шиліна – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 64 с.

### **3 Технічні вимоги та економічні показники**

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

Зміст розділів магістерської кваліфікаційної роботи та строки їх виконання визначаються завданням на магістерську кваліфікаційну роботу та положенням кафедри за модульно-рейтинговою оцінкою рівня та термінів виконання роботи.

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

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

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

#### **3.2 Вихідні дані для технологічного проектування**

Приймаємо наступні вихідні дані для технологічного проектування:

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

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

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

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

#### **3.4 Вимоги до охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях**

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

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

#### **4 Стадії та етапи розробки**

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

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

#### **5 Порядок контролю та приймання**

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

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

Додаток Б  
(Обов'язковий)

**КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ**

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ВІСІ  
МАЯТНИКОВИХ ВАЖЕЛІВ РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ ТРОЛЕЙБУСА  
ЗИУ-9

Дубл.			
Взам.			
Подп.			


08-62.МКР.001.00.000

ВНТУ

08-62.МКР.001.00.000

Вісь маятникових важелів

Вінницький національний технічний університет  
Кафедра ГМ

**Керівник**  
Шенфельд В.Й.

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ  
на технологічний процес відновлення  
вісі маятникових важелів

Студент гр. 13В-22м  
Бруслік Д.О.

Дубл.																				
Взам.																				
Подп.																				
															08-62.МКР.001.00.000					
Розроб.	Бруслік Д.О.				<b>ВНТУ</b>								08-62.МКР.001.00.000							
Перев.	Шенфельд В.Й.																			
М.контр.					<b>Вісь маятникових важелів</b>															
Н.контр.																				
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, найменування операції						Обозначення документа									
Б	Код, найменування обладнання				СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт					
Р	Назва документа				Код				Умовне позначення				Лист		Листів					
К/М																				
02	<b>Маршрутна карта ремонту</b>				08-62.МКР.001.00.000				МК											
03	Операційна карта точіння				08-62.МКР.001.00.000				ОК											
04	Операційна карта наплавки				08-62.МКР.001.00.000				ОК											
05	Операційна карта напилення				08-62.МКР.001.00.000				ОК											
06	Операційна карта точіння				08-62.МКР.001.00.000				ОК											
07	Операційна карта різьбонарізання				08-62.МКР.001.00.000				ОК											
08	Операційна карта свердління				08-62.МКР.001.00.000				ОК											
09	Операційна карта шліфування				08-62.МКР.001.00.000				ОК											
10	Операційна карта технічного контролю				08-62.МКР.001.00.000				ОК											
11	Відомість оснастки				08-62.МКР.001.00.000				ВО											
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
МК	<b>Відомість технологічної документації</b>																			



Дубл.																					
Взам.																					
Подп.																					
											08-62.МКР.001.00.000										
Розроб.	Бруслік Д.О.					ВНТУ									08-62.МКР.001.00.000						
Перев.	Шенфельд В.Й.																				
М.контр.						<b>Вісь маятникових важелів</b>															
Н.контр.																					
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции					Обозначение документа											
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт					
А 01	<b>05 Токарна</b>																				
Б 02	Токарно-гвинторізний верстат 16К20						Токар	3		1	1								0,21		
Т 03																					
А 04	<b>010 Наплавка</b>																				
Б 05	Токарно-гвинторізний верстат 16К20						Звар.	4		1	1								0,68		
Т 06	Наплавлювальна головка ОКС 6569																				
А 07	<b>015 Термічна</b>																				
Б 08	Індукційна піч ВЧГ-3-160/0,066						Терм.	4		1	1										
А 09	<b>020 Плазмове напилення</b>																				
Б 10	Плазмовею установка УПМ-125						Звар	3													
Т 11																	2,6	1,31			
А 12	<b>025 Токарна</b>																				
Б 13	Токарно-гвинторізний верстат 16К20						Токар	3		1	1										
Т 14																		0,18			
МК	Маршрутна карта ремонту																				

Дубл.			
-------	--	--	--

--	--	--	--	--	--

Взам.																						
Подп.																						
												08-62.МКР.001.00.000										
Розроб.	Бруслік Д.О.					<b>ВНТУ</b>							08-62.МКР.001.00.000									
Перев.	Шенфельд В.Й.																					
М.контр.						<b>Вісь маятникових важелів</b>																
Н.контр.																						
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции					Обозначение документа												
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт						
А 01	<b>030 Різьбонарізна</b>																					
Б 02	Токарно-гвинторізний верстат 16К20						Терм.	4		1	1											
А 03	<b>035 Свердлильна</b>																					
Б 04	Вертикально-свердлильномуверстаті2Н106П						Токар	3		1	1											
Т 05																						
А 06	<b>040 Термічна</b>																					
Б 07	Індукційна піч ВЧГ-3-160/0,066																				0,3	
Б 08																						
Т 09																						
А 10	<b>045 Шліфувальна</b>																					
Б 11	Шліфувальний верстат 3М151																				0,06	
Т 12	Центр 1-5-Н, абразивний круг 14А50СМ28К1, мікрометр																					
А 13	<b>050 Контроль</b>																					
Б 14	Стіл контрольний																					
Т 15	Мікрометр М375-1, кутомір																					
МК	Маршрутна карта ремонту																					

Дубл.														
Взам.														
Подп.														
										08-62.МКР.001.00.000		1	1	
Розроб.	Бруслік Д.О.			ВНТУ							08-62.МКР.001.00.000			
	Шенфельд В.Й.													
Перевір.														
Н.контр.				Вісь маятникових важелів										
Наименование операции			Материал	Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры				МЗ	КОИД		
05 Токарна			Сталь 40Х ГОСТ 4543-71	НВ 215...250	кг	3,14						1		
Оборудование, устройство ЧПУ			Обозначение программы	Т <sub>о</sub>	Т <sub>в</sub>	Т <sub>п-з</sub>	Т <sub>шт</sub>							
Р				ПИ		D	L	t	i	s	n	V		
О 01	1. Установити заготовку; закріпити; зняти													
Т 02	Центр І-5-Н ГОСТ 8742-75													
О 03	2. Точити поверхню 3 до розміру $\varnothing 23,7_{-0,1}$ мм													
Т 04	Різець Т15К6ГОСТ 18869-73; ШЦ-1-125-0,1													
Р 05						23,7 <sub>-0,1</sub>	20			0,6	1000	127,2		
О 06	3. Точити поверхню 1 до розміру $\varnothing 54,88_{-0,1}$ мм													
Т 07	Різець Т15К6ГОСТ 18869-73; ШЦ-1-125-0,1													
Р 08						54,88 <sub>-0,1</sub>	21,5			0,6	361	158,7		
О 09	4. Точити поверхню 4 до розміру $\varnothing 43,96_{-0,1}$ мм													
Т 10	Різець Т15К10 ГОСТ 18869-73; ШЦ-1-125-0,1					43,96 <sub>-0,1</sub>	45,5			0,6	1126	77,67		
Р 11														
О 12	5. Точити поверхню 2 до розміру $\varnothing 39,6_{-0,1}$ мм													
Т 13	Різець Т15К10 ГОСТ 18869-73; ШЦ-1-125-0,1													
Р 14														
ОК	<b>Операційна карта точіння</b>													

Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
										08-62.МКР.001.00.000									
Розроб.	Бруслік Д.О.																		
Перев.	Шенфельд В.Й.							<b>ВНТУ</b>								08-62.МКР.001.00.000			
										Вісь маятникових важелів									
Н.контр.																			
01	Код, наименование операции						Обозначение документа										МИ		
	<b>010 Наплавка</b>						ОКС 6569												
02							Код, наименование оборудования						Тв		То				
							Токарно-гвинторізний верстат 16К20								8,5				
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала						Код, обозначение				ОП	П	ЕВ	ЕН	КИ	Нрасх.			
Р	I, A	U, B	Vнапл.	Sm	dэ														
Б 03	Наплавлювальна головка ОКС 6569																		
М 04	Дріт Нп 30ХГСА															240.4			
05	Вуглекислий газ CO2															435.1			
О 06	1. Встановити деталь, закріпити, зняти																		
07	2. Наплавити поверхню деф. 3 до розміру Ø 25,6 <sub>-0,1</sub> мм																		
Р 08	90	18	0,24	2,3	1,2														
О09	3. Наплавити поверхню деф. 4 до розміру Ø 44,65 <sub>-0,1</sub> мм																		
Р 10	90	18	0,24	2,3	1,2														
О11	4. Наплавити поверхню деф. 1 до розміру Ø 56,87 <sub>-0,1</sub>																		
Р12	90	18	0,24	2,3	1,2														
О13																			
Р14																			
15																			
ОК	<b>Операційна карта наплавки</b>																		

Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
										08-62.МКР.001.00.000									
Розроб.	Бруслік Д.О.			<b>ВНТУ</b>						08-62.МКР.001.00.000									
Перев.	Шенфельд В.Й.									08-62.МКР.001.00.000									
Н.контр.				Вісь маятникових важелів															
01	Код, наименование операции				Обозначение документа								МИ						
	<b>020 Напилення</b>				<b>УМП-125</b>														
02					Код, наименование оборудования				Тв	То									
					Токарно-гвинторізний верстат 16К20					8,5									
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала				Код, обозначение				ОП П	ЕВ	ЕН	КИ	Нрасх.						
Р	I, A U, B VнапИл. Sm dэ																		
Б 03	Плазмова установка УМП-125																		
М 04	Дріт Нп 30ХГСА												240.4						
05	Вуглекислий газ CO2												435.1						
О 06	1. Встановити деталь, закріпити, зняти																		
07	2. Напилити поверхню деф. 2 до розміру Ø 41,95 <sub>-0,1</sub> мм																		
Р 08																			
О09																			
Р 10																			
О11																			
Р12																			
О13																			
Р14																			
15																			
ОК	<b>Операційна карта напилення</b>																		

ГОСТ 3.1407-86

Форма 1

Дубл.															
Взам.															
Подп.															
									08-62.МКР.001.00.000						
Розроб.	Бруслік Д.О.			ВНТУ								08-62.МКР.001.00.000			
Перев.	Шенфельд В.Й.														
										Вісь маятникових важелів					
Н.контр.															
01	Код, наименование операции				Обозначение документа							МИ			
	<b>025 Токарна</b>				НОТ №1875-82										
02					Код, наименование оборудования					Тв	То				
					16К20						0,58				
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала				Код, обозначение			ОП П	ЕВ	ЕН	КИ	Нрасх.			
Р								L,мм	t,мм	S,мм/об	п,об/хв	V,м/хв			
О 03	1.Встановити деталь, закріпити, зняти														
Т 04	Центр І-5-Н ГОСТ 8742-75														
О 05	2. Точити поверхню 3 до $\varnothing$ 24,6 <sub>-0,1</sub> мм.														
Т 06	Різець Т15К10 ГОСТ 18869-73, ШЦ-1-125-0.1														
Р 07								20	0,7	0,6	968	127,48			
О 08	3. Точити поверхню 4 до $\varnothing$ 44,65 <sub>-0,1</sub> мм.														
Т 09	Різець Т15К10 ГОСТ 18869-73, ШЦ-1-125-0.1														
Р 10								42	0,9	0,6	981,4	124,82			
О 11	4. Точити поверхню 1 до $\varnothing$ 55,76 <sub>-0,1</sub> мм.														
Т 12	Різець Т15К10 ГОСТ 18869-73, ШЦ-1-125-0.1														
Р 13								25	0,7	0,6	1200	93,63			
О 14															
Т 15															
Р 16															
ОК	<b>Операційна карта точіння</b>														

Дубл.												
Взам.												
Подп.												
								08-62.МКР.001.00.000				
Розроб.	Бруслік Д.О.						ВНТУ			08-62.МКР.001.00.000		
Перев.	Шенфельд В.Й.											
					Вісь маятникових важелів							
Н.контр.												
01	Код, наименование операции			Обозначение документа						МИ		
	045 Шліфувальна			НОТ №1875-82								
02				Код, наименование оборудования					ТВ	То		
				3М151В						0,36		
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала			Код, обозначение			ОП П	ЕВ	ЕН	КИ	Нрасх.	
Р							t,мм	S <sub>пп</sub> ,мм/об	S <sub>пв</sub> ,мм/об	n,об/хв	V <sub>кр</sub> ,м/с	
О 03	1. Установити деталь, закріпити, зняти											
Т 04	Центр І-5-Н ГОСТ 8742-75											
О 05	2. Шліфувати поверхню 1 до Ø 55 <sub>-0,12</sub> мм.											
Т 06	14А50СМ28К1 ПП-200х16х76 ГОСТ 17123-79,											
07	МК 50-2											
Р 08							0,2	0,05	4,8	159,2	30	
О 09	3. Шліфувати поверхню 2 до Ø 40 <sub>-0,039</sub> мм.											
Т 10	14А50СМ28К1 ПП-200х16х76 ГОСТ 17123-79,											
11	МК 50-2											
Р 12							0,2	0,05	4,8	159,2	30	
13	4. Шліфувати поверхню 4 до Ø 44 <sub>-0,039</sub> мм.											
14	14А50СМ28К1 ПП-200х16х76 ГОСТ 17123-79,											
15	МК 50-2						0,2	0,05	4,8	159,2	30	
ОК	<b>Операційна карта шліфування</b>											

Дубл.															
Взам.															
Подл.															
										08-62.МКР.001.00.000					
Розроб.	Бруслик Д.О.			ВНТУ									08-62.МКР.001.00.000		
Пров.	Шенфельд В.Й.														
										Вісь маятникових важелів					
Н.контр.															
Наименование операции								Наименование, марка материала					МД		
								Сталь 40Х ГОСТ 4543-71							
Наименование оборудования				То		Тв							Обозначение ИОТ		
<b>050 Контрольна</b>													№14-315		
Р	Контролируемые параметры			Код средств ТО				Наименование средств ТО					Объем и ПК		То/Тв
01	1. $\varnothing \varnothing 40_{-0.039\text{мм}}$ , $\varnothing 55_{-0.12\text{мм}}$ , М24, $\varnothing 44_{-0.039}$							ШЦ-1-125-0.1 ГОСТ 166-73					100		
02	2.Шорсткість оброб. поверхні							Зразки шорсткості поверхні ГОСТ 2789-73							
03	3. Відхилення від співвісності							Пристрій контрольний					100		
04															
05															
06															
07															
08															
09															
10															
11															
12															
13															
14															
OK		<b>Технічний контроль</b>													



Дубл.																				
Взам.																				
Подп.																				
												08-62.МКР.001.00.000								
Розроб.	Бруслік Д.О.					<b>ВНТУ</b>									08-62.МКР.001.00.000					
Перев.	Шенфельд В.Й.																			
М.контр.						<b>Вісь маятникових важелів</b>														
Н.контр.																				
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции				Обозначение документа											
Б	Код, наименование оборудования				СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К <sub>шт</sub>	Т <sub>шт</sub>	Т <sub>шт</sub>					
01				005	Центр I-5-N ГОСТ 8742-75; різець Т15К6ГОСТ 18869-73; ШЦ-1-125-0,1															
02				010	Наплавлювальна головка ОКС 6569															
03				020	Плазмова установка УМП-125															
04				025	Центр I-5-N ГОСТ 8742-75; Різець Т15К6ГОСТ 18869-73, ШЦ-1-125-0.1															
05				030	Центр I-5-N ГОСТ 8742-75; 14А50СМ28К1 ПП-200x16x76 ГОСТ 17123-79; МК 100-2															
06				045	Шаблон, кутомір, зразки шорсткості поверхні ГОСТ 2789 – 73.															
07																				
08																				
09																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
МК/ВО	<b>Відомість оснастки</b>																			

Дубл.															
Взам.															
Подп.															
										08-62.МКР.001.00.000					
Розроб.	Бруслік Д.О.			ВНТУ				08-62.МКР.001.00.000							
Перев.	Шенфельд В.Й.														
Н.контр.				Вісь маятникових важелів											
01	Код, наименование операции				Обозначение документа							МИ			
	<b>030 Різьбонарізна</b>				НОТ №1875-82										
02					Код, наименование оборудования					Тв	То				
					16К20						0,58				
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала				Код, обозначение			ОП П	ЕВ	ЕН	КИ	Нрасх.			
Р								L,мм	i,мм	S,мм/об	n,об/хв	V,м/хв			
О 03	1. Установити деталь, закріпити, зняти														
Т 04	Центр І-5-Н ГОСТ 8742-75														
О 05	2Нарізати різьбу М24 мм.														
Т 06	Різець Т15К6 ГОСТ 18869-73, ШЦ-1-125-0.1														
Р 07								20	2	0,6	759	57,7			
08															
09															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
ОК	<b>Операційна карта точіння</b>														

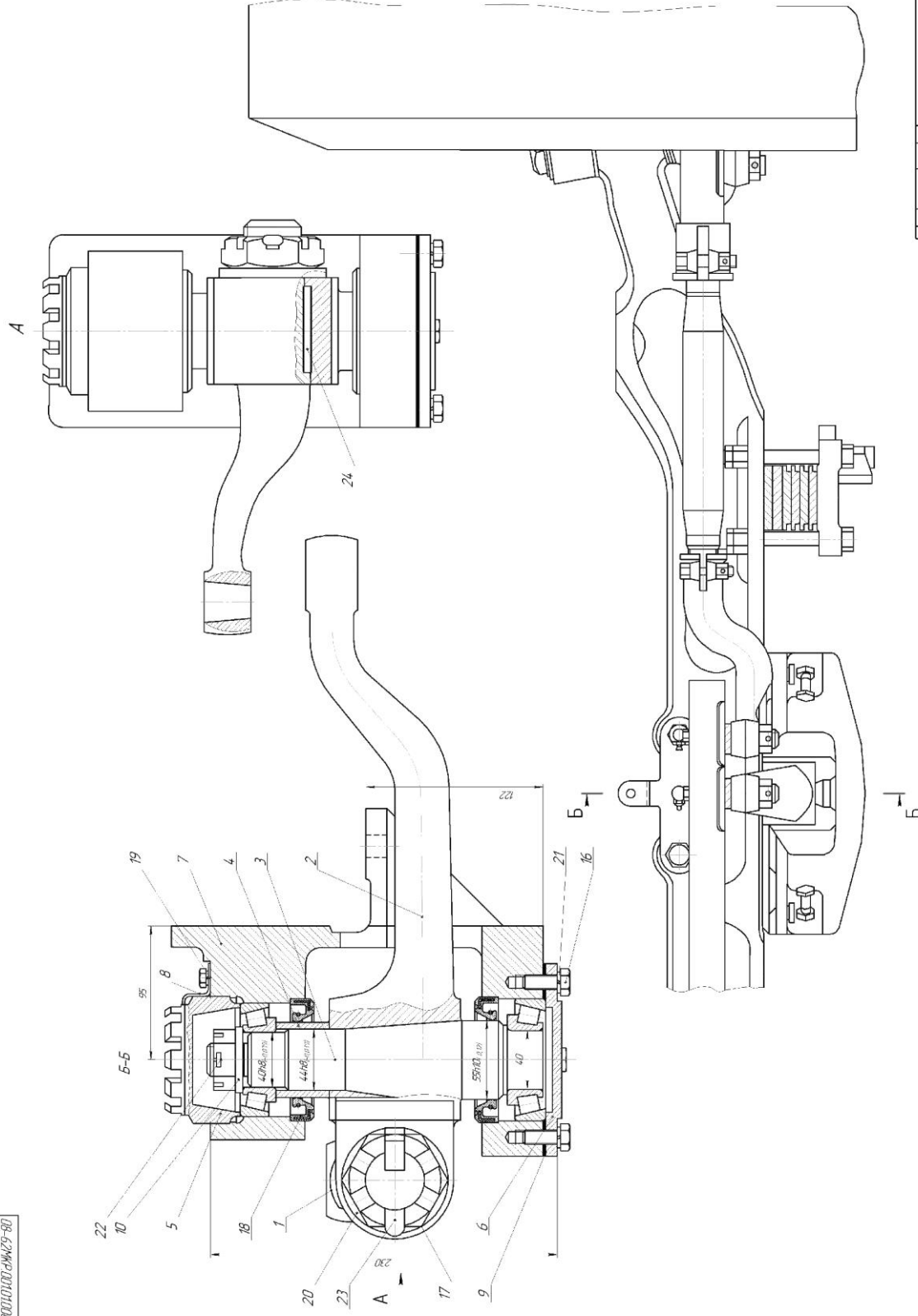
Взам.																			
Подп.																			
										08-62.МКР.001.00.000									
Розроб.	Бруслік Д.О.			ВНТУ					08-62.МКР.001.00.000										
Перев.	Шенфельд В.Й.																		
Н.контр.				Вісь маятникових важелів															
01	Код, наименование операции				Обозначение документа										МИ				
	<b>035 Свердлильна</b>				НОТ №1875-82														
02					Код, наименование оборудования						Тв		То						
					2Н106П								0,58						
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала				Код, обозначение				ОП П	ЕВ	ЕН		КИ	Нрасх.					
Р									L,мм	i,мм	S,мм/об		n,об/хв	V,м/хв					
О 03	1.Установити деталь, закріпити, зняти																		
Т 04																			
О 05	2Просвердлити отвід доØ4 мм.																		
Т 06	Свердло Р6М5 ГОСТ 18869-73																		
Р 07									24	2	0,09		729	9,95					
08																			
09																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
ОК	<b>Операційна карта точіння</b>																		

Додаток В  
(Обов'язковий)

**ГРАФІЧНА ЧАСТИНА**

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ВІСІ  
МАЯТНИКОВИХ ВАЖЕЛІВ РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ ТРОЛЕЙБУСА  
ЗИУ-9

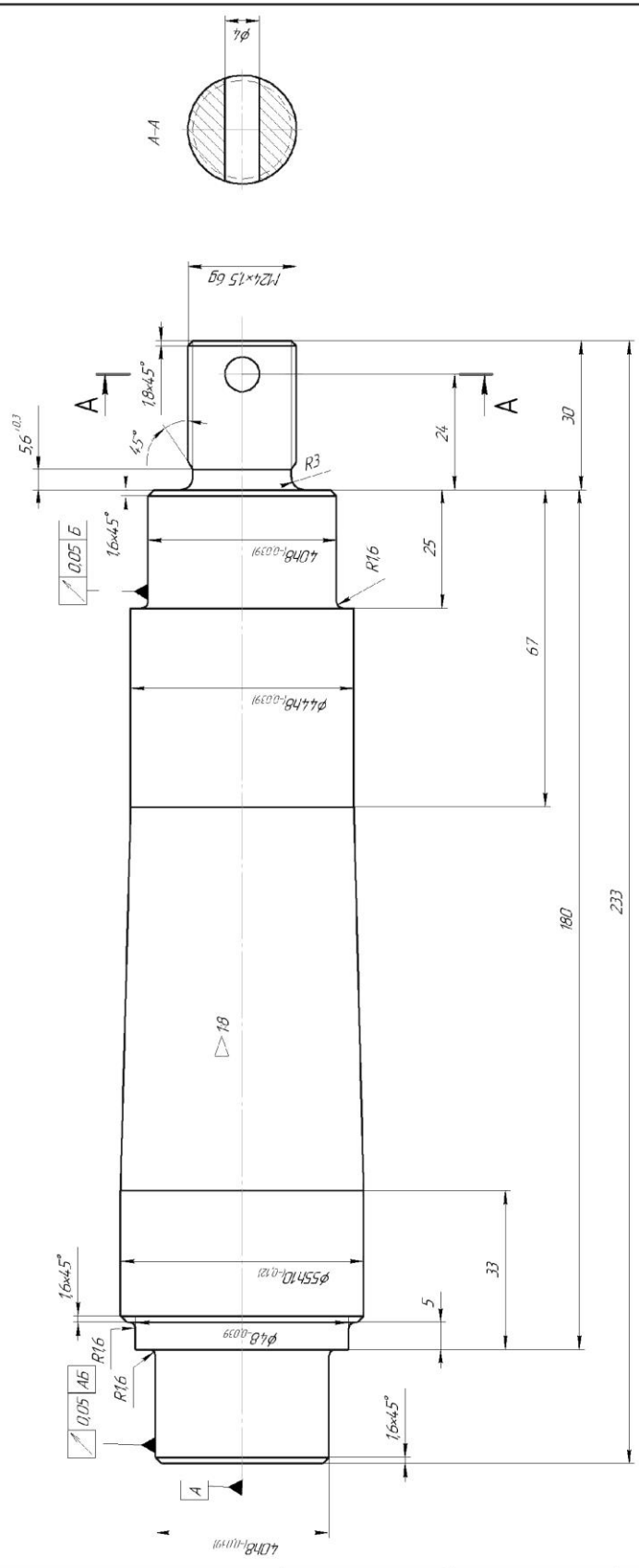
08-62MP00101000CK



08-62MP00101000CK		Лист	№	№	№
Исполнитель	Проверен	Утвержден	Дата	Лист	№
С.И.И.	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.

Исполнитель: И.И.И.

08-62МКР.001.02.003

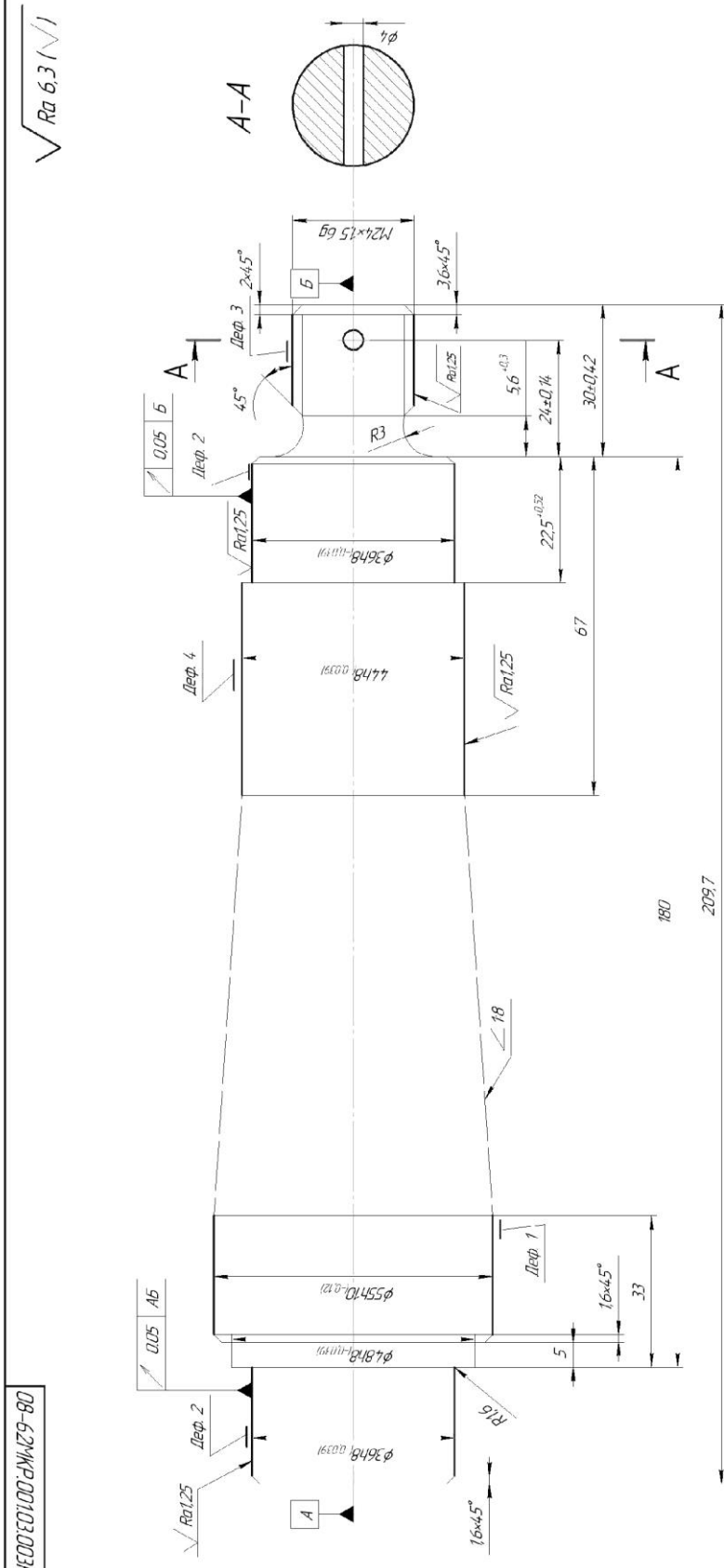


- Технічні вимоги
1. Твердість НВ 240-280.
  2. Биття поверхні Б та В відносно А не більше 0,05
  3. Конічну поверхню перевіряти по окрасці. Прилягання повинно бути рівномірним по окруженості на довжині не  $\leq 75\%$
  4. Н14, Н14,  $\frac{17,4}{2}$
  5. Гострі крошки не допускаються

08-62МКР.001.02.003		Лист	Креслення
Вид	Матеріал	Лист	Креслення
Розроб	Вироб	Н	11
Голов	Вироб	Лист	Всього 1
Число	Вироб	Сталь 40Х ГОСТ 4543-71 ВНУ ст. 138-224	
Уніт	Вироб	08-62МКР.001.02.003	

08-62МКР.001.02.003

МАН № розр.	Варт. у грн.	МАН № розр.	Варт. у грн.
МАН № розр.	Варт. у грн.	МАН № розр.	Варт. у грн.
МАН № розр.	Варт. у грн.	МАН № розр.	Варт. у грн.



08-62МКР.00103.003Р

Ra 6.3

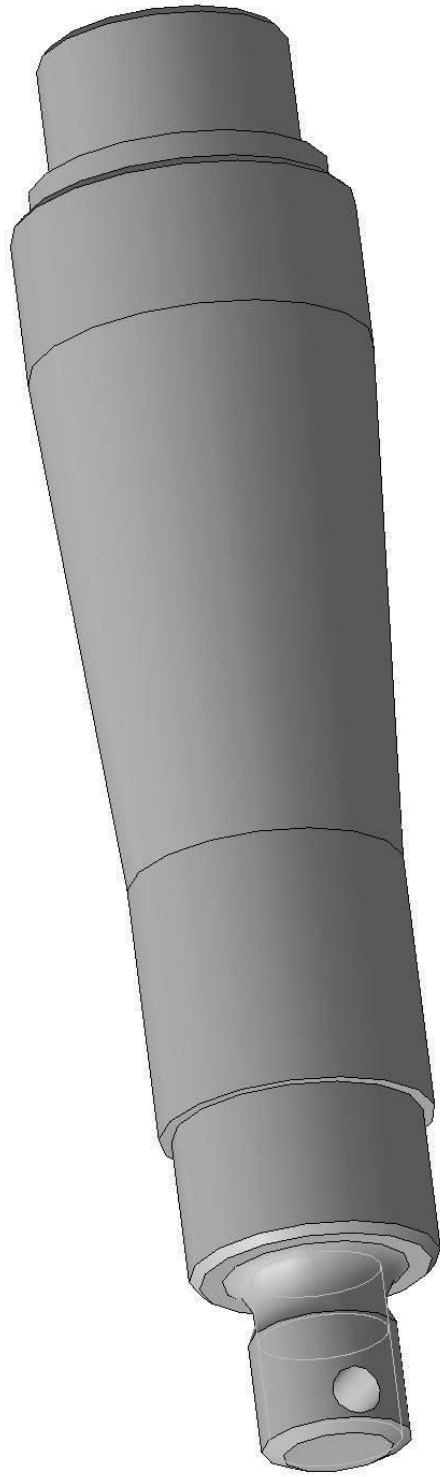
Технічні вимоги

1. Твердість НВ 240-280
2. Виття поверхні Б та В відносно А не більше 0,05
3. Ключичу поверхню перевіряти по окрасці.
4. Прилягання гвинтової ділини до вимірюваних по окружності на довжині не  $\leq 75\%$
5. Гострі краї не допускаються

№	Назва дефекта	Коефіцієнт підірваності дефекту		Основний спосіб усунення дефекту	Допустимий спосіб усунення дефекту
		Від загальної кількості деталей	Від загальної кількості прідельних деталей		
1	Абразивний знос поверхні	0,4	0,35	Наплавка в середовищі СО <sub>2</sub> дротом НР-ЗОХІСА ГОСТ 9378-75	Відрадіагоде наплавлення прабалка 1,2 НР ЗОХІСА ГОСТ 9389-75
2	Знос пасовичного місця під пильник	0,8	0,75	Плавне наплення дротом НР-ЗОХІСА ГОСТ 9378-75	Наплавка в середовищі СО <sub>2</sub> дротом НР-ЗОХІСА ГОСТ 9378-75
3	Знос різьби	0,2	0,9	Наплавка в середовищі СО <sub>2</sub> дротом НР-ЗОХІСА ГОСТ 9378-75	Відрадіагоде наплавлення прабалка 1,2 НР ЗОХІСА ГОСТ 9389-75
4	Абразивний знос поверхні	0,4	0,3	Наплавка в середовищі СО <sub>2</sub> дротом НР-ЗОХІСА ГОСТ 9378-75	Відрадіагоде наплавлення прабалка 1,2 НР ЗОХІСА ГОСТ 9389-75

08-62МКР.00103.003Р		Лист	Кресло	Кресленець
Вісь міжплічових вомелів		Лист	Кресло	Кресленець
Сталь 40Х ГОСТ 4543-71 ВНУ ст. ср. 198-22М		Лист	Кресло	Кресленець

№№ № позн.	№№ № позн.	№№ № позн.	№№ № позн.	№№ № позн.	№№ № позн.
№№ № позн.	№№ № позн.	№№ № позн.	№№ № позн.	№№ № позн.	№№ № позн.





№ опер	Операційні переходи	Схеми установки	Моделі верстатів
005	<b>Токарна</b> 1. Встановити заготовку. 2. Точити поверхні згідно ескізу. Поверхні 2, 3, 4 до розміру $\phi 39,8_{-0,01}$ мм. $\phi 23,7_{-0,01}$ мм та $\phi 43,96_{-0,01}$ мм відповідно. 3. Перевернути заготовку. 4. Точити поверхні 1, 2 до розміру $\phi 54,88_{-0,01}$ мм та $\phi 39,8_{-0,01}$ відповідно.		Токарно-гвинтаризний верстат 16К20, Центр 1-5-Н ГОСТ 8742-75
010	<b>Наплавлення</b> 1. Встановити і зняти заготовку заготовки. 2. Наплавити поверхні 1, 3, 4 згідно ескізу.		Токарно-гвинтаризний верстат 16К20, Центр 1-5-Н ГОСТ 8742-75 наплавильна голівка ОК 6569
015	<b>Термічна</b> 1. Відпустити заготовку		ПЧ ВЧГ-3-160/0,066.
020	<b>Плазмова напильня</b> 1. Встановити заготовку. 2. Напилити поверхню 2 до розміру $\phi 4,195_{-0,01}$ мм		Плазмова установка ЧМТ-125
025	<b>Токарна</b> 1. Встановити заготовку. 2. Точити поверхні згідно ескізу. Поверхні 3, 4 до розміру $\phi 24,6$ мм та $\phi 44,65$ мм відповідно. 3. Перевернути заготовку. 4. Точити поверхню 1 до розміру $\phi 55,76$		Токарно-гвинтаризний верстат 16К20, Центр 1-5-Н ГОСТ 8742-75
030	<b>Різьбонарізна</b> 1. Встановити і зняти заготовку. 2. Нарізати різьбу згідно ескізу.		Токарно-гвинтаризний верстат 16К20, Центр 1-5-Н ГОСТ 8742-75
035	<b>Сверильна</b> 1. Встановити і зняти заготовку. 2. Просверлити отвір згідно ескізу.		Вертикально-сверильний верстат 2Н106П, Центр 1-5-Н ГОСТ 8742-75
040	<b>Термічна</b> 1. Гартувати заготовку		ВЧГ-3-160/0,066
045	<b>Шліфувальна</b> 1. Встановити і зняти заготовку. 2. Шліфувати начисто поверхні 1, 2, 4 згідно ескізу.		Шліфувальний верстат 3М151 Центр 1-5-Н ГОСТ 8742-75
050	<b>Контрольна</b> 1. Виміряти діаметр наплавленої поверхні. 2. Перевірити конусність поверхні. 3. Порівняти виміри з розмірами на кресленні.		Микрометр М375-1

Лист № 001  
 Стор. №  
 Лист у збірці  
 Лист у збірці  
 Лист у збірці  
 Лист у збірці  
 Лист у збірці  
 Лист у збірці

08-62МКР.001.04.0001П

Лист	Вид	Відомості	Лист	Лист
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист

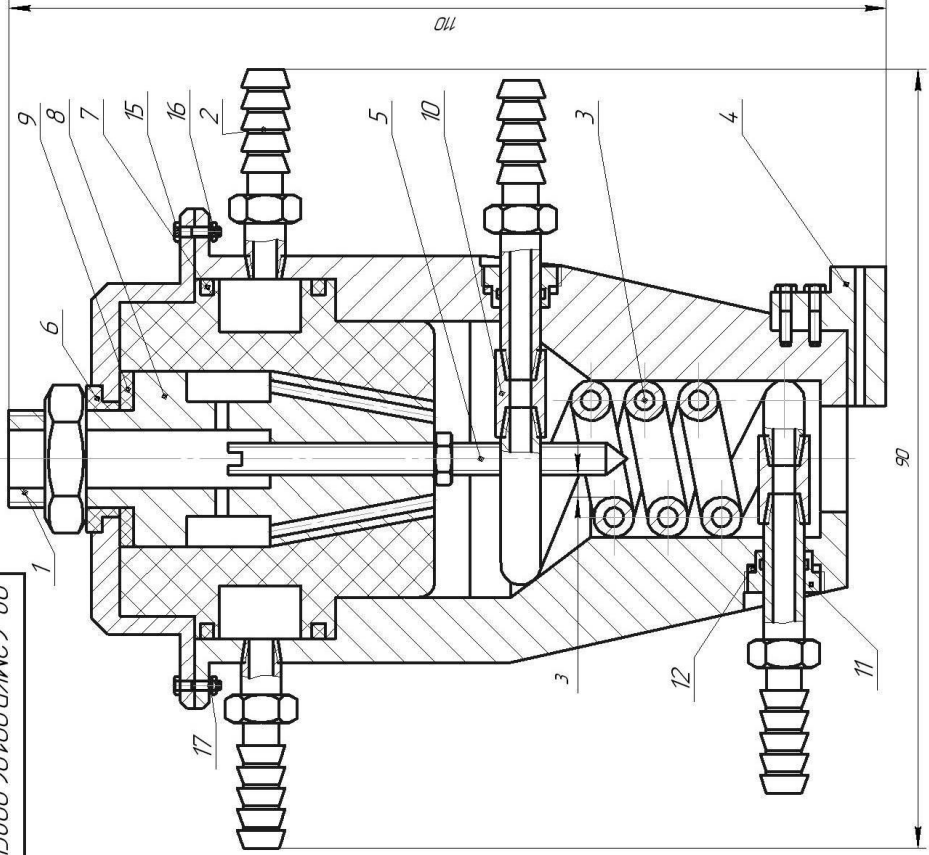
Технологічний процес

ВНТУ ст. зр. 138-22н

Кількість Формат А1

№№ п/п	Рівні у дано	Вам. члн. №	№№ п/п	Рівні у дано
№№ п/п	Рівні у дано	Вам. члн. №	№№ п/п	Рівні у дано
№№ п/п	Рівні у дано	Вам. члн. №	№№ п/п	Рівні у дано

08-62МКР.001.06.008СК

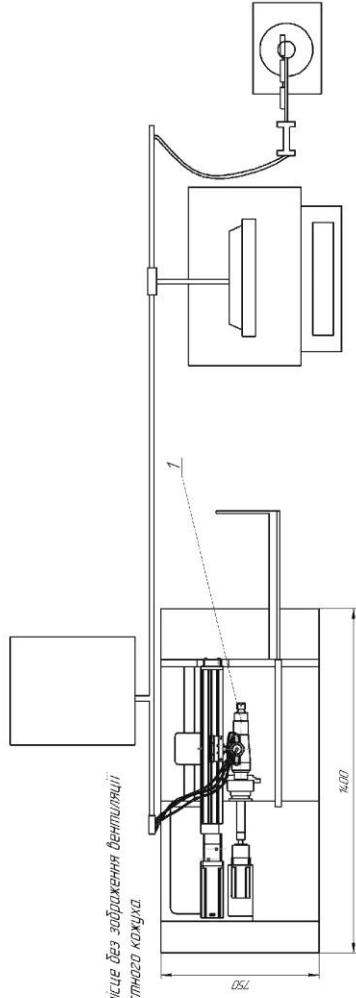
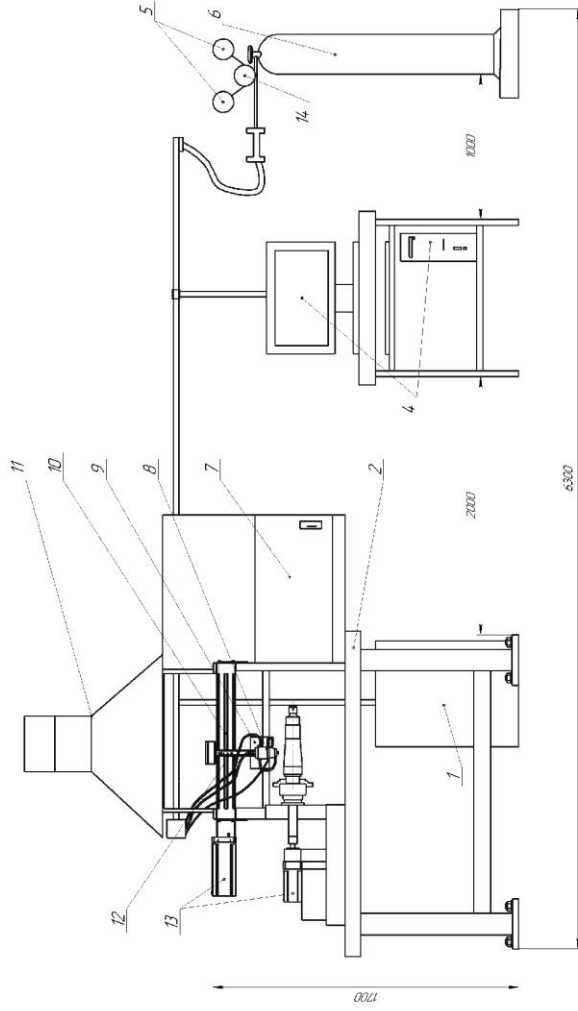


- Технічні вимоги:
1. Розміри для довідок
  2. Виставити катод позиція 5 до стабільного горіння дуги
  3. Герметичність системи охолодження аноду 3 з суміжними патрубками позиції 10, 11, 12 перевірити надлишковим тиском 0,2 МПа

- Технічні характеристики плазматрона:
1. Рекомендована потужність джерела струму P=30 кВт;
  2. Напруга холостого ходу U<sub>хх</sub>=160 В;
  3. Максимальний струм (при роботі в CO<sub>2</sub>) I<sub>max</sub>=600 А;
  4. Сила струму дуги I<sub>д</sub>=500 А;
  5. Робоча напруга дуги U<sub>д</sub>=85..95 В;
  6. Витрати робочого газу 3 ...4м<sup>3</sup>/год;

08-62МКР.001.06.008СК		Лист	Маса	Масштаб
Плазматрон		Н		1:1
(складальне креслення)		Лист	Лист	Лист
		ВНТУ ст. зр 13В-22М		
№ п/п	№ док.	Лист	Лист	Лист
Розроб.	Будівля ДО			
Проб.	Шенфельд ВМ			
Т.контр.				
Н.контр.	Шенфельд ВМ			
Утв.	Талищук ЛК			

08-62МР.01.05.00.003



Робоче місце без забезпечення вентиляції та захистного кожуха

Технічні характеристики:  
 1. Продуктивність: 1,5 шт./год.  
 2. Коefіцієнт використання: 90%.

Технічні дані:  
 1. Розміри для вантажів

08-62МР.01.05.00.003		Лист		Кількість	
Робоче місце (без захистного)		№	№	№	№
		1	1	1	1
		2	2	2	2
		3	3	3	3
		4	4	4	4
		5	5	5	5
		6	6	6	6
		7	7	7	7
		8	8	8	8
		9	9	9	9
		10	10	10	10
		11	11	11	11
		12	12	12	12
		13	13	13	13
		14	14	14	14
		15	15	15	15
		16	16	16	16
		17	17	17	17
		18	18	18	18
		19	19	19	19
		20	20	20	20
		21	21	21	21
		22	22	22	22
		23	23	23	23
		24	24	24	24
		25	25	25	25
		26	26	26	26
		27	27	27	27
		28	28	28	28
		29	29	29	29
		30	30	30	30
		31	31	31	31
		32	32	32	32
		33	33	33	33
		34	34	34	34
		35	35	35	35
		36	36	36	36
		37	37	37	37
		38	38	38	38
		39	39	39	39
		40	40	40	40
		41	41	41	41
		42	42	42	42
		43	43	43	43
		44	44	44	44
		45	45	45	45
		46	46	46	46
		47	47	47	47
		48	48	48	48
		49	49	49	49
		50	50	50	50
		51	51	51	51
		52	52	52	52
		53	53	53	53
		54	54	54	54
		55	55	55	55
		56	56	56	56
		57	57	57	57
		58	58	58	58
		59	59	59	59
		60	60	60	60
		61	61	61	61
		62	62	62	62
		63	63	63	63
		64	64	64	64
		65	65	65	65
		66	66	66	66
		67	67	67	67
		68	68	68	68
		69	69	69	69
		70	70	70	70
		71	71	71	71
		72	72	72	72
		73	73	73	73
		74	74	74	74
		75	75	75	75
		76	76	76	76
		77	77	77	77
		78	78	78	78
		79	79	79	79
		80	80	80	80
		81	81	81	81
		82	82	82	82
		83	83	83	83
		84	84	84	84
		85	85	85	85
		86	86	86	86
		87	87	87	87
		88	88	88	88
		89	89	89	89
		90	90	90	90
		91	91	91	91
		92	92	92	92
		93	93	93	93
		94	94	94	94
		95	95	95	95
		96	96	96	96
		97	97	97	97
		98	98	98	98
		99	99	99	99
		100	100	100	100

Додаток Г  
(Обов'язковий)

## **СПЕЦИФІКАЦІЇ**

**ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ВІСІ  
МАЯТНИКОВИХ ВАЖЕЛІВ РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ ТРОЛЕЙБУСА  
ЗИУ-9**

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
							Перв. примен.
				<u>Документація</u>			
A1			08-62МКР.001.05.000СК	Вид загальний			
				<u>Складальні одиниці</u>			
Справ. №		1	08-62МКР.001.05.001	Трубка для подачі газу	1		
		2	08-62МКР.001.05.002	Штуцер	4		
		3	08-62МКР.001.05.003	Анодна спіраль	1		
		4	08-62МКР.001.05.004	Вузол подачі дроту	1		
		5	08-62МКР.001.05.005	Катод	1		
		6	08-62МКР.001.05.006	Ізолятор	1		
		7	08-62МКР.001.05.007	Прокладка	2		
		8	08-62МКР.001.05.008	Катодний вузол	1		
		9	08-62МКР.001.05.009	Ущільнювач	1		
		10	08-62МКР.001.05.010	Втулка	2		
		11	08-62МКР.001.05.011	Ущільнююче кільце	4		
		12	08-62МКР.001.05.012	Ущільнювач	2		
Подп. и дата				<u>Стандартні деталі</u>			
		15		Болт 9 М6×1,5 6d×25 109 40Х ГОСТ 7798-70	6		
		16		Гайка 10 М6×1,5 6d×25 109 40Х ГОСТ 2526-70	4		
Взам. инв. №		17		Шайба 11.6.01 ГОСТ 11371-78	4		
Подп. и дата							
Инв. № подл.			08-62МКР.001.006.000				
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
	Разраб.		Бруслік Д.О.				
	Пров.		Шенфельд В.И.				
	Н.контр.		Шенфельд В.И.				
Утв.		Поліщук Л.К.					
<b>Плазмотрон</b>					Лист	Листов	
					ВНТУ ст. гр. 13В-23М		

Формат Зона Лаз.			Обозначение	Наименование	кол.	Примечание	
Перв. примен.							
				Документація			
	A1		08-62МКР.001.07.000В3	Складальне креслення	1		
Справ. №							
				Деталі			
		1	08-62МКР.001.07.001	Блок живлення	1		
		2	08-62МКР.001.07.002	Станина	1		
		3	08-62МКР.001.07.003	Вісь маятникових важелів	1		
		4	08-62МКР.001.07.004	Пульт керування	1		
		5	08-62МКР.001.07.005	Манометр	2		
		6	08-62МКР.001.07.006	Балон з газом	1		
		7	08-62МКР.001.07.007	Захистний екран	1		
		8	08-62МКР.001.07.008	Плазмотрон	1		
				08-62МКР.001.06.000СК			
		9	08-62МКР.001.07.009	Механізм подачі електродного дроту	1		
		10	08-62МКР.001.07.010	Привід шпиндельний лінійний 193745DGE-18-SP	1		
		11	08-62МКР.001.07.011	Вентиляційний кожух	1		
		12	08-62МКР.001.07.012	Осьовий привід 195612 DGEA-25-ZR	1		
		13	08-62МКР.001.07.013	Кроковий двигун 530062 MTR-ST-57-48S-AB	2		
		14	08-62МКР.001.07.013	Редуктор	1		
Підп. і дата							
Підп. і дата							
Взам. инв. №							
Инв. № дубл.							
Підп. і дата							
Инв. № подл.							
Изм./Лист			№ докум.		Дата		
Разраб. Брусилк Д.О.							
Проб. Шенфельд В.И.							
Н.контр. Шенфельд В.И.							
Утв. Полищук Л.К.							
08-62МКР.001.05.000 Робоче місце					Лист	Лист	Листов
					н		1
					ВНТУ ст. гр. 13В-22М		

Додаток Д  
(Обов'язковий)

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

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ВІСІ  
МАЯТНИКОВИХ ВАЖЕЛІВ РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ ТРОЛЕЙБУСА  
ЗИУ-9

ПРОТОКОЛ  
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: «Підвищення якості відновлення робочих поверхонь вісі маятникових важелів рульового керування тролейбуса ЗиУ-9»

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота  
(БДР, МКР)

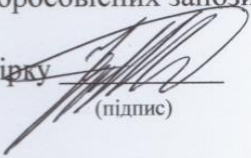
Підрозділ Кафедра «Галузевого машинобудування», ФМТ.  
(кафедра, факультет)

**Показники звіту подібності Unicheck**

Оригінальність 86,1% Схожість 13,9%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ✓ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.
3. Виявлені у роботі запозичення с недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

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

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

Автор роботи  Бруслик Д. О.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи  Шенфельд В. Й.  
(підпис) (прізвище, ініціали)